

MZP0002071101

Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů

Ing. Tomáš Mičaník a kol.

ZPRÁVA PRO KONTROLNÍ DEN Č. 3/2011



MZP0002071101

**Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů
a procesů ve vodní složce životního prostředí,
orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její
trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních
nástrojů**

Ing. Tomáš Mičaník a kol.

Zpráva pro kontrolní den č. 3/2011

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce
Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 65, 100 10 Praha 10

Zástupce zadavatele:

RNDr. Viktor Kliment, odbor ochrany vod

Zahájení a ukončení úkolu:

březen 2005 – prosinec 2011

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM., v.v.i.

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Vedoucí odboru 260:

Ing. Petr Tušil, Ph.D.

Vedoucí řešitel řešitel:

Ing. Tomáš Mičaník

Spoluřešitelé:

Jsou uvedeni v jednotlivých kapitolách zprávy.

OBSAH

ÚVOD	8
1. ODDÍL A – HYDROLOGIE	21
1.1 PŘESNOST MĚŘENÍ KVANTITATIVNÍCH PARAMETRŮ HYDROSFÉRY	21
1.1.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	21
1.1.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	22
1.1.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	29
1.2 VÝVOJ MATEMATICKÝCH MODELŮ HYDROLOGICKÉ BILANCE, IDENTIFIKACE JEJICH PARAMETRŮ A OVĚŘOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍM VÝZKUMEM	30
1.2.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	30
1.2.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	30
1.2.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	37
1.3 DOPADY KLIMATICKÝCH A ANTROPOGENNÍCH ZMĚN NA VODNÍ REŽIM A PŘÍRODNÍ PROSTŘEDÍ.....	38
1.3.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	38
1.3.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	38
1.3.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	47
1.4 HYDRO-EKOLOGICKÁ REVITALIZACE KRAJINY OVLIVNĚNÉ LIDSKOU ČINNOSTÍ.....	49
1.4.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	49
1.4.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	49
1.4.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	54
1.5 HYDROLOGICKÉ A KLIMATICKÉ EXTRÉMNÍ SITUACE A JEJICH VLIV NA PŘÍRODNÍ PROSTŘEDÍ A NA NÁRODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ	55
1.5.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	55
1.5.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	55
1.5.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	67
1.6 VÝVOJ A OVĚŘENÍ METODIKY PRO ZMĚNU N-LETÝCH PRŮTOKŮ VLIVEN PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....	69
1.6.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	69
1.6.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	70
1.6.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	73
1.7 MINIMÁLNÍ ZŮSTATKOVÉ PRŮTOKY	75
1.7.1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	75
1.7.2 SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	75
1.7.3 PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	77

1.8	STANOVENÍ VHODNÝCH INDIKÁTORŮ PRO IDENTIFIKACI VÝSKYTU, PŘEDPOVĚĎ A VYHODNOCENÍ INTENZITY OBDOBÍ SUCHA PRO PODMÍNKY ČESKÉ REPUBLIKY	78
1.8.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	78
1.8.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	79
1.8.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	85
2.	ODDÍL B – SPOLEČENSTVA A ORGANISMY	86
2.1	VÝZKUM VLIVU VARIABILITY HYDROLOGICKÝCH A CHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA DYNAMIKU SPOLEČENSTVA FYTOPLANKTONU V TEKOUČÍCH VODÁCH...86	
2.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	86
2.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	87
2.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	92
2.2	STRUKTURA SPOLEČENSTVA MAKROZOOBENTOSU A FYTOBENTOSU VE VZTAHU K HYDROMORFOLOGII TOKU A ANTROPOGENNÍMU OVLIVNĚNÍ.....	93
2.2.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	93
2.2.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	93
2.2.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	99
2.3	MODELOVÁNÍ STRUKTURY SPOLEČENSTVA RYB POD VLIVEM VARIABILITY PRŮTOKU A GEOMORFOLOGIE TOKU	101
2.3.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	101
2.3.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	103
2.3.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	105
2.4	VÝZKUM V OBLASTI MIKROBIÁLNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH A ODPADNÍCH VOD.....	107
2.4.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	107
2.4.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	107
2.4.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	112
3.	ODDÍL C – ANTROPOGENNÍ VLIVY NA POVRCHOVÉ VODY	114
3.1	VLIVY ANTROPOGENNĚ SILNĚ POZMĚNĚNÝCH OPVODÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY	114
3.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	114
3.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	115
3.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	123
3.2	STUDIUM VÝSKYTU A CHOVÁNÍ PŘÍRODNÍCH A UMĚLÝCH RADIONUKLIDŮ V HYDROSFÉRE VČETNĚ ANTROPOGENNÍHO OVLIVNĚNÍ.....	124
3.2.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	124
3.2.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	124

3.2.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	132
3.3	HODNOCENÍ A SLEDOVÁNÍ VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ A JEJICH ANтропоГЕННИГО OVLIVNĚNÍ: ČASOVÉ A PROSTOROVÉ ZMĚNY V SOUVISLOSTI S ANтропоГЕННИМИ TLAKY	135
3.3.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	135
3.3.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	138
3.3.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	144
3.4	VÝVOJ A ZAVÁDĚNÍ TOXIKOLOGICKÝCH METOD DO VODOHOSPODÁŘSKÉ PRAXE.....	146
3.4.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	146
3.4.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	146
3.4.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	158
3.5	STUDIUM CHOVÁNÍ A TRANSFORMACE SPECIFICKÝCH POLUTANTŮ VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH.....	159
3.5.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	159
3.5.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	160
3.5.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	165
3.6	STUDIE VÝSKYTU LÁTEK V SOUČASNÉ DOBĚ NEPODLÉHAJÍCÍCH PRAVIDELNÉMU SLEDOVÁNÍ V HYDROSFÉRE ČR.....	167
3.6.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	167
3.6.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	167
3.6.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	171
4.	ODDÍL D – VODA A ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÉ ČÁSTI PŘÍRODY	173
4.1	VLIV SUCHOZEMSKÝCH EKOSYSTÉMŮ A DALŠÍCH VlivŮ NA OCHRANNÉ PODMÍNKY NA VODU VÁZANÝCH ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍ.....	173
4.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	173
4.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	176
4.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	182
4.2	VLIVY LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ S RŮZNÝM ZPŮSOBEM OBHOSPODAŘOVÁNÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY	184
4.2.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	184
4.2.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	186
4.2.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	192
4.3	PODMÍNKY ZACHOVÁNÍ VÝSKYTU ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH DRUHŮ VODNÍCH A MOKŘADNÍCH ORGANISMŮ	194
4.3.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	194
4.3.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	196
4.3.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	203

5.	ODDÍL E – PLOŠNÉ A DIFÚZNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ.....	204
5.1	VLIVY ZEMĚDĚLSKY OBHOSPODAŘOVANÝCH POVODÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY.....	204
5.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	204
5.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	205
5.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	215
5.2	VÝVOJ KOMPLEXNÍHO KONCEPTUÁLNÍHO MODELU PRO ŘEŠENÍ VLIVŮ A DOPADŮ ANTROPOGENNÍ ČINNOSTI NA PODZEMNÍ VODY V INTERAKCI S POVRCHOVÝMI EKOSYSTÉMY.....	217
5.2.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	217
5.2.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	217
5.2.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	224
5.3	KOMBINOVANÉ SYSTÉMY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD V OBLASTECH S NADSTANDARDNÍMI NÁROKY NA OCHRANU VOD.....	226
5.3.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	226
5.3.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	227
5.3.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	235
5.4	EXTENZÍVNÍ METODY ČIŠTĚNÍ VOD A JEJICH ÚČINNOST.....	236
5.4.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	236
5.4.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	237
5.4.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	246
5.5	VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PŘES PŮDNÍ VRSTVY DO VOD PODZEMNÍCH.....	247
5.5.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	247
5.5.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	248
5.5.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	255
6.	ODDÍL F – LEGISLATIVNÍ NÁSTROJE, BILANČNÍ, PREDIKČNÍ, HODNOTÍCÍ A INFORMAČNÍ NÁSTROJE.....	257
6.1	VÝVOJ OBECNĚ BILANČNÍCH A OPERATIVNĚ PREDIKČNÍCH A HODNOTÍCÍCH SYSTÉMŮ ZAMĚŘENÝCH NA PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ PODPORUJÍCÍ VÝKON VEŘEJNÉ A STÁTNÍ SPRÁVY.....	257
6.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	257
6.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	257
6.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	264
6.2	VÝVOJ A APLIKACE INFORMAČNÍCH NÁSTROJŮ NUTNÝCH PRO ČINNOSTI SOUVISEJÍCÍ S PLÁNOVÁNÍM V OBLASTI VOD.....	265
6.2.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ.....	265
6.2.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	265
6.2.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ.....	274

6.3	VÝVOJ A APLIKACE POSTUPŮ S VYUŽITÍM TECHNOLOGIÍ GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ VE VAZBĚ NA DIGITÁLNÍ BÁZI VODOHOSPODÁŘSKÝCH DAT	275
6.3.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	275
6.3.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	275
6.3.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	283
6.4	VÝVOJ A APLIKACE VHODNÝCH TECHNICKÝCH NÁSTROJŮ NUTNÝCH PRO ZHODNOCENÍ VLIVU EMISÍ NA CHEMICKÝ STAV POVRCHOVÝCH VOD A VÝVOJ SYSTÉMŮ JEHO HODNOCENÍ	285
6.4.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	285
6.4.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	288
6.4.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	298
6.5	VÝVOJ A APLIKACE INFORMAČNÍCH, TECHNICKÝCH A OSTATNÍCH NÁSTROJŮ PRO MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCI V UCELENÝCH POVODÍCH A NA HRANIČNÍCH VODÁCH A PRO POSOUZENÍ ÚČINNOSTÍ OPATŘENÍ V OBLASTI OCHRANY VOD V ČR.....	300
6.5.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	300
6.5.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	300
6.5.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	302
6.6	VÝVOJ A APLIKACE LEGISLATIVNÍCH NÁSTROJŮ V OBLASTI OCHRANY A JAKOSTI VOD	303
6.6.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	303
6.6.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	303
6.6.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	311
7.	ODDÍL G – KOORDINACE	312
7.1.1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ	312
7.1.2	SYNTÉZA ŘEŠENÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	312
7.1.3	PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ	313
	ZÁVĚR	314
	SOUHRN.....	317
	SUMMARY	327
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	338
	LITERATURA.....	341
	SEZNAM VÝSTUPŮ.....	347

Poděkování

Děkujeme Ministerstvu životního prostředí za poskytnutí dotace na podporu řešení tohoto výzkumného záměru.

ÚVOD

V březnu 2005 vydalo Ministerstvo životního prostředí Výzkumnému ústavu vodohospodářskému T. G. Masaryka v Praze Rozhodnutí o poskytnutí dotace na podporu vybraného řešení výzkumného záměru a podmínkách poskytnutí institucionálních finančních prostředků ze státního rozpočtu ČR podle zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků v rámci Programu státní podpory výzkumu a vývoje na období 2005 – 2011 v souladu se zákonem č. 218/2000 Sb. o rozpočtových pravidlech a změně některých zákonů, v platném znění. Dotace byla poskytnuta na výzkumný záměr předložený k výběrovému řízení v roce 2004 s názvem „Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochrana, včetně legislativních nástrojů“.

Předmětem výzkumného záměru byl komplexní dlouhodobý výzkum v oblasti hydrosféry, orientovaný na vztahy a procesy ve vodní složce životního prostředí, na vliv antropogenních tlaků, na trvalé užívání a na její ochranu, včetně tvorby legislativních nástrojů a technických opatření.

Řešení výzkumného záměru, jehož identifikační kód je MZP0002071101, vycházelo v dalších letech řešení z každoročně aktualizovaného Rozhodnutí o změně Rozhodnutí o poskytnutí dotace na podporu vybraného řešení výzkumného záměru „Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochrana, včetně legislativních nástrojů“ a podmínkách poskytnutí institucionálních finančních prostředků ze státního rozpočtu České republiky dle zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků, v platném znění, včetně navazujících příloh k tomuto Rozhodnutí. Bližší specifikace a podmínky řešení výzkumného záměru byly stanoveny a rovněž každoročně aktualizovány Přílohou 1 Rozhodnutí.

Cíle řešení výzkumného záměru

Obecná strategie výzkumného záměru spočívala v zajištění trvalého předstihu obecného poznání v oblasti řešení před potřebami praktických aplikací, tedy před zpracováním reálných systémů hodnocení příslušných jevů a procesů v životním prostředí, jednotlivých antropogenních tlaků, priorit jejich závažnosti a nebezpečnosti, zpracováním systémů nápravných a ochranných opatření, včetně návrhů mechanismů pro cílení a funkci legislativních nástrojů.

Cíle řešení byly v detailu popsány v charakteristikách navržených dílčích projektů (subprojektů) uvedených v příloze k části C 8 návrhu výzkumného záměru byly každoročně upřesňovány a doplňovány. V posledním roce řešení byly charakterizovány takto:

- Výzkum spolehlivosti postupů určování kvantitativních charakteristik v hydrosféře získávaných měřeními a matematickým modelováním a jejich doplnění a zpřesnění. Postupy budou realizovány s využitím špičkového softwarového prostředí a poskytnou v uživatelsky příjemné formě objektivní výstupy pro státní správu. Dekompozice nejistot měření a modelování na její jednotlivé složky a redukce těchto nejistot. Odhad nejistot (neurčitosti) jako podklad pro rizikovou analýzu v rozhodovacím procesu. Přímé výstupy do praxe: pro návrhové účely v oblasti povrchových a podzemních vod, ochranu před povodněmi a suchem, pro účely hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod, zohlednění možného vlivu změn využívání území a změn klimatu.
- Rozvoj metod stanovení N-letých maximálních průtoků a jejich změn v říční síti po realizaci protipovodňových opatření.

- Výzkum a rozvoj metodik a modelovacích technik pro zvýšení spolehlivosti odhadů možných dopadů klimatických změn na hydrologický režim a vodní zdroje povrchových a podzemních vod, teplotu a kvalitu vody.
- Charakteristika změn a zpřesnění vybraných chemických a ekologických parametrů, které bezprostředně závisejí na množství vody, popř. na parametrech koryta a objektech v toku, a působí na habitaty vodních organismů a jejich společenstev. Konkrétní závislost charakteristik vodních společenstev na průtocích a teplotě, včetně vztahu k trofii toků, eutrofizaci a biodegradační kapacitě.
- Hodnocení a sledování vodních ekosystémů a jejich antropogenního ovlivnění v dílčích oblastech a silně pozměněných povodích znečišťujícími a pro hydrosféru nebezpečnými látkami včetně přírodních a umělých radionuklidů.
- Strukturální charakteristiky vodních ekosystémů: kvalita vody, sedimentů, bioty.
- Hodnocení časových a prostorových změn, souvislosti s antropogenními tlaky – odhady trendů, prognózy, návrhy na technická opatření – strategie racionálního monitoringu jakostních parametrů vodních ekosystémů a navrhování nových postupů monitoringu jejich stavu a vlastností a vlivu antropogenních tlaků.
- Studium původu, vlivu a transformace specifických polutantů (xenobiotika, farmaka, endokrinní disruptory apod.) ve vodních ekosystémech a jejich jednotlivých složkách. Poznávání procesů probíhajících ve vodním prostředí: transportní, degradační a akumulací procesy, toxické působení polutantů na jednotlivé složky ekosystému, včetně vztahu k užívání vody.
- Výzkum nových látek nebezpečných pro vodní ekosystémy a jeho prostřednictvím pro lidskou populaci včetně vývoje nových analytických postupů a zdokonalování metod stanovení specifických polutantů současné úrovně poznání.
- Vytvoření odborného metodického zázemí pro záměr MŽP zlepšit udržení vody v krajině a komplexně revitalizovat říční systémy. Ověření dopadu revitalizací na jakost vody, sedimentačně erozní procesy a vodní organismy.
- Výzkum specifických vodních ekosystémů využitelný pro přípravu podkladů pro rozhodování státních orgánů při ochraně vodního prostředí a na něj vázaných ekosystémů s uplatněním multidisciplinárního přístupu.
- Výzkum chování a nároků ohrožených druhů organismů vázaných na vodní prostředí z důvodu jejich systematické ochrany.
- Formulovat takové postupy a metody vynucování, které povedou k měřitelnému zlepšení kvality a vyrovnanosti kvantitativní vody odtékající z krajiny se všemi příznivými dopady na biodiverzitu, vodní hospodářství a rekreační potenciál státu.
- Základní výzkum cyklu organického uhlíku v primární říční síti s vazbou na potravní řetězce ve vodním prostředí jako příspěvek k detailnímu poznání koloběhu uhlíku v ekosystémech.
- Vývoj a ověření postupů nakládání s odpadními vodami v malých sídlech se zaměřením na extenzivní metody čištění a dále na území vyžadujícími zvláštní ochranu. Studium dopadu vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních.
- Výzkum dopadů zemědělského hospodaření na transport vybraných látek (dusík, fosfor, pesticidy, mikrobiální znečištění) v rámci povodí. Vývoj metodických nástrojů pro hodnocení a omezování eutrofizace vod.
- Studium faktorů podílejících se na formování výsledného chemismu podzemních vod v územích postižených atmosférickou depozicí. Hodnocení časoprostorových změn hladin podzemní vody.

- Vývoj obecně bilančních a operativně predikčních a hodnotících systémů zaměřených na výstupy podporující výkon veřejné a státní správy.
- Vývoj a aplikace vhodných informačních, technických, právních a ostatních nástrojů nutných pro činnosti související s plánováním v oblasti vod.
- Vývoj a aplikace systémových nástrojů nutných pro posouzení účinnosti přijatých technických, administrativních, právních a ostatních opatření.
- Odborná podpora implementace Rámcové směrnice pro vodní politiku ES v oblasti hodnocení dopadu antropogenních vlivů na stav vod.
- Výzkum komplexních změn faktorů životního prostředí a vývoje antropogenních tlaků s cílem posoudit jejich souvislosti a významnost a připravit projekty k jejich řešení.
- Finalizace výsledků a prezentace řešení výzkumného záměru dotčeným orgánům státní správy a odborné veřejnosti.

Struktura řešení a řízení výzkumného záměru

Výše formulované cíle řešení představují následující směry, které byly na počátku řešení navrženy takto:

A – Hydrologie

B – Společenstva a organismy

C – Antropogenní vlivy na povrchové vody

D – Vztahy krajina – voda (množství, jakost)

E – Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy

F – Koordinace a řízení výzkumného záměru a koordinace řešení společných průřezových témat.

Tyto směry byly v průběhu celé doby řešení VZ nazývány tematické oddíly. Řešení v tematických oddílech bylo rozpracováno do tzv. subprojektů především z důvodu efektivního řešení a řízení výzkumného záměru jako celku (koordinace). Subprojekt byl také základní jednotkou ve vnitroústavním účetnictví. V případě subprojektů většího rozsahu a s větším množstvím řešených problematik byly tyto v případě potřeby především v počáteční fázi řešení VZ na podzákazky. Za odborné směřování tematického oddílu a částečně i za jeho řízení odpovídal tzv. zpravodaj oddílu. Za řízení a odborné řešení subprojektu odpovídal odpovědný řešitel subprojektu. Za celý výzkumný záměr byl odpovědný hlavní řešitel VZ, který byl také styčnou osobou jak vůči vedení VÚV TGM, v.v.i. (vedoucí odborů, náměstci, ředitel), tak vůči garantovi VZ (OOV MŽP), oponentům a dalším osobám vně organizace. Hlavní řešitel VZ se se svými požadavky obracel na zpravodaje oddílu nebo přímo na odpovědné řešitele subprojektů (podle charakteru požadavků). Odpovědný řešitel subprojektu řídil svůj odborný řešitelský tým, odpovídal za odbornou náplň řešení i čerpání nákladů na řešení subprojektu.

V počátečním období řešení bylo rozpracováno celkem 24 dílčích subprojektů. Byl přitom kladen důraz na propojení a sdílení řady činností a výsledků jako základ efektivního řešení výzkumného záměru jako celku. Počet subprojektů byl případně po dohodě s poskytovatelem nebo na jeho popud revidován.

Za celé období trvání VZ (2005 – 2011) byly obecně plánovány dvě kontrolní etapy (konec roku 2006/začátek roku 2007, resp. 2009), kdy byl plán řešení na základě dosažených výsledků a vývoje celospolečenské potřeby revidován. To nicméně nebránilo tomu, aby tyto revize probíhaly v závěru každého roku řešení VZ.

Na počátku roku 2008 došlo k významnější revizi strukturování výzkumného záměru (cca z 25 %), které zohlednilo dosavadní zkušenosti z řešení některých výzkumných témat. Došlo především k samostatnému vydělení problematiky mikrobiálního znečištění, radioaktivního znečištění a vývoje/zavádění analytických a toxikologických metod/postupů do samostatných subprojektů (celkový počet subprojektů stoupl z 24 na 28). Tím došlo k určitému přeskupení řešených problematik mezi jednotlivými subprojekty a tematickými oddíly. Jeden obsáhlejší tematický oddíl D – Krajina a voda byl rozdělen na dva tematické oddíly: D – Voda a zvláště chráněné části přírody, E – Plošné a difúzní zdroje znečištění. Ostatní tematické oddíly a jejich směřování zůstaly nezměněny. Nová struktura byla následující:

A – Hydrologie

B – Společenstva a organismy

C – Antropogenní vlivy na povrchové vody

D – Voda a zvláště chráněné části přírody

E – Plošné a difúzní zdroje znečištění

F – Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy

G – Koordinace a řízení výzkumného záměru

Na počátku roku 2008 došlo také ke změnám personálním. Garantem VZ za OOV MŽP se stal RNDr. Viktor Kliment, který nahradil Ing. Josefa Reidingera (rovněž z OOV MŽP). Dosavadního hlavního řešitele výzkumného záměru RNDr. Josefa Fuksu, CSc. nahradil Ing. Tomáš Mičaník.

Během řešení výzkumného záměru došlo také ke změně právní subjektivity Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, který se od 1. 1. 2007 stal veřejnou výzkumnou institucí podle zákona č. 341/2005 Sb., v platném znění (zkratka VÚV TGM, v.v.i.). V roce 2010 bylo dále změněno logo výzkumného ústavu.

Přehled subprojektů za celou dobu řešení výzkumného záměru včetně jejich doby řešení je uveden v následující tabulce:

Číslo subp.	Oddíl	Název subprojektu	Doba řešení
3601	A	Přesnost měření kvantitativních parametrů hydrosféry.	2005 – 2011
3602	A	Vývoj matematických modelů hydrologické bilance, identifikace jejich parametrů a ověřování experimentálním výzkumem.	2005 – 2011
3603	A	Dopady klimatických a antropogenních změn na vodní režim a přírodní prostředí.	2005 – 2011
3604	A	Hydro-ekologická revitalizace krajiny ovlivněné lidskou činností.	2005 – 2008
3605	A	Hydrologické a klimatické extrémní situace a jejich vliv na přírodní prostředí a na národní hospodářství.	2005 – 2011
3606	B	Výzkum vlivu variability hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu v tekoucích vodách.	2005 – 2010
3607	B	Modelování struktury společenstva ryb pod vlivem variability průtoku a geomorfologie toku.	2005 – 2011
3608	D	Podmínky zachování výskytu zvláště chráněných druhů vodních a mokřadních organismů.	2005 – 2011
3609	B	Výzkum v oblasti mikrobiálního znečištění povrchových a odpadních vod.	2005 – 2011
3610	C	Vlivy antropogenně silně pozmeněných povodí na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2008
3611	C	Studium výskytu a chování přírodních a umělých radionuklidů v hydrosféře včetně antropogenního ovlivnění.	2005 – 2011
3612	C	Hodnocení a sledování vodních ekosystémů a jejich antropogenního ovlivnění: Časové a prostorové změny v souvislosti s antropogenními tlaky.	2005 – 2011
3613	C	Vývoj a zavádění analytických metod včetně metod toxikologických do	2005 – 2011

Číslo subp.	Oddíl	Název subprojektu	Doba řešení
		vodohospodářské praxe.	
3614	C	Studium chování a transformace specifických polutantů ve vodních ekosystémech.	2005 – 2011
3615	D	Vliv suchozemských ekosystémů a dalších vlivů na ochranné podmínky na vodu vázaných zvláště chráněných území.	2005 – 2011
3616	D	Vlivy lesních ekosystémů s různým způsobem obhospodařování na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2011
3617	E	Vlivy zemědělsky obhospodařovaných povodí na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2011
3618	E	Vývoj komplexního konceptuálního modelu pro řešení vlivů a dopadů antropogenní činnosti na podzemní vody v interakci s povrchovými ekosystémy.	2005 – 2011
3619	E	Kombinované systémy čištění odpadních vod v oblastech s nadstandardními nároky na ochranu vod.	2008 – 2011
3620	E	Extenzivní metody čištění vod a jejich účinnost.	2005 – 2011
3621	E	Vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních.	2005 – 2011
3622	F	Vývoj obecně bilančních a operativně predikčních a hodnotících systémů zaměřených na výstupy podporující výkon veřejné a státní správy.	2005 – 2011
3623	F	Vývoj a aplikace informačních nástrojů nutných pro činnosti související s plánováním v oblasti vod.	2005 – 2011
3624	F	Vývoj a aplikace postupů s využitím technologií geografických informačních systémů ve vazbě na digitální bázi vodohospodářských dat.	2005 – 2011
3625	F	Vývoj a aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod a vývoj systémů jeho hodnocení.	2005 – 2011
3626a	F	Vývoj a aplikace informačních, technických a ostatních nástrojů pro mezinárodní spolupráci v ucelených povodích a na hraničních vodách a pro posouzení účinností opatření v oblasti ochrany vod v ČR	2005 – 2007
3626b	F	Vývoj a aplikace legislativních nástrojů v oblasti ochrany a jakosti vod.	2008 – 2011
3627	G	Koordinace a řízení výzkumného záměru.	2005 – 2011
3628	B	Struktura společenstva makrozoobentosu a fytozobentosu ve vztahu k hydromorfologii toku a antropogennímu ovlivnění.	2005 – 2011
3629	A	Vývoj a ověření metodiky pro změnu N-letých průtoků vlivem protipovodňových opatření.	2009 – 2011
3630	C	Studie výskytu látek v současné době nepodléhajících pravidelnému sledování v hydrosféře ČR.	2009 – 2011
3632	A	Minimální zůstatkové průtoky.	2010 – 2011
3633	A	Stanovení vhodných indikátorů pro identifikaci výskytu, předpověď a vyhodnocení intenzity období sucha pro podmínky České republiky.	2010 – 2011

V jednotlivých směrech řešení byly kombinovány metody laboratorního a terénního měření relevantních charakteristik systémů s měřením a kvantifikací vlastních procesů, které v ekosystémech probíhají. Publikační činnost probíhala průběžně po celou dobu řešení výzkumného záměru s těžištěm v druhé polovině doby řešení.

Oficiálně k 1. květnu 2008 byl zřízen sekretariát výzkumného záměru, který měl na starosti vedení agendy, zpracovávání dílčích podkladů, jednání uvnitř i vně výzkumného ústavu v organizačních záležitostech, vedení a aktualizaci publikační činnosti, apod. Do této funkce byla jmenována ředitelkou VÚV TGM, v.v.i. Ing. Alena Kristová.

Zajištění kontroly kvality řešení výzkumného záměru

Každoročně během měsíce ledna bylo zpracováváno aktualizované Rozhodnutí o změně rozhodnutí o poskytnutí dotace na podporu vybraného řešení výzkumného záměru a podmínkách poskytnutí institucionálních finančních prostředků ze státního rozpočtu ČR. V příloze č. 1 Rozhodnutí byly vždy aktualizovány cíle řešení s ohledem na dosažené výsledky, závěry oponentních řízení a celospolečenskou potřebu v oblasti ochrany vod a vodní politiky. Aktualizované verze Rozhodnutí o změně Rozhodnutí byly předkládány VÚV

TGM, v.v.i. poskytovatelem dotace, tj. MŽP. Konečná verze Rozhodnutí byla podepsána zástupci poskytovatele (náměstek ministra) a zástupci vykonavatele (ředitel VÚV TGM, v.v.i.). Od druhého roku řešení předcházelo přípravě vypořádání předcházejícího roku řešení podle podmínek stanovených oddělením výzkumu a vývoje MŽP.

Souběžně s tím byly zpracovávány metodiky řešení subprojektů na aktuální rok včetně přidělených částek na řešení jednotlivých subprojektů a během února předány garantovi VZ a oponentům k vyjádření. Řešení subprojektů probíhalo bez zbytečné prodlevy již od počátku roku. Případné významnější změny v řešení některých subprojektů byly projednány mezi zástupci VÚV TGM, v.v.i. a OOV MŽP již před zpracováváním metodik řešení. Metodiky řešení byly oponovány, na základě jednání s garantem a oponentními posudky byla zpracována finální metodika řešení na daný rok.

Během finalizace metodiky řešení byly zpracovávány vnitropodnikové kalkulace nákladových položek nezbytných na řešení dle schválené metodiky řešení. Kalkulace byla zpracovávána v souladu s ústavní vnitropodnikovou kalkulační směrnicí, která byla rovněž každoročně aktualizována.

Průběh řešení byl během roku kontrolován jedním až dvěma kontrolními dny (KD) a závěrečným oponentním řízením. První kontrolní den probíhal na konci měsíce června, případný druhý kontrolní den na konci měsíce září. Na oponentních řízeních byly oponovány výsledky ročního řešení a dosažených výstupů dle schválené metodiky řešení. Pro každý z těchto kontrolních dní byla zpracovávána zpráva pro kontrolní den, která byla kromě garanta zasílána i oponentům VZ. Účast oponentů na průběžných KD byla dobrovolná, na oponentním řízení byla vyžadována. Pro každý závěrečný KD a k metodice řešení byl vždy oponenty zpracováván posudek. K oponentním řízením a v případě požadavku garanta i během roku byly uplatněné a dokončené výstupy ke zprávám pro kontrolní dny dokládány fyzicky v elektronické podobě.

Součástí této syntetické závěrečné zprávy o řešení výzkumného záměru za období 2005 – 2011 jsou rovněž všechny dosažené ta toto období. Vzhledem k tomu, že fyzické dokládání výstupů nebylo do roku 2007 vyžadováno, nebyly zpětně některé výstupy dohledatelné (vesměs jde o výstupy podle metodiky RVVal nebodovatelné, jako příspěvky ve sbornících z konferencí).

K revizi řešení docházelo na popud garanta, případně oponentů a hlavního řešitele VZ. Jak již bylo řečeno, nejvýznamnější přehodnocení struktury a obsahu řešení proběhlo na počátku roku 2008. K dílčím revizím pak docházelo každoročně na počátku roku nebo během doby zpracovávání metodiky řešení.

Od roku 2009 byly hlavním řešitelem VZ ve spolupráci se zpravodaji tematických oddílů přidělovány finanční prostředky na řešení tematických oddílů a subprojektů se zohledněním publikační úspěšnosti subprojektů v předchozím období řešení podle předem domluveného klíče. Publikační úspěšnost subprojektů byla především v druhé polovině řešeného období v závěru roku vyhodnocována. Na popud garanta byly některé subprojekty publikačně méně výkonné utlumeny nebo dokončeny (viz přehled a doba řešení subprojektů v předchozí tabulce).

V květnu 2011 získal VÚV TGM, v.v.i. certifikát podle ISO 9001.2009. Již během přípravy na tuto certifikaci byla agenda výzkumného záměru vedena v projektových složkách. Provedená vnitřní kontrola plnění podmínek ISO 9001 proběhla bez závažných připomínek.

Seznam oponentů výzkumného záměru, platný v roce 2011:

Oponent	Tematický oddíl	Subprojekty
Ing. Miroslav Tesař, CSc.	A	3601, 3602, 3603, 3605, 3629, 36332, 3633
Doc. RNDr. Josef Matěna, CSc.	B	3606, 3607, 3609, 3628
Doc. Ing. Vladimír Sýkora	C	3604, 3610, 3611, 3612
Ing. Zdeněk Lacný	C	3613, 3614, 3630
RNDr. Zuzana Hořická, Ph.D.	D	3608, 3615
Ing. Libor Hort	D	3616
Ing. Milan Lánský, Ph.D.	E	3617, 3618, 3620
Ing. Veronika Jáglová	E	3619, 3621
Ing. Marek Maťa	F	3622, 3623, 3624, 3625, 3626a, 3626b

Publikační činnost

Publikační činnosti jakožto základnímu výstupu a podkladu pro hodnocení úspěšnosti výzkumných projektů ve výzkumném záměru byla věnována velká pozornost. Její evidence je ve VÚV TGM, v.v.i. zajištěna systémem vnitroústavní Publikační databáze, kam řešitelé výzkumných úkolů mají povinnost zapisovat veškeré dosažené výstupy. Databáze zohledňuje strukturu výstupů dle bodového hodnocení výsledků výzkumu a vývoje stanoveného Radou vlády pro výzkum a vývoj (RVVal). Každoročně jsou oddělením 441 (SVTI) podle výzvy Rady pro výzkum, vývoj a inovace výsledky publikační činnosti předávány MŽP jako poskytovateli dotace, které je dále podstupuje Radě. Publikační výstupy výzkumného záměru MZP0002071101 jsou do Publikační databáze VÚV TGM, v.v.i. ukládány za záměr jako celek, interně jsou vedeny sekretariátem výzkumného záměru příspěvky za jednotlivé tematické oddíly a subprojekty. (pozn. Termíny předávání publikačních výstupů do RIV se nekryjí se systémem etapových zpráv a ročního hodnocení).

Celkem je v Publikační databázi VÚV TGM, v.v.i. evidováno za výzkumný záměr:

98	výstupů za rok 2005
132	výstupů za rok 2006
114	výstupů za rok 2007
124	výstupů za rok 2008
127	výstupů za rok 2009
127	výstupů za rok 2010
135	výstupů za rok 2011 (neuzavřeno)

V následující tabulce je uveden počet dosažených bodovatelných druhů výsledků podle Metodik RVVal, které byly uplatněny a dokončeny v rámci řešení výzkumného záměru od roku 2005 až k termínu předání této syntetické závěrečné zprávy v listopadu 2011:

J	článek v impaktovaném časopise	102
	článek v časopise evidovaném v databázi Scopus	4
	článek v recenzovaném časopise	212
B	odborná kniha,	26
	kapitola v odborné knize	14
D	článek ve sborníku	382
F	užitný vzor, průmyslový vzor	17
G	prototyp, funkční vzorek	8
P	patent (včetně patentu u Evropského patentového úřadu)	5

H	poskytovatelem realizované výsledky	20
N	certifikované metodiky a postupy	18
	specializované mapy s mapy s odborným obsahem	45
R	software	24

K výstupům druhu H – poskytovatelem realizované výsledky náleží 13 zpracovaných ČSN nebo TNV, 2 vyhlášky, 2 nařízení vlády a 1 nařízení správy Národního parku.

Výsledky výzkumu byly prezentovány také v nebudovatelných druzích výsledků formou článků v nerefenzovaných časopisech, knihách (neodpovídajících druhu výsledku B), velkém množství posterových prezentací a organizováním nebo spoluorganizováním odborných seminářů a workshopů. Jejich výčet je součástí dílčích závěrečných zpráv o řešení výzkumného záměru v jednotlivých letech.

Výpis publikační databáze k 18.11.2011 je součástí této zprávy (závěrečná kapitola zprávy Seznam výstupů).

Prezentace výzkumného záměru

Výsledky výzkumné činnosti byly průběžně prezentovány na národní i mezinárodní úrovni. Ve VÚV TGM, v.v.i. jsou zavedeny pravidelné odborné semináře, konané na pracovištích v Praze, Brně a Ostravě pro vlastní výzkumné pracovníky a odbornou veřejnost. Vzhledem k rozsahu řešených témat v tomto VZ byly prezentace řešení jednotlivých subprojektů na těchto seminářích časté. Kromě toho požádal VZ 1x ročně vlastní odborný seminář. Každoročně byly dále pořádány buď Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří, nebo Konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství.

Dále byly dosažené výsledky prezentovány na vícedenních seminářích, např. pod organizací České limnologické společnosti, jehož předsedou byl do roku 2009 RNDr. F. Fuksa, CSc. V letošním závěrečném roce proběhla jednodenní završující konference s názvem Dopady klimatických a antropogenních změn na vodní režim a životní prostředí. Byla věnována stěžejním problematikám řešeným ve výzkumném záměru.

Ve spolupráci s odpovědnými řešiteli subprojektů byl zpracován poster a PowerPointové prezentace za celý výzkumný záměr pro mezinárodní veletrh WatEnvi (Brno, květen 2009, 2010 a 2011).

Byla zpracována a vydána ve spolupráci s odpovědnými řešiteli subprojektů souhrnná prezentační publikace seznamující širokou odbornou veřejnost s dílčími výsledky řešení výzkumného záměru. Publikace je koncipována jako obálka (složka) s volně vloženými tématy. To umožnilo prezentovat VZ jako celek nebo po jednotlivých tématech.

S ohledem na vytvoření nové koncepce a podoby webových stránek VÚV TGM, v.v.i. byly vytvořeny nové internetové stránky prezentující výzkumný záměr. Texty byly přepracovány a doplněny s možností stažení souhrnných zpráv o řešení VZ v jednotlivých letech a seznamu publikační činnosti. Nové webové stránky byly spuštěny v listopadu 2009. (<http://www.vuv.cz/vyzkum-a-ochrana-hydrosfery>).

29. – 30.11.2011 bylo zorganizováno dvoudenní pásmo odborných seminářů ve VÚV TGM, v.v.i. v Praze, kde byly prezentovány závěry řešení jednotlivých tematických okruhů za celé období řešení VZ (interní seminář s důrazem na propojení a další směřování připravovaných projektů v následujícím období).

FINANCOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ ČERPÁNÍ FINANČNÍCH PROSTŘEDKŮ

V souladu s Rozhodnutím a následnými Rozhodnutími o změně rozhodnutí o poskytnutí dotace byla činnost výzkumného záměru financována z dotace a ze spoluúčasti ústavu, pro kterou VÚV TGM, v.v.i. jako veřejná výzkumná instituce získává prostředky z dalších a jiných činností podle zákona č. 341/2005 Sb., v platném znění. Z dotace byly hrazeny osobní náklady, nezbytné náklady na materiál, služby, cestovné a částečně režijní náklady předepsanými dle Rozhodnutí. Koeficient režijních nákladů vůči osobním nákladům byl nižší, než skutečné průměrné režijní náklady VÚV TGM, v.v.i.

Kofinancování z vlastních prostředků instituce pokrývaly především v počátečních letech řešení podstatnou část provozních nákladů a investic nezbytných pro řešení a také udržení nezbytného předstihu před obecným poznáním, zvl. co se týče laboratorní techniky. Míra kofinancování v počátečních dvou letech řešení byla vysoká a činila téměř 40 % celkové částky, resp. 64 % dotace. Po přechodu VÚV TGM na veřejnou výzkumnou instituci od 1.1. 2007 se míra kofinancování snížila na průměrně 16 % celkové částky v následujících třech letech. Průměrná výše kofinancování tohoto výzkumného záměru za celé období řešení činilo 28,4 % celkových nákladů. Výše institucionálních prostředků a kofinancování dle Rozhodnutí v jednotlivých letech shrnuje následující tabulka:

Rok	Institucionální prostředky (tis. Kč)	Kofinancování (tis. Kč)	Celkem (tis. Kč)
2005	57 900	37 088	94 988
2006	57 960	37 028	94 988
2007	64 000	10 000	74 000
2008	60 021	18 770	78 791
2009	54 147,3	8 000	62 147,3
2010	47 225,5	1	47 226,5
2011	50 161	96	50 257
Celkem	391 414,8	110 983	502 397,8

Jako standardní vnitroústavní nástroj byly využívány subprojekty s čísly 3601 až 3633, pro které byly zpracovávány a operativně průběžně aktualizovány kalkulační listy dle příslušné směrnice ředitele VÚV TGM, v.v.i. Z důvodu optimalizace nákladů nezbytných na řešení výzkumného záměru zpracovávali odpovědní řešitelé subprojektů pro hlavního řešitele výzkumného záměru zdůvodnění potřebnosti jednotlivých nákladových položek (materiál, služby, zahraniční cestovné apod.). V průběhu roku hlavní řešitel prováděl kontroly stavu a obsahu čerpání vybraných nákladových.

K 15.1. následujícího roku bylo prováděno vypořádání předešlého roku řešení, k 30.6. byl každoročně zpracováván nezávislý audit k čerpání prostředků na řešení výzkumného záměru.

Financování subprojektů

V počátečním období řešení VZ byly částky na řešení subprojektů přidělovány v jednotlivých nákladových položkách podle schválených metodik řešení a potřebných nákladů. V druhé polovině řešení byly částky na řešení subprojektů alokovány se zohledněním publikační

úspěšnosti (např. 70 % fixně a 30 % podle bodového zisku z publikační činnosti za předchozí období). Podle alokované částky pak odpovědný řešitel upravil metodiku řešení. Výše finančních prostředků závisela také na výši přidělené dotace pro daný kalendářní rok a případný vznik nových subprojektů na žádost poskytovatele s ohledem na celospolečenskou potřebu. Výše přidělených finančních prostředků na řešení jednotlivých subprojektů za celou dobu řešení shrnuje následující tabulka:

Číslo subp.	Název subprojektu	Doba řešení	Financování za celé období řešení (tis. Kč)
3601	Přesnost měření kvantitativních parametrů hydrosféry.	2005 – 2011	15 789
3602	Vývoj matematických modelů hydrologické bilance, identifikace jejich parametrů a ověřování experimentálním výzkumem.	2005 – 2011	13 881
3603	Dopady klimatických a antropogenních změn na vodní režim a přírodní prostředí.	2005 – 2011	13 849
3604	Hydro-ekologická revitalizace krajiny ovlivněné lidskou činností.	2005 – 2008	13 956
3605	Hydrologické a klimatické extrémní situace a jejich vliv na přírodní prostředí a na národní hospodářství.	2005 – 2011	28 690
3606	Výzkum vlivu variability hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu v tekoucích vodách.	2005 – 2010	6 279
3607	Modelování struktury společenstva ryb pod vlivem variability průtoku a geomorfologie toku.	2005 – 2011	18 578
3608	Podmínky zachování výskytu zvláště chráněných druhů vodních a mokřadních organismů.	2005 – 2011	16 091
3609	Výzkum v oblasti mikrobiálního znečištění povrchových a odpadních vod.	2005 – 2011	12 509
3610	Vlivy antropogenně silně pozměněných povodí na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2008	17 061
3611	Studium výskytu a chování přírodních a umělých radionuklidů v hydrosféře včetně antropogenního ovlivnění.	2005 – 2011	11 916
3612	Hodnocení a sledování vodních ekosystémů a jejich antropogenního ovlivnění: Časové a prostorové změny v souvislosti s antropogenními tlaky.	2005 – 2011	7 451
3613	Vývoj a zavádění analytických metod včetně metod toxikologických do vodohospodářské praxe.	2005 – 2011	8 558
3614	Studium chování a transformace specifických polutantů ve vodních ekosystémech.	2005 – 2011	20 160
3615	Vliv suchozemských ekosystémů a dalších vlivů na ochranné podmínky na vodu vázaných zvláště chráněných území.	2005 – 2011	14 883
3616	Vlivy lesních ekosystémů s různým způsobem obhospodařování na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2011	11 931
3617	Vlivy zemědělsky obhospodařovaných povodí na kvalitu odtékající vody.	2005 – 2011	20 427
3618	Vývoj komplexního konceptuálního modelu pro řešení vlivů a dopadů antropogenní činnosti na podzemní vody v interakci s povrchovými ekosystémy.	2005 – 2011	15 949
3619	Kombinované systémy čištění odpadních vod v oblastech s nadstandardními nároky na ochranu vod.	2005 – 2011	2 643
3620	Extenzivní metody čištění vod a jejich účinnost.	2005 – 2011	15 931
3621	Vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních.	2005 – 2011	3 402

Číslo subp.	Název subprojektu	Doba řešení	Financování za celé období řešení
3622	Vývoj obecně bilančních a operativně predikčních a hodnotících systémů zaměřených na výstupy podporující výkon veřejné a státní správy.	2005 – 2011	13 747
3623	Vývoj a aplikace informačních nástrojů nutných pro činnosti související s plánováním v oblasti vod.	2005 – 2011	18 119
3624	Vývoj a aplikace postupů s využitím technologií geografických informačních systémů ve vazbě na digitální bázi vodohospodářských dat.	2005 – 2011	7 430
3625	Vývoj a aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod a vývoj systémů jeho hodnocení.	2005 – 2011	18 395
3626	Vývoj a aplikace legislativních nástrojů v oblasti ochrany a jakosti vod.	2005 – 2011	10 235
3627	Koordinace a řízení výzkumného záměru.	2005 – 2011	14 527
3628	Struktura společenstva makrozoobentosu a fytozobentosu ve vztahu k hydromorfologii toku a antropogennímu ovlivnění.	2005 – 2011	9 693
3629	Vývoj a ověření metodiky pro změnu N-letých průtoků vlivem protipovodňových opatření.	2009 – 2011	3 150
3630	Studie výskytu látek v současné době nepodléhajících pravidelnému sledování v hydrosféře ČR.	2009 – 2011	6 541
3632	Minimální zůstatkové průtoky.	2010 – 2011	2 579
3633	Stanovení vhodných indikátorů pro identifikaci výskytu, předpověď a vyhodnocení intenzity období sucha pro podmínky České republiky.	2010 – 2011	1 285

Dotace a čerpání finančních prostředků v roce 2011

Dotace a stav čerpání finančních prostředků na rok 2011 je součástí zprávy pro 2. kontrolní den výzkumného záměru v roce 2011, který je chápán jako závěrečný za rok 2011. Vzhledem k tomu, že KD 2/2011 proběhl v říjnu 2011, v následující tabulce je uveden stav čerpání dotace k 31. říjnu 2011.

Č.	Nákladová položka dle Rozhodnutí o změně Rozhodnutí	Dle Rozhodnutí z 21.3.2011		Dle kalkulačních listů se skutečným čerpáním k 15. 11. 2011		
		Institucionální prostředky	Hrazeno z prostředků příjemce	Institucionální prostředky dle kalkulačních listů	Stav čerpání institucionálních prostředků	% čerpání dotace
1	Mzdy a platy	15 950		15 724	13 239	83
2	Dohody o pracích konaných mimo prac. poměr	261		296	139	53
3	Povinné zákonné odvody	5 423		5 350	4 518	83
4	Příděl do FKSP	319		315	265	83
5	Náklady na pořízení majetku					
6	Náklady na odpisy, údržbu a opravy majetku					

Č.	Nákladová položka dle Rozhodnutí o změně Rozhodnutí	Dle Rozhodnutí z 21.3.2011		Dle kalkulačních listů se skutečným čerpáním k 15. 11. 2011		
		Institucionální prostředky	Hrazeno z prostředků příjemce	Institucionální prostředky dle kalkulačních listů	Stav čerpání institucionálních prostředků	% čerpání dotace
7	Nákup materiálu, drobného majetku a zásob	2 110	96	2 529	1 867	88
8	Nákup služeb	3 290		3 210	2 395	72
9	Cestovní náhrady	2 295		2 431	1 383	60
10	Náklady na mezinárodní spolupráci	65		65	62	95
11	Náklady na zveřejnění výsledků a práv k výsledkům	690		724	267	39
12	Doplňkové (režijní) náklady	19 758		19 5177	19 516	99
13	Celkem	50 161	96	50 161	43 637	87

Osobní náklady jsou čerpány rovnoměrně podle ročního plánu na 83 %, což je ve shodě s běžným ročním cyklem. Čerpání ostatních nákladových položek (materiál, služby, náklady na zveřejnění výsledků) je mírně nižší. Skutečné čerpání těchto položek je vyšší, k jejich zaúčtování postupně probíhá. To se týká především nákladů na zahraniční služební cesty, které byly uskutečněny v podzimních měsících, služeb, dohod mimo pracovní poměr, jejichž proučtování závisí na termínech uvedených ve smlouvách, a dále nákladů na zveřejnění výsledků práv, kde je v tisku několik monografií. Celkové čerpání činí 87 %.

Kofinancování výzkumného záměru VÚV TGM, v.v.i. ve výši 96 tis. Kč bylo realizováno formou nákupu materiálu a služeb.

Na čerpání finančních prostředků pro podporu řešení výzkumného záměru za rok 2010 byl proveden nezávislý externí a nebyly shledány nesrovnalosti.

1. ODDÍL A – HYDROLOGIE

1.1 PŘESNOST MĚŘENÍ KVANTITATIVNÍCH PARAMETRŮ HYDROSFÉRY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Zdeněk Bagal

Řešitelský tým: Prof. Ing. Pavel Gabriel, RNDr. Radvan Hájek, Bc. Ondřej Motl, Ing. Bedřich Huzlík (externí), Ing. Libor Daneš (externí)

1.1.1 Předmět řešení

Hlavním úkolem subprojektu bylo zdokonalit metody pro zpřesnění měření kvantitativních vlastností hydrosféry. Řešení bylo zaměřeno na čtyři níže uvedené problematiky:

Posuzování vybraných druhů měřidel

K měření objemu vypouštění odpadních vod se na čistírnách používají přelivy (většinou pravouhlé) nebo Parshallovy žlaby. Výška hladiny změny hladiny se v těchto zařízeních většinou měří bezdotykovými ultrazvukovými snímači polohy. Naším úkolem bylo zhodnotit, jaké vlivy se uplatňují na přesnosti odměřování těmito přístroji.

Měřicí zařízení pro odměřování okamžité výšky hladiny

Původně se mělo jednat o vývoj kalibračního zařízení pro kontrolu tlakových sond. Od tohoto záměru bylo po konzultaci s garantem upuštěno, protože v současné době tuto kalibraci zajišťují samotní distributoři sond. Nicméně práce na zhotovení kalibračního zařízení vedly ve svém důsledku k vývoji velmi zajímavého systému pro měření okamžité změny výšky hladiny kapaliny. Tento systém byl v konečné fázi přizpůsoben pro modelový výzkum tak, aby bylo možno měřit a zapisovat okamžité změny výšky hladiny, a to především při rychlém proudění, kdy je stanovování změn pomocí hrotových měřitek prakticky nepoužitelné.

Problematika zamrzání půdy

Mrazoměr obecně může pracovat na principu analogie nebo na principu měření elektrického odporu. V druhém případě se využívá skutečnosti, že led má asi stokrát vyšší elektrický odpor než voda. Do současné doby neexistuje jednoduchý mrazoměr se záznamem dat. Využívá se především mechanický půdní mrazoměr (analogický), který je tvořen gumovou hadicí vyplněnou pěnovou hmotou nasáklou vodou. Tato hadice je umístěna v chrániče zapuštěné do země a hloubka promrznutí se určuje po vyjmutí pohmatem. Naším cílem bylo vyvinutí jednoduchého elektronického mrazoměru jednak s možností kontinuálního záznamu dat a dále jednoduššího (především levného), bez záznamu dat u kterého by se vyhodnocení provádělo pomocí externí vyhodnocovací jednotky. Měří se tedy elektrický odpor a porovnává se s referenční hodnotou. Je-li naměřený odpor vyšší, svědčí to o zamrznutí. Měření zámrazu v půdě by, podle našich předpokladů, mohlo mít význam při stanovování objemu vsakování roztátého sněhu po zimním období, tj. nejen pro zpřesnění předvídání záplav, ale i pro lesnictví a polnohospodářství. Před zahájením vlastního řešení

této problematiky byla Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti Strnady, Výzkumná stanice Opočno zpracována rešerše: „Zamrzání půdy, možné důsledky a způsoby měření“, ze které se potvrdila vhodnost a nutnost měřit hloubku zámruzu v půdě.

Problematika kontroly srážkoměrů zapojených v on-line sítích

Nad rámec metodiky řešení na rok 2011 byla věnována pozornost problematice kontroly srážkoměrů zapojených v on-line sítích, a to jak po stránce možných mechanických či elektrických závad, tak v případě zanesení srážkoměru. Předmětem řešení bylo vyvinutí nového konstrukčního uspořádání dolní části srážkoměru.

1.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Posuzování vybraných druhů měřidel

Vlastnosti ultrazvukových sond byly proměřovány v laboratorních i venkovních podmínkách.

- V laboratorních podmínkách byla proměřována přesnost odměřování při konstantní teplotě, vliv přesné montáže sondy (vliv odchylky od kolmice), vliv mlhy (vyrobené ultrazvukovým zvlhčovačem).
- Pro venkovní podmínky byly sondy osazeny v těsné blízkosti instalované meteostanice vybavené měřením teploty, srážkoměrem, anemometrem. Aby bylo možno simulovat skutečné podmínky, byly pod sondy umístěny nádoby se stálou výškou hladiny vody. Zjišťovali jsme vliv oslunění, deště, rozvlněné hladiny.

Na základě provedených zkoušek bylo ověřeno, že u ultrazvukových snímačů hladiny je třeba kontrolovat především teplotní závislost sondy a funkčnost teplotních kompenzací, přesnost odměřování vzdálenosti a zjištění maximální odchylky od kolmice. Především vlivem teplotní závislosti může docházet ke značným chybám v odečtu vzdálenosti a tím průtoku. Používané sondy k měření průtoku mohou mít odlišný stav a kvalitu teplotní kompenzace. Dle našeho názoru by se měla provádět kontrola měřících systémů (hydraulické i přístrojové části) 1x ročně na místě odečtu a 1x za 2 roky provést demontáž sondy a její přeměření. Při tomto přeměření (kontrola měření vzdálenosti-kalibrace, teplotní závislosti a stanovení maximální odchylky ultrazvukového paprsku od kolmice) navrhuje postupovat dle námi navržené metodiky (viz závěrečná zpráva 2005).

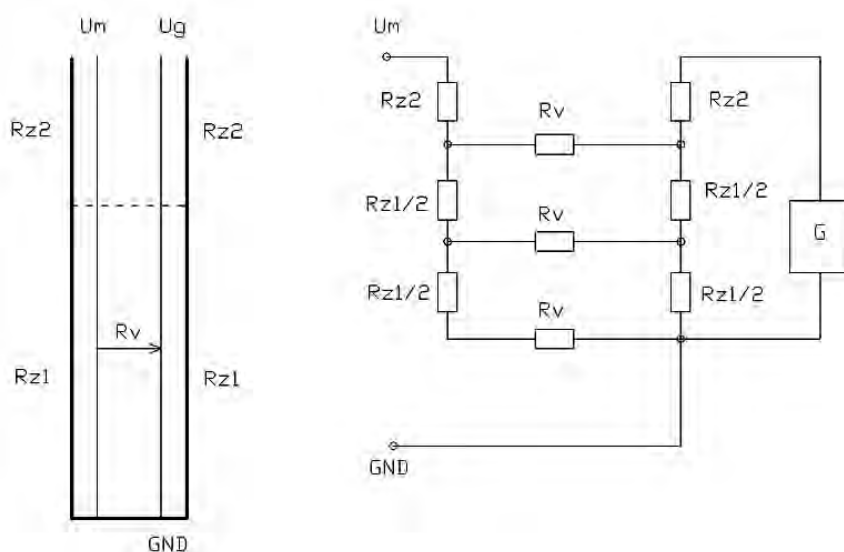
Jak důležité je přesné odměřování hladiny, ukazuje následující tabulka. Chyba odečtu je zvolena 10 mm. Při oslunění vykazovaly některé sondy chyby větší.

Tab. 1.1.1 Chyba v odečtu 10 mm – ostrohranný trojúhelníkový přeliv o vrcholovém úhlu 90° (ČSN ISO 1438-1)

Přepadová výška	Průtok	Průtok Chyba odečtu prep. výšky 10 mm	Rozdíl	Rozdíl
[mm]	[l.s ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[%]
50	0,8	0,4	0,3	43
100	4,4	3,3	1,0	23
150	12,0	10,1	1,9	16
200	24,6	21,7	3,0	12
250	43,0	38,9	4,2	10
300	67,9	62,4	5,5	8

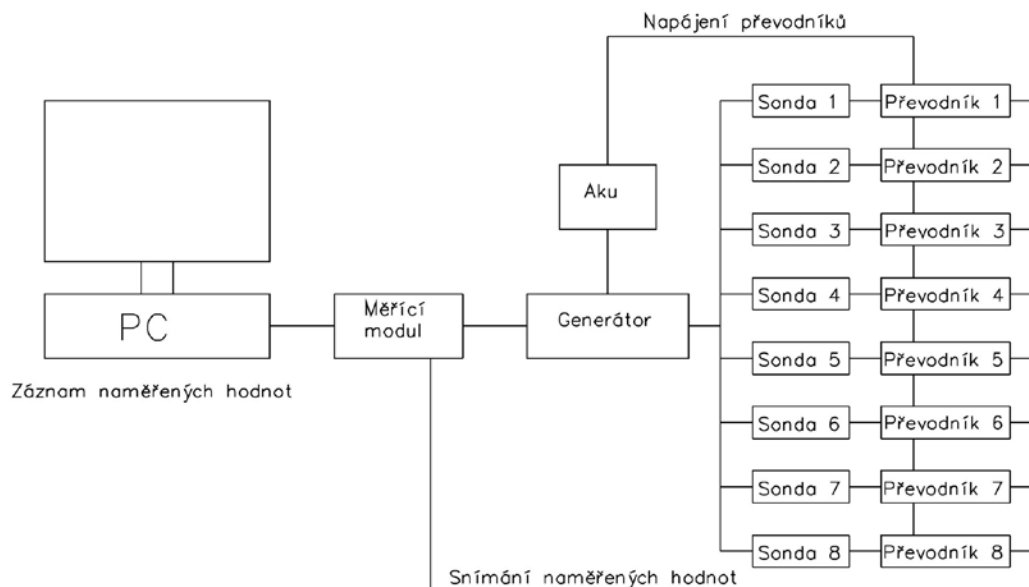
Měřicí zařízení pro odměřování okamžité výšky hladiny

Při modelovém výzkumu je často třeba stanovit změnu výšky hladiny v krátkém časovém intervalu. Pro toto se často používají kapacitní, odporové sondy nebo bezkontaktní ultrazvukové či radarové sondy. Každá z těchto metod má svoje nevýhody, které byly popsány v dřívějších zprávách. Naším úkolem bylo vyvinout metodu, která by umožňovala odměřování změn hladiny na rychle tekoucí vodě. A to nezávisle na teplotě a vodivosti vody (předpokladem je alespoň minimální vodivost), a to v několika profilech zároveň. Námi navržené zařízení pracuje na principu měření elektrického potenciálu vodního sloupce dvěma a více souběžnými vertikálními vodiči (nejedná se o princip měření vodivosti ani kapacity). Jeden z vodičů je napájen střídavým proudem z obou stran o vyšší frekvenci (aby se zabránilo disociaci vody). Snímá se napětí proti některému z konců napájeného vodiče. Snímané napětí je pak funkcí výšky hladiny kapaliny.



- G generátor střídavého napětí (stabilizovaný)
- R_z odpor jednotlivých částí vodiče (dále jen sondy)
- U_g napájecí napětí sondy
- U_m měřené napětí
- GND zem

Obr. 1.1.1 Princip funkce

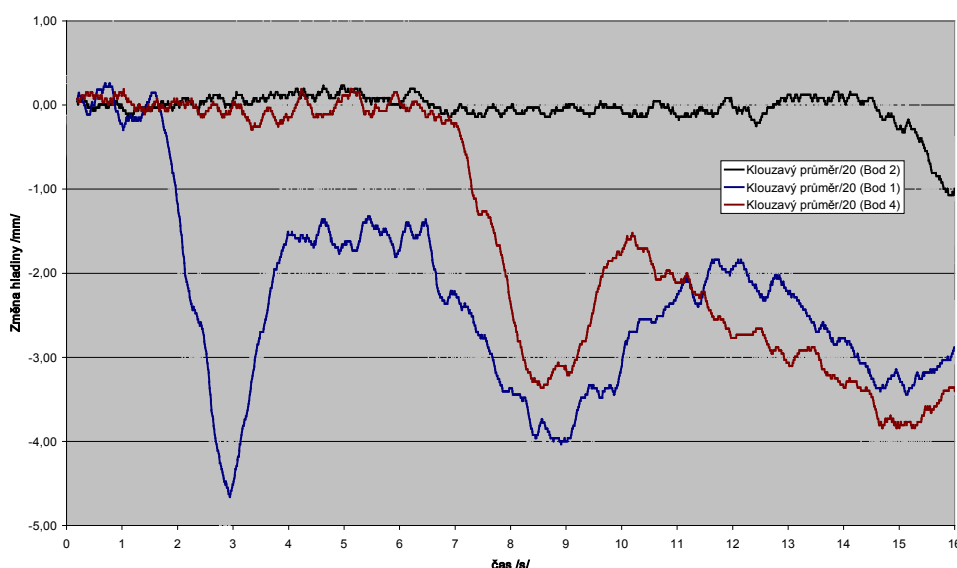


Základní technické údaje zařízení:

délka sondy	200 mm
průměr elektrody	0,1 mm
přesnost	0,2 mm
maximální rychlost odměřování a zápisu po	0,03s
Počet kanálů	8
Připojení PC	USB2
Napájení	12V
Sonda je uzpůsobena pro snadnou montáž na hrotové měřítko	

Obr. 1.1.2 Blokové schéma zapojení měřícího zařízení

Zařízení bylo použito několikrát při modelovém výzkumu.

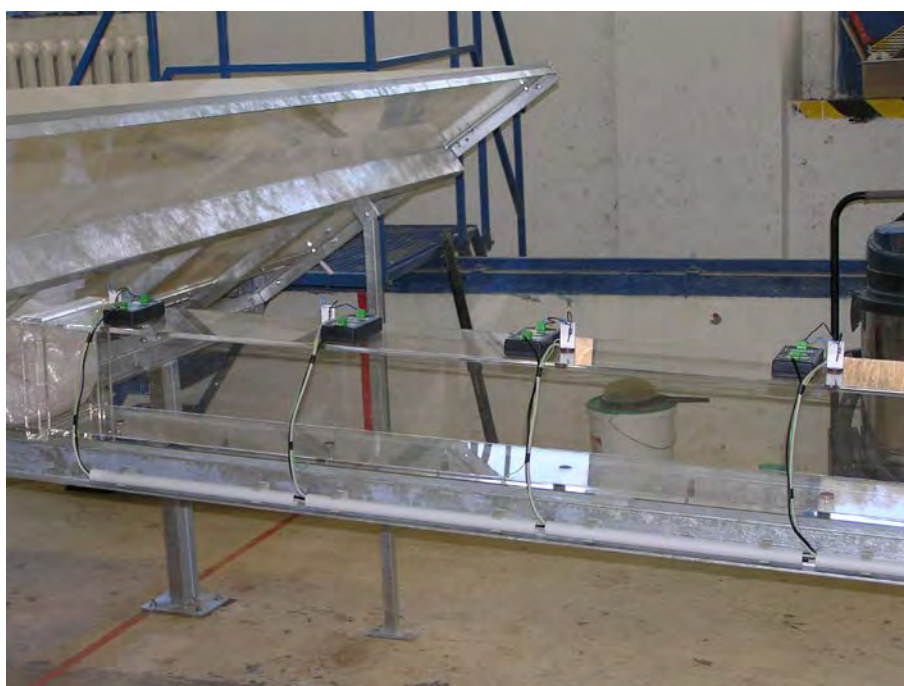


Graf 1.1.1 Časový průběh hladin při výpadku vodní elektrárny Děčín – horní zdrž (pro úplný výpadek elektrárny $Q = 310 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $Q = 0$)



*Obr. 1.1.3 Simulování výpadku vodní elektrárny Plavební stupně České Vrbné
ČVUT Praha fakulta stavební*

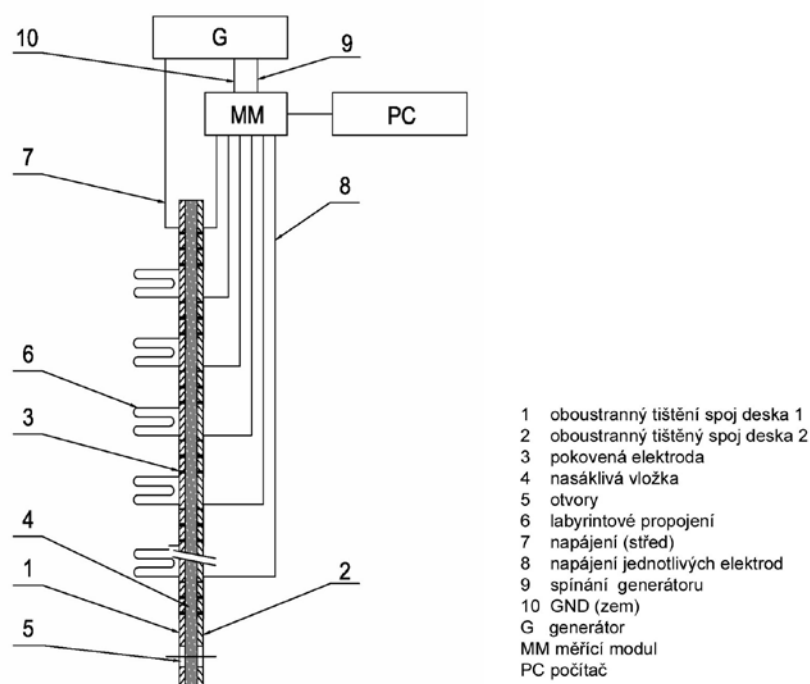
Výhodou tohoto systému je i možnost instalace systému odměřování přímo do modelu (viz model propustku).



Obr. 1.1.4 Systém měření změny výšky hladiny zabudovaný do propustku

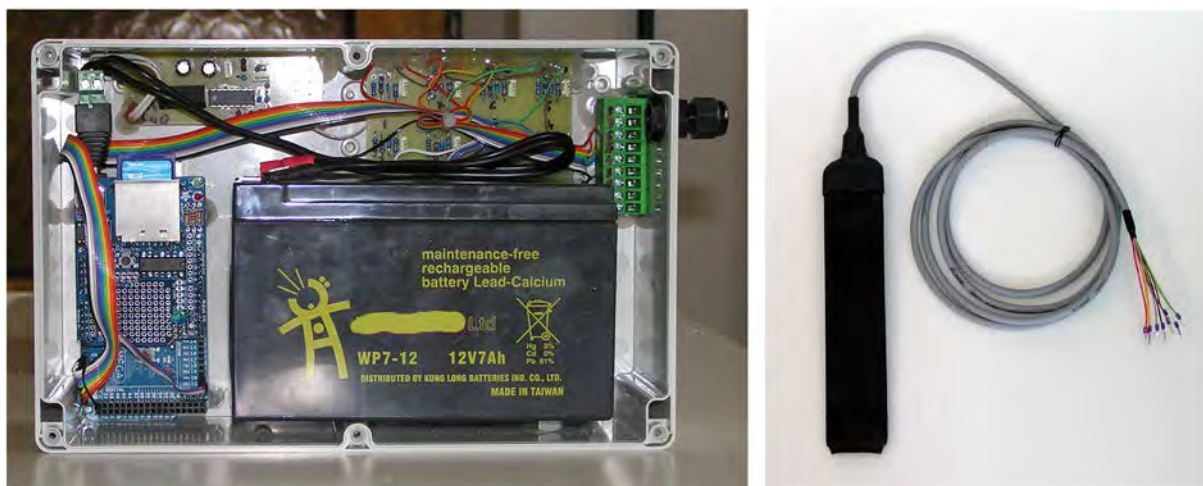
Problematika zamrzání půdy

Bylo vyrobeno a odzkoušeno více druhů sond mrazoměrů pracujících na různých principech. Po těchto zkouškách jsme se přiklonili k sondám reagujícím na skokovou změnu odporu při změně skupenství. V konečném řešení je sonda vytvořena z desky tištěných spojů. Řešení dle námi uplatněného užitého vzoru spočívá v tom, že se odpor neměří v jednotlivých buňkách, ale podařilo se navrhnout a vyrobít kompaktní jednoduchou sondu, kdy do vodotěsného obalu jsou umístěny dvě oboustranně pokovené desky tištěných spojů, na kterých jsou technologií leptání vytvořeny měřicí elektrody. Na jedné desce jsou elektrody propojeny pomocí labyrintu tak, aby přenos tepla vedením mezi elektrodami byl co nejmenší. Střed je vyveden na svorkovnici. Aby byl zajištěn přenos tepla z jedné strany tištěného spoje na druhou, jsou elektrody prokoveny. Na druhé desce jsou pak jednotlivé elektrody vyvedeny na svorkovnici. Z důvodu zamezení koroze jsou vodivé cesty pozlaceny. Mezi desky je vložena nasáklivá vložka, která je nasycena vodou. Celý komplet je zataven do plastové folie. Napájení je prováděno stabilizovaným generátorem střídavého napětí z důvodu omezení disociace vody. Sonda, dle tohoto řešení, má velmi malou hmotnost a tím i malou tepelnou kapacitu. Tím je dosaženo značné citlivosti. Schéma zapojení je na obr. 1.1.5. Na toto řešení byl udělen Úřadem pro vynálezy užitého vzor MTP G01N27/02. Současně byla též podána přihláška vynálezu k Českému úřadu pro vynálezy pod číslem PV 2010-286 a k Evropskému patentovému úřadu č. 960918. Při konečném návrhu mrazoměru byly uplatněny poznatky získané osazením zařízení ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby – Praha Ruzyně během zimy 2010/2011. Byly též navrženy a vyrobeny sondy, které je možno osadit do libovolné hloubky.



Obr. 1.1.5 Schéma zapojení

Byl dokončen vývoj a výroba vzorku vyhodnocovací jednotky – loggeru (včetně uživatelského programu), která umožňuje vyhodnocení a záznam dat na SD kartu v osmi hladinách. Integrovanou součástí této jednotky jsou již i detekční obvody. Zařízení je přizpůsobeno na solární napájení, není tedy závislé na zdroji elektrické energie.



Obr. 1.1.6 Loger a kompaktní sonda

Mrazoměr pro široké použití – Logická jednotka tohoto vyhodnocovacího zařízení se připojuje až v okamžiku měření. Do té doby jsou přívodní kabely sond zapojeny do vodovzdorné koncovky. Jednotka je schopna jednorázově vyhodnotit osm jednočidlových sond nebo též jednu kompaktní osmihladinovou. Hloubka promrznutí je indikována šestnácti diodami tak, aby se simulovalo sloupcové zobrazení – bargraf. Měřící napětí sond je realizováno stabilizovaným generátorem střídavého napětí (400 Hz) z důvodu omezení disociace vody. Napájení celého přístroje je zajištěno jednou alkalickou baterií. Umístění sond je libovolné, svislé/vodorovné. Při vodorovném umístění se měří zámraz přesně v místě sondy – tloušťka sondy je 5 mm. Při použití se předpokládá osazení sond do půdy a vyvedení připojovacích kabelů do vodovzdorné zásuvky umístěné nad terénem. Vyhodnocovací zařízení se připojuje až v okamžiku, kdy je potřeba zjistit hloubku promrznutí. Detekce se provede pouze zmáčknutím tlačítka start.

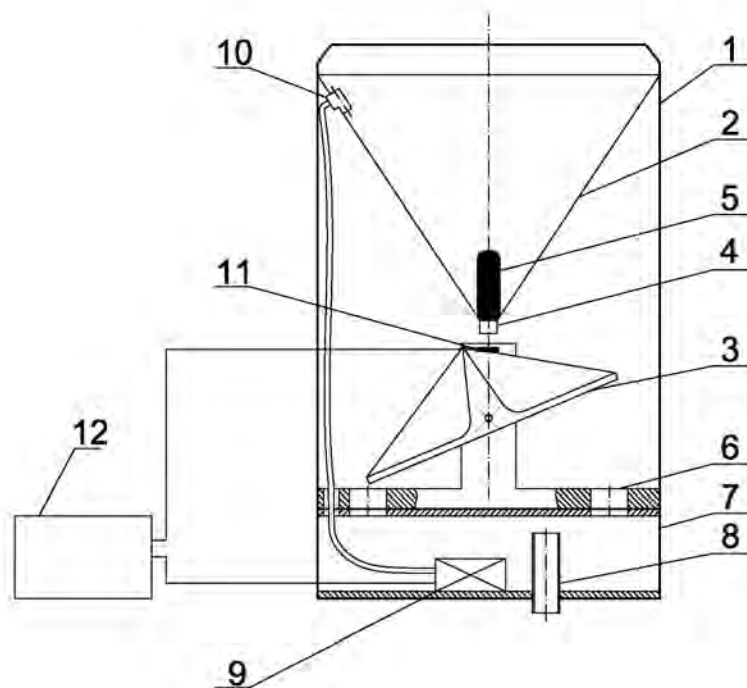


Obr. 1.1.7 Vyhodnocovací jednotka mrazoměru a jednočidlové sondy

Problematika kontroly srážkoměrů zapojených v on-line sítích

Pro měření dešťových srážek se využívá například srážkoměr s překlápěcím člunkem, kde se zaznamenává počet překlopení. Využívá se i jiný princip, např. váhový. Vzhledem k současné meteorologické a klimatické situaci, se jeví jako správná myšlenka zvyšování počtu těchto zařízení. Se vzrůstajícím množstvím však vyvstává problém s jejich údržbou. Jednotlivé srážkoměry je třeba v pravidelných intervalech kontrolovat, a to především, zda nejsou zaneseny. Nejvíce pylem, listím a dalšími nečistotami. Zvyšování počtu srážkoměrů vede zákonitě i ke zvyšování počtu kvalifikované obsluhy. Přes pravidelné kontroly se stává, že těsně po kontrole dojde k zanesení přístroje či k jiné závadě. Na toto se však přijde až při dešťové srážce, kdy je srážkoměr nefunkční či dává špatné údaje. Dále nelze vyloučit i samotný lidský faktor při vlastní údržbě srážkoměru. Průtok srážkoměrem lze kontrolovat pouze při srážkách, což je již pozdě na zjištění případné závady.

Naším cílem bylo navrhnout přídatné zařízení ke klasickému člunkovému srážkoměru, které by umožňovalo kontrolu srážkoměrů zapojených do on-line sítě. V principu by zařízení mělo pracovat tak, že na základě pokynu (zadaného např. přes GSM), v období beze srážek, se spustí kontrolní cyklus, který vyhodnotí, zda srážkoměr pracuje bez závad. Navržené řešení (obr. 1.1.8) spočívá v tom, že součástí srážkoměru je zásobní nádržka v jeho dolní části, která kumuluje část vody z předchozí srážkové epizody. Dávkovacím čerpadlem se po přijmutí příkazu nadávkuje přesné množství vody do srážkoměru (v bezdeštném období), a tím se ověří on-line jeho funkčnost. Toto by bylo možné provést z centrálního pracoviště pro všechny srážkoměry, které jsou zapojeny on-line v jeden okamžik a vyhodnotit, kterou je nutné fyzicky zkontrolovat. Tím dojde k optimalizaci nákladů vynakládaných na jejich servis.



Legenda: 1 - srážkoměr, 2 - trychtýř srážkoměru, 3 - překlápěcí člunek, 4 - výpustní otvor srážkoměru, 5 - sítko, 6 - odtokové otvory srážkoměru, 7 - zásobní nádrž vody pro kalibraci, 8 - přepadová trubka, 9 - čerpadlo, 10 - tryska, 11 - snímač, 12 - řídicí jednotka

Obr 1.1.8 Schéma srážkoměru s kontrolou funkce

1.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Bagal, Z., Huzlík, B. Snímač výšky hladiny [CD-ROM]. prototyp, 2006.
- Bagal, Z., Huzlík, B. Snímač výšky hladiny s nezávislým napájením, včetně loggeru. prototyp. 2007.
- Bagal, Z., Huzlík, B. Snímač výšky hladiny-kapalin užitný vzor č. 17070 [CD-ROM], 2007.
- Bagal, Z., Huzlík, B. Osmikanálové měřící zařízení pro záznam úrovně hadiny. funkční vzorek. 2008, VÚV T.G.M. v.v.i..
- Bagal, Z., Huzlík, B. Mechanicky odolná sonda pro stanovení výšky hladiny kapaliny. funkční vzorek. 2009, VÚV T.G.M. v.v.i..
- VÚV TGM, v.v.i.. Sonda pro stanovení výšky hladiny kapaliny. Původce vzoru: Bagal, Z., Huzlík, B.. Int. 19576. Úřad průmyslového vlastnictví, ČR. 25.2.2009
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., Praha, CZ. Elektronický půdní mrazoměr. Původce vzoru: Bagal Zdeněk, Daneš Libor. Int. 21177. Úřad průmyslového vlastnictví - Česká republika <http://isdv.upv.cz>. 13.4.2010
- Bagal, Z., Daneš, L. Elektronický půdní mrazoměr - funkční vzorek. funkční vzorek. 2010, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.
- Bagal, Z., Daneš, L. Funkční vzorek mrazoměru pro široké použití s bateriovým napájením. funkční vzorek. 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.
- Bagal, Z., Daneš, L. Funkční vzorek srážkoměru s bezobslužnou kontrolou funkce. funkční vzorek. 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., Praha, CZ. Srážkoměr s bezobslužnou kontrolou funkce. Původce vzoru: Bagal Zdeněk, Daneš Libor. Int. 22321. Úřad průmyslového vlastnictví - Česká republika <http://isdv.upv.cz>. 27.2.2011

V řízení:

Příhláška vynálezu k Evropskému patentovému úřadu (EP10186336.3) a k Úřadu průmyslového vlastnictví ČR (PV 2010-286).

1.2 VÝVOJ MATEMATICKÝCH MODELŮ HYDROLOGICKÉ BILANCE, IDENTIFIKACE JEJICH PARAMETRŮ A OVĚŘOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍM VÝZKUMEM

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2009: Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.
2009 – 2011: Ing. Adam Vizina

Řešitelský tým: Jan Kašpárek, CSc., Ing. Jan Pistulka, Mgr. Pavel Tremel, Zuzana Groschupová, RNDr. Jiří Kokeš, Mgr. Jana Olejšková, Josef Bureš, Vojtěch Mrázek, Petra Malíková, Ing. Petr Bouška, Ph.D., Prof. Ing. Pavel Gabriel, Mgr. Petra Štěpánková, Mgr. Hana Janovská, Ing. Magdalena Mrkvičková, Ivana Kubečková, Ing. Oldřich Novický, Ing. Renata Fridrichová, Ing. Stanislav Horáček, Mgr. Pavel Tremel, Ing. Radek Vlnas, Ing. Adam Beran

1.2.1 Předmět řešení

Předmětem řešení je rozvoj modelovacích technik, jejich kalibrace a ověřování, součástí je i dlouhodobé experimentální sledování a vyhodnocování vývoje prvků hydrologické bilance v pozorovací soustavě povrchových a podzemních vod. Práce navazují na výzkumnou činnost, která byla dlouhodobě věnována vývoji matematického modelu hydrologické chronologické bilance BILAN (dříve SIMBA) do roku 2008 v měsíčním časovém kroku a v roce 2009 byl model BILAN modifikován na denní výpočetní verzi. V roce 2010 a 2011 byl vytvořen propojený model hydrologické a vodohospodářské bilance, který byl zapojen do soustavy říční sítě, čímž je zajištěna chronologie průtoků v řešené soustavě a kvantifikována nejistota u přirozených odovlivněných průtoků.

V průběhu celého řešení výzkumného záměru probíhalo dlouhodobé sledování a vyhodnocování vývoje změn klimatu a jeho vlivu na výpar z vodní hladiny ve výparoměrné stanici Hlasivo a prvků hydrologické bilance v pozorovací soustavě povodí horní Metuje, na kterém lze kvantifikovat vztahy mezi celkovým odtokem z povodí a odtokem podzemní vody.

Pomocí modelu BILAN byly kvantifikovány změny odtokových výšek a hydrologických složek dle modelovaných změn klimatu (regionální a globální klimatické modely).

1.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

V rámci řešení tohoto úkolu byla provedena rešerše zahraničních zdrojů zabývajících se modelováním hydrologické bilance povrchových a podzemních vod a dopadu změn klimatu na odtokové výšky v České republice pomocí modelu BILAN a scénářových simulací dopadů změny klimatu na bilanční hydrologické složky.

Model BILAN v měsíčním časovém kroku

Model počítá v měsíčním kroku chronologickou hydrologickou bilanci povodí či území. Vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí, v zóně aerace, do níž je zahrnut i vegetační kryt povodí a v zóně podzemní vody. Jako ukazatel bilance energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu.

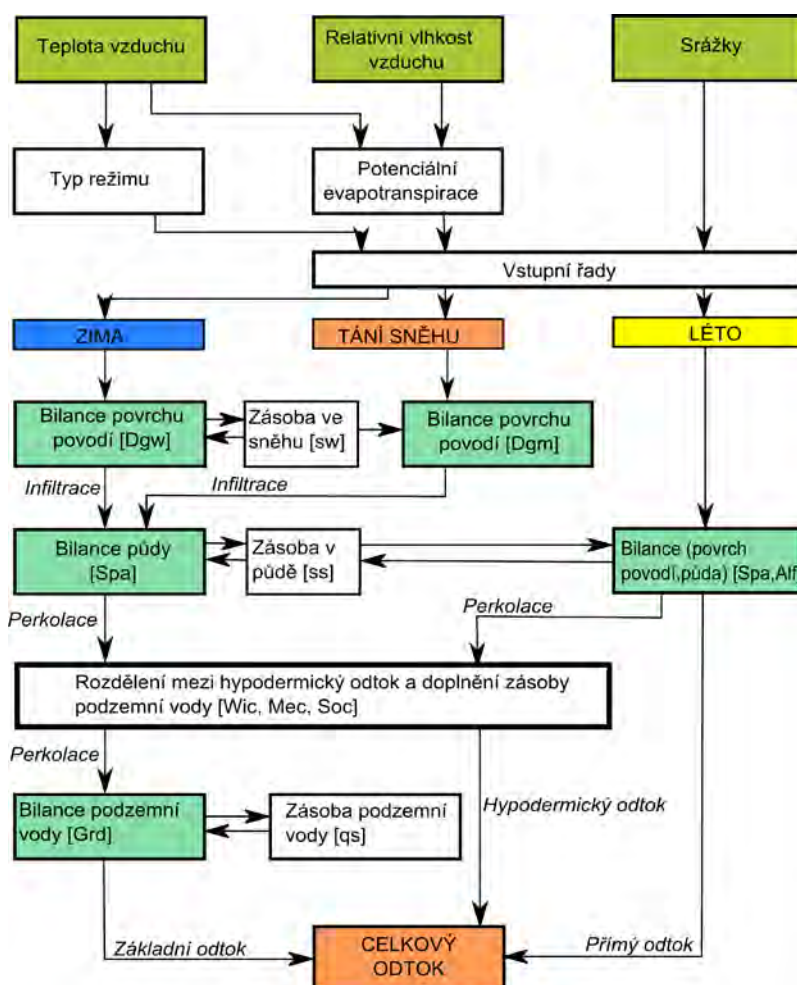
Vstupními hodnotami modelu jsou časové řady měsíčních výšek srážek na povodí, řady průměrných měsíčních teplot vzduchu a řady průměrných relativních vlhkostí vzduchu. Při

odhadu parametrů modelu se zadávají řady průměrných měsíčních odtokových výšek v závěrovém profilu povodí.

Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i hypodermický odtok) a základní odtok. Základní odtok lze považovat za odhad podzemního odtoku z povodí protékající závěrovým profilem.

Model má osm volných parametrů. Pro jejich odhad se v profilech s vodoměrným pozorováním používá optimalizační program, který hledá parametry tak, aby bylo dosaženo minimální hodnoty zvoleného kritéria shody modelovaného odtoku s pozorovanými daty.

Na obrázku 1.2.1 je znázorněn vývojový diagram modelu.



Obr. 1.2.1 Schéma modelu chronologické hydrologické bilance (v měsíčním kroku), hranatými závorkami jsou označeny parametry modelu

Ve standardní verzi programu je použita metoda výpočtu potenciální evapotranspirace vycházející z grafů z publikace Rekomendacii po roščotu isparenija s poverchnosti suši, Gidrometeoizdat, Leningrad, 1976.

Potenciální evapotranspirace je určována v závislosti na sytostním doplňku, který je vypočítán z teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu. Empirické funkce udávající závislost potenciální evapotranspirace byly podle dlouhodobých pozorování soustavy bilančních stanic

odvozeny pro jednotlivé kalendářní měsíce s rozlišením bioklimatické zóny, ve které se povodí nachází.

Bioklimatické zóny tundra, jehličnatý les, smíšený les, listnatý les a step jsou charakterizovány průměrnou roční teplotou a průměrným ročním úhrnem srážek. Podle rozboru těchto dat se ukázalo, že v klimatických podmínkách ČR jsou srážky na celém území tak velké, že neovlivňují zařazení do uvedených kategorií a klimatické zóny lze rozlišit pouze podle dlouhodobé průměrné teploty. Na tomto základě byla původní metoda výpočtu potenciální evapotranspirace upravena tak, že využívá interpolaci mezi hodnotami z funkcí pro sousední zóny (podle dlouhodobé průměrné teploty na zkoumaném povodí). Pro výpočet je nutné zadat řady průměrných teplot vzduchu a průměrných relativních vlhkostí vzduchu.

V případě, že nejsou k dispozici údaje o relativní vlhkosti vzduchu, lze řadu hodnot potenciální evapotranspirace vypočítat jiným postupem předem a použít ji jako vstupní data modelu.

V roce 2011 byla do modelu BILAN implementována metoda výpočtu potenciální evapotranspirace dle Oudina a vytvořena nová verze softwaru, který obsahuje obě metody výpočtu potenciální evapotranspirace. Metoda byla ověřena na 13 povodích v České republice v denním i měsíčním časovém kroku.

Pro rozlišení, zda se v daném měsíci bude používat režim výpočtu „zimní“ na straně jedné a „letní“ nebo „tání sněhu“ na straně druhé, se používá podmínka uvažující vliv teplot v aktuálním měsíci. Pro měsíce letní a měsíce tání musí platit

$$t(i) \geq 0.$$

Měsíc tání je vždy první měsíc s nezápornou teplotou následující po měsíci zimním, ale také měsíc s nezápornou teplotou následující po měsíci tání, ve kterém neroztála celá zásoba sněhu. Všechny měsíce se zápornou teplotou jsou považovány za zimní.

Celkový modelovaný odtok $rm(i)$ je složen ze tří složek:

letní přímý odtok $dr(i)$ – povrchový a hypodermický odtok, který odečte tak rychle, že nemá možnost ovlivnit bilanci vody v půdě ani se jeho podstatná část nemůže vypařit, je způsoben velkými úhrny deště,

interflow $l(i)$ – zahrnuje povrchový odtok v zimních měsících a hypodermický odtok, vzniká jako část přebytku v zóně aerace,

základní odtok $bf(i)$ – odtok podzemní vody s delší retardací v povodí, je odtokem ze zásob podzemní vody. Skladbu celkového odtoku $rm(i)$ vyjadřuje rovnice

$$rm(i) = dr(i) + l(i) + bf(i)$$

Ve starších verzích programu byla jako kritérium optimalizace použita buď střední kvadratická chyba odhadu, nebo průměr absolutních hodnot chyb odhadu. Nevýhodou těchto kritérií je, že větší váhu dávají odchylkám v oblasti velkých průtoků na úkor shody výsledků v oblasti malých průtoků. Při řešení některých úloh, zejména při modelování základního odtoku, nebylo tak dosaženo sestavy parametrů modelu, která by vedla k optimální shodě pozorovaných a modelovaných průtoků v oblasti malých průtoků.

V současné standardní verzi programu je použita dvoustupňová optimalizace. V prvním kroku se optimalizuje všech osm parametrů modelu při použití jednoho z výše uvedených kritérií. Hodnoty parametrů, získané v prvním stupni optimalizace se u těch, které podstatně ovlivňují průměrný odtok (Spa, Dgm, Dgw and Alf), již v druhém běhu optimalizace nemění. V druhém stupni optimalizace se tedy optimalizují jen parametry, které významně ovlivňují rozdělení odtoku v čase (Mec, Wic, Soc, Grd). Pro jejich optimalizaci se jako kritérium používá průměrná relativní odchylka pozorovaného a modelovaného odtoku. Tento postup nelze použít, pokud se v řadě vstupních pozorovaných odtoků vyskytují nulové hodnoty (relativní odchylku nelze vypočítat).

Další výzkum ukázal, že optimalizaci lze zdokonalit, pokud jsou k dispozici potřebná vstupní data, využitím složitějšího kritéria optimalizace. Například při modelování se zaměřením na odtok podzemní vody, pokud je k dispozici řada základního odtoku vypočtená nezávisle na hydrologickém bilančním modelu, lze optimalizační kritérium sestavit jako vážený součet střední chyby modelovaného celkového odtoku a střední odchylky základního odtoku (vypočtené porovnáním hodnot modelovaného základního odtoku s hodnotami vypočtenými nezávisle na hydrologickém bilančním modelu). Podobně by bylo možné postupovat při využití dalších veličin, které jsou v modelu uvažovány a počítány (např. zásoby vody ve sněhu). Pokusy s optimalizací s využitím externě určeného základního odtoku byly úspěšné, ve standardních verzích programu prozatím nebyly tyto možnosti využity.

Model BILAN v denním časovém kroku

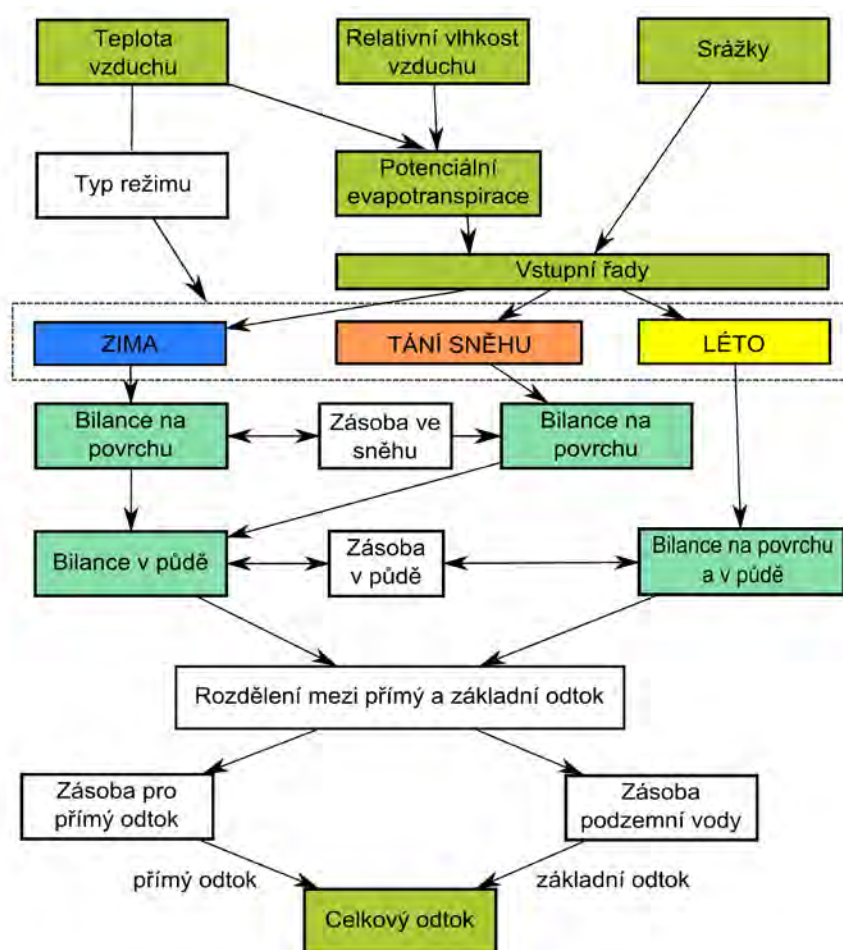
Základní struktura modelu a principy výpočtu jsou shodné v denní i měsíční verzi. Povodí je reprezentováno soustavou nádrží ve třech vertikálních úrovních, které jsou vzájemně propojeny odtoky řízenými algoritmy a parametry modelu. Obě varianty mají také společné odlišení tří režimů závislých na teplotě (zimní, tání sněhu, letní). Nejvýznamnějším rozdílem je přístup k dělení odtoku a začlenění přímého odtoku, zatímco měsíční verze uvažuje tři složky celkového odtoku (přímý povrchový, hypodermický a základní), v denní verzi je celkový odtok složen ze dvou částí, odpovídajících výstupu z nádrže s rychlou (přímý odtok) a pomalou odezvou (základní odtok). Varianta s denním krokem obsahuje 6 volných parametrů, což je o dva méně ve srovnání s měsíční verzí. V měsíční verzi je možno alternativně zjistit řady potenciální evapotranspirace na základě pozorovaných teplot a vlhkostí, k tomu se využívá metodiky podle (Rekomendací, 1976), kde jsou uvedeny měsíční hodnoty pro jednotlivé vegetační zóny. Pro použití v denní verzi byly tyto hodnoty převedeny na denní pomocí interpolace zachovávající měsíční průměry. K testování a ověřování denní verze modelu sloužila odtoková a přepočtená klimatologická data (srážky, teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu) pro 10 povodí nacházejících se v Čechách. Model v denním kroku poskytoval uspokojivé výsledky při kalibraci parametrů a následné verifikaci, která proběhla vždy na závěrečném úseku pozorované řady o délce 5 – 10 let. Model BILAN je určen k modelování především nízkých a středních průtoků. Schéma modelu je na obrázku 1.2.2.

Model hydrologické bilance BILAN používá pro odhad parametrů automatickou optimalizaci. Běžně používaná kritéria optimalizace – střední kvadratická chyba, nebo průměr absolutních hodnot odchylek – jsou podstatně více ovlivněny odchylkami v oblasti velkých průtoků, než odchylkami v oblasti průtoků malých. Shoda modelovaného a pozorovaného průtoku v oblasti malých průtoků je pak často nedostatečná. Proto je v novějších verzích modelu použita dvoustupňová optimalizace: v prvním běhu se při využití některého z výše uvedených kritérií optimalizace odhadnou všechny parametry, v druhém jsou optimalizovány jen parametry ovlivňující časové rozdělení odtoku do jeho složek a tím časové rozdělení celkového odtoku. Jako kritériem optimalizace je v druhém kroku použita střední relativní chyba. Tento postup ve většině případů vede k tomu, že je dosažena přijatelná shoda jak u průměrného dlouhodobého odtoku, tak v oblasti malých průtoků.

Propojený model hydrologické a vodohospodářské bilance

Propojený model umožňuje eliminaci ovlivnění (užívání) průtoků v měsíčním časovém kroku na území České republiky pomocí modelů hydrologické bilance (BILAN) a modelu bilance vodohospodářské. Řešení hydrologické bilance v soustavě říční sítě propojené s vodohospodářským modelem vede ke snížení nejistot u přirozených průtoků a bude zajištěna chronologie průtoků v řešené soustavě. Tímto řešením jsou dále kvantifikovány drobní uživatelé vody, kteří dle zákona nemají ohlašovací povinnost. Vstupem do modelu

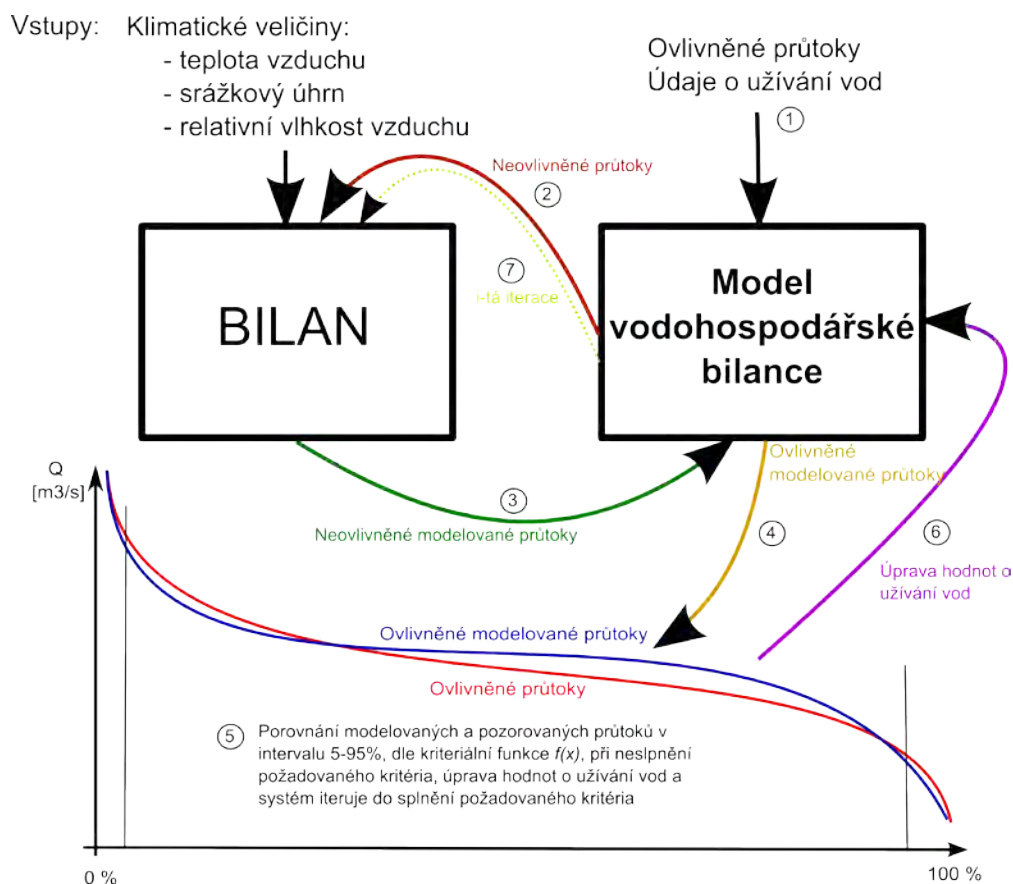
jsou použity měsíční časové řady průtoků, srážkových úhrnů, teplot vzduchu, relativních vlhkostí vzduchu a užívání vod na povodí



Obr. 1.2.2 Schéma modelu chronologické hydrologické bilance Bilan v denním kroku

V prvním kroku dojde v modelu vodohospodářské bilance k očištění průtokových řad (vzniknou teoretické neovlivněné průtoky), které jsou vstupem do modelu hydrologické bilance (BILAN). V tomto modelu jsou dále simulovány jednotlivé složky vodního režimu daného povodí a tím jsou získány modelované neovlivněné průtokové řady pro dané období. Tyto řady jsou dále zpětně převedeny na ovlivněné. Následně jsou porovnány se vstupní ovlivněnou řadou průtoků a kritériální funkcí z čar překročení určíme, zda jsme dosáhli věrohodného odovlivnění (eliminací) průtokových řad. Za relevantní se uvažují průtoky v intervalu 5-95 %. Pokud nedojde ke splnění zvoleného kritéria, celý proces se opakuje. K jediné změně dojde v případě hodnot o užívání vod, a to kvantifikací tzv. balastních vod a užívání vod drobných uživatelů. Schéma modelu je znázorněno na obrázku 1.2.3.

Propojený model hydrologické a vodohospodářské bilance v měsíčním časovém kroku zapojený do soustavy povodí koriguje negativní hodnoty na mezipovodí a do určité míry eliminuje nejistoty v ovlivnění průtoků. Jeho uplatnění je však pouze na větších povodích a na povodích, na kterých je vykonávána hospodářská činnost z důvodu zanedbatelných hodnot na některých povodích, avšak má význam pro kontrolu chronologie průtoků. Ze získaných výsledků je zřejmé, že je třeba vytvořit metodiku pro hospodaření s vodou hlavně pro období nedostatku vody, kdy se tato období dají očekávat s větší četností.



Obr. 1.2.3 Schéma propojeného modelu hydrologické a vodohospodářské bilance

Pozorování na horní Metuji

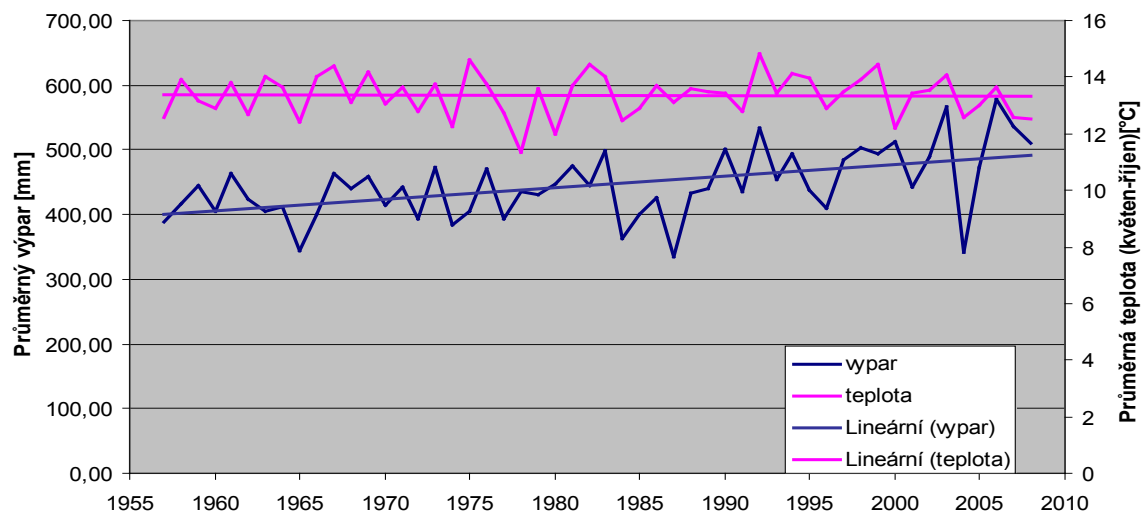
V průběhu celého řešení docházelo k měření hydrologických veličin (hydrometrování, automaticky) a klimatologických veličin na hydrogeologicky uzavřeném povodí horní Metuje, které umožňuje svojí strukturou lepší vystižení vztahů mezi veličinami celkové hydrologické bilance.

Vyhodnocení výparu ve stanici Hlasivo

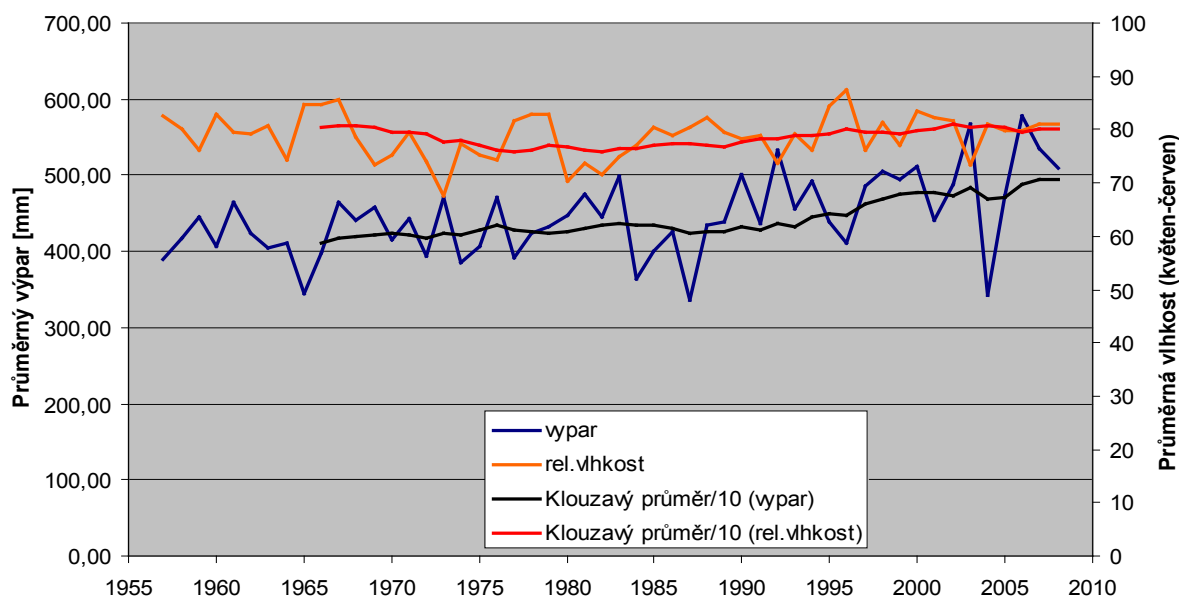
Byly zpracovány řady průměrných sezónních výparů a dalších meteorologických veličin měřených ve stanici Hlasivo. Práce navazovala na předešlou práci, řešenou v rámci Výzkumného záměru pro rok 2007, ve kterém byla analyzována řada dat od roku 1957 do roku 2005. Nyní byla data doplněna o další tři roky a tím vznikla spojitá řada od roku 1957 do roku 2008. Cílem práce je potvrdit, nebo vyvrátit výsledky předešlé zprávy, ve které byl potvrzen stoupající trend hodnot výparu v průběhu let jako statisticky významný. Pro práci bylo použito tabulkového procesoru Excel a statistického programu CTPA (Change and trend problem analysis).

Dle grafu 1.2.1 má lineární spojnice trendu sezónního výparu (květen-říjen) z období 1957-2008 stoupající trend. Pro posouzení, zdali v průběhu let dochází k lineárnímu zvyšování hodnot výparu, nebo zdali tento trend není konstantní, je použit program CTPA a data byla podrobena statistické analýze. Dále bylo posouzeno, zdali mají data normální rozdělení pomocí testů založených na šikmosti a špičatosti a pomocí Kendallova koeficientu pořadové korelace byla zkoumána závislost zkoumaných veličin.

Průběh teploty víceméně kopíruje tvar průběhu výparu, závislost relativní vlhkosti na výparu je nepřímo úměrná (graf 1.2.2). Analýza potvrdila celkový vývoj trendu, který byl popsán ve zprávě z roku 2007, gradient trendu u výparu pouze mírně narostl.



Graf 1.2.1 Průběh hodnot sezónního výparu a teploty pro roky 1957 – 2008 ve stanici Hlasivo



Graf 1.2.2 Průběh hodnot sezónního výparu a vlhkosti pro roky 1957 – 2008 ve stanici Hlasivo

Pomocí modelu BILAN byla také v České republice kvantifikována změna odtokových poměrů v podmínkách změn klimatu dle regionálních a globálních klimatických modelů pro všechny emisní scénáře IPCC SRES 2000 a různé časové horizonty pro více než 100 povodí v České republice i Evropě.

Model BILAN byl využit v mezinárodních projektech WATCH (Water and Global Change) a FRIEND (Flow Regimes from International and Experimental Network Data).

1.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Kašpárek, L., Kněžek, V., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M., Serafin, R. Vodní zdroje vnitrosudetské pánve. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006, 76 s., ISBN 80-85900-58-0.
- Kašpárek, L., Kněžek, V., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M., Serafin, R. Water resources of the Intra-Sudeten basin. Prague : T. G. Masaryk Water Research Institute, 2006, 74 s., ISBN 80-7212-393-0.
- Kašpárek, L., Novický, O., Jeníček, M., Buchtela, Š. Influence of large reservoirs in the Elbe River basin on reduction of flood flows. Prague : T. G. Masaryk Water Research Institute, 2006, 55 s., ISBN 80-85900-60-2.
- Kašpárek, L., Novický, O., Uhlík, J. Possible impacts of climate change on groundwater resources and groundwater flow in well developed water bearing aquifers. In Mari Heinonen Climate&Water. Helsinki, 28.9.2007. Helsinki : Finnish Environment Institute, 2007, s. 358-364. ISBN 9789521127908.
- Mrkvičková, M., Vyhodnocení měření na výparoměrné stanici Hlasivo. Vodní hospodářství, 2007, roč. 57, č. 6, s. 9-11. ISSN 12110760.
- Adam Vizina, Ladislav Kašpárek, Miroslav Kněžek, Jan Kašpárek, Jan Uhlík, Renata Fridrichová, Oldřich Rakovec, Stanislav Horáček Vodní bilance v podmínkách klimatické změny v povodí horní Metuje. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., 2009, 144 s., ISBN ISBN 978-80-85900-94.
- Horáček, S., Rakovec, O., Kašpárek, L., Vizina, A. Vývoj modelu hydrologické bilance - BILAN. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádné číslo), 2009, roč. 51, č. 1, s. 2-5. ISSN 0322 - 8916.
- Vlnas, R. Vliv relativní vlhkosti vzduchu na celkový odtok v podmínkách klimatické změny. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádní číslo), 2009, roč. 51, č. 1, s. 8-13. ISSN 0322 - 8916.
- Kašpárek, L. Analýza citlivosti hydrologické bilance na změny srážek a relativní vlhkosti vzduchu při zvyšování teploty vzduchu. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2009, 2009, roč. 51, č. 1, s. 3-5. ISSN 0322-8916.
- KAŠPÁREK, L., HORÁČEK, S., HANEL, M. Model hydrologické bilance BILAN v denním časovém kroku. 2009, VÚV T.G.M. v.v.i..
- Novický, O., Kašpárek, L., Uhlík, J. Groundwater Response to Changing Climate. Taniguchi, M., Holman, I., P. (ed.) Leiden: CRC Press 2010. [Kap] Zranitelnost podzemních vodních zdrojů v různých hydrogeologických podmínkách při změně klimatu, -. ISBN 978-0-415-54493-1.

1.3 DOPADY KLIMATICKÝCH A ANTROPOGENNÍCH ZMĚN NA VODNÍ REŽIM A PŘÍRODNÍ PROSTŘEDÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2010: Ing. Oldřich Novický
2011: RNDr. Tomáš Hrdinka

Řešitelský tým: Ing. Renata Fridrichová, Ing. Stanislav Horáček, Ing. Oldřich Novický, Jan Kašpárek, Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Magdalena Mrkvičková, Mgr. Pavel Tremel, Ing. Michal Vaculík, Ing. Adam Vizina, Ing. Martin Hanel, Ph.D., Ing. Radek Vlnas

1.3.1 Předmět řešení

Hlavním tématem, řešeným v hydrologické části výzkumného záměru, je sledování a výzkum variability hydrologických procesů, a to jak v minulosti, tak i v současné době a blízké budoucnosti, kde lze předpokládat stupňující vliv antropogenního ovlivnění. Mezi stěžejní prostředky, využívané v rámci výzkumu klimatických změn, patří různé modelovací techniky, které by však neměly velkou nadějí na úspěch, pokud by nebyly založeny a ověřeny na přijatelně spolehlivých datech. Klimatická změna, její dopady na různé oblasti lidských činností a příprava zmírňujících a adaptačních opatření se stávají důležitým předmětem celosvětové politiky a tedy i politiky v České republice. Vodní hospodářství je podle výsledků výzkumu jednou z oblastí, která může být v blízké budoucnosti citelně zasažena, a proto by mu měla být věnována prvořadá pozornost.

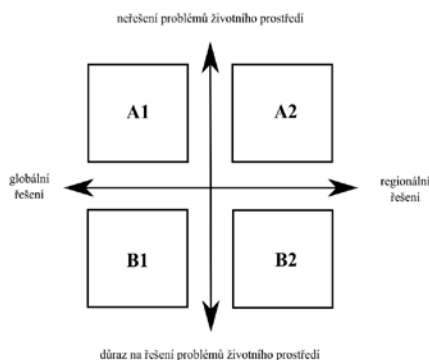
V počáteční fázi subprojektu v letech 2005 – 2007 se tak výzkum soustředil na vývoj a testování potenciálních scénářů klimatické změny, sloužících jako jeden ze vstupů do hydrologických modelů. Teploty vzduchu, vypočtené na základě těchto scénářů, byly v další části řešení subprojektu v letech 2008 – 2010 použity pro regresní odhad vývoje teploty vody toků ČR pro modelové vodoměrné stanice. Účelem této části projektu bylo detailně pochopit závislost denního, měsíčního a ročního chodu teploty vody na teplotě vzduchu a snaha zjistit počátek vzniku trendu průměrné roční teploty vody na vybraných povodích. Extrapolací zjištěných trendů lze rovněž odhadnout teplotu vody k danému časovému horizontu a následně jí porovnat s výsledky zjištěnými pomocí lineární regrese. Cílem poslední fáze řešení v roce 2011 bylo na vybraných antropogenně relativně málo ovlivněných profilech toků České republiky popsat a zhodnotit předpokládaný vliv změn teploty vody a průtoků na vybrané ukazatele jakosti říční vody s důrazem na extrémní stavy.

1.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Scénáře klimatické změny a jejich vliv na hydrologickou bilanci (2005 – 2007)

Odhady dopadu změn klimatu na hydrologické poměry a vodní zdroje jsou založeny převážně na scénářích klimatické změny, které byly získány pomocí modelů globální cirkulace (GCM). V posledních letech jsou k dispozici i regionální klimatické modely a jim odpovídající regionální scénáře s jemnějším plošným rozlišením, které částečně zahrnují i vliv místních podmínek na jednotlivé složky vodní bilance. Mezivládním panelem pro klimatickou změnu byly v rámci Speciální zprávy o emisních scénářích (Special Report on Emissions Scenarios – SRES, 2000) vytvořeny čtyři scénáře produkce skleníkových plynů založené na různých variantách vývoje společnosti (obr. 1.3.1). Scénář SRES A1 popisuje svět s velmi rychlým růstem ekonomiky a vývojem nových technologií, kdy země dosáhne maxima počtu obyvatel v polovině tohoto století. SRES A2 scénář předpokládá růst populace

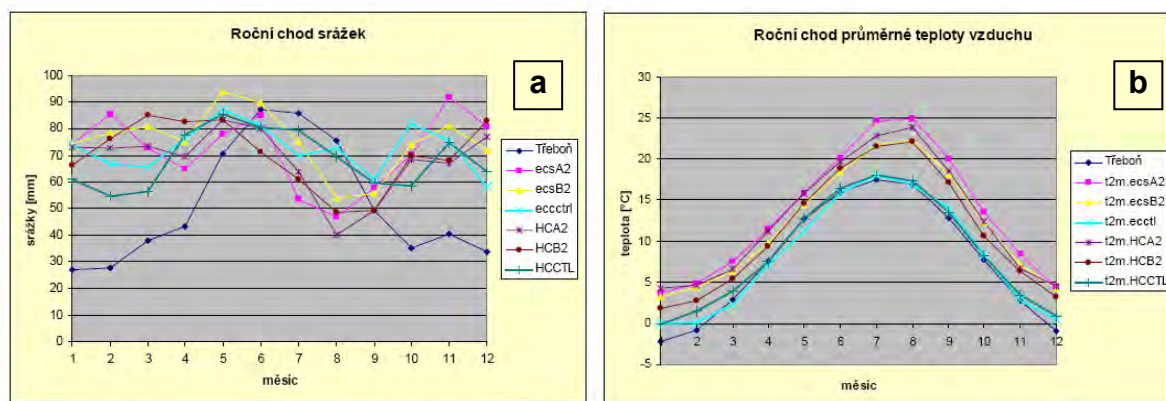
během celého 21. století na počet 15 miliard, ekonomiku zaměřenou spíše regionálně a bez většího důrazu na řešení problémů životního prostředí. Základní ideou je spoléhat se sám na sebe a zachovat místní identitu. SRES B1 má v pozadí ideu konvergentního, stmelujícího se světa, počet obyvatel dosáhne maxima v polovině 21. století (8,7 miliard) a poté bude povolna klesat na 7 miliard. Předpokládá se rychlý rozvoj informatiky, služeb, zavádění čistých technologií, důraz je kladen na globální řešení ekonomických a sociálních problémů a ochranu životního prostředí, růst hrubého domácího produktu není prioritou. SRES B2 scénář uvažuje mírnější růst populace než scénář A2 s důrazem na udržitelný rozvoj společnosti, pomalejší ekonomický rozvoj a různorodější změny v technologiích než ve scénářích A1 a B1. Regionální scénáře klimatické změny jsou zpracovány pro podstatně jemnější plošné rozlišení, než předchozí scénáře globální. Využity byly zejména scénáře založené na simulacích regionálními modely HIRHAM a RCAO v rozlišení 50×50 km, získané z projektu PRUDENCE. V současné době se začínají využívat scénáře zpracované regionálním klimatickým modelem ALADIN-CLIMATE/CZ. Model je řízen francouzským modelem globální cirkulace ARPEGE s prostorovým rozlišením 25×25 km a scénářem emisí SRES A1B.



Obr. 1.3.1 Regionální a globální charakter SRES scénářů a jejich důraz na řešení problémů životního prostředí

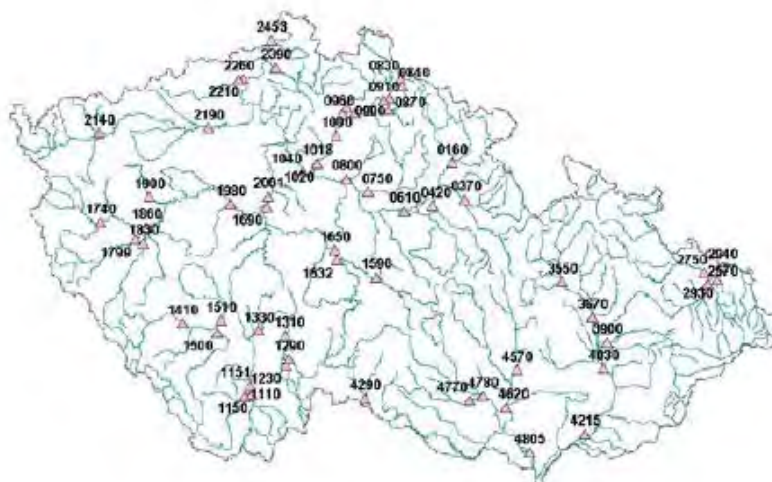
Výzkum potvrdil, že se ani regionální klimatické modely nezbavily problémů s reálným zachycením srážek v menších regionech. Je patrné, že zimní srážky jsou značně nadhodnoceny. Do jisté míry je to způsobeno chybami globálních modelů, které se do regionálních promítají. Ukázalo se, že roční chody srážek zůstávají ve zvolených uzlových bodech velmi podobné. Charakteristickým rysem je pokles srážek v létě a zvýšení srážek v zimě a na jaře. Letní pokles srážkových úhrnů je charakteristický zejména pro scénář A2 (obr. 1.3.2a). Teplota vzduchu je regionálními modely podchycena lépe, charakteristickým rysem je nadhodnocování zimních teplot (obr. 1.3.2b). Je možno konstatovat, že zásadní tendence vývoje předpovídané dle regionálních klimatických modelů se výrazně neliší od výsledků modelů globálních. Nově však lze počítat i s plošným rozdělením změn meteorologických veličin i na tak relativně malém území, jakým je Česká republika.

Scénáře použité k posouzení plošné variability klimatu a ke zhodnocení jejího vlivu na hydrologickou bilanci (zejména na odtok) byly vytvořeny na základě dvou regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO. Každý z nich počítá se dvěma možnými scénáři vývoje produkce skleníkových plynů, s „pesimistickým“ SRES A2 a „optimistickým“ SRES B2 s časovým horizontem roku 2085. Všechny čtyři varianty předpovídají značné oteplení během celého roku. Velikost změny je pochopitelně dána zvoleným emisním scénářem („pesimistický“ SRES A2 vede k většímu oteplení), nicméně model HIRHAM předpokládá podstatně vyšší změny teploty vzduchu během roku než model RCAO. U srážek nejsou rozdíly mezi jednotlivými modely tak výrazné, spíše se uplatňuje vliv emisních scénářů („optimistický“ SRES B2 vede k vyšší srážkovým úhrnům). Společným znakem všech modelů je úbytek srážek v letních měsících a jejich zvýšení v zimě.



Obr. 1.3.2 Porovnání průměrného ročního chodu srážek (a) a teploty vzduchu (b) v období 1961 – 1990 na stanici Třeboň s průměrným chodem podle modelu RCAO (označení HCCTL) a HIRHAM (ecctrl) v nejbližších uzlových bodech. Roční chody srážek v období 2071 – 2100 podle scénářů A2 (B2) jsou u regionálního modelu HIRHAM označeny ecsA2 (ecsB2), u modelu RCAO HCA2 (HCB2)

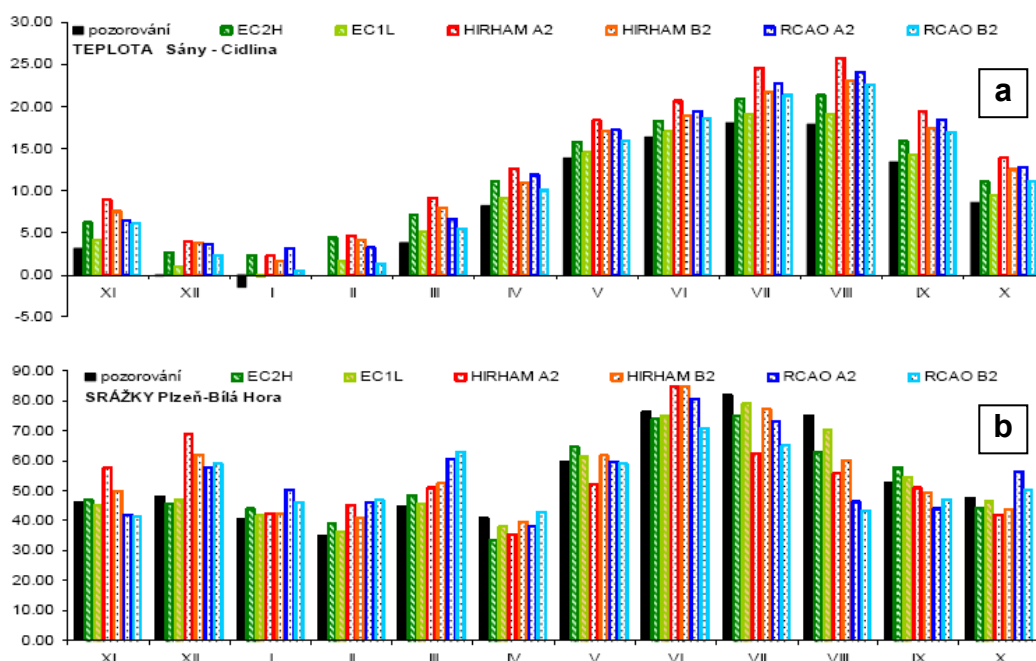
Regionální variabilita scénářů klimatické změny pro Českou republiku je obecně v porovnání s variabilitou mezi jednotlivými měsíci podstatně menší, přesto je v některých měsících významná. Dá se říci, že u teploty a rosného bodu je tím větší, čím větší jsou předpovídané změny, u srážek roste při zvyšování srážkových úhrnů a je téměř zanedbatelná při jejich snižování. Až na případ srážek u modelu RCAO, není příliš velký rozdíl v plošném rozdělení změn mezi emisními scénáři SRES A2 a SRES B2. Scénář SRES B2 má zpravidla nižší průměr a amplitudu změn, výjimku tvoří srážky, kdy v případě obou modelů je průměr změny srážkového úhrnu i amplitudy po většinu roku větší u scénáře SRES B2. Rozdíl v regionální variabilitě mezi modely HIRHAM a RCAO je dán především tím, že model RCAO není ovlivněn orografií, a tedy zatímco jeho plošné rozložení lze poměrně dobře popsat gradienty procházejícími napříč celou republiku, rozdíly ve změnách dle modelu HIRHAM lze vysvětlit spíše na základě nadmořské výšky. Téměř u všech veličin lze rok rozdělit na dvě části, kdy jsou změny rozloženy zhruba opačně. Zpravidla větší regionální proměnlivost je v letních měsících, výjimkou jsou srážky, které jsou proměnlivější v zimním období, což souvisí s tím, co již bylo zmíněno, totiž že amplituda změn je tím větší, čím větší je nárůst veličiny.



Obr. 1.3.3 Vodoměrné stanice, pro jejichž povodí byla modelována hydrologická bilance

Hydrologická bilance byla modelována na 61 povodích (obr. 1.3.3), a přestože jsou výsledky značně podmíněny konkrétními podmínkami, lze učinit určitá zobecnění. Jako velmi

podstatným se jeví zvýšení zimních teplot (obr. 1.3.4a). Na většině stanic by teplota v průměru neměla mimo leden klesnout pod bod mrazu, což oproti současnosti vede ke snížení zásoby vody ve sněhové pokrývce a k navýšení zimních průtoků na úkor jarních, které navíc bude podpořeno prosincovým a únorovým zvýšením srážkových úhrnů. Dalším podstatným faktorem je dle všech scénářů značné zvýšení letních teplot a snížení průměrných srážkových úhrnů (obr. 1.3.4b), které povede k zvýšení potenciálního i územního výparu, snížení zásoby podzemní vody a poklesu průtoku na množství stanic až na extrémně nízké hodnoty. Poměrně výrazně ovlivňuje modelovanou odtok volba modelu a emisního scénáře, zpravidla „nejpříznivější“ výsledky dává model RCAO dle „optimistického“ emisního scénáře SRES B2, „nejméně příznivé“ (dle odtokové výšky) jsou výsledky dle modelu HIRHAM a „pesimistického“ emisního scénáře SRES A2.



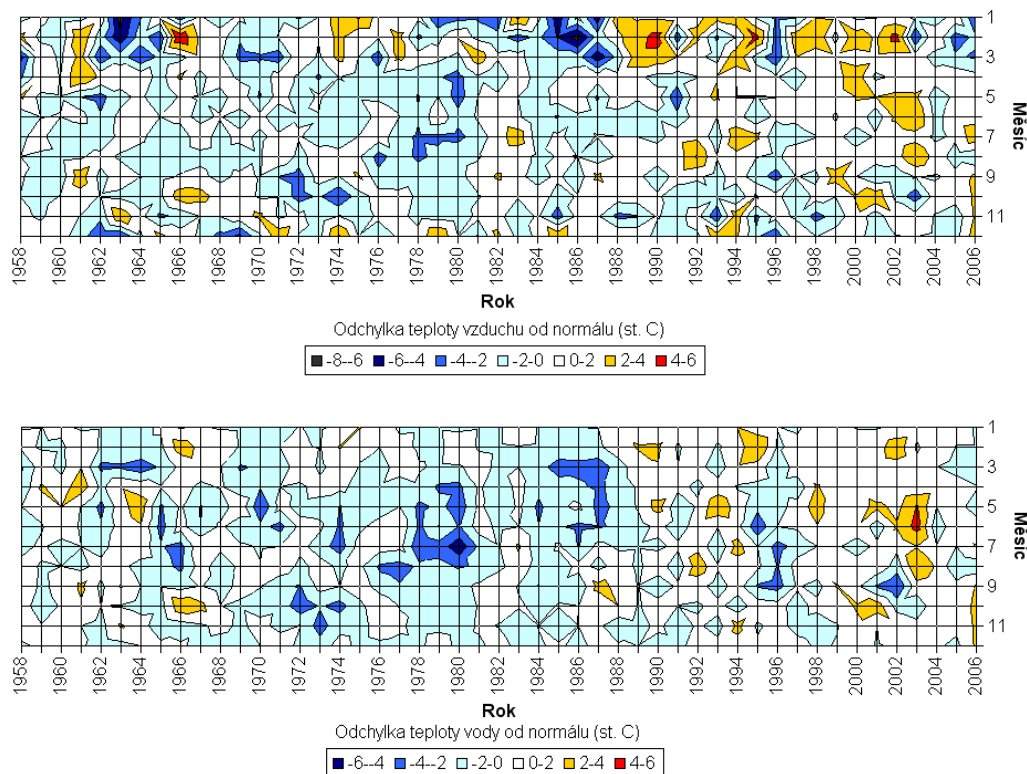
Obr. 1.3.4 Změna průměrné měsíční teploty vzduchu (a) a průměrných měsíčních srážkových úhrnů (b) pro jednotlivé regionální modely a emisní scénáře k roku 2085

Vývoj teploty vody toků ČR pod vlivem klimatické změny (2008 – 2010)

V roce 2007 byly zahájeny práce na podrobné regionální studii dlouhodobého chování teploty vody toků ČR. Studie byla provedena na 22 povodí na historických datech z období let 1980 – 2006. Pro zjištění dlouhodobých trendů byla použita data ze 4 stanic, měřících v období z období 1958 – 2006. Potvrdila se těsná závislost měsíčních hodnot teplot vody na měsíčních hodnotách teploty vzduchu. U záporných teplot byl mezi teplotami vody a vzduchu zjištěn exponenciální vztah, u kladných vztah lineární. Regresní závislost (směrnice přímky) teploty vzduchu a vody se u českých toků pohybuje v rozmezí 0,8 – 1,1, toto pravidlo však neplatí u antropogenně ovlivněných profilů. Byl zaznamenán výrazný nárůst teploty vody i teploty vzduchu od 90. let 20. století. Na obr. 1.3.5 jsou znázorněny odchylky teplot vody od mediánu teplot vody v období 1958 – 2006 pro vodoměrnou stanicí Písek a odchylky teplot vzduchu za stejné období v povodí Otavy po Písek (interpolace z klimatických stanic v povodí, vztaženo na nadmořskou výšku). Z obrázku je vidět, že v delších chladnějších nebo po kratších výrazně studenějších obdobích je u teploty vody výraznější a delší záporná teplotní odchylka než u teploty vzduchu (např. léto 1978 – 1980, jaro 1985 – 1987), u nadprůměrně vysokých teplot teplota vody reaguje na odchylky teploty vzduchu pomaleji.

K většímu oteplení vody dochází až po dlouhodobě trvajícím teplém období (květen, červen 2003).

Na základě zjištěné těsné závislosti teploty vody na teplotě vzduchu byl proveden odhad budoucího vývoje teploty vody. K odhadu byly použity klimatické scénáře RCO a HIRHAM a emisní scénáře A2 a B2. Za předpokladu, že se regresní závislost teploty vody na teplotě vzduchu v souvislosti s nástupem klimatických změn nebude měnit a zůstane v rozmezí 0,8 – 1,1, lze odhadnout roční zvýšení teploty vody o 2,0 – 5,7 °C v závislosti na použitém scénáři. V letním období by teplota vody vzrostla o 3,3 – 7,7 °C. Takovéto zvýšení teploty vody bude mít zásadní vliv na ekosystémy žijící ve vodě (nedostatek kyslíku), kvalitu vody (větší eutrofizace) i využívání vody člověkem.

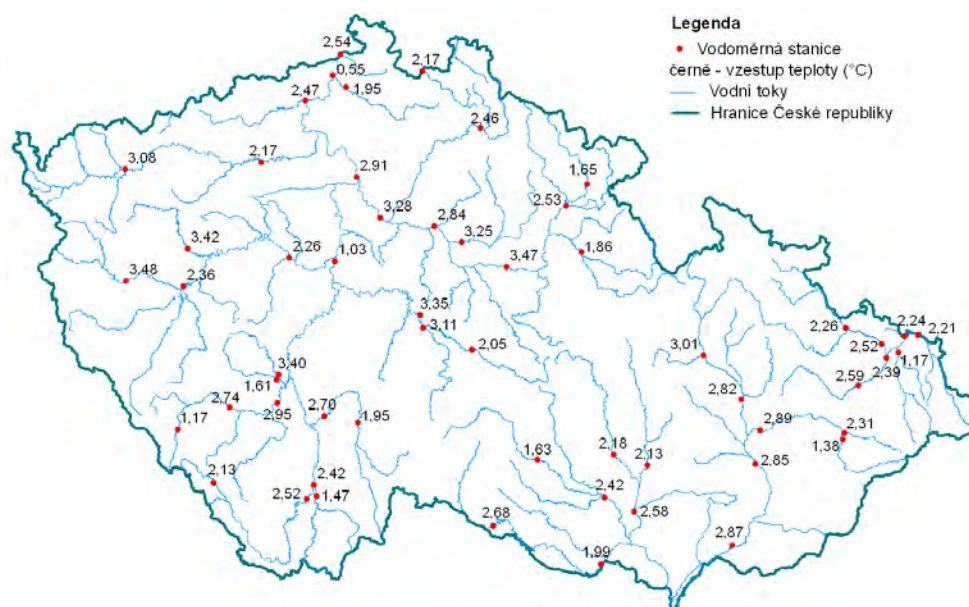


Obr. 1.3.5 Odchylky teploty vzduchu (povodí Otavy po Písek) a teploty říční vody (Písek) od mediánu v období 1958 – 2006

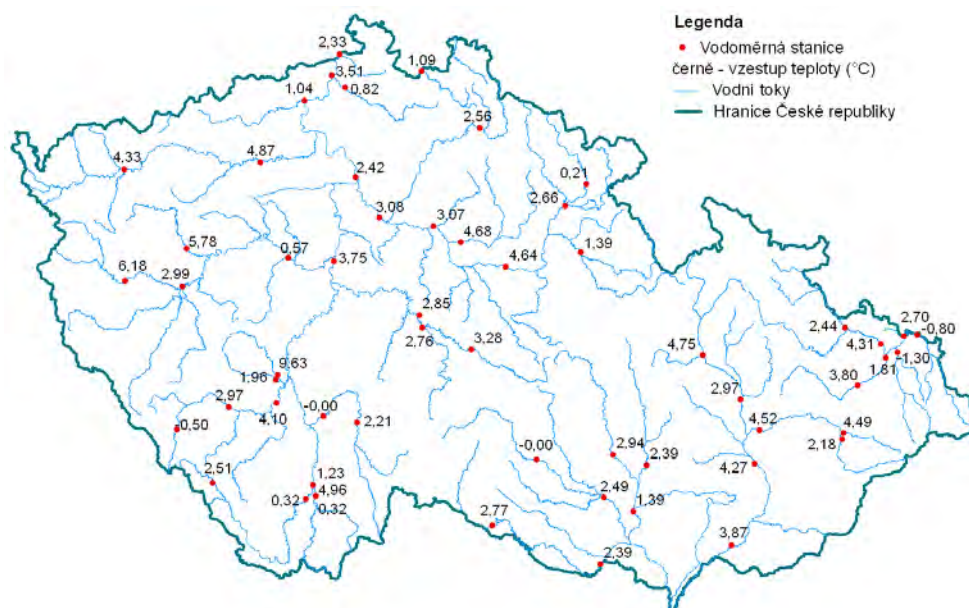
V roce 2008 byl započat výzkum regresní závislosti měsíčních hodnot teplot vody na měsíčních hodnotách teploty vzduchu. V roce 2009 byl tento výzkum doplněn o výzkum regresní závislosti ročních hodnot teplot vody na ročních hodnotách teploty vzduchu. Byla prokázána významně menší regresní závislost ročních dat než u měsíčních hodnot teplot. Roční hodnoty teplot vzduchu i teplot vody rostou od 80. let přibližně o 0,04 °C za rok. Dále byl zkoumán poměr mezi ročními hodnotami teploty vody a teplotou vzduchu, který se ukázal jako vhodný indikátor tepelného znečištění vodních toků. Na většině středních a dolních částí toků se tento poměr pohybuje mezi 1,2 až 1,3, přičemž se tento poměr ve směru toku od pramene k ústí zvyšuje.

Pomocí výstupů klimatických scénářů projektu PRUDENCE v kombinaci s využitím poznatků o regresní závislosti teploty vody na teplotě vzduchu a pomocí metody trendové analýzy byl odhadnut vývoj teploty vzduchu a teploty vody k roku 2050. Prognózaná teplota vzduchu vzroste podle klimatických scénářů projektů PRUDENCE o 1,7 °C (optimistický scénář RCO B2) až 3,6 °C (pesimistický scénář HIRHAM A2), přičemž průměrný vzestup teploty vzduchu ze 4 hlavních klimatických scénářů projektu je 2,65 °C. Této hodnotě odpovídá

i nejpravděpodobnější nárůst teploty vzduchu počítaný prodloužením trendových rovnic teploty vzduchu z období let 1980–2006 do roku 2050 (nárůst teploty vzduchu o 2,4 – 2,8 °C). Podle kombinace regresního vztahu pro teplotu vody a teplotu vzduchu spolu s využitím optimistického modelu RCAO B2 lze odhadnout oteplení teploty vody pro rok 2050 o 1,4 – 1,5 °C, podle pesimistického scénáře HIRHAM A2 (pravděpodobnější varianta) vzroste teplota vody o 2,5 – 2,9 °C, přičemž platí, že v členitějším terénu a větších nadmořských výškách bude oteplení méně výrazné (obr. 1.3.6). Hodnotám predikovaným klimatickým scénářem HIRHAM A2 v kombinaci s užitím regresní analýzy závislosti teploty vody na teplotě vzduchu odpovídá i nejčastější rozmezí teplot vody vypočtené pomocí prodloužení trendových rovnic teploty vody z období let 1980 – 2006 k roku 2050 s predikcí vzrůstu teploty vody o 2,4 – 3,0 °C (obr. 1.3.7). Výsledky výzkumu provedeného v letech 2008 – 09 byly shrnuty do monografie s názvem Teploty vody v tocích České republiky.

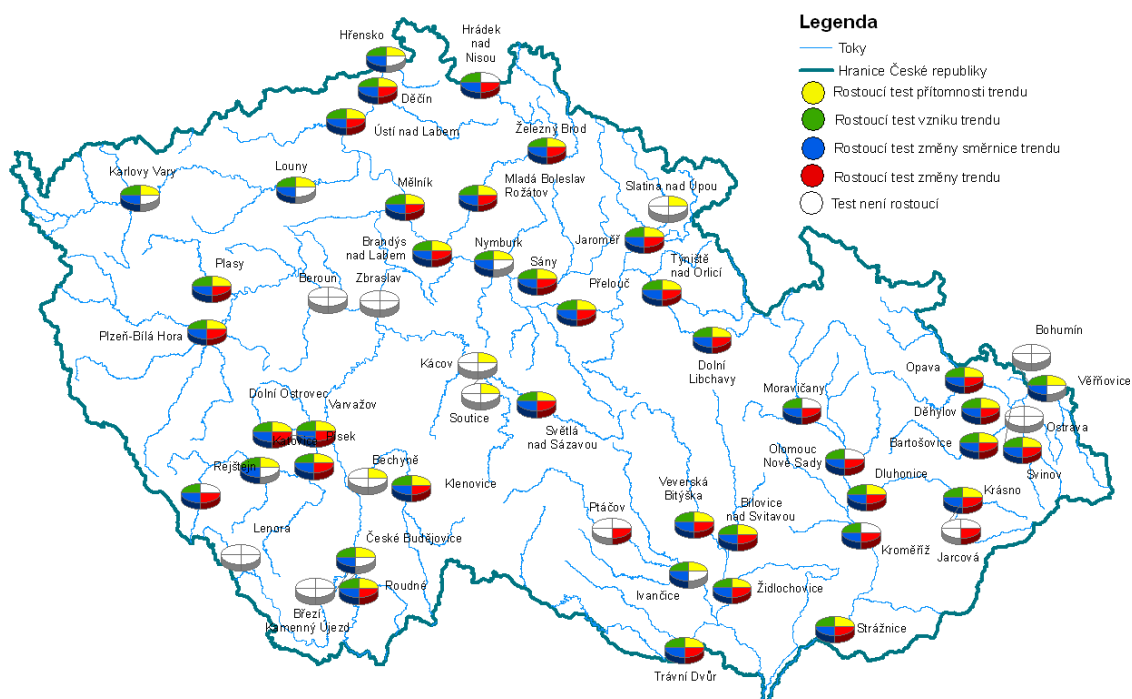


Obr. 1.3.6 Vzrůst teploty vody k roku 2050 počítaný pomocí kombinace regresní analýzy závislosti teploty vody na teplotě vzduchu a regionálního klimatického scénáře HIRHAM A2



Obr. 1.3.7 Vzrůst teploty vody k roku 2050 počítaný pomocí trendové analýzy

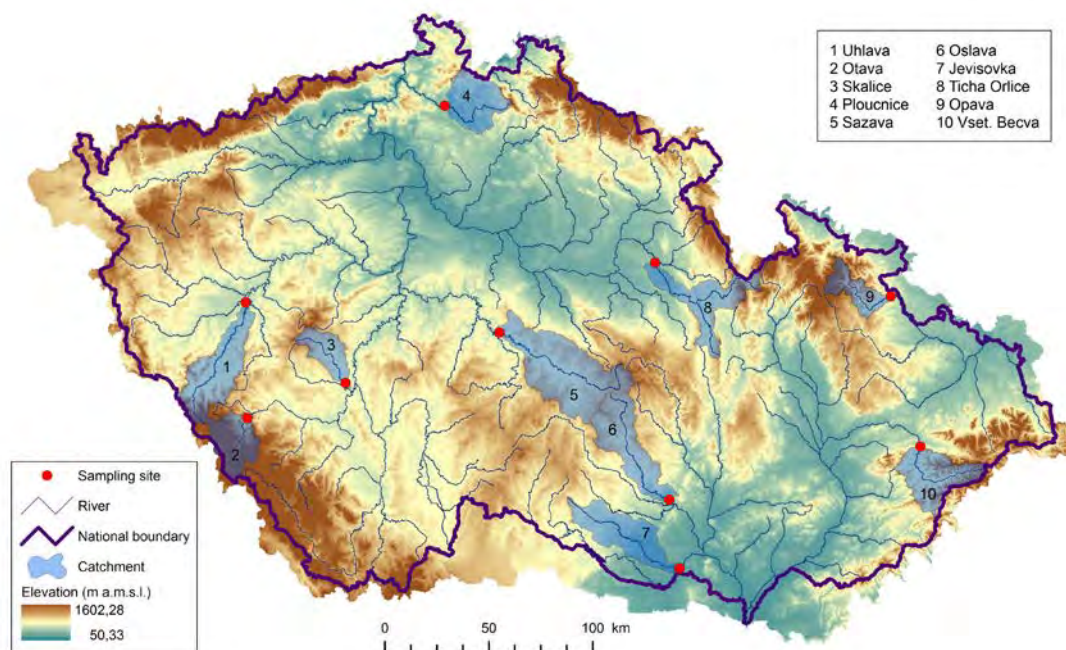
V souvislosti s výše zmíněnou analýzou proběhlo statistické testování zjištěných trendů pomocí programu CPTA (celkem 53 klimatologických a 56 vodoměrných stanic) (obr. 1.3.8). Ze všech čtyř provedených testů měl pro zjišťování změn v řadách teplot vody a teplot vzduchu největší vypovídající hodnotu test vzniku trendu. Na 43 stanicích (77 %) byl test vzniku trendu teploty vody po roce změny trendu rostoucí, přičemž u 23 stanic (41 %) byl test zároveň rostoucí a statisticky významný. Mediánem období vzestupu teploty vody je rok 1986. U testování trendů v teplotách vzduchu, které proběhlo na 53 povodích, byl u 51 stanic (96 %) trend rostoucí, přičemž u 11 stanic (21 %) byl test statisticky významný a zároveň rostoucí. Mediánem období vzestupu teploty vzduchu je rok 1980.



Obr. 1.3.8 Výsledky testování trendů teploty vody v programu CPTA

Možné dopady klimatické změny na vybrané parametry jakosti vody toků ČR (2011)

V poslední fázi řešení byla vypracována srovnávací studie předpokládaného vlivu klimatické změny na jakost vody na základě výsledků z vybraných modelových povodí, zohledňujících obecné geograficko-hydrologické podmínky České republiky. V první fázi bylo vybráno 20 povodí, zahrnující oblasti s bodovými i plošnými zdroji znečištění formami anorganického dusíku a fosforu, která nejsou příliš antropogenně ovlivněna nadměrným vypouštěním nebo odběry vody (manipulacemi na vodních nádržích, rybníčními soustavami, umělými převody vody, bezprostředním odtokem z městských čistíren odpadních vod). Po screeningu na úplnost a homogenitu vybraných datových řad jakosti vody, měřených Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) od roku 1963, a vyřešení problému koexistence dvou na sobě nezávislých sítí pozorovacích profilů, bylo vybráno deset finálních modelových povodí (obr. 1.3.9).

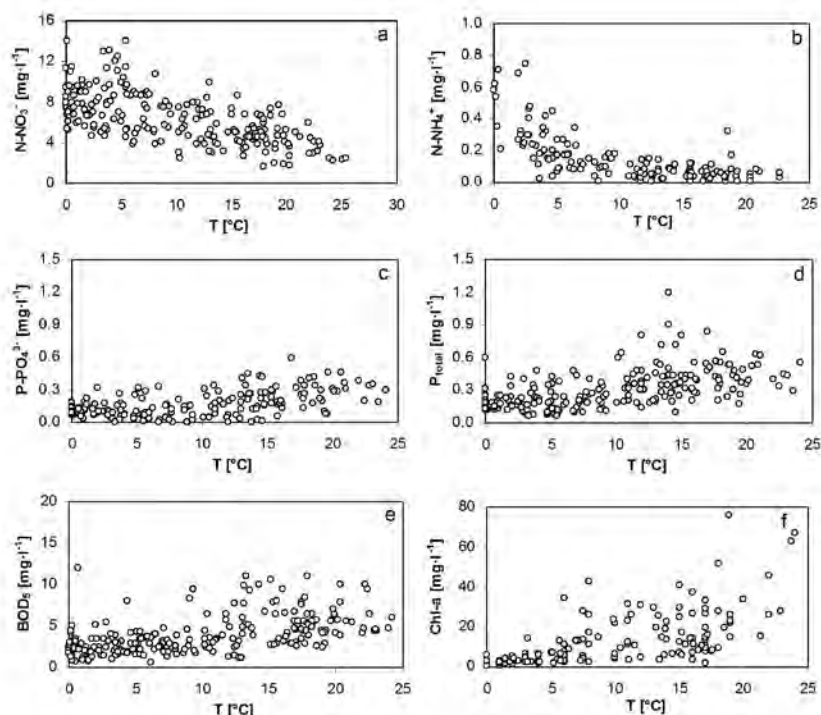


Obr. 1.3.9 Vybraná povodí pro analýzy jakosti vody s vyznačením odběrového profilu

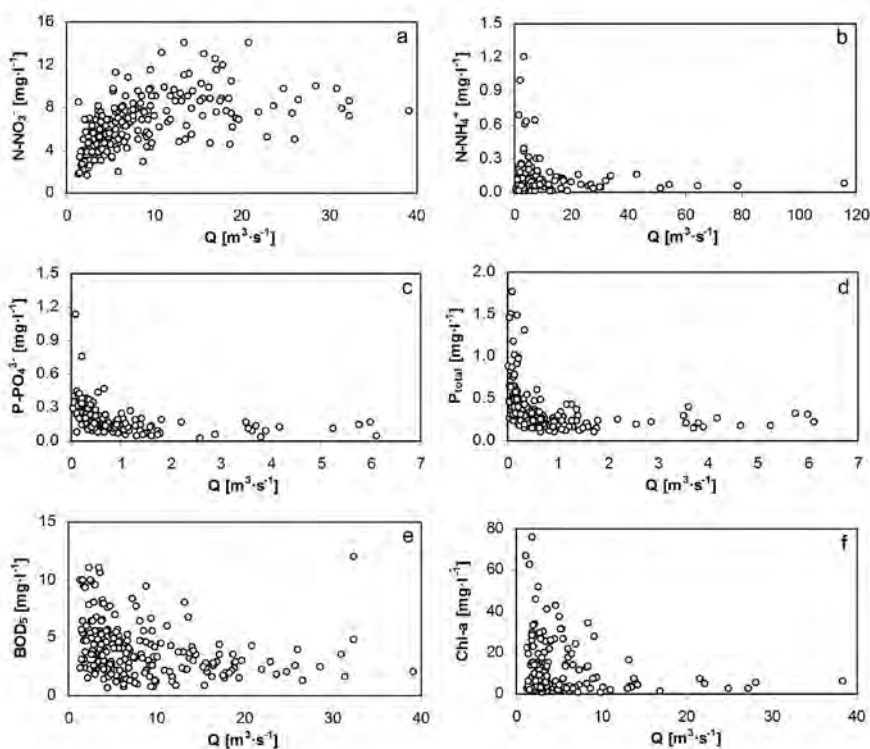
Analýza a zhodnocení výsledků pravidelných měsíčních rozborů vody na deseti antropogenně relativně málo ovlivněných povodích České republiky za období 1990 – 2008 vykazují významný vliv velikosti průtoků a teploty vody na vybrané ukazatele jakosti vody. Se zvyšující se teplotou vody dochází na většině profilů k poklesu koncentrace dusičnanového a amoniakálního dusíku (obr. 1.3.10a,b). V souvislosti s prokázaným nárůstem teploty vody v důsledku klimatické změny po roce 1980 lze očekávat další úbytek forem anorganického dusíku ve vodě. I když je tento předpoklad na některých povodích podpořen klesajícím trendem v důsledku intenzifikace čistíren odpadních vod, limitujícími faktory se u amoniakálního dusíku jeví frekvence výskytu a délka trvání podnormálních průtoků. Ty by mohly jeho koncentrace u povodí zatížených bodovými zdroji znečištění výrazně (až desetinásobně) navýšit (1.3.11b). Koncentrace dusičnanového dusíku se v žádném aspektu předpokládaných dopadů klimatické změny nejeví jako problematické (1.3.11a).

V případě rozpuštěného fosforu je situace obdobná jako u amoniakálního dusíku. Jeho koncentrace se sice ukázaly až na výjimky (1.3.10c,d) na teplotě vody nezávislé a po roce 1990 v případě celkového fosforu signifikantně dlouhodobě klesající, jsou však velmi těsně svázány s průtokem s výrazným růstem při jeho poklesu pod dlouhodobý normál Q_a a to bez ohledu na typ převažujícího znečištění v povodí (1.3.11c,d). Téměř žádná závislost na změně teploty vody i průtoku nebyla zjištěna u biochemické spotřeby kyslíku, která zůstává dlouhodobě neměnná a nelze tak u ní ve střednědobém horizontu předpokládat při stávajícím způsobu hospodaření nějaké významnější změny. Koncentrace chlorofylu-a jsou na zvýšení teploty vody i pokles průtoků v rámci hodnocených povodí velmi citlivé (1.3.10f, 1.3.11f). Z analýzy vyplývá, že se jeho koncentrace na většině profilů sice dlouhodobě nemění, vzhledem k poměrně těsné závislosti lze však při předpokládaném vzestupu teploty vody o 2 – 3 °C k roku 2050 předpokládat výraznější zvýšení s možnými nepříznivými dopady na kyslíkový režim, respektive ekologický stav vodního toku.

Lze konstatovat, že změny průtoků mají na chování hodnocených ukazatelů jakosti vody výrazně větší vliv než změny teploty. Jedná se především o období hydrologického sucha, která mohou být v dlouhodobém horizontu vývoje klimatické změny určujícím faktorem vývoje jakosti vod toků České republiky.



Obr. 1.3.10 Závislost sledovaných ukazatelů jakosti vody na teplotě vody v odběrových profilech povodí Sázavy (a,e), Ploučnice (b), Skalice (c,d) a Úhlavy (f)



Obr. 1.3.11 Závislost sledovaných ukazatelů jakosti vody na průtoku v odběrových profilech povodí Sázavy (a,e), Vsetínské Bečvy (b), Jevišovky (c,d) a Úhlavy (f)

Shrnutí

Výsledky dosažené v průběhu řešení subprojektu dokládají stále se stupňující vliv antropogenní zátěže na přírodní prostředí, který začal být zjevný počátkem 80. let 20. století. Na základě neustále se zpřesňujících scénářů klimatické změny lze konstatovat, že ovlivnění hydrologického režimu (a potažmo využitelných zásob vody) se jeví jako velmi pravděpodobné s výraznými změnami srážkových a odtokových poměrů během roku, tedy většími srážkami a odtokem v zimních měsících a potenciálním nedostatkem vody ve vrcholném létě a na podzim.

Trendové analýzy dlouhodobých historických řad teplot říční vody a teplot vzduchu potvrdily na většině stanic změnu trendu na signifikantně rostoucí od roku 1980 (teplota vzduchu), respektive 1986 (teplota vody). Provedené simulace, založené na prodloužení trendových přímek a regresních vztazích mezi teplotou vody a teplotou vzduchu, předpokládají na většině stanic zvýšení teploty vody k roku 2050 o 2,4 – 3,0 °C (podle pesimistického scénáře HIRHAM A2). Takové zvýšení teploty vody bude mít výrazný vliv na rozvoj autotrofních fotosyntetizujících organismů a negativně tím ovlivní celý říční ekosystém (ovlivnění kyslíkového režimu, pokles druhové rozmanitosti).

V poslední fázi výzkumu bylo prokázáno, že mnohem výraznější vliv na jakost vody českých toků (koncentrace amoniakálního dusíku, celkového fosforu a chlorofylu_a) mají změny průtoku, zejména extrémně nízké průtoky menší než Q_{330} a obecně průtoky menší než Q_a , které lze v blízké budoucnosti v souvislosti s probíhající klimatickou změnou očekávat s vyšší frekvencí.

1.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Monografie:

- Kašpárek, L., Kněžek, M., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M. & Serafin, R. (2006) Vodní zdroje Vnitrosudetské pánve. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 76 s. ISBN 80-85900-58-0.
- Novický, O., Treml, P., Mrkvičková, M., Kašpárek, L., Brzáková, J., Horáček, S. & Vaculík, M. (2009) Teploty vody v tocích České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, 136 s. ISBN 978-80-85900-91-0.

Kapitola v knize:

- Novický, O., Kašpárek, L. & Uhlík, J. (2010) Vulnerability of groundwater resources in different hydrogeological conditions to climate change. In: Taniguchi, M. & Holman, I., P. (eds.) Groundwater Response to Changing Climate. Leiden, CRC Press, p. 1–10. ISBN 978-0-415-54493-1.

Periodika:

- Hanel, M. Vliv klimatických změn na hydrologický režim Jizery podle regionálních klimatických scénářů. Vodní hospodářství, roč. 57, č. 6, s. 6–9. ISSN 1211-0760.
- Hrdinka, T., Vlasák, P., Havel, L. & Mlejnská, E. Possible impacts of climate change on selected parameters of water quality in streams of the Czech Republic. Hydrology Research (odesláno k recenznímu řízení). ISSN 0029-1277.
- Kašpárek, L. & Peláková, M. Modelování vlivu klimatických změn na hydrologický režim ČR. Vodní hospodářství, roč. 56, č. 10, s. 339-342. ISSN 1211-0760.

- Novický, O., Treml, P., Kašpárek, L. & Horáček, S. Možné zvýšení teploty vody na území České republiky. VTEI, příloha Vodního hospodářství, roč. 51, č. MČI, s. 25–28. ISSN 0322-8916.
- Treml, P. Vymezení období největšího růstu a největšího poklesu teploty vzduchu a vody pomocí metody součtových řad. Meteorologické zprávy, roč. 63, č. 2, s. 52–56. ISSN 0026-1173..
- Treml P. Extrémy v teplotě vzduchu a vody – období výskytu a jejich typizace vzhledem k největšímu vzestupu a poklesu teploty. Meteorologické zprávy, roč. 63, č. 4, s. 108–116. ISSN 0026-1173.

1.4 HYDRO-EKOLOGICKÁ REVITALIZACE KRAJINY OVLIVNĚNÉ LIDSKOU ČINNOSTÍ

Doba řešení: 2005 – 2008

Hlavní řešitel: RNDr. Petr Vlasák, Csc.

Ředitelský tým: Mgr. Kateřina Kohušová, RNDr. Ladislav Havel

1.4.1 Předmět řešení

Řešení sledovalo hydroekologické problémy dvou území s diametrálně odlišnými hospodářskými činnostmi. Jednalo se o území uhelných pánví v SZ Čechách s vysokou koncentrací průmyslové a energetické výroby a jako protipól o oblast s intenzivní zemědělskou a rybníkářskou výrobou. V prvním případě se jednalo o povodí Bíliny, kde probíhala v různém stupni vývoje rekultivace prvých dvou zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí (Chabařovice, Most). Druhý případ se týkal Lužnice v jižních Čechách. Řešení zahrnovalo následující lokality/povodí:

- Zbytková jáma Chabařovice
- Zbytková jáma Most
- Povodí řeky Bíliny
- Povodí horního a středního toku Lužnice

Výzkum byl zaměřen na stav a vývoj jednotlivých ekosystémů se snahou zachytit jejich krátkodobé i dlouhodobé kvalitativní i kvantitativní oscilace jakosti, včetně těch, které jsou vyvolány výraznými zásahy antropogenního původu. Některé výstupy výzkumu byly využity v praxi (zbytková jáma Chabařovice).

Sběr dat a hodnocení jednotlivých povodí nebo nádrží byly ve všech případech prováděny standardním způsobem. Základem byla hydrologická data (průtoky) a hydrochemická data – základní chemický rozbor, kovy, mikrobiologické ukazatele, chlorofyl-a, specifické organické škodliviny (PCB, PAU, NEL, fenoly, TOL). Sledování biologické složky ekosystémů (plankton, ryby, ptáci) a meteorologických prvků bylo prováděno jako nadstandard, který v některých případech umožnil obecnější interpretaci získaných výsledků. Získané výsledky byly hodnoceny podle aktuálních právních předpisů (ČSN 75 7221, nařízení vlády č. 61/2003 Sb.).

Hodnocení bilance znečištění povodí Bíliny i Lužnice bylo provedeno standardním způsobem, zahrnovalo období 1997, 1998 a 2004. Pozornost byla věnována souladu zjištěných hodnot s imisními standardy podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. i podle dříve platného nařízení vlády č. 82/1999 Sb. Většina podkladů pro hodnocení této bilance byla získána od Povodí Vltavy, s.p., ČHMÚ a Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka, v.v.i.

1.4.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Výzkum všech sledovaných lokalit byl z rozhodnutí garanta projektu předčasně ukončen (viz zápis z kontrolního dne VZ ze dne 20.11.2008), takže výsledky prezentují stav řešení do poloviny roku 2008.

Zbytková jáma Chabařovice

Povrchový i podpovrchový přítok z vlastního povodí zbytkové jámy Chabařovice se vyznačoval vysokou salinitou ($100 - 3500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Vývoj koncentrací hlavních anionů v jezeře je patrný na obr. 1.4.1. Povrchové vodoteče vlastního povodí zbytkové jámy vnášely do vodní akumulace zbytkové jámy Chabařovice i vysoké koncentrace živin (zemědělská rekultivace; $N_{\text{celk.}}$ až $680 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $P_{\text{celk.}}$ více než $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$); těžké kovy a organické polutanty byly zachyceny ojediněle a v nízkých koncentracích. Vzhledem k malé vydatnosti těchto vodotečí (většinou pod $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$), nebo i jejich periodicitě se v jakosti vody zbytkové jámy v průběhu řízeného zatápění výrazně neuplatnily.

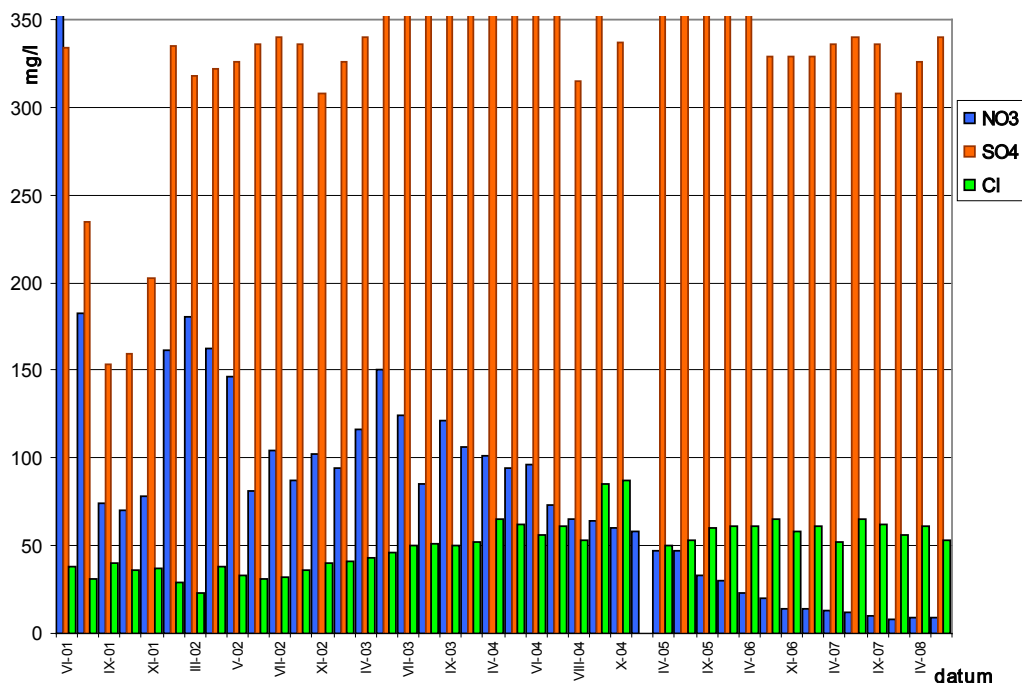
Hlavní zdroj řízeného zatápění – Zalužanský potok – se kvalitou pohybuje na hranici eutrofie až hypertrofie ($P_{\text{celk.}}$ $0.1-0.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a navíc je zdrojem inokula fytoplanktonu a nežádoucích druhů ryb. Pro zajištění plánované rekreační funkce jezera je největším rizikem vysoká trofie zdroje řízeného zatápění.

Prezentace výsledků:

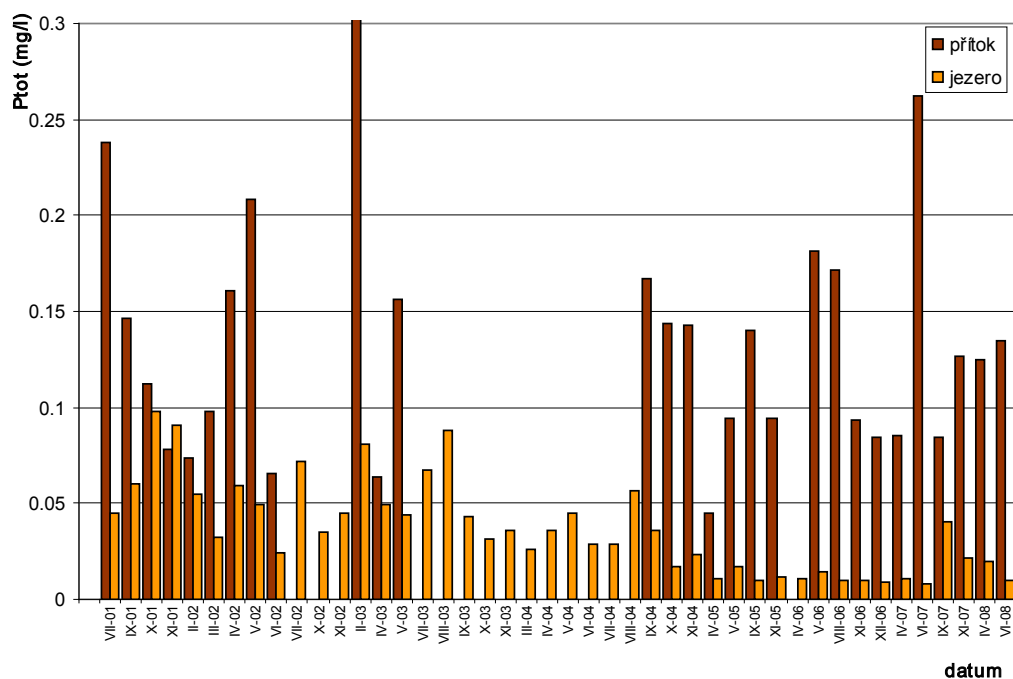
- Vlasák, P. a kol. Proc. Fourth Symp. European Freshwater Sc., Jagiellonian University, Krakow, Poland, 22-26 August 2005,
- Havel, L., Vlasák, P. Sborník 14. konference ČLS a SLS, Nečtiny 26.6.2006, Česká limnol. spol. Praha: p.95-96, ISBN 80-239-7257-X,
- Havel, L. a kol. Sborník Magdeburský seminář o ochraně vod 2008 (7. – 10.10.2008), vyd. Inter. Kommission zum Schutz der Elbe (Magdeburg), in Czech, Engl. summary: 163-165.

Po dobu sledování (2001 – 2008) byl ekosystém jezera schopný se vyrovnat jak s vysokou trofií řízeného zdroje zatápění (koncentrace $P_{\text{celk.}}$ ve zdroji běžně $0,1 - 0,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; obr. 1.4.2), tak i se zdrojem inokula fytoplanktonu (obr. 1.4.3). Výrazný oligotrofizační trend vývoje jezera ($P_{\text{celk.}} > 0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) byl dán zvyšujícím se objemem jezera (relativní snižování podílu zatížení z přítékající vody), fyzikálně-chemickými (depozice fosforu do sedimentů) a biologickými (živiny – fytoplankton – zooplankton – rybí obsádka) procesy v jezeře.

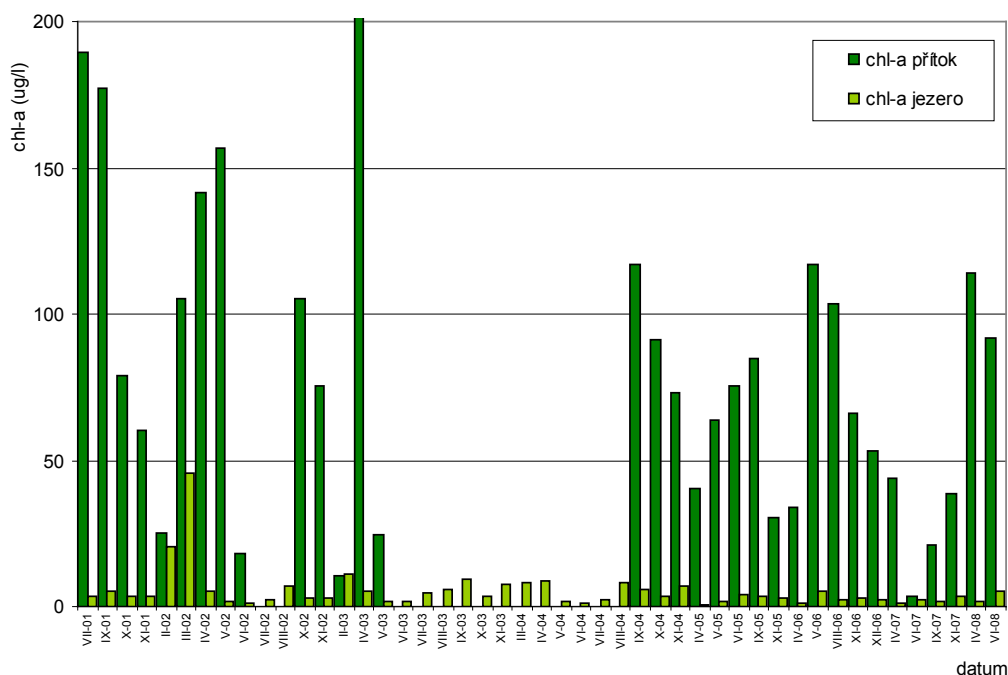
K omezení důsledků vysoké trofie přítoků do vznikajícího jezera Chabařovice a k dosažení jakosti vody splňující požadavky příslušných předpisů na rekreační využití výraznou měrou přispěly biomanipulační zásahy do populace ryb (vysazování dravých ryb a periodický odlov nežádoucích druhů), které byly součástí praktických opatření vycházejících z průběžné výzkumné činnosti v rámci řešení. Biomasa kaprovitých ryb v pátém kalendářním roce zatápění zbytkové jámy se udržovala na nízké úrovni – okolo $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nepřímým důkazem úspěšnosti zmíněných opatření byl opětovný nárůst podílu velkých filtrátorů (rod *Daphnia*) od roku 2004 (obr. 1.4.4). Zajištění rekreační funkce jezera bude, vzhledem ke specifickým vlastnostem zdroje vody pro zatápění a doplňování vody, vyžadovat komplexní management celého ekosystému jezera Chabařovice. Zásadním požadavkem je průběžný odborný monitoring ekosystému jezera.



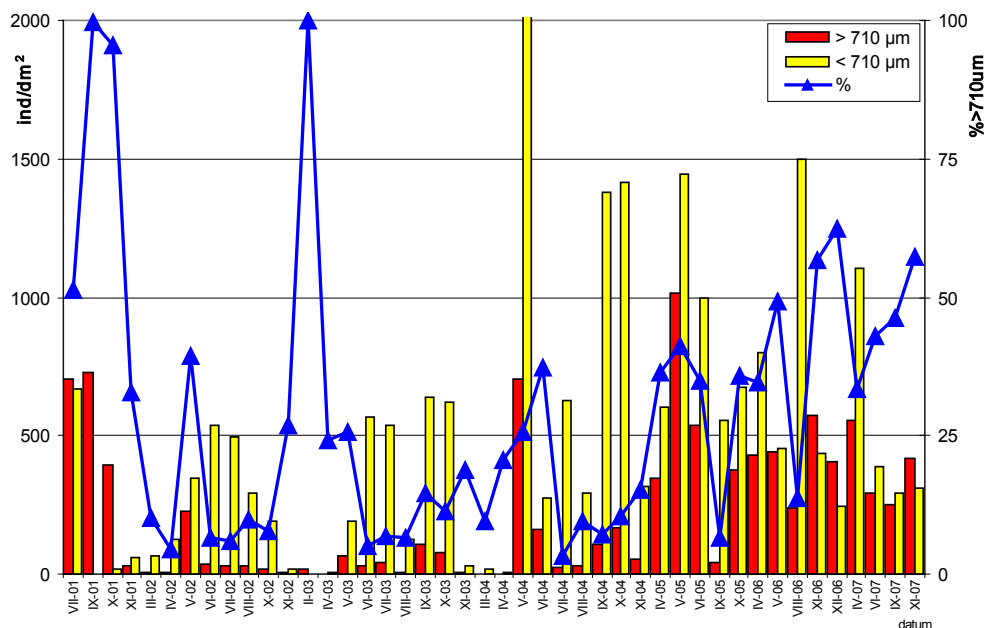
Obr. 1.4.1 Vývoj koncentrací hlavních aniontů z řízeného zdroje zatápění jezera Chabařovice v období 2001 – 2008



Obr. 1.4.2 Koncentrace celkového fosforu (mg.l^{-1}) ve zdroji řízeného zatápění a v jezeře Chabařovice v období 2001 – 2008



Obr. 1.4.3 Koncentrace chlorofylu-a v přítoku a v jezeře Chabařovice (2001 – 2008)



Obr. 1.4.4 Abundance velikostních kategorií *r. Daphnia*; podíl frakce >710 μm na celkové abundanci v jezeře Chabařovice (2001 – 2007)

Zbytková jáma Most

Vývoj jezera Most zahrnuje pouze iniciální stadium vodní akumulace, která vznikla spontánně procesy vlastního povodí v průběhu báňských úprav povodí jezera. Ke konci roku 2007 dosáhl vodní sloupec ve zbytkové jámě 11 m.

Jakost vody ke konci sledovaného období nevykazovala vlastnosti důlních vod. Na straně jedné byla trvale zjišťována vysoká vodivost (okolo 3000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) s vysokou koncentrací síranů (1100 – 2 500 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ale na straně druhé byla zaznamenána alkalická reakce (pH 7,7 – 8,3) a vysoká koncentrace dusičnanů (75 – 140 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), koncentrace celkového fosforu byla ale nízká (6 – 37 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Zjištěná nízká koncentrace celkového fosforu limitovala rozvoj fytoplanktonu. Na základě zjištěných koncentrací celkového fosforu a chlorofylu-a bylo jezero v iniciální fázi vývoje řazeno mezi vody oligotrofní až mezotrofní.

Positivním zjištěním byly nízké koncentrace (často pod mezí stanovitelnosti) těžkých kovů a specifických organických látek: nepolárních organických látek (NEL), těžkých organických látek (TOL), polyaromatických uhlovodíků (PAU) a polychlorovaných bifenyly (PCB).

Výchozí vlastnosti spontánní vodní akumulace poskytovaly záruku pozitivního vývoje jakosti vody jezera ve smyslu jeho plánovaného užití (rekreační) po zahájení řízeného zatápění zbytkové jámy vodou z řeky Ohře.

Prezentace výsledků:

- Kohušová, K. a kol. Sborník Magdeburský seminář o ochraně vod 2008 (7.-10.10.2008), vyd. Inter. Kommission zum Schutz der Elbe (Magdeburg), in Czech, Engl. summary: 160-162.

Povodí Bíliny

V antropogenně silně ovlivněném povodí Bíliny (průmyslová oblast s vysokou koncentrací obyvatelstva) bylo řešení zaměřeno na hydroekologické problémy spojené především s převažujícím typem znečištění, druhem jeho zdrojů a jejich vývojem v čase.

Z rámcového zpracování dat v omezeném období řešení subprojektu vyplývá:

- po roce 2003 zaznamenán zvýšený počet registrovaných zdrojů znečištění,
- zaznamenán pokles koncentrace organického znečištění – BSK_5 , CHSK_{Cr} ,
- zaznamenán pokles koncentrace některých těžkých kovů – Hg, Cr, Ni,
- prokázány časté problémy vyplývající z poměru průtoku Bíliny a odtoku z bodových zdrojů znečištění (např. ČOV Jirkov/Bílina běžně 1:9).

Podrobná data jakosti vody nebyla, vzhledem k omezené době řešení, vyhodnocena. Lze však konstatovat, že jakost vody Bíliny je ovlivňována především bodovými zdroji znečištění.

Prezentace výsledků:

- Aronová, K. Kvalita vody v Bílině a jejích vybraných přítocích. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 28-28. ISBN 80-239-7257-X. (Ve spolupráci se subprojektem 3604).
- Novák, M., Vlasák, P., Havel, L., Kohušová, K. (2009): 8. mezinárodní konference a výstava „Odpadní vody – Wastewater 2009“. Plzeň, 5.5.2009. ICARIS Conference Management, 2009, s. 184-193. ISBN 978-80-254-4068-1.

Povodí horního a středního toku Lužnice

V antropogenně ovlivněném povodí Lužnice (intenzivně zemědělsky využívaná oblast) bylo řešení zaměřeno na hydroekologické problémy spojené především s převažujícím typem

znečištění (plošné vs. bodové zdroje včetně vlivu obhospodařování rybníční soustavy) a jeho vývojem v čase.

Z rámcového zpracování dat z období 1997 – 2007 vyplývá:

- po roce 2003 zaznamenán zvýšený počet registrovaných zdrojů znečištění,
- srovnání podílu bodových zdrojů znečištění na celkovém znečištění Lužnice nevykazuje velké změny,
- nejvýznamnější složkou znečištění představují plošné zdroje,
- byl sledován vliv vypouštění rybníků v období výlovů v povodí Lužnice na jakost vody v recipientu.

Získaná data nebylo vzhledem k předčasnému ukončení řešení subprojektu možno odpovědně vyhodnotit.

Prezentace výsledků:

- Novák, M. a kol. 8. mezinárodní Konference a výstava „Odpadní vody – Wastewater 2009“. Plzeň, 5.5.2009. ICARIS Conference Management, 2009, s. 184-193. ISBN 978-80-254-4068-1.

1.4.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Novák, M. Balance studies of the Czech rivers – Bílina and Lužnice. Acta Univ. Carol. Environ. 21: 1058-114, ISSN 0862-6529. 2007.
- Novák, M. Provnání povodí ovlivněného průmyslem s intenzivně zemědělsky obhospodařovaným povodím. VTEI příl. Vodního hospodářství, roč. 49, 1: 12-14 ISSN 0322-8916, ISSN 0322-8916. 2007.
- Aronová, K. Water quality in the Bílina River and some of its tributaries. Acta Univ. Environ. 21, 1-2: 9-19, ISSN 0862-6529. 2007.
- Vlasák, P., Havel, L., Kohušová, K. Jezero Chabařovice – vývoj ekosystému řízeně zatápěné zbytkové jámy po těžbě uhlí. Vodní hospodářství, 2, příl. VTEI: 9-11 (English Summary), ISSN 0322-8916. 2009.

1.5 HYDROLOGICKÉ A KLIMATICKÉ EXTRÉMNÍ SITUACE A JEJICH VLIV NA PŘÍRODNÍ PROSTŘEDÍ A NA NÁRODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Šárka Blažková, DrSc.

Řešitelský tým: Ing. Alena Kulasová, Ing. Václav Matoušek, DrSc., Ing. Jana Ředinová, Ph.D., Ing. Karel Drbal, Ph.D., Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D., Ing. Miriam Dzuráková, Mgr. Jana Ošlejšková, Ing. Jan Kupec, Ing. Pavel Balvín, Ing. Lubomír Petružela, CSc.

Zahraniční spolupráce: Prof. Keith J. Beven, Dr Paul J. Smith, Doc. Renata Romanovicz

1.5.1 Předmět řešení

Cílem výzkumu bylo posoudit extrémy z různých úhlů pohledu, včetně jejich vzájemných souvislostí: tvorba odtoku a dynamika jakosti vody, ledové a přívalové povodně, předpovědi v reálném čase, výzkum účinnějších postupů ovlivňování extrémních hydrologických situací, vliv přítomnosti tzv. mrtvého dřeva v inundačním území, extrémy v kontextu přírodního prostředí, vodního a národního hospodářství.

1.5.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Syntetický pohled bude presentován zejména v knize s předběžným názvem Floods, droughts and prediction uncertainties, která vznikla s využitím materialu a s kolektivem autorů semináře Unesco v Praze v roce 2008, rozšířeným o další spoluautory.

Metodika mapování nasycených ploch v povodí Smržovského potoka

Mapování nasycených ploch v experimentálních povodích v Jizerských horách bylo prováděno od roku 1995 do roku 2006 za účelem hodnocení věrohodnosti predikcí TOPMODELu. Sledování nejdříve probíhalo ve vytyčených transektech a později v melioračních příkopech. Další mapování nasycených ploch se od roku 2007 provádí v horní části povodí Smržovského potoka. K pozorování byla použita metoda „Boot method“ doplněná určováním rostlin. Podstatou metody – „Boot“ je zjišťování, zda je půda nasycena. Mapování terénu se provádí zpravidla po tání sněhu, po intenzivním dešti nebo v období sucha.

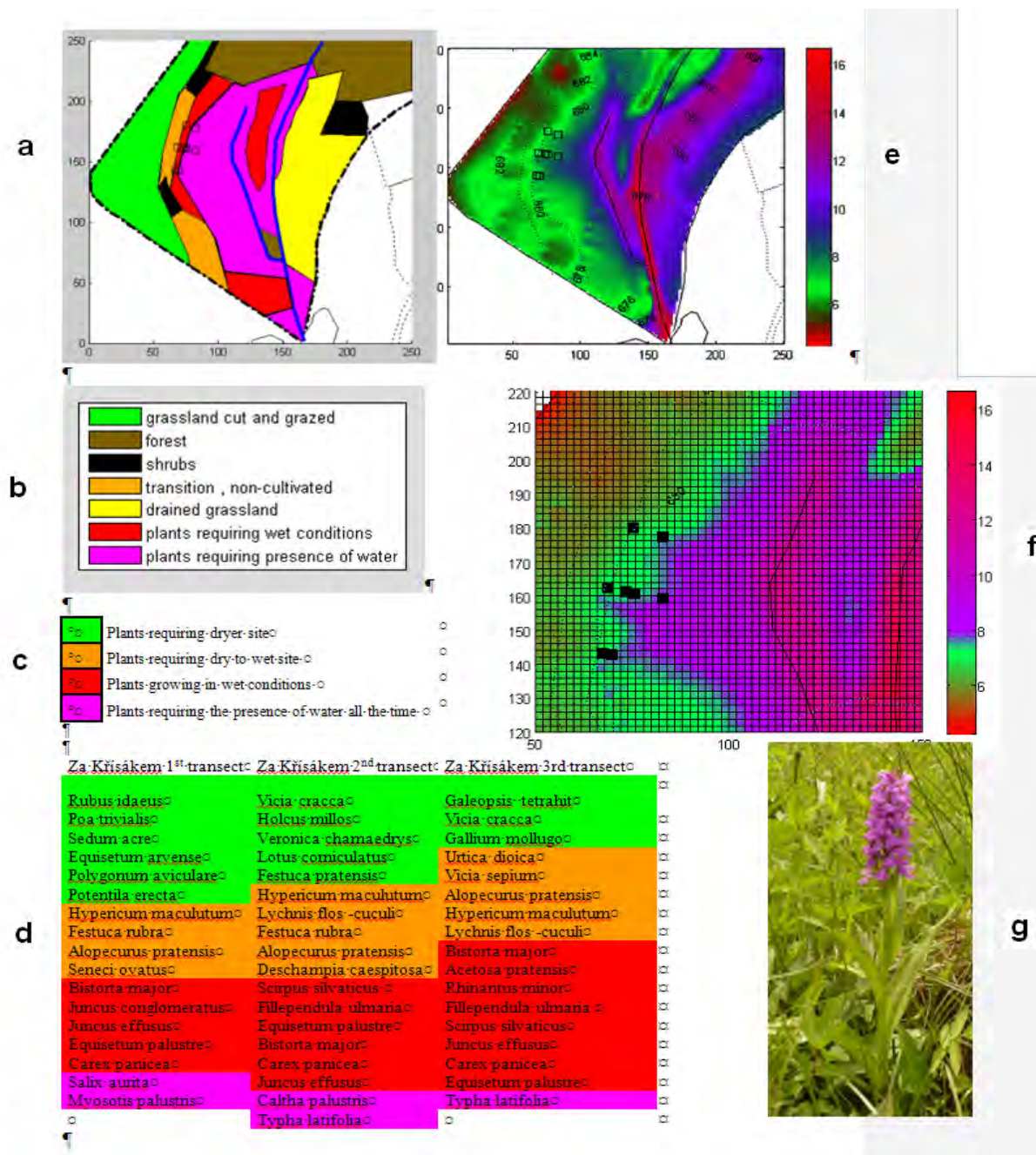
Výběr a popis sledované plochy

Sledovaná plocha Za Křísákem se nachází v povodí Smržovského potoka na jižním okraji Jizerských hor: Ve vybraném povodí sleduje od roku 2005 VÚV T. G. Masaryka vliv zemědělské činnosti na jakost povrchových vod.

Mapování nasycených ploch

Mapování probíhalo vždy ve vegetačním období (IV – X) od roku 2007 do roku 2011. V této době proběhlo sledování za různých klimatických podmínek a to v suchých letech 2007,

2008 a ve velmi vlhkých letech 2010, 2011. Od roku 2008 bylo mapování doplněno o měření piezometrů, které byly umístěny ve sledovaných transechtech. Odhad nasycených ploch podle vegetace umožní rychlejší vyřazení simulací modelujících nesprávně vnitřní proměnnou – vlhkost půdy.



Obr. 1.5.1 Srovnání mapování nasycených oblastí s mapováním společenstev rostlin; a – zjednodušená mapa pozorovaných oblastí s typem vegetace a jeho závislosti na vodě; čtverce jsou piezometry; b – legenda k a; c – legenda k d; d – rostliny rostoucí ve 3 sledovaných transechtech seskupené podle požadavků na vodu, barvy odpovídají barvám v obrázku a; e – topografický index sledované plochy, čtverce jsou piezometry; f – detail topografického indexu v místě piezometrů = v místě nejrychlejší změny z kategorie “suché až vlhké podmínky” do “stálá přítomnost vody”; g – indikátor (chráněný) druh *Dactylorhiza majalis*

Sledování kvality vody v zemědělském povodí Královského potoka ve Stružinci u Lomnice nad Popelkou

Sledováním vlivu zemědělské činnosti na jakost povrchové vody v povodí Královského potoka probíhal od roku 2007 až dosud.

Popis zemědělského povodí Královského potoka

Zemědělské povodí Královského potoka je součástí zemědělského družstva ZEOS Lomnice nad Popelkou. Vybrané zemědělské povodí leží v pahorkatině Semilsko-turnovské, v klimatické oblasti mírně teplé a vlhké. Půdní typ převažuje hnědá půda kyselá s ukazatelem pH půdy slabě kyselý až kyselý se středním obsahem humusu a s průměrnou nebo nedostatečnou sorpční kapacitou.

Na pozemcích v okolí toku se během sledování postupně střídaly plodiny - pšenice ozimá, ječmen ozimý, řepka ozimá, mák, kmín, pohanka, kukuřice. Louky v okolí toku byly pravidelně sečeny. Hnojení statkovými a průmyslovými hnojivy odpovídá potřebám pěstovaných plodin na daném poli. Louky byly hnojeny statkovými hnojivy. Termíny hnojení jednotlivých ploch okolo toku jsou průběžně zjišťovány od agronoma družstva.

Sledování kvality vody v povodí Královského potoka

Odběry povrchové vody probíhaly v závěrovém profilu v týdenních intervalech, v době srážko-odtokových situací při tání sněhu a v deštivých obdobích. Na podzim 2009 byly instalovány samplery na odebrání půdní vody. Další odběry vzorků vod proběhly z toku v horní části povodí, z výtoku meliorací a ze srážek.

Za celé období sledování bylo odebráno 25 epizod, z toho 8 epizod na analýzu třech forem fosforu. Za celé období analyzovaly laboratoře VÚV T. G. Masaryka, v.v.i. a Preciosa, a.s. Jablonec nad Nisou (fosfor) cca 620 vzorků. Extrémní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.5.1.

Tab.1.5.1 Povodí Královského potoka – naměřené maximální hodnoty v odběrech povrchových vod

indikátor	avg	median	třída	maximum			třída	den s maximálním průtokem		
				den	průtok	hodnota		day	hour	l.s-1
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	5,921	6,105	I-II	22.05.07		31,640	V	27.9.2010	20:47	2201,23
				22.05.07		25,764	V			
				13.11.07	111,44	16,500	V			
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,077	0,074	I	10.03.08	82,99	0,688	I	0,015		
				31.03.10	38,75	0,467	I			
Total P (mg/l)	0,245	0,179	II	25.06.08	56,27	1,530	IV	0,624		
				25.06.08	44,25	1,310	IV			
COD	12,253	9,315	II	22.05.07		99,000	V	?		
				22.05.07		194,000	V			
				05.03.09	1188,95	63,600	V			
Absorbance	0,260	0,165		22.05.07		8,848		0,350		
				22.05.07		10,360				
				13.01.10	7,14	2,380				
vodivost (mS/m)	24,859	24,350	I	20.08.07	1,79	84,200	III	16,5		
				30.08.07	1,59	85,400	III			
Fe ³⁺ (µg/l)	1016,12	559,00	I-II	25.6.08 20:06	120,25	7470	v	1780		
				25.6.08 22:06	56,27	18000	v			
				25.6.08 23:06	44,25	17400	v			
Al ³⁺ (µg/l)	1003,37	630,50		25.6.08 20:06	120,25	5870		2560		
				25.6.08 22:06	56,27	13200				
				25.6.08 23:06	44,25	13700				
Cl ⁻ (mg/l)	15,4	14,5	I	20.08.07	1,79	100	II	5,93		
				30.08.07	1,59	127	II			

Závěr k původu nutrientů

Dusičnany – nejvyšší hodnoty se vyskytovaly v době tání sněhu a během intenzivních dešťů

Amoniak – nejvyšší hodnoty se vyskytly v době sucha, kdy senzory sondy omývala voda prosakující z břehu potoka. V blízké osadě není kanalizace a přepady ze septiků a z trativodů se dostávají do toku.

Vysoké hodnoty Fe^{3+} a Al^{3+} se vyskytují v době tání sněhu a při intenzivních deštích, kdy dochází ke smyvu půdy do toku. Vliv hnojení na jakost povrchové vody v tomto povodí nebyl potvrzen. Znečištění vody je způsobováno spíše odpadními vodami komunálního charakteru (z místní zástavby).

Ledové a přívalové povodně

Řešení úkolu se zaměřovalo na dokumentaci a vyhodnocování ledových a srážko-odtokových procesů. Na počátku řešení úkolu se pozornost věnovala především tvorbě dnového ledu, který způsobuje mnoho nebezpečných situací na toku. Nejnebezpečnějším jevem je náhlý odchod ledu. Ten přichází neočekávaně, při postupu tokem narůstá jeho mohutnost a končí obrovskou ledovou zácpou v místech, kde má tok malý sklon a hladina je zamrzlá ledovou pokrývkou, která nedovolí průchod ledu. Uvedený jev se vyskytuje v tocích s větším sklonem, které mají balvanité nebo kamenité dno.

Nejvíce problémů s dnovým ledem se vyskytuje na horní Otavě a Divoké Orlici. Na tyto toky se zaměřil náš výzkum. Výsledky řešení úkolu využilo Povodí Labe, s.p. a Povodí Vltavy, s.p. při realizaci protipovodňových opatření.

Druhým problémovým okruhem, kterým se úkol zabýval, byly letní povodně. Řešení se zaměřilo na vyhodnocování povodňových událostí na malých povodích. Hodnocení vychází ze změřené srážky a změřeného průtoku. Zjišťuje se, jak povodí reaguje na dešťovou srážku. Porovnává se průběh srážky s průběhem průtoku, a tak se zjišťuje, jak půda v povodí zadržuje srážku, kdy dochází k úplnému nasycení půdy a kdy k povodni. Ze změřeného průtoku a změřené srážky se vypočítává součinitel povrchového odtoku. Součinitel udává, jak velká část srážky se přeměňuje na odtok. V případě úplného nasycení povodí srážkou, udává jeho hodnota míru tlumení povodně rozlivem. Uvedeným postupem se zjistí srážko-odtokové vlastnosti povodí. Snahou bylo řešit co nejrozmanitější povodí. Výsledky ukazují, že velikost a průběh povodně neovlivňuje jen velikost a plošné rozložení deště a srážko-odtokové vlastnosti povodí, ale také hydraulické vlastnosti vodního toku. Mimořádně významnou roli v tlumení povodní mají rozlivy. Opatření ke zvětšení rozlivů jsou nejúčinnějším a nejlevnějším protipovodňovým opatřením.

Předpovědi v reálném čase

V počátcích řešení VZ byla předpovědím věnována poměrně malá kapacita. Po odchodu Ing. Ředinové dokončila započatou práci (článek) její externí školitelka Doc. Romanowicz.

Po devastujících přívalových povodních 2010 v podhůří Jizerských hor jsme si uvědomili naléhavou nutnost tuto tematiku rozšířit. Během roku 2011 jsme tedy ve spolupráci s Universitou v Lancasteru a s firmou Ing. Daneše zkoumali nejvhodnější vybavení a způsob přenosu pro včasné varování v malých obcích a zejména prostorové rozložení stanic na hřebenech a v podhůří Jizerských hor. Toto vybavení slouží zároveň dalším projektům (Projekt Labe, GAČR, COST FloodFreq MŠMT – tyto projekty se na nákladech podílejí; v acknowledgement budoucích publikací bude uveden VZ).

Výzkum účinnějších postupů ovlivňování extrémních hydrologických situací

Řízení manipulací nádrží za povodní patří mezi složité problematiky hydrologie a vodního hospodářství. Neurčitosti, tj. zejména nahodilosti příčinných jevů povodní, jsou hlavní důvody, které vedly k implementaci metod umělé inteligence (zejména teorie fuzzy logiky a fuzzy množin) do řízení odtoků z nádrží.

Ke zpřesnění řídicího algoritmu byl použit model BW (Drbal, 1999). Model je principiálně tvořen třemi moduly: odtoku, nádrže a řízení. K sestavení modelu BW bylo zvoleno prostředí programového vybavení Matlab-Simulink, které umožnilo efektivním způsobem integrovat většinu potřebných přístupů. V současné podobě je model BW, kromě jiných funkcí, prostředkem simulujícím chování subsystému vodohospodářské soustavy (VS) za povodňových situací a umožňuje také simulaci operativního řízení. Protože subsystém VS je obecně dynamický systém se stochastickými vstupy, byly při návrhu modelu uplatněny přístupy teorie dynamických systémů (Zitek, 1990).

Konstrukce modelu BW a jeho další modifikace sledovaly splnění hlavních požadavků kladených na tento typ nástroje, tj. co nejvyšší rychlost výpočtu při zajištění minimálního nárůstu vnitřní chyby modelu.

Uvedené ilustruje relace:

$$\bar{x}(k+1) = \bar{x}(k) + \Delta t \cdot \bar{f}(\bar{x}(k), \bar{u}(k), \bar{r}(t)) = \bar{\Phi}_{\Delta t}(\bar{x}(k), \bar{u}(k), \bar{r}(t)) \quad (1)$$

kde je \bar{u} – vstupní proměnná
 \bar{x} – stavová proměnná
 \bar{r} – systémové zpoždění
 $\bar{f}(\bar{x}(t), \bar{u}(t), \bar{r}(t))$ – změna stavové proměnné $\bar{x}(k) \rightarrow \bar{x}(k+1)$

Rovnice (1) je diskretní stavovou rovnicí dynamického systému. Funkce pravé strany $\bar{\Phi}_{\Delta t}$ je svým tvarem závislá na volbě délky intervalu diskretního času Δt . Chyba, která tím vzniká, klesá se zkracováním Δt , roste však pracnost výpočtu, takže volba Δt není snadnou úlohou.

Základní přístupy vyplývají z úzké vazby na využití modelu BW k simulaci průběhů povodňových situací. Obecně uvedený model umožňuje popis dynamického systému odtoku se stochastickými vstupy s využitím submodelů robustní regrese v modulu odtoku. Submodely jsou sestaveny na datech historických povodňových situací (PS). Výsledky simulací validních hydrogramů ukázaly, že stabilně nejlepších hodnot dosahovaly modely obsahující funkce LTS (Least Trimmed Squares) regrese. Tyto modely byly použity k popisu odtoku v říční síti. Poměrně dobré shody predikovaných hodnot s měřenými bylo dosahováno, i když se jednalo o hydrometrické krátkodobé předpovědi při významných dobách předstihů předpovědi, 3 – 24 hodin.

Ke zvýšení přesnosti modulu odtoku modelu BW byl propojen koncepční S-O model MOD3 resp. MOD4 s příslušnou částí modelu BW. Model MOD4 byl zvolen zejména proto, že s jeho pomocí lze poměrně úspěšně postihnout objemovou složku příspěvku mezipovodí. Jako užitečné zlepšení se ukázala také v aplikaci metoda inverzních vzdáleností (inverse distance weighting – IDW) k přípravě řad srážkových úhrnů. Výsledky na obr. 1.5.2 a 1.5.3 ukazují dostatečný přínos použití dat připravených již pomocí metody IDW s mocninou 1 pro popis příspěvků mezipovodí.

Základní charakter modelu BW je dán modulem nádrže. Vychází z řešení základní rovnice nádrže:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_p(t) - O(V(t)), \quad (2)$$

kde znamená $V(t)$ – objem vody v nádrži

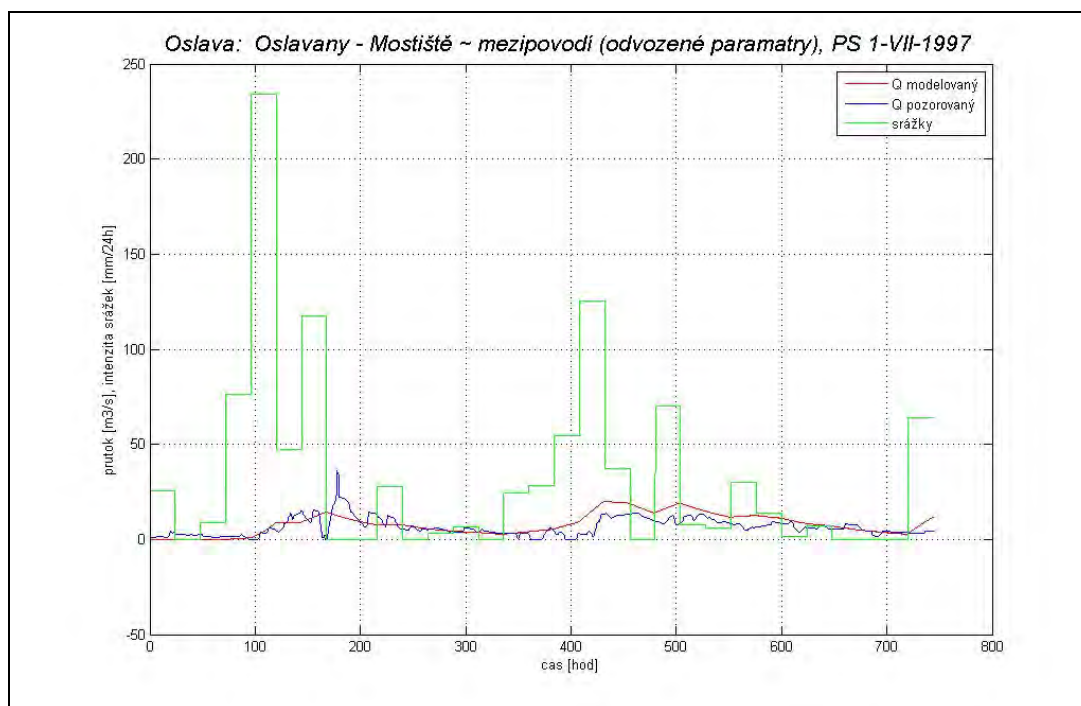
$Q_p(t)$ – přítok do nádrže

$O(V(t))$ – odtok z nádrže jako funkce objemu

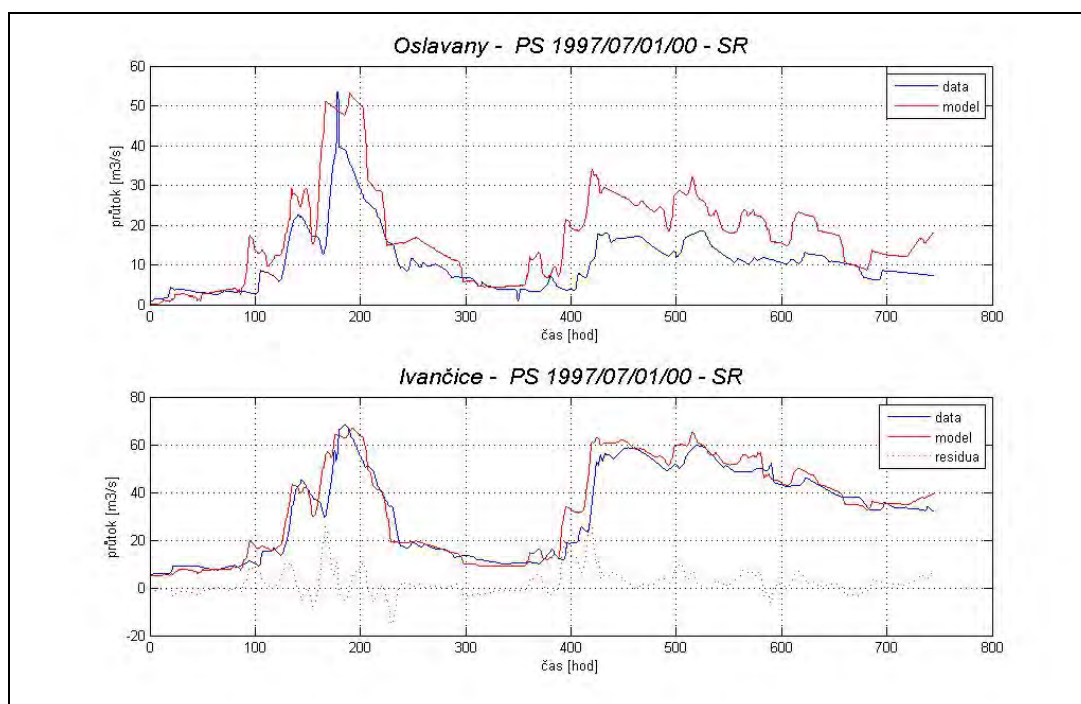
Při řešení uvedené diferenciální rovnice, kde objem $V(t)$ je stavovou veličinou, je změny stavu dosahováno třemi parametry regulace: spodních výpustí, odtoku z elektrárny a hrazení bezpečnostního přelivu. Využitím možností vývojářského prostředí Matlab je spojitá stavová rovnice dynamického systému (2) převedena na diskretní stavovou rovnici typu (1).

Řízení odtoků vody z nádrží je implicitně v modelu BW založeno na fuzzy regulaci (FR). Při řešení diferenciální rovnice (2), kde objem $V(t)$ je stavovou veličinou, je změny stavu dosahováno třemi parametry regulace: spodních výpustí (K_v), odtoku přes turbíny elektrárny (K_e) a hrazení bezpečnostního přelivu (ds). Pro potřeby řízení nádrží v subsystému VS bylo testováno několik typů fuzzy regulátorů lišících se z hlediska: druhu a počtu vstupních řídicích veličin, počtu hodnot a typu mapovacích funkcí jednotlivých jazykových proměnných (funkce příslušnosti), typu implikace, příp. způsobu defuzzifikace i metody agregace.

Dosaženým výsledkem řešení je také postup procesu nastavení – ladění fuzzy regulátoru. Nejběžnější strategií ladění jsou postupy profilování průběhu jazykových proměnných a jejich hodnot. Dále je možné použít softwarového prostředku ANFIS (adaptivní neuro-fuzzy inferenční systém) (Jang, 1993). V modelu BW každý regulační prvek nádrže ovládán paralelně samostatným fuzzy regulátorem. Praktický postup ladění fuzzy regulátoru je vhodné zahájit sestavením FR typu Mamdani (intuitivní) a provést simulaci systému. Na získané množině vstupně-výstupních dat lze již softwarovými prostředky (ANFIS) ladit regulátor. (FIS typu Mamdani lze také transformovat přímo na typ Sugeno).



Obr. 1.5.2 Odhad příspěvku mezipovodí PS 1997/07/01, prostorové rozložení srážek metodou IDW1



Obr. 1.5.3 Subsystém BW doplněný S-O modelem MOD4 - PS 1997/07/01, prostorové rozložení srážek metodou IDW1

Otázka fuzzifikace jazykových proměnných není dosud jednoznačně popsána. Záleží tedy na znalostech struktury modelovaného systému nebo na zkušenostech získaných při kontrolních simulacích a následných korekcích granulace příslušné jazykové proměnné. Další možností je před zahájením ladění vyřešit inverzní úlohu, kdy ze známého průběhu odtoku pod nádrží lze určit časovou posloupnost poloh uzávěru. K řešení této úlohy byl připraven nástroj, který uvedený problém řeší optimalizací (rutinně byl využíván pro vyhodnocování vlivu vodních děl za povodňových situací v roce 2006). Podle manipulačního řádu nebo odborným odhadem je možné určit složky odtoku přes jednotlivá výpustná zařízení. Tím je vytvořena část vstupně-výstupní matice, na které lze ladit FR.

Následuje simulace modelovaného systému s regulací. Na vstupu FR se generují hodnoty vstupních proměnných relevantních pro řízení a na výstupu ostrý výsledek - hodnota regulačního parametru. Po případné úpravě vektoru regulačního parametru se proces ladění opakuje. Tímto postupem, za současného splnění předpokladu, že proces ladění je prováděn pro zcela odlišné jevy – povodňové situace, lze dosáhnout už pouze v závislosti na rychlosti procesoru naladění regulátoru zvoleného zařízení.

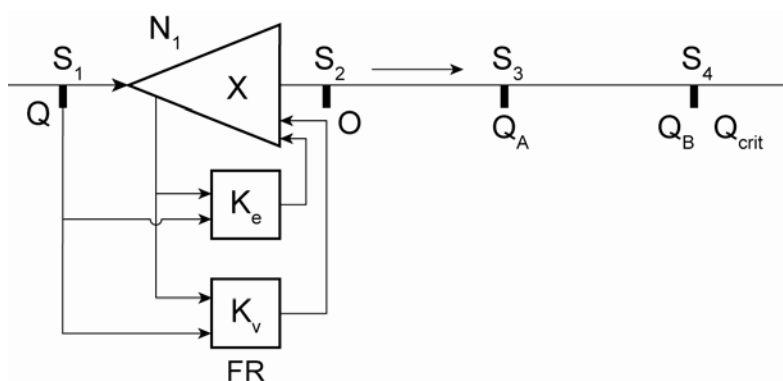
Optimální fuzzy regulace

Problém ladění FR se stává rozsáhlou úlohou v případě snahy o dosažení optimální (suboptimální) regulace nádrží v soustavě. Zde bylo použito specializované ladění (Norgaard, Rawn, Poulsen, Hansen, 2000), a určení cílového chování systému optimalizací. V případě specializované ladění je dosahováno minimalizace chyby systému zpětnou propagací chyby přes systém. Chyba systému je definována jako diference mezi systémovým výstupem a požadovaným výstupem. Kritériem, na kterém se určuje chyba systému v modelu BW, je kladná odchylka (překročení) průtoku v kontrolním profilu pod nádrží.

Určení cílového chování systému optimalizací

V problematice cílového chování nádrže byla pozornost zaměřena na změnu popisu úlohy v prostředí Matlab a doplnění zkušeností s konstrukcí kritéria v závislosti na aplikaci numerických metod. Postupy byly prověřovány na modelu nádrže se dvěma prvky regulace. Cílem úlohy je nalezení trajektorií průběhů parametrů regulace pro jednotlivá výpustná zařízení. Výsledné údaje této úlohy řízení nádrže slouží k vytvoření vstupně-výstupní matice, která bude použita pro ladění fuzzy regulátorů jednotlivých výpustných zařízení. Optimalizační úloha je obecně určena, jsou-li dány: (i) stavové rovnice, (ii) množina okrajových podmínek na stavových proměnných v počátečním a koncovém čase, (iii) množina omezení stavových a řídicích proměnných.

Teoretický popis úlohy vychází zejména z práce (Drbal, 1999), (Drbal, 2004) (Mičaník, 2007) a je dále průběžně upřesňován. K naznačení postupu řešení nám postačí uvedení omezujících podmínek, obecná formulace kritéria. V následujícím schématu subsystému nádrže N_1 (obr. 1.5.4) a úseku toku řeky body $\{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ znázorňují profily vodoměrných stanic.



Obr. 1.5.4 Schéma subsystému nádrže N_1 – Vranov

Celkové období trvání extrémního přítoku do nádrže je rozděleno na n etap. Úkolem je nalezení matice X parametrů regulace spodních výpustí a odtoku přes turbíny vodní elektrárny, jejíž prvky tvoří

$$X = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 & \dots & k_n \\ l_1 & l_2 & \dots & l_n \end{bmatrix}, \quad (3)$$

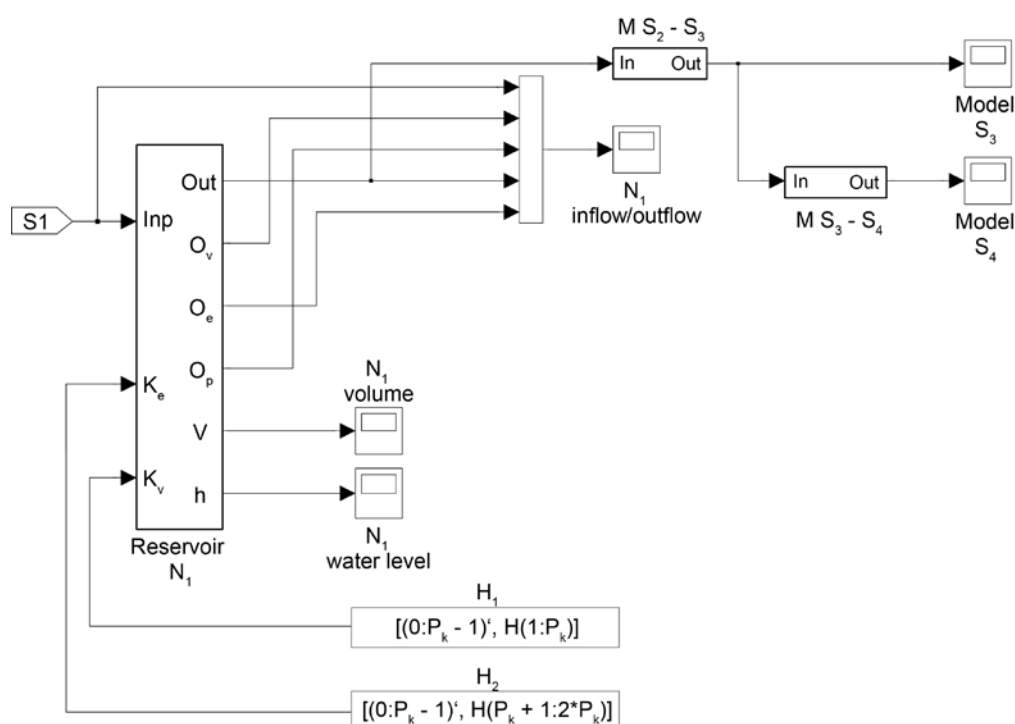
kde prvky horního řádku matice představují parametry regulace spodních výpustí a prvky druhého řádku pak značí parametry regulace přes turbíny vodní elektrárny.

Pro stanovení neznámých prvků matice X (3) byla zvolena analytická metoda řešení. Tento postup vede na parciální derivace kritériální funkce podle jednotlivých proměnných, čímž je získána soustava *normálních rovnic*. Řešením soustavy těchto rovnic jsou pak hodnoty neznámých prvků matice X .

Zavedení omezujících podmínek typu nerovnosti do uvedeného postupu je možné užitím metody Lagrangeových součinitelů. Řešení pak směřuje na výpočet soustavy nelineárních rovnic. Použita byla metoda třídy Gauss-Newton se smíšenou procedurou kvadratické a kubické polynomické interpolace a extrapolace, (*quasi-Newton*) viz např. (Dennis, 1979).

Objektivizace postupu optimalizace

Úloha stanovení cílového chování nádrže optimalizací směřuje na řešení rozsáhlé soustavy nelineárních rovnic. Celkové období trvání povodně je rozděleno na n etap. Náročnost výpočtů odpovídá délce jednotlivých etap (v ekvidistantním kroku) a jejich počtu. Délky etap se volí většinou v rozmezí 12 minut, 1 hodina až jeden den. Například pro systém, který představují tři nádrže se čtyřmi prvky regulace jednotlivých výpustných zařízení, by soustavu nelineárních rovnic tvořilo $12 \times n$ rovnic. Při zvolené délce trvání etapy 1 hodina je soustava určena rozsahem stovek až tisíců rovnic. Praktické udržování kódů programů a funkcí (založených na direktivním programování) v aktuálním, věcně správném a provozuschopném stavu je mnohdy značně obtížné, i když problém generování finálně řešené soustavy nelineárních rovnic byl vyřešen v obecném programu. Řešení problému je v efektivním zápisu úlohy v prostředí MATLAB, SIMULINK. Podařilo se tedy definovat řešený systém tak, že součástí kriteriální funkce se stal přímo vhodně definovaný model zkoumané soustavy. Ve výpočtovém schématu nádrže (obr. 1.5.5) je hledána matice vektorů parametrů regulace – výpočtové bloky H1 a H2 (spodní výpustě, odtok přes turbíny elektrárny).



Obr. 1.5.5 Model nádrže – výpočtové schéma

Optimalizací je minimalizována hodnota kriteriální funkce za splnění sadou omezujících podmínek. V obecném pohledu se tedy jedná o *non-linearly constrained problem (NCP)*. Omezující a okrajové podmínky projevily v modifikaci výpočtového schématu modelu (obr. 1.5.5) a změn doznal i tvar kriteriální funkce po zahrnutí penalizací

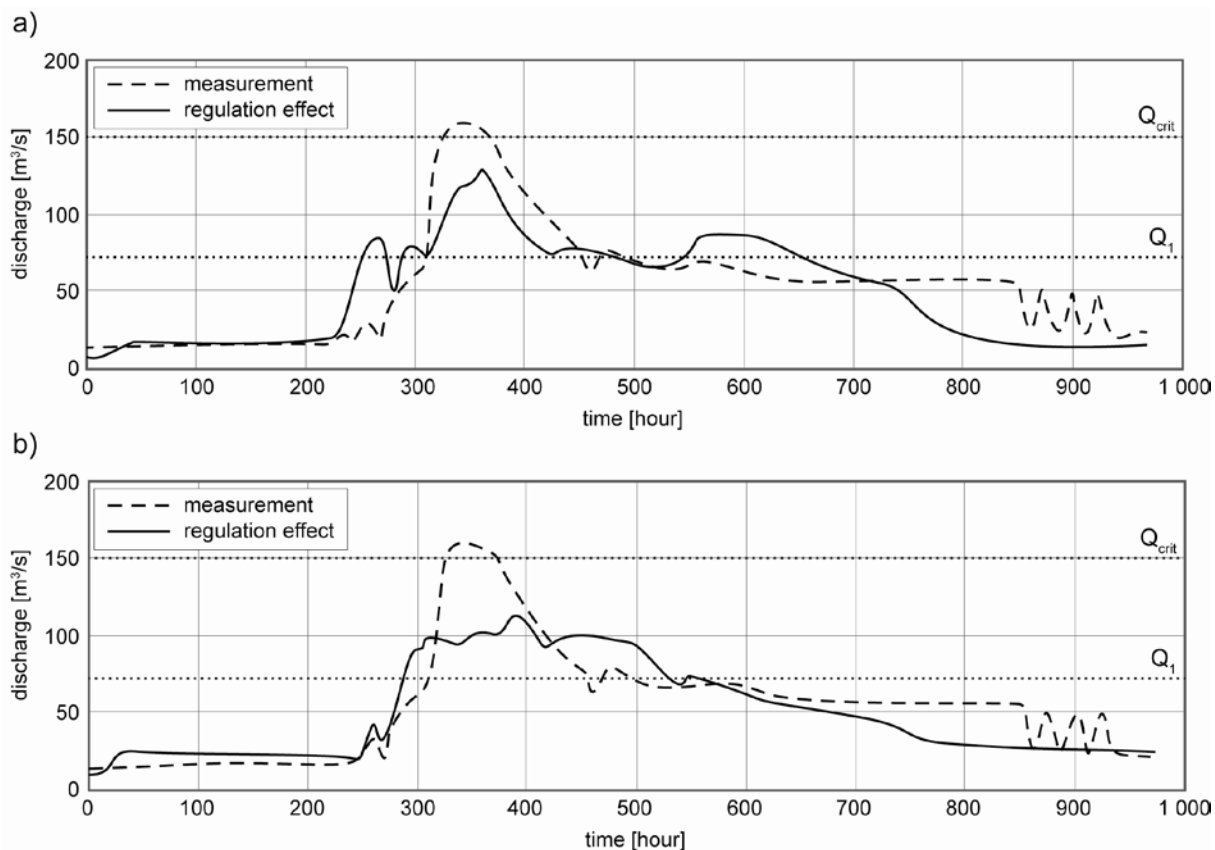
$$\Theta = \int_0^T \left[e^2(t) + (x_k - x_1(t))^2 \right] dt, \quad (6)$$

kde x_k je požadovaná hodnota
 $x_1(t)$ představuje dosaženou hodnotou

Z provedených testovacích výpočtů v řádu stovek úloh vyplývá, že se zvýšila stabilita výpočtu. Současně jsou doloženy dosažené hodnoty předepsaného plnění nádrže v rozmezí 0.046 až 0.062 % nad zadanou hodnotou. Vliv počtu etap optimalizace n , resp. jejich délky Δt se promítá do rychlosti výpočtu a velikosti vnitřní chyby modelu, která je způsobena zejména

zaokrouhlovací chybou stavové veličiny. Při pětinasobném snížení počtu etap se doba výpočtu se zkrátila přibližně o 30% za cenu nárůstu chyby modelu cca o 5 %.

Uplatnění optimalizace pro konstrukci odhadu báze znalostí budoucího regulátoru představuje přínos v rychlejším dosažení robustního řídicího prvku. Výsledek je zřejmý i z obr. 1.5.6, kde je porovnán efekt regulace modely s aplikací specializovaného ladění fuzzy regulátoru a optimalizace.



Obr. 1.5.6 Transformační účinek nádrže v kontrolním profilu (a – regulátory nastaveny pomocí specializovaného ladění, b – báze dat získána optimalizací)

Aplikace fuzzy regulace znamená předřešení řady úloh řízení. FR umožňuje zkrátit intervaly, ve kterých se provádí korekce poloh regulačních uzávěrů na nádržích. Proces řízení může být téměř spojitý. Znalostní báze chování a pravidel řízení systému je konstruována těmito způsoby:

a) Pomocí vektorů parametrů regulace, které definují diskrétní aproximaci suboptimální trajektorie. Tyto vektory jsou upravovány zpětnou propagací odchylek požadovaného kriteriá přes systém. Simulací se vytváří vstupně-výstupní matice, na jejíchž datech je s využitím adaptivních systémů upravován způsob popisu chování systému i pravidel regulace.

b) Pomocí vektorů parametrů regulace systému, které jsou zjišťovány s využitím metod optimalizace. Simulací řízení systému na základě nalezených parametrů je vytvořena vstupně/výstupní matice řídicích veličin. Znalostní báze systému je pak vytvořena jako v případě a). Tento postup je nezbytný pro usnadnění přípravy I/O matic pro procesy ladění regulátorů.

Vliv přítomnosti tzv. mrtvého dřeva v inundačním území

Na vybraném úseku toku vybraného pro výzkum se nachází 5 mostních objektů, které lze definovat jako malé, jelikož šířka rozpětí mostního pole je do 30 m. Tři z pěti mostních objektů vykazují v průběhu povodňových událostí trvalé problémy, a to především při průchodu splávní, což má za důsledek nejen zvýšení rozsahu rozlivu a ohrožení místního obyvatelstva, ale i tvorbu výmolů a z toho vyplývající ohrožení stability samotných mostních objektů. Otázka byla řešena metodami matematického modelování s využitím 1D, 2D a 3D matematického modelu na vybrané lokalitě. Bylo provedeno:

- Stanovení a posouzení proudových poměrů v mostních objektech pomocí 1D, 2D a 3D matematického modelu.
- Simulace procesu ucpávání mostních otvorů splavím a jeho vliv na změnu proudových poměrů a s tím spojenou tvorbu výmolů v okolí mostních podpěr.
- Posouzení tvorby výmolů v okolí mostních podpěr v závislosti na ucpávání mostních otvorů.
- Porovnání výsledků z 1D, 2D a 3D modelů z hlediska stanovení proudových poměrů v mostních objektech a s ohledem na vývoj tvorby výmolů v okolí mostních opěr

Ze simulací vznikly závěry o vhodnosti zmíněných modelů pro účely vyhodnocení vlivu přítomnosti mrtvého dřeva v inundačním území.

Extrémy v kontextu přírodního prostředí, vodního a národního hospodářství

Hodnocení sociálních a ekonomických dopadů extrémních hydrologických a klimatických situací navazuje na výsledky výzkumu biologických a technických disciplín. Cílem a úkolem je analýza efektů (negativních i pozitivních) a nákladů (úspor nebo i škod), jejich porovnání a navržení adaptačních opatření. Rámcem je udržitelné užívání vody v optimální proporcii ekologických, sociálních a ekonomických nákladů a přínosů. Součástí jsou rovněž nástroje ovlivňující tuto proporcii a její stabilitu.

ČR patří klimaticky k oblastem, kde významnou charakteristikou extremit je rostoucí variabilita v obou mezních typech: nadbytku (povodně) i nedostatku (sucho) vody. Ostatní klimatické jevy (náhlý pokles teplot, vlny veder, těžké námrazy, vichřice atp.) mají význam spíše jednotlivě. Důsledkem je nejistota v samotném typu jevu (ČR leží v rozhraní, na kterém se může projevit jak růst srážkových úhrnů – očekávaný pro sever – nebo i snížení - typické pro jih Evropy). Z pohledu vodního režimu území se projevují jako objemové, časové nebo místní odchylky od dlouhodobého průměru¹. Na úrovni vodohospodářské infrastruktury „masivní“ extrém působí účinky přesahující provozní kapacitu a flexibilitu provozního řízení a správy vod.

Socioekonomická úroveň pak rozšiřuje vějíř dopadů na krátkodobé, středně a dlouhodobé a dále na zásadní odezvy v některé z oblastí, jejichž cíle a nástroje vymezují udržitelné užívání vod: v životním prostředí, ekonomice a sociální oblasti, při jejich vzájemném kompenzování („*trade off*“).

Socioekonomické dopady jsou tedy výslednicí mnoha faktorů, počínaje typem extrému, jeho mohutností, časovými a místními odchylkami a především proporcí, kterou se primární škody na ekologických, ekonomických nebo sociálních hodnotách národního hospodářství daří snižovat, preventivními, průběžnými nebo následnými adaptačními opatřeními.

Interdisciplinární přístup – založený na kombinaci přírodních a technických poznatků a jejich využití pro koncipování legislativních, ekonomických nástrojů a pravidel – vytváří první rovinu

¹ Pracovně lze označit objemové, časové nebo lokální extrémní charakteristiky a jejich kombinace slovem „masivní“ extrém

řešení: jde o odhad charakteru jevu, jeho rozsahu a frekvence, načasování a lokality, kterou zasáhne.

Druhou rovinou jsou především preventivní opatření jako technického (zejména vodohospodářská infrastruktura) tak širšího rázu (ochrana vod v krajině). Základními východisky jsou zde ekologické poměry (tedy požadavky tzv. ekosystémových služeb vody) a systém vodohospodářských služeb (obecně včetně ochrany před povodněmi).

Třetí rovinou je ekonomická a finanční udržitelnost adaptačních opatření, odvozená z porovnání dosaženého užítku a vynaložených nákladů.

Výzkum hydrologických extrémních jevů a jejich socioekonomických dopadů přinesl tyto základní závěry:

- Projevy klimatické změny jsou odezvou přirozených a člověkem vyvolaných příčin. Antropogenní příčiny nelze zcela eliminovat a rovněž jejich regulací lze zmírnit (mitigace) pouze některé z dopadů. Klíčovou roli v prevenci a snížení škod hrají adaptační opatření.
- Odlišné dopady (rozsahem strukturou) mají povodně a sucho. Povodně působí škody zejména na majetku, časově omezené výpadky hospodářských aktivit zpravidla lokálního charakteru.
- Hydrologické charakteristiky jevů nejsou v přímém poměru k socioekonomickým škodám resp. celkovým dopadům (škody snížené o účinek adaptačních opatření a zvýšené o jejich náklady); odlišné jsou rovněž proporce mezi ekologickými, ekonomickými a sociálními dopady srovnatelných jevů. Opatření odvozená od primárních změn se mohou ukázat jako málo účinná nebo i kontraproduktivní.
- Dopady a náklady na úrovni národního hospodářství jako celku mohou zahrnovat širokou škálu místních a časových odchylek. Místní dopady mohou kopírovat rozsah extremity, ale stejně tak mohou být z pohledu hodnocených škod málo závažné.
- Nástroje a prostředky použité pro usměrnění chování uživatelů vody, a k dosažení dílčích cílů udržitelnosti se mohou vzájemně ovlivňovat a kompenzovat.
- Velká část adaptačních opatření závisí na kvalitním odhadu vývoje (prognóze hydrologických jevů) a také na dlouhodobých technických a organizačních opatřeních.
- Adaptační opatření musí respektovat technický, institucionální a právní kontext, současnou vodohospodářskou infrastrukturu, její funkce a hodnoty; priority v užívání vody a formy její distribuce (zásobování obyvatelstva vodou, ekonomické nástroje a tržní prvky v distribuci vody) a náklady adaptačních opatření ve vztahu k prioritě i nákladům na vodu.

Výsledky a doporučení:

- Socioekonomické dopady klimatické změny v oblasti vodního hospodářství způsobují škody. Adaptační opatření jim mohou předcházet nebo snížit jejich rozsah. Jde o soubor administrativních, technických a regulačních opatření v rámci platných úprav, existující vodohospodářské infrastruktury a stavu a očekávaného vývoje ekologického, sociálního i ekonomického segmentu udržitelného užívání vody. Adaptační opatření budou účinná v kontextu vývoje legislativních, technických a institucionálních nástrojů v oblasti správy, ochrany a užívání vod. Problémy lze identifikovat a řešit pouze na celostní úrovni charakterizované tzv. hydrosociálním cyklem resp. přístupem.
- Variabilita dopadů hydrologických extremity vyžaduje posílení dvou vlastností regulačních nástrojů: jejich variantnosti (pro řešení konkrétních místních situací) a pružnosti. Tyto podmínky lze splnit důrazem na nepřímé, ekonomické nástroje ovlivňování uživatelů vody a jejich přenesením na decentralizovanou úroveň. Součástí přístupu, který je v ČR již

tradiční – je správa vod na úrovni hydrologických povodí (a HGR) na rozdíl od přístupu z úrovně správních celků.

- Náklady adaptačních opatření vyvolávají problém finančních zdrojů. Tendence k využití ekonomických a tržních prvků v hospodaření s vodou souvisí s návratností vynaložených nákladů, proporcí veřejných a soukromých zdrojů návratnosti a řešení problému veřejného zajištění zásobování vodou a finanční pokrytí jeho nákladů. Rámecem řešení je pokrytí ekosystémových služeb a návratnost vodohospodářských služeb. Rozsáhlý a kumulativní dopad hydrologických extrémů a společný nebo veřejný charakter služeb vody potvrzuje nezbytnost veřejného podílu na financování nákladů.

Výstupy jsou, v podobě odborně fundovaných návrhů na úpravy ekonomických nástrojů v nakládání s vodami (poplatky, ceny, tržní mechanismy, instituce, úspory, obnova a rozvoj infrastruktury) a bezpečnost vody, pro složky státní a veřejné správy a odbornou veřejnost v ČR.

Podané výstupy

V současné době jsou do redakcí impaktovaných časopisů podány tyto články:

- Kulasova, A., Blazková, S., Beven, K. Vegetation mapping and hydrological processes in the catchment of Smrzovsky Brook in the Jizera Mountains, Czech Republic.
- Kulasova, A., Smith, P. J., Blazkova, S., Beven, K., Hlavacek, J. A method of computing uncertain nitrogen and phosphorus loads in a small stream using YSI probes.
- Redinova, J., Romanowicz, R.J., Kulasova, A., Blazkova, S. Influence of afforestation on water regime in Izera catchments, Czech Republic.
- Drbal, K. Use of artificial intelligence in the issue of protection against negative impact of floods.
- Drbal, K. Development of a conceptual rainfall-runoff model for flood forecasting in ungauged basins, Journal of hydrology.
- Kulasova, A., Blazkova, S.D., Beven, K.J. Observation of drainage ditches as the most efficient way of mapping saturated areas, Hydrology and Hydromechanics.

Dále byla do redakce odevzdána kniha o povodních a suchu (probíhají poslední korektury textu) a v redakci VTEI je připraven k tisku článek Slavíková, L., Petružela, L., Jílková, J. Ekonomické nástroje k podpoře adaptace vodního hospodářství ČR na změnu klimatu.

Metodika zjišťování srážko-odtokových vlastností malých povodí ze změřené regionální srážky a průtoku byla odevzdána k certifikaci.

1.5.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Články v impaktovaných časopisech:

- Pappenberger, F., Beven, K., Horritt, M., Blažková, Š. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. Journal of Hydrology, 2005, roč. 2005, č. 302, s. 46-69. ISSN 0022-1694.
- Werner, M., Blažková, Š. and Petr, J. Spatially distributed observations in constraining inundation modelling uncertainties. Hydrological Processes, 2005, roč. 19, č. 16, s. 3081-3096. ISSN 0885-6087.
- Blazkova, S. and Beven, K. Uncertainty in Flood Estimation. Structure and Infrastructure Engineering, 2009, roč. 5, č. 4, s. 325-332. ISSN 1573-2479.

- Hrnčíř, M., Šanda, M., Kulasová, A., Císlerová, M. Runoff formation in a small catchment at hillslope and catchment scales. *Hydrological Processes*, 2010, roč. 24, č. 16, s. 2248—2256. ISSN 0885-6087.
- Matoušek, V. Evaluation of runoff properties of small watersheds hit by regional rainfalls. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2010, roč. 2011, č. 2, s. 0—0. ISSN 0042-790X.

Články v ostatních recenzovaných periodikách (včetně Scopus):

- Šanda, M., Kulasová, A., Císlerová, M. Hydrological Processes in the Subsurface Investigated by Water Isotopes and Silica. *Soil and Water Research*, 2010, roč. 4, č. Spec 2, s. 0—0. ISSN 1801-5395.
- Blažková, Š., Salinger, P. Nové výpočetní možnosti a environmentální modelování. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2006, roč. 48, č. 1, s. 13-15. ISSN 0322-8916.
- Matoušek, V. Jak způsobuje hydraulicky nevhodné koryto vodního toku povodeň. *VTEI, příloha Vodního hospodářství 2/2007*, 2007, roč. 49, č. 2, s. 4-7. ISSN 0322-8916.
- Ředinová, J. Využití modelu neuronové sítě v modelování průtoků. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2008*, 2008, roč. 50, č. 3, s. 9-10. ISSN 0322-8916.
- Matoušek, V. Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2009*, 2009, roč. 51, č. 1, s. 12-16. ISSN 0322-8916.
- Matoušek, V. Poznatky z povodní na horní Blanici. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2009*, 2009, roč. 51, č. 3, s. 17-20. ISSN 0322-8916.

1.6 VÝVOJ A OVĚŘENÍ METODIKY PRO ZMĚNU N-LETÝCH PRŮTOKŮ VLIVEN PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Doba řešení: 2009 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.

Řešitelský tým: Ing. Martin Hanel, Ph.D., Bc. Adam Beran, Ing. Renata Fridrichová

1.6.1 Předmět řešení

Poskytování hydrologických dat o průtocích je usměrňováno normou ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod. Podle ní se N-leté maximální průtoky ve vodoměrných stanicích určují z funkce překročení kulminačních průtoků pro pravděpodobnosti odpovídající zvoleným průměrným dobám opakování. Funkce překročení kulminačních průtoků je sestrojena z řady maximálních kulminačních průtoků za každý hydrologický rok. V rozmezí průměrných dob opakování 1 rok až 100 let jsou N-leté průtoky zařazeny do skupiny označené „základní hydrologické údaje“, které patří do kategorie „standardní hydrologické údaje“, takže podle článku 5.1. uvedené normy je zpracovává nebo ověřuje odborně způsobilá právnická osoba, pověřená ústředním orgánem státní zprávy v dané oblasti. Podle Věstníku MŽP ČR, částky 2/1997 je touto činností pověřen Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

Hydrologické údaje jsou zpracovávány a poskytovány na základě pozorovaných hodnot, z dostupných podkladů se uvedou informace o způsobu a rozsahu ovlivnění. Podle článku 5.3. normy jsou základní hydrologické údaje, tedy i N-leté průtoky, plošně zpracovávány a vyrovnávány. Při plošném vyrovnání se pokud možno vylučuje vliv výrazného prokazatelného ovlivnění, např. provozem vodních děl. Zpracování hydrologických dat s eliminací nebo zavedením ovlivnění je v článku 3.2 uvedeno jako příklad úlohy, označované „hydrologická studie“. Hydrologické studie spadají do kategorie „nestandardní hydrologické údaje“, které mohou být zpracovány a poskytovány i jinými odbornými pracovišti než ČHMÚ.

N-leté průtoky spolu s m-denními průtoky jsou základními charakteristikami, které popisují hydrologický režim toku, a jsou základem pro vodohospodářská řešení, dimenzování objektů na tocích i stanovení míry ochrany před povodněmi. V případě, že v povodí nad uvažovaným profilem na toku existují nebo jsou zřizována protipovodňová opatření, je použití neovlivněných N-letých průtoků pro některé účely, například pro zpracování záplavových území podle vyhlášky č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území nelogické. Pokud protipovodňová opatření vedou ke zmenšení N-letých průtoků, měl by se jejich vliv projevit zmenšením rozsahu záplavových území.

Pro zpracování základních hydrologických dat, a tedy i neovlivněných N-letých průtoků, existují metodiky ČHMÚ, uvedené v normě ČSN 75 1400 a v dalších interních materiálech ČHMÚ. Pro zpracování hydrologických studií vedoucích ke stanovení N-letých průtoků s uvážením protipovodňových opatření jednotný metodický základ neexistuje. Vzhledem k současným vodohospodářským potřebám (vliv nových protipovodňových opatření) a při naplňování nových legislativních povinností (např. směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23.10.2007 o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik) byl Výzkumnému ústavu vodohospodářskému T. G. Masaryka, v. v. i. Ministerstvem životního prostředí zadán úkol vytvořit jednotnou metodiku pro zpracování N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními.

1.6.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

V rámci řešení tohoto úkolu byla provedena rešerše zahraničních zdrojů zabývajících se odvozením N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními (PPO). Bylo zjištěno, že tato tematika nebyla zatím komplexně řešena, nalezené studie se týkaly spíše dílčích aspektů problematiky a zejména byly řešeny pomocí hydraulického modelování. Tedy způsobem extrémně náročným na data a podrobná terénní měření, jenž by obecně byl těžko aplikovatelný.

V dalším postupu řešení byl sestaven a na pilotním povodí Tiché Orlice ověřen postup stanovení změny N-letých průtoků způsobené vlivem v říční síti již realizovaných nebo navrhovaných protipovodňových opatření ovlivňujících povodňové průtoky. Mezi taková opatření patří zejména vodní nádrže s retenčním účinkem, včetně nádrží suchých (označovaných jako poldry). V principu může být metodika použita i pro posouzení účinku ohrázení prostor s významným objemem (tj. zmenšení rozlivu do inundace) na povodně v níže ležících profilech toku, nebo pro jiná technická opatření (například převod vody do jiného povodí). Předmětem metodiky je stanovení změny N-letých průtoků v požadovaném rozsahu průměrných dob opakování nejen v profilu toku ležícím bezprostředně pod uvažovaným protipovodňovým opatřením, ale i v navazujících úsecích toků, na kterých se účinek může projevit, a to i pro případ, že v povodí bylo uskutečněno několik protipovodňových opatření.

Metodika předpokládá jako standardní zpracování N-letých průtoků z ročních maxim pozorovaných povodňových vln. Lze ji použít i pro zpracování N-letých průtoků sezónních (maxima za zimní, letní pololetí). Jako podklad pro řešení musí zadavatel u ČHMÚ objednat zpracování neovlivněných N-letých sezónních průtoků pro vodoměrné stanice a soutokové uzly toků a pozorovaných povodňových vln odpovídajících sezónním maximum pro vodoměrné stanice. Tato data nejsou v ČHMÚ standardně předmětem hromadného zpracování.

Posouzení vlivu protipovodňových opatření, zejména transformací povodní v retenčních prostorách nádrží, je standardně součástí vodohospodářských řešení při projektování nádrží i zpracování manipulačních řádů nádrží. Pro řešení jsou v současnosti používány teoretické N-leté návrhové povodňové vlny, zpracované podle ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod. Vzhledem k neurčitosti definice těchto vln, pokud jde o objem odtoku, jsou při posuzování bezpečnosti přehrad za povodní používány teoretické N-leté návrhové povodňové vlny charakterizované podmíněnou pravděpodobností velikosti objemu odtoku při daném kulminačním průtoku průměrné doby opakování N. Metodika jejich stanovení je popsána v referátu Boháč, Kašpárek a Kulasová (2001). Při tomto přístupu k odvozování teoretických povodňových vln je vyjádřeno, že povodně se stejně velkým kulminačním průtokem mohou mít rozdílný objem.

Běžně je účinek využití retenčního objemu nádrže posuzován jen pro profil toku bezprostředně pod nádrží. Předmětem předložené metodiky je stanovení změny N-letých průtoků v celém jejich rozsahu, nejen v profilu toku ležícím bezprostředně pod uvažovaným protipovodňovým opatřením, ale i v navazujících úsecích toků, na kterých se účinek může projevit, a to i pro případ, že v povodí bylo uskutečněno několik protipovodňových opatření.

Pro návrh metodiky je podstatné, že povodňové vlny, které jsou rozhodující pro stanovení N-letých průtoků v profilech na tocích pod nádrží, ležících už ve vzdálenosti několika desítek km od PPO, mohou mít jiný charakter, než návrhové povodně, použité pro posouzení účinku PPO. Typické je, že pokud je PPO umístěno v profilu, který uzavírá malé povodí (např. několik desítek km²), je návrhová vlna odvozena jako letní povodeň, odpovídající vzniku z intenzivního deště relativně krátkého trvání. Ten způsobí požadovaný N-letý průtok, povodeň však nemá tak velkou odtokovou výšku, jako povodně z dlouhodobějších dešťů nebo povodně zimního typu, které přísluší případům, které vytvářejí soubor pro odvození N-letých průtoků v níže ležících profilech, více vzdálených od PPO. Účinek PPO na zmenšení

kulminačních průtoků těchto vln může být v níže ležících profilech podstatně menší, než ten, který byl vypočten podle N-letých povodňových vln stanovených pro profil PPO.

Poznatky o tom, jak se vytvářejí průběhy povodňových vln pod soutokem dvou toků, ukazují, že N-leté průtoky pod soutokem nejsou součtem N-letých průtoků nad soutokem. Vyplývá to z toho, že jen výjimečně jsou povodí obou toků nad soutokem zasažena stejně významnou povodní s takovým časovým průběhem, že kulminační průtoky jsou na soutoku synchronní. Běžně se takové situace nevyskytují. Dokonce může dojít i k opačnému extrému, kdy rozvodnění na jednom toku způsobí dočasnou změnu směru proudění na druhém toku. Z toho, že nelze aritmeticky sčítat N-leté průtoky, můžeme usuzovat, že nelze aritmeticky sčítat ani jejich změny způsobené účinky jednotlivých opatření.

Z uvedených poznatků vyplynuly dva základní principy řešení:

- posuzování účinků protipovodňových opatření je třeba řešit v říční síti, rozčleněné minimálně v profilech, kde se nacházejí protipovodňová opatření, a v profilech vodoměrných stanic, popř. i v profilech soutoků dílčích toků,
- k posouzení je třeba použít povodňové vlny, z jejichž kulminačních průtoků je sestaven soubor pro odvození N-letých průtoků v posuzovaném profilu (vodoměrné stanici). Pokud je povodňový režim ve dvou stanicích ležících na stejném toku podobný, lze použít pro obě stanice soubor vybraný podle stanice dolní. Je však třeba ověřit, že odlišnosti ve výběru povodňových vln se neprojeví ve vztahu mezi kulminačními průtoky a jejich poklesy vlivem protipovodňových opatření, zejména v oblasti několika největších pozorovaných kulminačních průtoků.

Metodika řešení je založena na simulaci průchodu řady povodňových vln soustavou říční sítě povodí a protipovodňových opatření (PPO) pomocí hydrologického modelu. Postup řešení je znázorněn ve vývojovém diagramu na obr. 1.6.1.

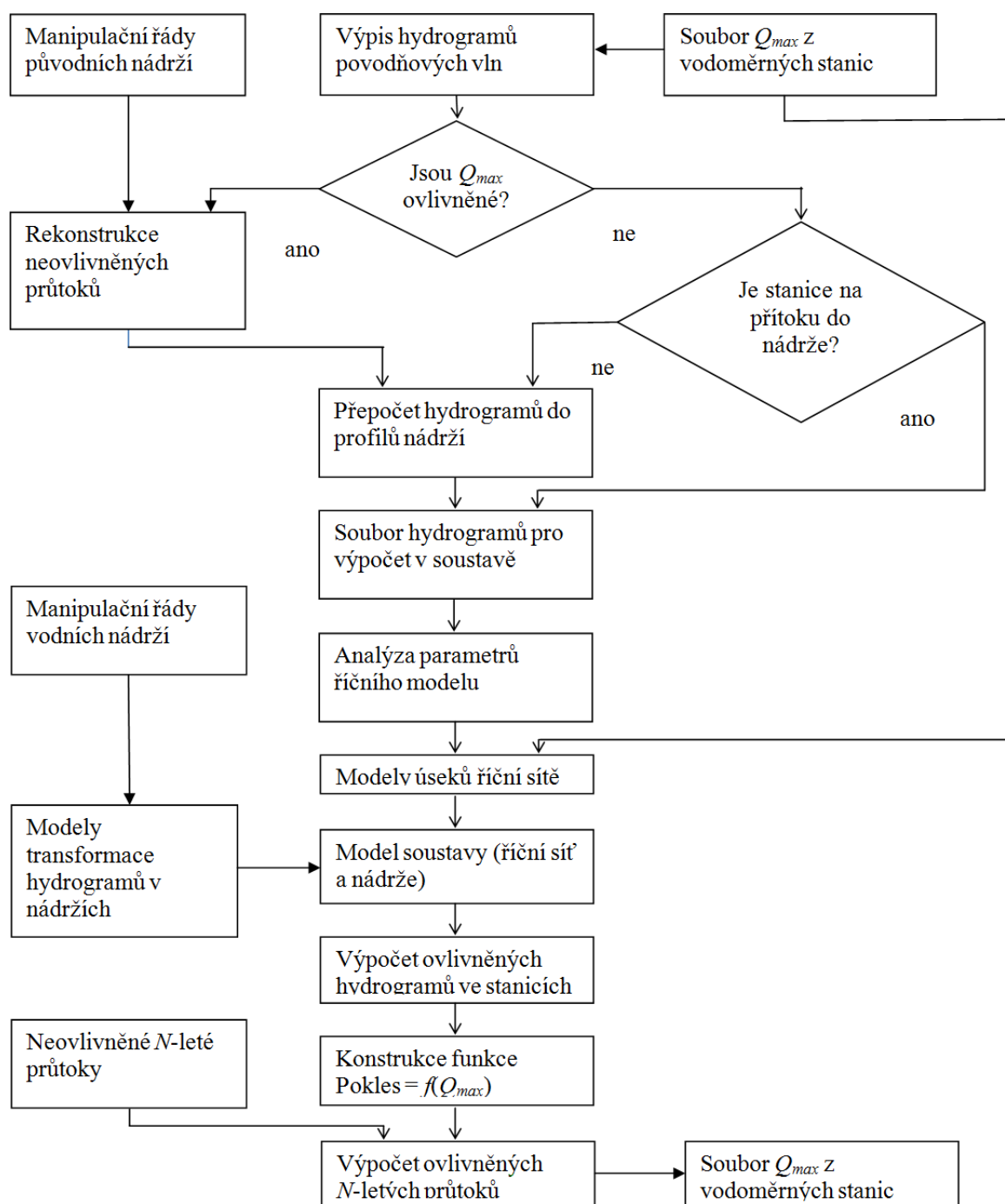
Výpočet N-letých průtoků popsáný na obr. 1.6.1 se vztahuje na předem vybrané profily řešené soustavy, zejména profily vodoměrných stanic, případně na další profily, pro které je řešení požadováno. Pokud je třeba poté, co proběhlo základní zpracování, stanovit N-leté průtoky ovlivněné PPO v jiných profilech, není nezbytné modelové výpočty v modifikované soustavě opakovat.

Pro profily říční sítě mezi posuzovanými profily odtoku z vodních nádrží a vodoměrnými stanicemi lze podle výsledků v těchto profilech poklesy maximálních průtoků interpolovat. Pro profily pod nejnižší položenými vodoměrnými stanicemi na hlavním toku a přítocích se obdobně uplatní extrapolace dat.

Nejjednodušší z možných modelů, které popisují propagaci poklesu účinků PPO z horního profilu směrem po toku, by byl založen na předpokladu, že velikost poklesu ΔQ_{max} vyjádřená v $m^3 \cdot s^{-1}$ je v dolním profilu stejná jako v profilu horním. V tomto případě by se směrem po toku snižoval jen relativní pokles $\Delta_r Q_{max}$, v závislosti na zvětšování N-letých průtoků.

Hydrogramy transformované vlivem protipovodňových opatření mají kulminační průtok nejen zmenšený, ale také časově posunutý, časová skladba hydrogramů ovlivněných průtoků je jiná než u hydrogramů neovlivněných. Uvedený nejjednodušší model tedy nemůže odpovídat skutečným poměrům.

Oprávněně lze očekávat a dosud získané výsledky také ukazují, že účinek protipovodňových opatření (pokud jde o pokles kulminačních průtoků) s narůstající plochou povodí klesá nejen v relativním měřítku, ale v průměru i v absolutní velikosti.



Obr. 1.6.1 Postup zpracování ovlivněných N-letých průtoků ve vodoměrných stanicích

Problematika stanovení proměny poklesu vlivem PPO při průchodu říční sítí je dosti složitá. U konkrétních povodní nezáleží jen na zřejmém vlivu umístění centra příčné srážky, ale také na vztahu mezi dobou trvání deště a dobou, za kterou se v posuzovaném profilu uplatní odtok z celého povodí. Míra proměny povodňového hydrogramu ovlivněného PPO při průchodu říčním úsekem s významným působením rozlivů je závislá na tom, zda vlivem PPO byly zmenšeny průtoky v celé oblasti vrcholu povodně. Rozliv do inundace pak již má v porovnání s neovlivněnou povodní menší účinek. Pokud je vlivem PPO vrcholová část

hydrogramu jen zeštíhlena, může být působení rozlivu do inundace účinné a způsobí znatelný pokles kulminačního průtoku, větší, než u neovlivněného hydrogramu.

Z hlediska praktických aplikací je třeba zvolit postup, který umožní interpolovat velikost poklesu ΔQ_{max} v profilech mezi počátkem a koncem posuzovaného úseku. Interpolace v závislosti jen na ploše povodí patrně není vhodná. Nezohlednila by, že specifický průtok obvykle směrem po toku klesá a vliv přítoku z mezipovodí se zeslabuje.

Pro interpolaci navrhuje použít jako řídicí proměnnou průměr maximálních kulminačních průtoků $Q_{max,prům}$ (tato veličina je standardně používána při odvozování N-letých průtoků), nebo přímo velikosti příslušných N-letých průtoků. Pro interpolaci běžně postačuje lineární funkce.

Složitější je řešení skladby poklesů PPO na soutoku hlavního toku a přítoku, které je třeba řešit, když v povodí hlavního toku a v povodí přítoku jsou uvažována PPO. Pokud nebyly profily nad soutokem a profil pod soutokem zahrnutý do modelového řešení, lze výpočet velikosti ΔQ_{max} pod soutokem založit na předpokladu, že skladba poklesů kulminačních průtoků je obdobná jako skladba neovlivněných kulminačních průtoků.

V soutokovém uzlu označíme N-leté průtoky a jejich poklesy indexy d pro profil pod soutokem, h pro profil nad soutokem a p pro závěrový profil přítoku.

Skladba N-letých průtoků je založena na použití koeficientů R_N . Vzhledem k tomu, že N-leté průtoky v profilech soutokového uzlu známe, lze je vypočítat z rovnice:

$$C_N = Q_{N,d} / (Q_{N,h} + Q_{N,p})$$

Poklesy $\Delta Q_{N,d}$ pod soutokem pak vypočteme ze vztahu:

$$\Delta Q_{N,d} = (\Delta Q_{N,h} + \Delta Q_{N,p}) C_N$$

a N-leté ovlivněné průtoky pod soutokem jsou:

$$Q_{N,d,ovl} = Q_{N,d} - \Delta Q_{N,d}$$

Hodnoty neovlivněných průtoků potřebné pro popsání výpočet jsou standardně obsaženy v katastru N-letých průtoků, který je odvozený z ročních kulminačních průtoků. V případě hodnocení sezónních povodní je třeba je nechat zpracovat v ČHMÚ.

Kromě vlivu protipovodňových opatření mohou být změny N-letých průtoků rovněž způsobeny změnami srážkových extrémů v důsledku případných změn klimatu. Tyto změny byly rámcově posouzeny (Hanel, M., Buishand, T. A. Multi-model analysis of RCM simulated 1-day to 30-day seasonal precipitation extremes in the Czech Republic. Journal of Hydrology, in press, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.02.007). Bylo zjištěno, že přestože srážkové extrémy dle dostupných scénářů klimatické změny pravděpodobně porostou, odhadovaný růst je do značné míry překryt nejistotou spojenou s těmito odhady.

1.6.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Kašpárek, L. Metody hodnocení účinků protipovodňových opatření na N-leté průtoky, VTEI v příloze Vodní hospodářství, 2009, roč. 51, č. 5, s. 22-25. ISSN 0322 - 8916.
- Kašpárek, L. a Hanel, M. Základní zásady metodiky pro stanovení N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními. VTEI, 2010, 52, mimořádné číslo II, s. 1-5. ISSN 0322 - 8916.

- Kašpárek, L. a Hanel, M. Metodika pro stanovení N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními. VTEI, 2011, 53, mimořádné číslo III, s. 6-11. ISSN 0322 - 8916.
- Certifikovaná metodika pro stanovení změny N-letých maximálních průtoků v říční síti následkem protipovodňových opatření. (Metodika byla předána MŽP pro certifikaci, dva oponentní posudky ji doporučují.)

1.7 MINIMÁLNÍ ZŮSTATKOVÉ PRŮTOKY

Doba řešení: 2010 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Pavel Balvín

Řešitelský tým: Ing. Petr Vyskoč, Mgr. Pavel Rosendorf, Ing. Arnošt Kult

1.7.1 Předmět řešení

V souvislosti s novelizací vodního zákona (konkrétně § 36) bylo rozhodnuto, že stanovení minimálních zůstatkových průtoků bude schváleno formou nařízení vlády ČR. Vzhledem k tomu, že problematika minimálních zůstatkových průtoků (MZP) je v gesci MŽP, bylo VÚV TGM, v.v.i. prostřednictvím tohoto výzkumného záměru pověřeno vypracováním nové metodiky zabývající se stanovením MZP. Až doposud byly stanovení minimálních zůstatkových průtoků řešeno na základě metodického pokynu ZP16/98 MŽP. Tento metodický pokyn stanovoval MZP na základě výpočetního algoritmu vycházejícího z neovlivněných hodnot m-denních průtoků Q330, Q355 a Q364. Výsledná hodnota MZP byla konstantní po celý rok a žádným způsobem nerespektovala sezónní variabilitu hydrologického režimu. Tento přístup je již považován za nevhodný, a to nejen z důvodu nových vědeckých metod používaných ke stanovení MZP v zemích EU, ale i vzhledem k charakteru klimatické změny v podmínkách ČR.

Nově navrhovaná metodika pro stanovení minimálních zůstatkových průtoků vychází, podobně jako původní metodický pokyn MŽP, především z hydrologických poměrů v dotčeném úseku toku. Základem pro odvození MZP se staly hodnoty m-denních průtoků stanovených pro referenční období 1981 – 2010. Cílem tohoto subprojektu je diferencovat stávající přístup jak v rámci časového hlediska, tak prostorově (regionálně). Do stávajícího konceptu je třeba zapracovat sezónnosti přirozených průtoků a rovněž navrhnout rozdílné přístupy pro charakteristické typy vodních toků.

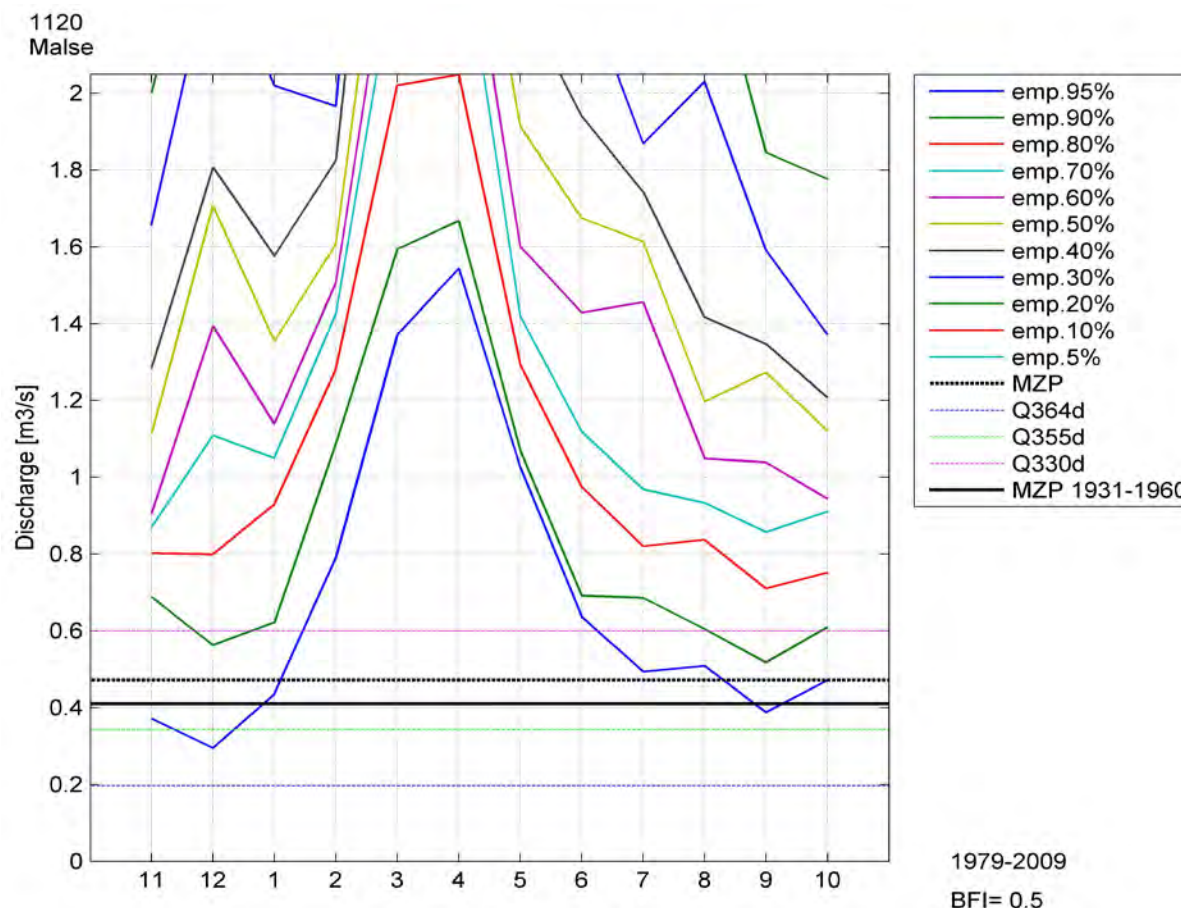
1.7.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

V počáteční fázi řešení projektu byla uvažována možnost využívat pro stanovení MZP hodnoty m-denních průtoků stanovených nikoliv z denních pozorování průtoků, ale z dat vyhlazených klouzavými průměry pro pět až deset dní. Tímto přístupem by bylo možné snížit vliv nejistoty stanovení m-denních průtoků, která je významná především pro velké hodnoty počtu dní překročení. Tento přístup byl uplatňován např. při řešení projektu Labe (Kulasová a kol., 1993), tématu se rovněž věnoval Kašpárek a kol. v roce 2001.

Z analýzy vyplývá, že denní data mohou být zatížena několika málo vychýlenými hodnotami, které mohou souviset např. s nepříznivým vlivem hospodaření v povodí a které mohou významně ovlivnit výsledné hodnoty m-denních charakteristik. Vzhledem k tomu, že hodnoty m-denních průtoků stanovených z průtoků vyhlazených pomocí klouzavých průměrů nejsou součástí rutinního zpracování pozorovaných průtoků v ČHMÚ, muselo být od zvoleného přístupu upuštěno. Pro snížení vlivu nejistoty spojené se stanovením charakteristik minimálních průtoků jsou pro metodiku aplikovány charakteristiky s menší hodnotou pravděpodobnosti překročení.

Podkladem, který je nezbytný pro představu o ročním chodu průtoků, jsou pravděpodobnostní pole měsíčních průtoků. Příklad pravděpodobnostního pole je uveden na obrázku 1.7.1, kde je pro porovnání rovněž vykreslena hodnota MZP stanovená podle Metodického pokynu MŽP (plná černá čára) a hodnota MZP stanovená z m-denních charakteristik pro období 1979 – 2009 (přerušovaná černá čára). Jednotlivé křivky znázorňují

velikost průměrného měsíčního průtoku s danou hodnotou empirické pravděpodobnosti překročení. Z grafu je patrné, že měsíční průtokové charakteristiky lze těžko se stávající hodnotou MZP porovnávat. Hodnota MZP vychází pod úroveň empirické hodnoty pravděpodobnosti překročení 95 %. Pro odvození metodiky byl především klíčový poměr mezi průtokem během jarních měsíců a během ostatních měsíců v roce, který je v metodice pro stanovení MZP zohledněn.



Obr. 1.7.1 Pravděpodobnostní pole měsíčních průtoků Malše ve stanici Kaplice pro data z období 1979 – 2009

Kromě časové variability průtoků během roku zohledňuje metodika prostorovou variabilitu hydrologických poměrů vodních toků a to v podobě regionalizace území ČR, nebo v podobě stanovení parametrů jednotlivých vymezených typů vodních toků nezávisle na poloze sledovaného úseku toku v rámci ČR. Jako základní parametr, který přispěl k rozlišení různých typů vodních toků, byl nejprve využit parametr Base Flow Index (BFI), který udává dlouhodobý poměr mezi podzemním odtokem a celkovým odtokem z povodí.

Počáteční analýza průtoků z 25 stanic s minimálním ovlivněním vedla k výběru sady hydrologických charakteristik, které byly následně stanoveny pro rozsáhlejší soubor přibližně 163 stanic. Tyto stanice se již vyznačují rozdílnou mírou ovlivnění a velikostí povodí. Po konzultaci s ČHMÚ byly vybrány následující hydrologické charakteristiky, které byly dále využity pro zpracování metodiky pro stanovení minimálních zůstatkových průtoků:

- časové období 1981 – 2010 – nové referenční období ČHMÚ,
- základní popisné statistiky součinitel variace C_v , součinitel asymetrie C_s , dlouhodobý průměrný průtok Q_a ,
- m-denní průtoky z denních dat,

- dlouhodobé průměrné měsíční průtoky (1981 – 2010) s pravděpodobnostmi překročení 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 95 %, 98 %,
- Cv a Cs pro jednotlivé měsíce (1981 – 2010),
- průměrné srážky na povodí.

Metodika bude pro stanovení MZP v konečném výsledku používána pracovníky vodoprávních úřadů a proto musí být v praxi snadno použitelná. Současná představa je taková, že jednotlivé charakteristické typy vodních toků (vodních útvarů) budou mít přiřazenu svoji hodnotu tzv. přirozeného průtoku, který bude vztažen k některé z hodnot m-denních průtoků. M-denní průtoky jsou data standardně poskytovaná ČHMÚ v libovolném profilu toku. Od této hodnoty budou následně odečteny nastavené procentuální odchylky a výsledkem je hodnota minimálního zůstatkového průtoku.

Metodika bude kromě oponentního řízení rovněž představena správcům povodí a připomínkována do konečné podoby.

1.7.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Balvín, P., Mrkvičková, M., Stanovení minimálních zůstatkových průtoků, Vodní Hospodářství - VTEI, 2011, roč. 53, č. 4/2011, s. 1—3. ISSN 0322-8916.
- Certifikovaná metodika pro stanovení minimálního zůstatkového průtoku. (Postoupena do schvalovacího procesu v listopadu 2011.)

1.8 STANOVENÍ VHODNÝCH INDIKÁTORŮ PRO IDENTIFIKACI VÝSKYTU, PŘEDPOVĚĎ A VYHODNOCENÍ INTENZITY OBDOBÍ SUCHA PRO PODMÍNKY ČESKÉ REPUBLIKY

Doba řešení: 2010 – 2011

Hlavní řešitel: Mgr. Pavel Tremel

Řešitelský tým: Ing. Renata Fridrichová, Ing. Stanislav Horáček, Ing. Magdalena Mrkvičková, Ing. Oldřich Novický, Ing. Ondřej Motl

1.8.1 Předmět řešení

Subprojekt s názvem Stanovení vhodných indikátorů pro identifikaci výskytu, předpověď a vyhodnocení intenzity období sucha pro podmínky České republiky byl začleněn do výzkumného záměru na jaře roku 2010 na základě požadavku Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ČR. Úkol navázal na výsledky řešených úkolů s názvy „Zajištění odborné spolupráce při řešení problematiky nedostatku vody a sucha jako jednoho z důsledků změny klimatu“ a „Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území ČR“. Všechny tři realizované úkoly měly vést ke zlepšení poznatků o suchu a vytvoření podkladů pro možnost plánování v období nedostatku vody a sucha. Zatímco projekt s názvem „Zajištění odborné spolupráce při řešení problematiky nedostatku vody a sucha jako jednoho z důsledků změny klimatu“ se této problematice věnoval z pohledu plánování a přípravy tvorby plánů, tak projekt „Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území ČR“ se zabýval problematikou hydrologického sucha. Okrajově užíval i indexy meteorologického sucha SPI a PDSI, a to zejména kvůli dalšímu užití pro modelování dopadu klimatických změn na možný výskyt sucha v budoucnu.

Subprojekt s názvem „Stanovení vhodných indikátorů pro identifikaci výskytu, předpověď a vyhodnocení intenzity období sucha pro podmínky České republiky“ se na rozdíl od předchozích projektů zaměřil na hledání vazeb mezi meteorologickým a hydrologickým suchem, jejich dlouhodobou variabilitu a na jejich příčiny. V rámci prací byly vybrány metody pro studium sucha v denních časových řadách a porovnány výsledky těchto metod. V roce 2011 na to navázala analýza výskytu sucha na souboru datových řad z 13 klimatologických a 7 vodoměrných stanic dlouhých až 135 let. Na tomto unikátním souboru dat byla zhodnocena období výskytu nejextrémnějších such historie. Navíc byla vytvořena ve skriptovacím jazyce R aplikace, pomocí níž je možno zhodnotit výskyt a intenzitu sucha na běžných i online datech během několika sekund.

Vzhledem ke značnému rozsahu řešené problematiky došlo v roce 2011 k přesunu části řešení problematiky do zcela nového úkolu s názvem „Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR“ (projekt VG20102014038). Ten řeší problematiku indikátorů sucha z hlediska jejich dalšího možného využití pro stanovení stupňů ohrožení suchem a návaznost na vytvoření metodiky pro krizové plánování v období nedostatku vody. Oba projekty (tento subprojekt VZ MZP0002071101 a projekt VG20102014038) bylo nutno vymezit tak, aby se získané poznatky z obou projektů doplňovaly, avšak nepřekrývaly. Proto se tento projekt výzkumného záměru v roce 2011 zaměřil detailněji na analýzu unikátních historických řad.

Vzhledem k ukončení úkolu s názvem „Zajištění odborné spolupráce při řešení problematiky nedostatku vody a sucha jako jednoho z důsledků změny klimatu“ v roce 2010 (úkol byl řešen od roku 2008) a potřeby Odboru ochrany vod MŽP dále tuto problematiku řešit byla

přičleněna v roce 2011 k tomuto úkolu ještě problematika výzkumu a plánování v oblasti nedostatku vody a sucha na území Evropské unie.

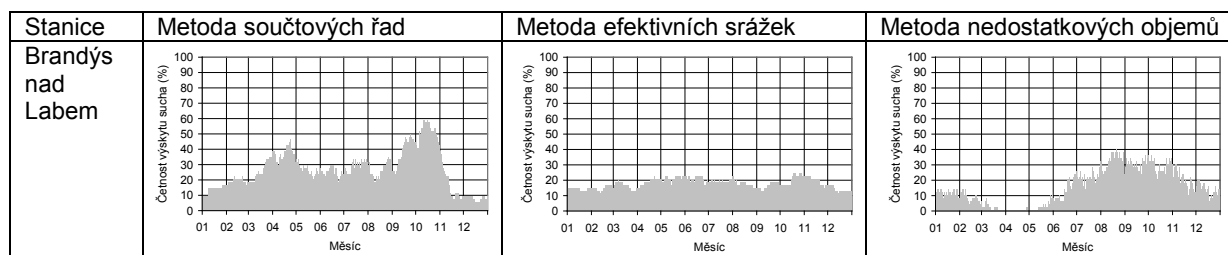
1.8.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Nejprve byla provedena rešerše literatury zabývající se výzkumem meteorologického sucha v denním časovém kroku.

Na základě poznatků získaných při zpracovávání literární rešerše a dlouhodobých zkušeností hlavního řešitele projektu byly zvoleny metody pro analýzu sucha a bylo vybráno pilotní území, na němž proběhl výzkum.

Vstupními daty byly řady denních průtoků z 6 vodoměrných stanic (Brandýs nad Labem, Bechyně, Sázava u Žďáru nad Sázavou, Brno, Olomouc a Opava) a řady průměrných denních teplot vzduchu a denních úhrnů srážek z klimatologických stanic, jež byly situovány nedaleko závěrového bodu povodí tak, aby byly získané poznatky reprezentativní. Dalším požadavkem na zpracovávaná data byla jejich stejná délka. Bylo zvoleno období let 1956 - 2009 (u řady průtoků z Brandýsa nad Labem byla analyzována datová řada pouze do konce roku 2006, neboť v tomto roce byla ukončena měření). Proběhlo ověření homogenity získaných dat.

K analýze meteorologického sucha byly vybrány metoda součtových řad a metoda efektivních srážek a k analýze hydrologického sucha metoda nedostatkových objemů. Nejprve byl porovnáván průměrný roční chod sucha během roku (obr. 1.8.1). Ukázalo se, že u metody součtových řad je největší četnost suchých dnů od druhé poloviny měsíce září do konce října, kdy se vyskytlo meteorologické sucho přibližně ve 40 – 50 % všech dnů.



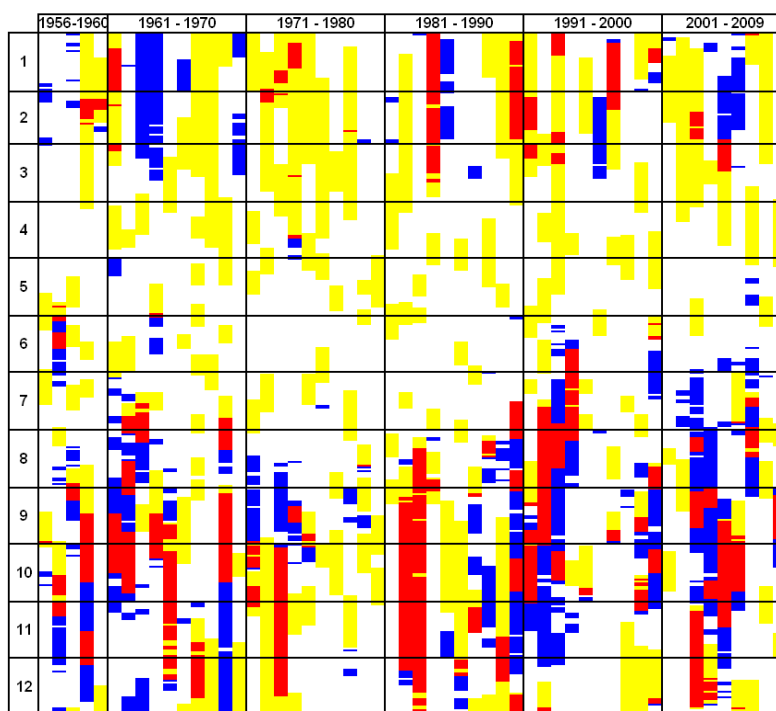
Obr. 1.8.1 Průměrný roční chod sucha podle jednotlivých metod

Dalším častým obdobím výskytu meteorologického sucha je druhá polovina měsíce dubna. Naopak nejnižší počet suchých dnů indikuje metoda součtových řad v zimě a v období Medarda v měsíci červnu. Trochu specifická je meteorologická stanice v Opavě, kde je i v zimě relativně velký počet dnů se suchem (např. 15. ledna bylo mezi lety 1956 – 2009 52 % dnů se suchem). Obdobnou abnormalitu lze pozorovat i na hydrologickém suchu analyzovaném pomocí metody nedostatkových objemů, jenž indikuje zhruba dvojnásobnou četnost hydrologického sucha než u ostatních vodoměrných stanic s obdobnou velikostí průtoku.

Dále byly vyhodnocovány výsledky metody efektivních srážek. Roční odchylky této metody od ročního průměru se příliš nemění. V letní polovině roku je zaznamenán maximálně o 10 % vyšší počet dnů se suchem, než je průměr za celý rok. Proč je u četnosti počtu dnů se suchem analyzovaného pomocí metody efektivních srážek takto malá variabilita hodnot? Je to kvůli konstrukci výsledného indexu sucha, který se porovnává vůči tzv. indexu MEP (Mean Effective Precipitation). Metoda efektivních srážek se proto hodí dobře k analýze suchosti období oproti typickému průběhu v průměrném roce (např. zda je podzim sušší než obvykle), avšak k hodnocení sucha během delšího období nikoliv.

Hydrologické sucho hodnocené pomocí metody nedostatkových objemů má stejně jako metoda součtových řad průměrné maximum výskytu na podzim, avšak o pár týdnů dříve, největší četnost výskytu připadá na měsíc srpen nebo na září. Nejméně časté je sucho naopak na konci zimy a na jaře, v měsících březnu až květnu, kdy jsou průtoky nadlepšovány táním sněhu a pomocí zásob podzemních vod.

Dále byl sledován časový překryv jednotlivých metod v rámci jednotlivých dnů (obr. 1.8.2). U metody součtových řad a nedostatkových objemů byla dobrá shoda u významných such v podzimních měsících, hydrologická sucha byla opožděna za meteorologickými do týdne, naopak na jaře se výsledky obou metod neshodovaly vůbec, což je dáno tím, že se na jaře hydrologické sucho většinou nevyskytuje. Výsledky metody efektivních srážek s ostatními metodami se neshodovaly, což je dáno již z konstrukce této metody.

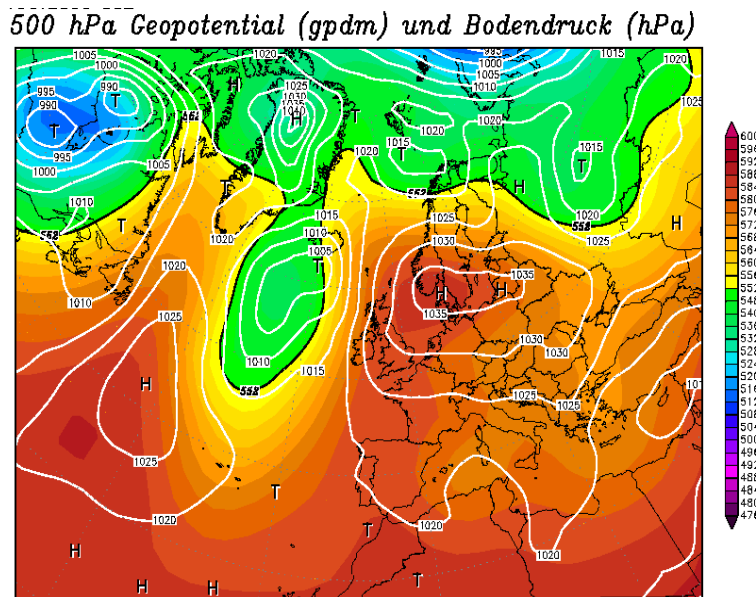


Obr. 1.8.2 Výskyt sucha analyzovaný pomocí metody součtových řad a metody nedostatkových objemů v Opavě v období let 1956 – 2009 (žlutě – meteorologické sucho analyzované metodou součtových řad, modře – hydrologické sucho analyzované metodou nedostatkových objemů, červeně – meteorologické i hydrologické sucho)

Bylo provedeno i statistické zhodnocení výskytu sucha během jednotlivých roků a pětiletí období let 1956 – 2009 z pohledu jednotlivých metod. Zde jsou rozdíly mezi jednotlivými metodami a stanicemi podstatně variabilnější a není je možno vzhledem k rozsahu této výzkumné zprávy příliš generalizovat. Podrobnější popis je uveden v článku s názvem Nejvýznamnější období sucha v letech 1956 – 2009.

Dále proběhl výzkum závislosti mezi synoptickými příčinami a výskytem sucha. K tomu byl využit jednak kalendář výskytu jednotlivých typů synoptických situací (výsledná verze kalendáře je sestavována na základě konzultací meteorologů ČHMÚ a SHMÚ a lze ji nalézt na adrese <http://old.chmi.cz/meteo/om/mk/syntypiz/kalendar.html>) a jednak konkrétní synoptické mapy (obr. 1.8.3), které byly staženy z webových stránek <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>. Při hodnocení závislostí jednotlivých metod byly brány v potaz výhody a nevýhody jednotlivých metod. U hydrologického sucha se místo velikostí nedostatkových objemů pracovalo s odchylkou velikosti průtoku od průměru.

Díky tomu se mohla u každého dne porovnávat velikost odchylky průtoku od průměru a typ synoptické situace. Potvrdila se očekávaná velmi těsná závislost mezi velikostí odchylky průtoků od průměrného průtoku a jednotlivými typy synoptických situací, přičemž tato shoda byla podstatně významnější než např. shoda mezi výsledky metody součtových řad a nedostatkových objemů.



Obr. 1.8.3 Ukázka mapy přízemního tlakového pole a mapy tlakového pole ve výšce 500 hPa, která byla použita ke zjišťování vztahů mezi výskytem sucha a jednotlivými typy synoptických situací. Na obrázku je zachycena severovýchodní anticyklonální situace (NEa) z 14. 10. 2006 (zdroj obrázku: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>)

Poznatky z prvního roku řešení úkolu byly shrnuty do článku s názvem Nejvýznamnější období sucha v letech 1956 – 2009, který vyšel ve 2. mimořádném čísle recenzovaného časopisu VTEI (příloha časopisu Vodní hospodářství). Výsledky byly prezentovány i v rámci Hydrologických dnů 2010 v Hradci Králové, na nichž byla přednesena odborná přednáška. Příspěvek zároveň vyšel ve sborníku konference.

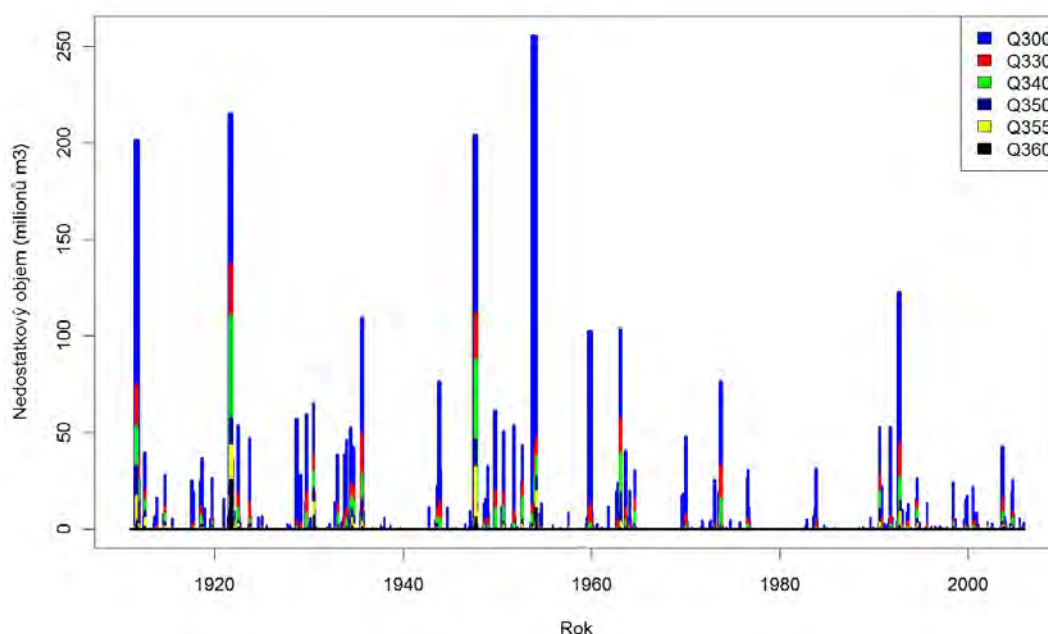
Práce ve druhém roce řešení navázaly na výzkum z předchozího roku. Pro další výzkum byly užity metoda součtových řad a metoda nedostatkových objemů. Metoda efektivních srážek pro své vlastnosti již užívána nebyla.

V první fázi proběhlo ve skriptovacím jazyce R podstatné vylepšení skriptu pro výpočet meteorologického sucha pomocí metody součtových řad a dále byl naprogramován skript (opět v jazyce R.) pro výpočet hydrologického sucha pomocí metody nedostatkových objemů. Zároveň přestal být užíván program EXDEV, který byl používán pro výpočet hydrologického sucha v prvním roce řešení. (Program EXDEV měl problém s načítáním vstupních souborů, neumožňoval jednoduché srovnání výsledků – bylo nutno používat externích softwarových nástrojů, např. tabulkový procesor Excel, apod.).

Byly proto vytvořeny nové skripty s cílem poskytnout uživateli rychle a přehledně základní informace o obdobích sucha ze zadaného vstupního souboru dat. Jedná se vlastně o robustní aplikaci pro možnost analýzy a kvantifikace sucha. Na vstupních datech z celého světa a pro různé prahové hodnoty a více časových období lze hodnotit období výskytu a variabilitu sucha. Výstupem jsou textové a obrázkové soubory, které hodnotí výskyt období sucha v časových řadách podle mnoha kritérií (velikost sucha, délka sucha, množství spadlých srážek apod.). Ukázka obrázkových výstupů je zobrazena na obr. 1.8.4 a 1.8.5).

Možnost volby a porovnání prahových hodnot je podstatná zejména u výpočtu nedostatkových objemů, kde pro různé velikosti Q-denních průtoků jsou různé velké nedostatkové objemy a pořadí podle velikostí a trvání období nedostatkových objemů bývá odlišné. Navíc pro každou časovou periodu jsou prahové hodnoty nedostatkových objemů rovněž odlišné.

Zajímavá možnost je i grafického srovnání velikosti jednotlivých nedostatkových objemů pro různé limitní průtoky (obr. 1.8.4). Dosavadní užívané nástroje tato srovnání neumožňovala. Ta umožňovala výpočet vždy pouze pro data z 1 stanice a za 1 časový okamžik a většinou i třídění vypočtených dat muselo probíhat v externím programu (např. MS Excel). Kromě možnosti užití dat na standardně dostupných offline datech (běžná dostupná data, o která se žádá - např. ČHMÚ) je možno tyto skripty užívat online (tj. na základě volně dostupných dat z internetu). Je možno ihned vyhodnotit, zda dané sucho je či nikoliv a podle zvolených mezních hodnot i o jak velké sucho se jedná.



Obr. 1.8.4 Velikost nedostatkových objemů v Brandýse nad Labem v období let 1911 – 2006 (barevně zobrazeny velikosti nedostatkových objemů pro různé hranice limitních průtoků)

Do výpočtu meteorologického sucha počítaného pomocí metody součtových řad byla zakomponována i námi vytvořená nová klasifikace intenzity sucha podle velikosti indexu suchosti S do 5 kategorií (tab. 1.8.1, obr. 1.8.5).

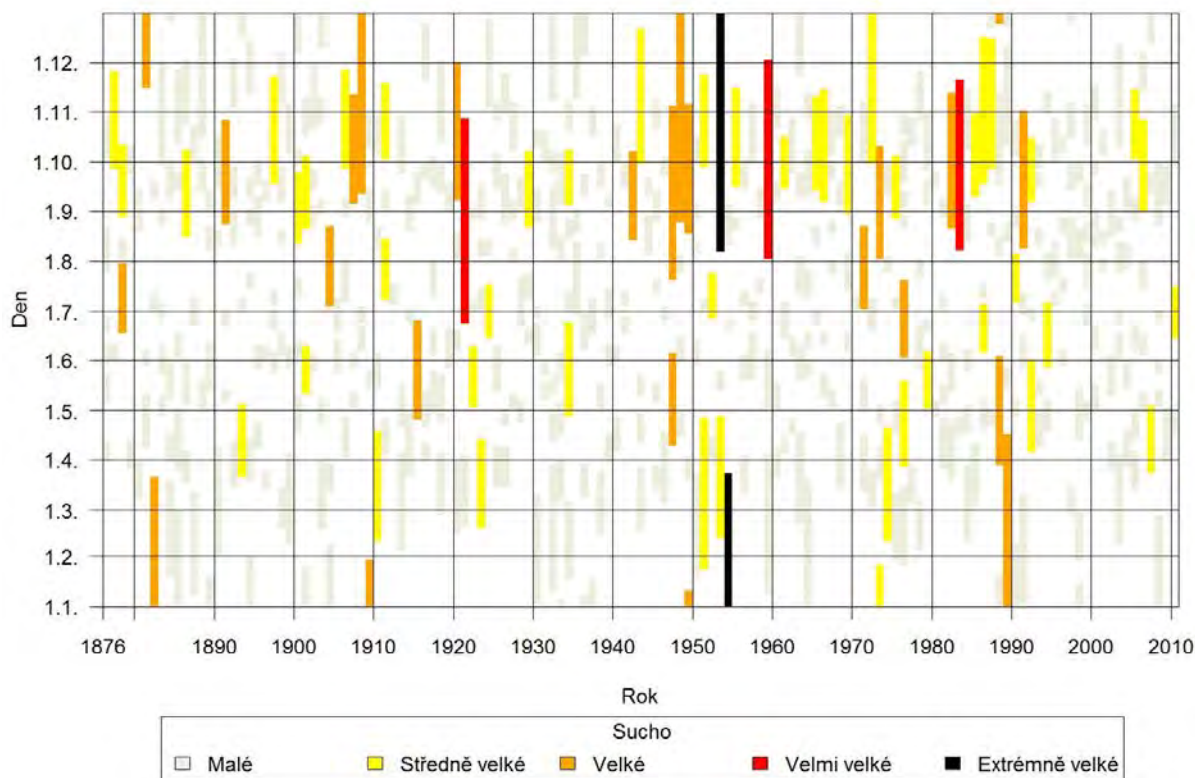
Tab. 1.8.1 Kategorie sucha podle velikosti indexu suchosti S

Velikost indexu suchosti S	Kategorie sucha
1 - 10,00	Malé sucho
10,01 - 20,00	Středně velké sucho
20,01 - 50,00	Velké sucho
50,01 - 100,00	Velmi velké sucho
nad 100	Extrémně velké sucho

Výsledky byly prezentovány spoluřešitelem Jiřím Kadlecem z Idaho State University na konferenci s názvem Hydrologická data a informační systémy, kterou pořádalo Konsorcium univerzit pro rozvoj hydrologických věd v americkém Loganu. Posterové vystoupení (zvoleno pro možnost srozumitelnějšího představení problematiky) vzbudilo mimořádný úspěch. Účastníci se zajímali zejména o princip postupu výpočtu sucha pomocí metody součtových řad, neboť aplikace této metody pro výzkum sucha nebyla prozatím mezinárodně publikována, přestože se jedná o ideální metodu k výzkumu sucha. Značnou pozornost sklidilo i předvedení názorného postupu, jakým způsobem je možno zhodnotit výskyt sucha pomocí námi napsaných skriptů a prostředí HydroDesktop (sloužící jako nástroj pro přístup k online datům).

Hlavní část výzkumu byla věnována problematice výskytu meteorologického a hydrologického sucha během uplynulých 135 let a vymezení a charakteristice největších historických such. Výzkum probíhal na denních datech z 13 klimatologických a 7 vodoměrných stanic na území České republiky v období od konce 19. století do konce roku 2009, resp. 2010.

Největší meteorologická a hydrologická sucha (obr. 1.8.5) byla v letech 1953, 1959, 1947, 1921, 1983 a v roce 1904. U hydrologických such byla významná ještě sucha v letech 1911, 1992 a 2003. Sucha v ostatních letech již měla podstatně menší intenzitu. Velikost hydrologických such je od 2. poloviny 50. let pozitivně ovlivněna nalepšováním průtoků. Z tohoto důvodu je velikost nedostatkových objemů po roce 1955 podstatně menší než by odpovídalo realitě v případě neovlivněných průtoků.



Obr. 1.8.5 Meteorologická sucha na klimatologické stanici Čáslav v období let 1876 – 2010 (číselné vymezení jednotlivých kategorií sucha je uvedeno v tabulce 1.8.1)

V rámci proběhlého výzkumu byla poté nejextrémnější sucha podrobně charakterizována a porovnána. Jakým způsobem, bude ukázáno na příkladu největšího sucha z roku 1953. (Podrobné charakteristiky největších nejextrémnějších such jsou publikovány v článku s názvem Největší sucha na území České republiky v období let 1875 – 2010.).

Meteorologické sucho trvalo na většině území od 7. srpna 1953 do 23. března 1954, celkem 229 dnů. Index suchosti na všech stanicích s kvalitními daty byl větší než 50. Takto velké shody v časovém vymezení období výskytu sucha na celém území ČR a v extrémnosti indexu suchosti S již u jiných případů nebylo dosaženo. V období sucha spadlo přibližně 30 až 50 % srážek dlouhodobého srážkového normálu. Většina srážkových úhrnů spadla při přechodu front. Nejvýraznější fronty přecházely 21. srpna, 20. září (v Brně spadlo dokonce 41,8 mm srážek) a 30. října. Nejméně srážek spadlo v období mezi 7. a 16. srpnem, 22. srpnem až 9. zářím, 25. zářím až 3. říjnem na východě republiky a mezi 9. říjnem a 29. říjnem. Další delší období beze srážek (měsíce listopad až březen) nejsou z hlediska velikosti výparu už příliš podstatná. Hydrologické sucho začalo na většině profilů kolem 15. srpna a bylo ukončeno v 1. polovině března roku 1954 táním sněhu. Na většině profilů tak trvalo přes 190 dnů, což je ve srovnání s ostatními suchy mimořádně dlouhá doba. Výjimečnost tohoto sucha je i v plynulém přechodu sucha z letního období do zimního. Na většině profilů chybělo do naplnění limitního průtoku Q_{330} přes 30 % vody. V absolutním vyjádření nejvíce vody chybělo v Děčíně, téměř 585 mil. m³ vody.

Zajímalo nás i srovnání se suchy po roce 1990 (která si většina z nás ještě v pomatuje). Ukázalo se, že největší historická sucha, která se vyskytla na území České republiky, byla podstatně horší než např. poslední velké sucho v roce 2003.

Další část výzkumu se zabývala vhodností užití indexů SPI, SRI a WEI+ indexu pro výpočet meteorologického a hydrologického sucha na území Evropské unie. Index SPI byl testován v povodí Moravy po vodoměrnou stanici ve Strážnici. Jako vstupní data byly využity měsíční sumy srážkových úhrnů interpolované do výpočetní sítě s rozlišením 25 x 25 km z období let 1961 - 2007 (vytvořeno v rámci řešení úkolu s názvem Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření). Pro výpočet indexu SRI byly použity hodnoty průtoků v měsíčním časovém kroku za období 1971 – 2002 ve stanici Strážnice a za období 1979 – 2009 ve stanici Lanžhot. Pro testování indikátoru WEI+ byla použita data z hydrologické a vodohospodářské bilance v měsíčním časovém kroku v období 2005 – 2009 pro bilanční profil Strážnice. U hodnot indexu SPI12 (12měsíční klouzavý průměr SPI) byla potvrzena přibližně 10letá perioda výskytu sucha, největší sucho bylo indikováno v letech 1973 a 1974, 1984, 1993 a 2003 (obr. 1.8.5). Obdobný průběh má i index hydrologického sucha SRI. Podrobnější výsledky jsou popsány v článku s názvem Testování indikátorů sucha a nedostatku vody navrhovaných Evropskou komisí na pilotním povodí ČR.



Obr. 1.8.5 Průběh hodnot indikátoru SPI12 (12 měsíční klouzavý průměr SPI) v období let 1961 až 2007 pro srážky interpolované na povodí Moravy

Na základě výsledků testování vhodností užití indexů SPI (Standardized Precipitation Index), SRI (Standardized runoff index) a WEI+ (Water Exploitation Index) indexu pro podmínky České republiky bylo doporučeno expertní skupině Water Scarcity and Drought při Společné

implementační strategii Rámcové směrnice pro vodní politiku zvážit vhodnost použití indikátorů SPI s větší délkou kumulace srážek než jeden měsíc jako indikátoru meteorologického sucha. Dále bylo doporučeno zvážit výběr metody plošné interpolace výsledků do map, neboť navrhovaná metoda IDW nepřináší realistické výsledky. V případě indikátoru hydrologického sucha bylo doporučeno doplnit indikátor SRI 1 (SRI index počítaný z měsíčních dat) jeho kumulativní verzí, která umožňuje porovnávat suchá období, neboť ve své hodnotě zahrnuje vliv délky trvání sucha. V případě indikátoru WEI+ bylo pracovní skupině doporučeno doplnit stávající definici indikátoru o člen popisující zásoby vody v povodí, aby bylo možné snížit časový krok indikátoru z jednoho roku na jeden měsíc. Druhou možností je stanovovat množství obnovitelných vodních zdrojů z hodnoty odovlivněného odtoku z povodí a nikoliv z rozdílu srážek a aktuálního výparu. Tato metoda by však vedla k velmi vysokým hodnotám WEI+ v oblastech s občasnými toky.

Probíhala rovněž poradenská činnost pro Odbor ochrany vod MŽP ČR. V rámci této činnosti byl sledován aktuální vývoj v rámci EU v oblasti problematiky nedostatku vody a sucha. Zástupce VÚV TGM, v.v.i se zúčastnil jednání pracovních skupin CIS Expert Group on Climate Change and Water a Water Scarcity and Drought (konaných ve dnech 30.3. – 1.4., 20.6.– 21.6. a 13.10. – 14.10.2011), včetně přípravy podkladů. V rámci posledních dvou jednání expertní skupiny Water and Climate Change byly připravovány workshopy zaměřené na dopady klimatické změny na jednotlivé sektory národního hospodářství. První workshop se konal v září a věnoval se dopadům klimatické změny na zemědělství. Expertní skupina Water scarcity and Drought se soustředí na vyhodnocování výsledků testování vybraných indikátorů sucha a nedostatku vody, které by měly být využitelné na celoevropské úrovni. K jednotlivým indikátorům sucha jsou vypracovány listy popisující metodiku jejich výpočtu. Na základě výsledků testování těchto indikátorů jsou pak tyto listy upravovány, včetně doplnění hodnocení vhodnosti jejich užití.

Dne 22. 2. 2011 byl ve spolupráci s odborem ochrany vod MŽP uspořádán seminář s názvem Výstupy výzkumných projektů zaměřených na problematiku klimatické změny a jejího vlivu na vodní hospodářství. Seminář byl zaměřen na prezentaci poznatků získaných během řešení projektů VÚV TGM, v.v.i. zaměřených na dopady klimatické změny na vodní režim a zvládání období s nedostatkem vody a sucha. Ze semináře byl ve spolupráci s odborem ochrany vod připraven sborník anotací přednášek.

Ve spolupráci s odborem ochrany vod MŽP byl dne 25.5.2011 připraven pro doprovodný program veletrhu WatEnvi blok přednášek s názvem Sucho a ochrana vodních zdrojů. Prezentace, které zazněly, jsou uveřejněny na portále www.povis.cz.

Vzhledem k důležitosti řešeného tématu a zájmu odborné veřejnosti se uvažuje o publikování výsledků provedeného výzkumu v zahraničním impaktovaném časopise.

1.8.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Tremml, P. Nejvýznamnější období sucha v letech 1956–2009 na území České republiky. VTEI - Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2010, roč. 52, mimořádné číslo č.2 / 2010, s. 13 - 16. ISSN 0322 – 8916. Článek v recenzovaném časopise popisuje hlavní rozdíly mezi metodou součtových řad, efektivních srážek a nedostatkových objemů.
- Tremml, P. Největší sucha na území České republiky v období let 1875 – 2010, Meteorologické zprávy, 2011, roč. 64, č. 6. ISSN 0026-1173.
- Mrkvičková, M., Vlnas, V., Beran, A. Testování indikátorů sucha a nedostatku vody navrhovaných Evropskou komisí na pilotním povodí ČR. VTEI - Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2011, roč. 53, mimořádné číslo č.3 / 2011, ISSN 0322 – 8916.

2. ODDÍL B – SPOLEČENSTVA A ORGANISMY

2.1 VÝZKUM VLIVU VARIABILITY HYDROLOGICKÝCH A CHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA DYNAMIKU SPOLEČENSTVA FYTOPLANKTONU V TEKOUČÍCH VODÁCH

Doba řešení: 2005 – 2010

Hlavní řešitel: RNDr. Blanka Desortová, CSc.

Řešitelský tým: Mgr. Dagmar Jahodová, Mgr. Tomáš Luraz

2.1.1 Předmět řešení

Řešení tématu bylo zaměřeno na identifikaci vlivu klimatických, hydrologických a fyzikálně-chemických parametrů na změny společenstev fytoplanktonu tekoucích vod včetně analýz dílčích vazeb mezi biotickými a abiotickými faktory.

Studium závislosti mezi charakteristikami fytoplanktonu a hydrologickými a fyzikálně-chemickými podmínkami bylo zaměřeno na:

- změny biomasy fytoplanktonu ve vztahu k dynamice průtoků,
- trend změn obsahu živin a možné důsledky pro rozvoj biomasy fytoplanktonu,
- dynamiku fytoplanktonu ve vybraných tocích a příčiny případných změn druhové struktury.

Společenstvo fytoplanktonu je co do velikosti biomasy významnou součástí biocenóz povrchových vod ČR, včetně tekoucích. Vysoká biomasa fytoplanktonu je projevem zatížení vodních biotopů živinami, které je v našich povrchových vodách poměrně rozsáhlé. Přítomnost vysoké biomasy fytoplanktonu významně modifikuje chemické složení partikulovaných látek v tekoucích vodách, má vliv na diurnální změny obsahu kyslíku ve vodě a přispívá k zatížení toků organickými látkami, které jsou výsledkem primární produkce fytoplanktonu. V neposlední řadě nadměrná biomasa fytoplanktonu ovlivňuje fyzikální charakteristiky vody (zvýšení zákalu, snížení průhlednosti).

Výskyt fytoplanktonu v tekoucích vodách se vyznačuje značnou variabilitou hodnot biomasy jak v průběhu vegetační sezóny (březen – říjen), tak mezi jednotlivými roky. Obecně je tato variabilita spojována buď se změnami koncentrace živin, nebo s velikostí a kolísáním průtoků. Znalost příčin a zákonitostí této variability je předpokladem pro využití dat o fytoplanktonu pro různé typy hodnocení stavu vodního prostředí, kvality vody a jejího možného využití a pro hodnocení dopadu předpokládané změny klimatické situace na úroveň biomasy fytoplanktonu v tocích.

Řešení tématu bylo rozděleno do tří dílčích částí:

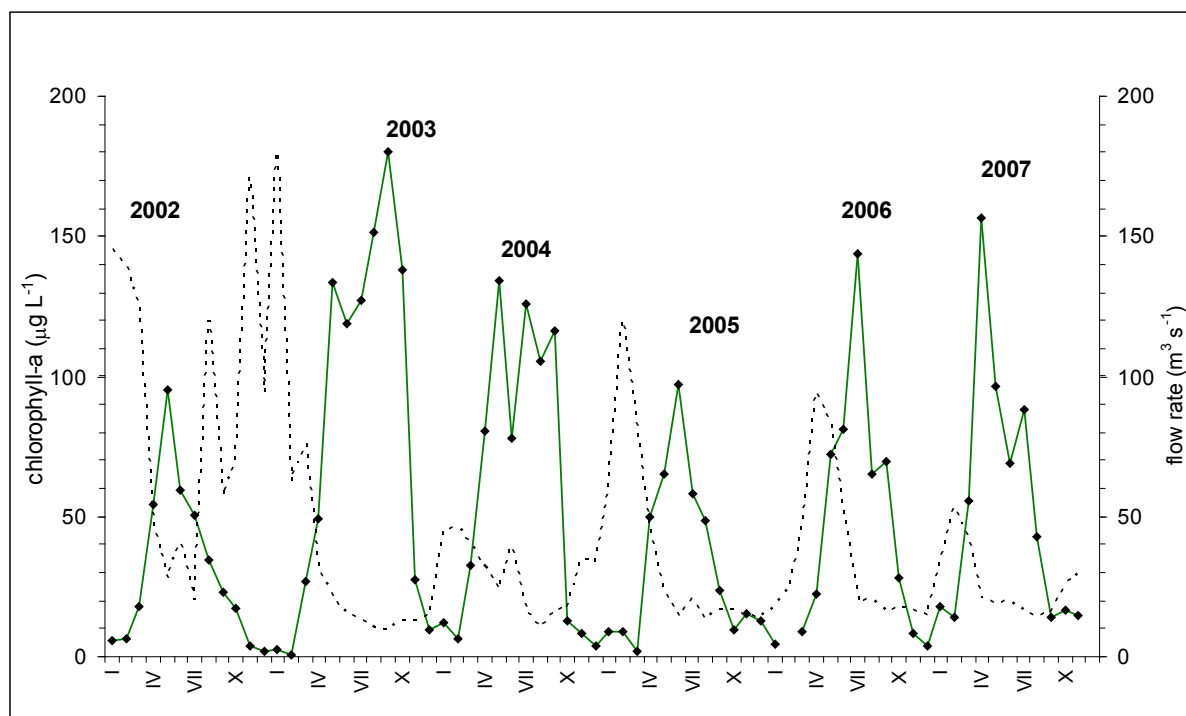
- Dynamika fytoplanktonu tekoucích vod ve vztahu k variabilitě podmínek prostředí.
- Vliv hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu v nížinném toku řeky Odry.
- Vliv hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu v řece Jihlavě.

Řešení dílčí části zaměřené na fytoplankton řeky Jihlavy se uskutečnilo jen v roce 2005 a bylo ukončeno odchodem řešitelky této části řešení z VÚV TGM, v.v.i.

2.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

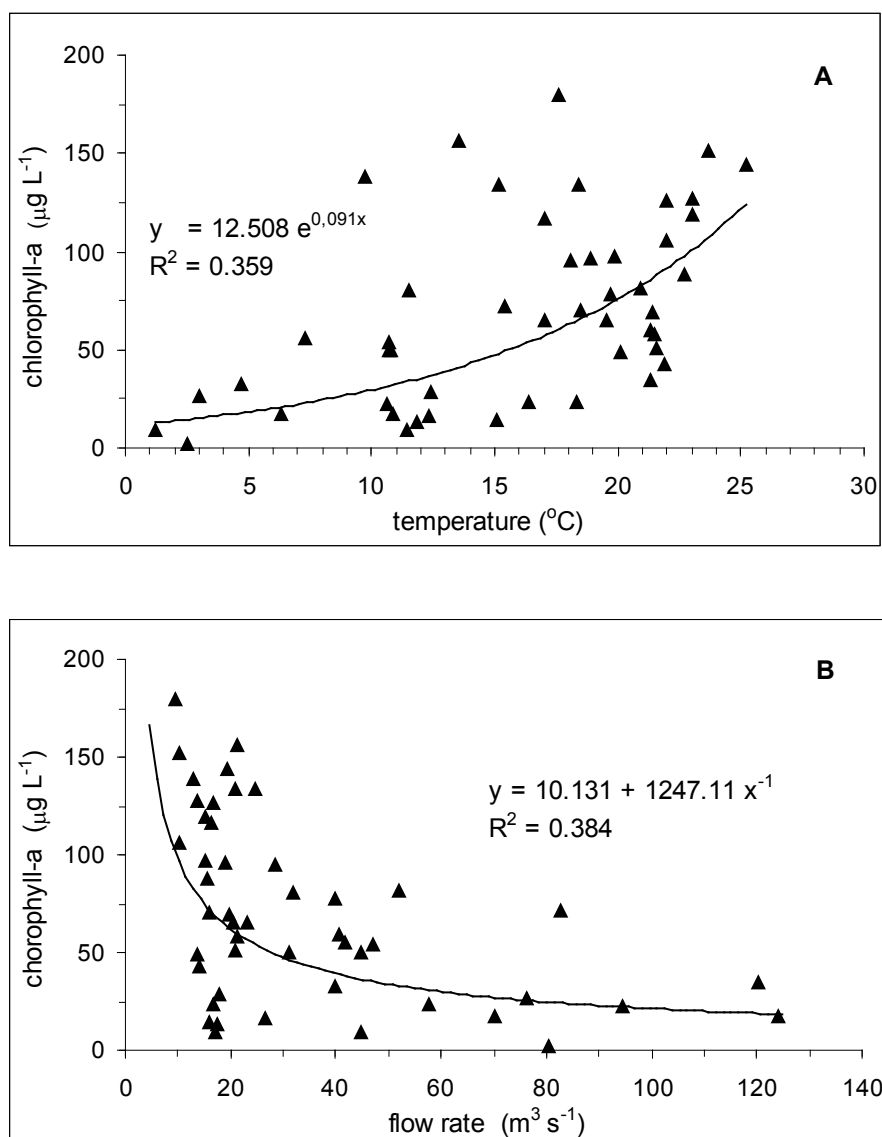
Na základě pilotního sledování, které proběhlo v prvním roce řešení, byl proveden výběr toků a odběrových profilů pro sledování vlivu hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu. Výběr byl zaměřen na toky, jejichž charakter umožňuje výskyt a rozvoj fytoplanktonu a byl podřízen dostupnosti lokalit tak, aby bylo možné zajistit větší četnost odběrů. Ke sledování byly vybrány profily Berounka-Radotín, Vltava-Zelčín a meandrující úsek toku Odry (mezi Polankou a pravostranným přítokem Lubina). Kromě vlastních dat pořízených v rámci řešení byly pro hodnocení využity také výsledky z projektů řešených dříve ve VÚV TGM, v.v.i. Tím byly získány dlouhodobější časové řady výsledků, jejichž vyhodnocení přineslo poznatky o faktorech, které v našich podmínkách ovlivňují stav fytoplanktonu v ekosystému toku. Doprovodná data – aktuální průtokové poměry a informace o klimatické situaci – byla získána z databází ČHMÚ, případně od podniku Povodí Odry s.p.

Byla zpracována a vyhodnocena datová sada výsledků z podrobného sledování změn fytoplanktonu v závěrovém úseku toku Berounky za období 2002-2007. Výsledky získané s vysokou četností odběrů (63 – 172 za rok), byly analyzovány ve vztahu ke změnám hydrologických a meteorologických charakteristik a úrovni živin a využity k odhadu možné změny struktury a biomasy fytoplanktonu za predikované klimatické změny pro území ČR. Statistická analýza výsledků prokázala významný vztah mezi biomasou fytoplanktonu a jejím vývojem a variabilitou průtoků a nepotvrdila přímý vztah ke koncentraci živin. Na obrázku 2.1.1 jsou dokumentovány změny biomasy fytoplanktonu, vyjádřené koncentrací chlorofylu-a, a hodnot průtoků za sledované období 2002 – 2007.



Obr. 2.1.1 Změny koncentrace chlorofylu-a (zelená čára) a průtoků v profilu Berounka-Radotín v letech 2002 – 2007

Na základě průměrných měsíčních hodnot za období 2002 – 2007 byl zjištěn pozitivní vztah koncentrace chlorofylu-a k teplotě vody a negativní vztah k hodnotám průtoků (viz obr. 2.1.2 A, B). V obou případech byl vztah statisticky signifikantní.

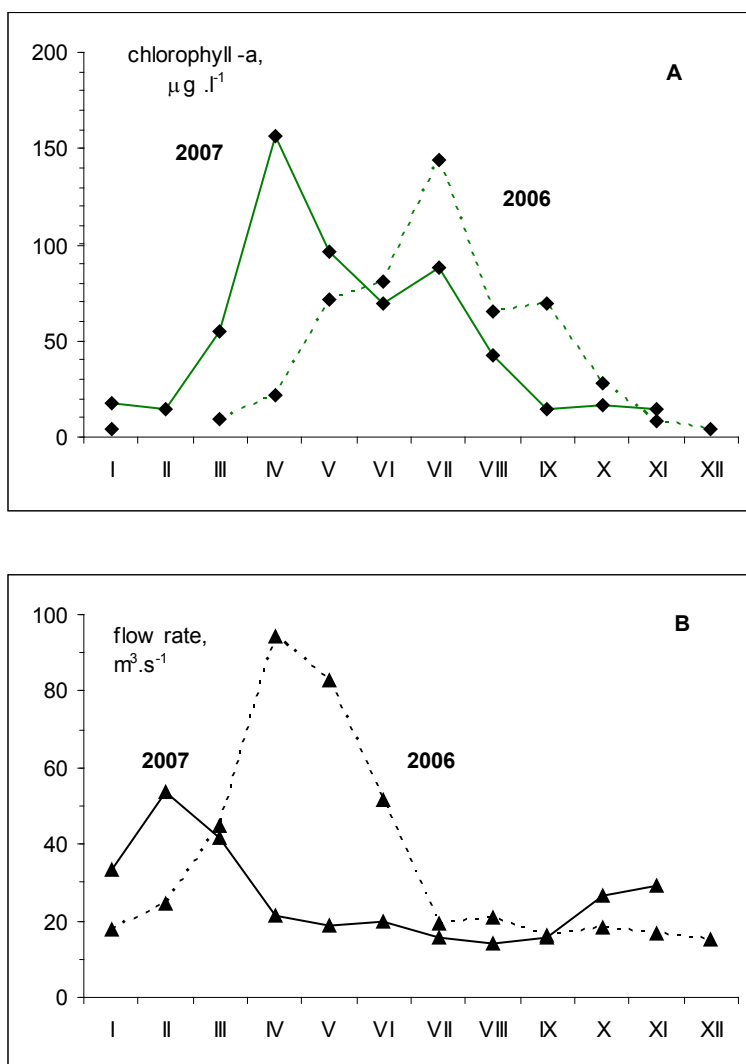


Obr. 2.1.2 Vztah koncentrace chlorofylu-a k teplotě vody (A) a hodnotám průtoku (B).

Sezónní změny koncentrace chlorofylu-a v toku jsou ovlivněny jak velikostí, tak rozdílným chodem průtoků. Dokladem je vývoj biomasy fytoplanktonu v profilu Radotín v roce 2006 a 2007. Atypický vývoj klimatické situace v zimě a na jaře roku 2007 (nadprůměrné teploty vzduchu, deficit srážek, nízké průtoky v únoru až březnu) vedly k nadměrnému rozvoji biomasy fytoplanktonu již v dubnu, kdy hodnota chlorofylu-a přesáhla 200 µg.l⁻¹ (obr. 2.1.3 A). Současně došlo ke změně druhové skladby fytoplanktonu, ve kterém převažovali zástupci zelených řas, tj. obvyklé společenstvo fytoplanktonu letního období. V roce 2006 (na rozdíl od roku 2007) vysoká zásoba sněhu a velké množství srážek vyústilo v epizodu vysokých hodnot průtoků v toku Berounky v období duben – květen (obr. 2.1.3. B). V důsledku toho se obvyklé jarní maximum biomasy fytoplanktonu posunulo až do letního období (červenec/srpen).

Z uvedených poznatků bylo možné odvodit, jak by se změnil charakter sezónního vývoje fytoplanktonu v toku Berounky v důsledku předpokládané klimatické změny. Scénáře klimatické změny předpokládají zvýšení průměrné roční teploty, možné snížení úhrnu srážek a změnu jejich ročního chodu včetně ovlivnění průtoků a množství vody v tocích. Výstupy

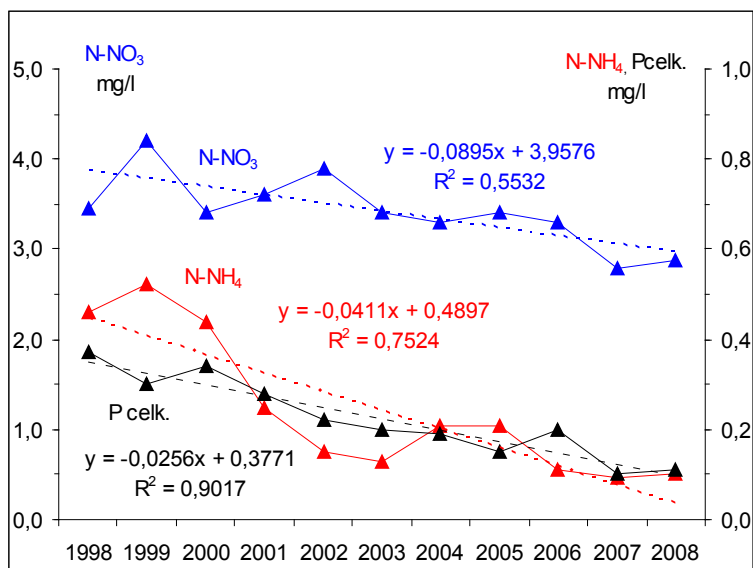
modelů klimatické změny předvídají v zimě (prosinec – únor, případně březen) zvýšení odtoku vody v důsledku dřívějšího odchodu dešťových srážek a nízké zásoby sněhu. V létě (srpen – září) pak nízké srážky a následně průtoky a stavy vody. Pro sezónní vývoj fytoplanktonu by zvýšení teploty a změna chodu průtoků, a zejména jejich pokles v létě, znamenala prodloužení růstové sezóny jak v jarním, tak podzimním období. Celkově lze předpokládat, že při stávající koncentraci živin dojde za predikované klimatické změny k dřívějšímu rozvoji fytoplanktonu na jaře, v létě pak k navýšení biomasy fytoplanktonu v důsledku prodloužení doby dotoku vody (následkem poklesu průtoků). Obrazem sezónního vývoje a úrovně biomasy fytoplanktonu v toku Berounky toku je, za uvedených předpokladů, situace odpovídající klimaticky a hydrologicky extrémnímu roku 2003 (viz obr. 2.1.1).



Obr. 2.1.3 Změny koncentrace chlorofylu-a (A) a průtoků (B) v profilu Berounka-Radotín v roce 2006 a 2007.

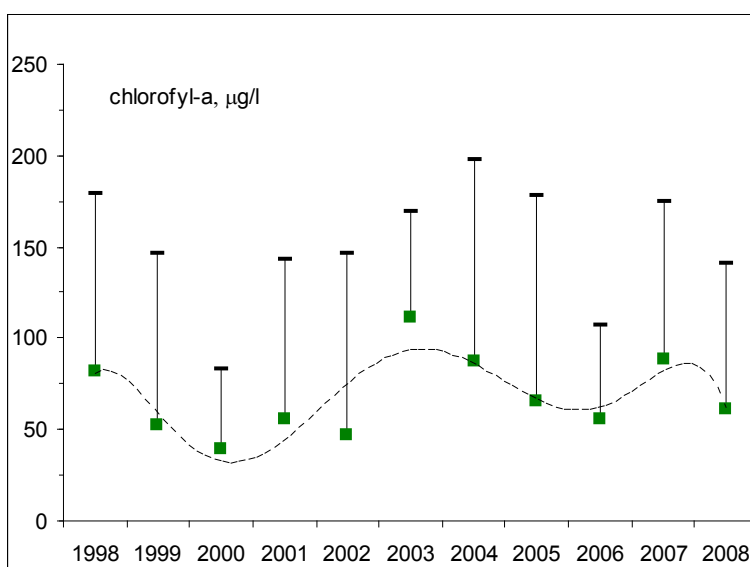
Vyhodnocení výsledků sledování v profilu Vltava-Zelčín bylo zaměřeno na hodnocení změn koncentrace živin a biomasy fytoplanktonu. Na obrázku 2.1.4 jsou znázorněny sezónní průměry koncentrace N-NH_4 , N-NO_3 a celkového fosforu za období 1998 až 2008 (tj. časová řada 11 let). Z průběhu jednotlivých křivek je patrný pokles koncentrace jak uvedených sloučenin dusíku, tak fosforu. K významnému snížení došlo zejména u koncentrace celkového fosforu a N-NH_4 . Pokles koncentrace N-NH_4 , N-NO_3 a $\text{P}_{\text{celk.}}$ v období 1998 – 2008,

je všech třech případech statisticky signifikantní (hladina významnosti $p < 0,001$ pro $P_{\text{celk.}}$ a $N\text{-NH}_4$, $p < 0,01$ pro $N\text{-NO}_3$).



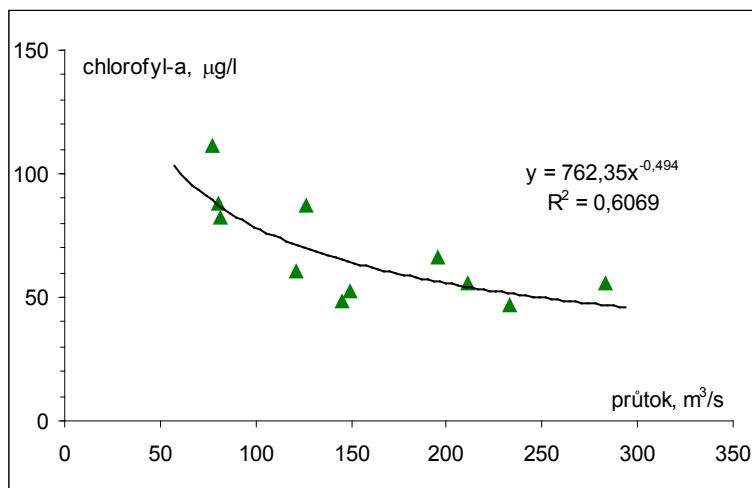
Obr. 2.1.4 Roční průměry koncentrace $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$ a celkového P v profilu Vltava-Zelčín

Klesající trend ve vývoji koncentrace živin nebyl ve stejném období doprovázen snížením biomasy fytoplanktonu. Dlouhodobé změny koncentrace chlorofylu-a v profilu Vltava-Zelčín dokumentuje obrázek 2.1.5, na kterém jsou znázorněny jak sezónní průměry, tak maximální hodnoty zjištěné v dané vegetační sezóně. Z grafu vyplývá, že biomasa fytoplanktonu dosahovala v závěru sledovaného období hodnoty srovnatelné s počátkem období, kdy byla úroveň živin, především fosforu, podstatně vyšší (viz obr. 2.1.4). Např. sezónní průměry koncentrace chlorofylu-a v roce 1998 a 2007 a v roce 1999 a 2006 jsou téměř identické.



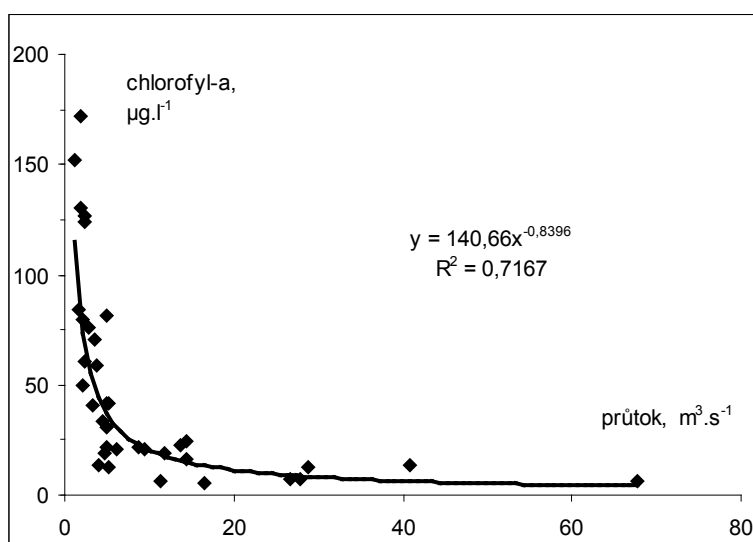
Obr. 2.1.5 Průměrné a maximální hodnoty koncentrace chlorofylu-a za vegetační sezónu v profilu Vltava-Zelčín

Je skutečností, že přímý vztah mezi koncentrací živin a množstvím fytoplanktonu v toku je obtížné kvantifikovat, protože může být překryt vlivem a variabilitou jiného, silnějšího faktoru. Podobně jako v Berounce i v toku Vltavy hrají významnou roli průtokové poměry. To dokumentuje vztah mezi koncentrací chlorofylu-a a hodnotami průtoku, zjištěný na základě sezónních průměrů hodnot za období 1998 – 2008. Negativní vztah vyjádřený nelineární funkcí (viz obr. 2.1.5) je statisticky průkazný.



Obr. 2.1.6 Vztah koncentrace chlorofylu-a a průtoku zjištěný na základě průměrů za vegetační sezóny 1998 – 2008

Během vegetačního období let 2006 – 2008 byly v profilu Odra-Polanka sledovány vybrané ukazatele kvality vody (fytoplankton, množství živin) a dále průtok a teplota vody s cílem zachytit dynamiku chlorofylu-a a její souvislost s jinými parametry. Statistickým rozborem dat z let 2006 – 2008 bylo zjištěno, že hlavním určujícím ukazatelem pro koncentraci chlorofylu-a ve sledovaném profilu meandrujícího úseku Odry je průtok (obr. 2.1.7). Výsledky sledování dále ukázaly, že koncentrace živin ve sledovaném profilu na řece Odře nejsou pro rozvoj fytoplanktonu limitující a jejich výkyvy tudíž nemají na koncentraci chlorofylu-a významný vliv.



Obr. 2.1.7 Korelace hodnot průtoků a koncentrace chlorofylu-a, profil Odra-Polanka

Poznatky získané v rámci řešení tématu byly prezentovány na národních (5) a mezinárodních (2) konferencích a publikovány v odborném a vědeckém periodiku.

2.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Desortová, B. Dynamika fytoplanktonu v dolním toku Berounky a vliv klimatických změn. - Vodní hosp.58(6) 2008, příl.VTEI 50(3), 2008: 1-2.
- Desortová, B. Trend vývoje koncentrace živin a biomasy fytoplanktonu v profilu Vltava-Zelčín. - Vodní hosp.60(5) 2010, příl.VTEI 52(3), 2010: 8-10.
- Desortová, B., Punčochář, P. Variability of phytoplankton biomass in a lowland river: Response to climate conditions. - Limnologica, Berlin, 41(3), 2011: 160-166.
- Luzar, T. Dynamics and possibility of prediction of chlorophyll-a concentrations in a selected Oder river profile. - Čas.Slez.Muz. Opava (A), 58, 2009: 27-38.

2.2 STRUKTURA SPOLEČENSTVA MAKROZOOBENTOSU A FYTOBENTOSU VE VZTAHU K HYDROMORFOLOGII TOKU A ANTROPOGENNÍMU OVLIVNĚNÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2009: Ing. Libuše Opatřilová
2010 – 2011: Mgr. Pavla Řezníčková

Řešitelský tým:: Mgr. Libuše Opatřilová, Mgr. Pavla Řezníčková, Ph.D., Mgr. Vít Syrovátka, Ph.D., RNDr. Denisa Němejcová, Ing. Milena Forejtníková, RNDr. Petr Marvan, CSc., Mgr. Hana Janovská

2.2.1 Předmět řešení

Prostředí tekoucích vod je tvořeno v podélném i příčném profilu velmi různorodými typy biotopů, což ovlivňuje společenstva organismů žijících v nich. Biota reaguje na různé environmentální podmínky odlišně. Cílem subprojektu bylo především studium variability společenstev nebo jednotlivých taxocenóz v různých podmínkách a to především s ohledem na antropogenní vlivy. Struktura společenstev makrozoobentosu a fytoobentosu byla zkoumána z hlediska jak přirozených vlivů, tak i člověkem způsobených disturbancí jako například eutrofizace, organické znečištění, hydromorfologické změny koryta, lodní doprava, rozkolísaný hydrologický a teplotní režim. Subprojekt se zabýval studiem bioty malých, středně velkých i nebroditelných toků. Studium se soustředilo na časovou a prostorovou distribuci bezobratlých v toku. Kvalita a diverzita habitatů v toku byla definována vybranými abiotickými charakteristikami (např. hloubkou, rychlostí proudu, charakterem substrátu, atd.).

Následující text je členěn podle stěžejních tematických okruhů, kterými se subprojekt zabýval v letech 2005 – 2011.

2.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Metody hodnocení ekologického stavu tekoucích vod podle makrozoobentosu a fytoobentosu

Stěžejním tématem, kterým se subprojekt dlouhodobě zabýval, byly metody hodnocení ekologického stavu toků. Rámcová směrnice Evropské unie 2000/60/ES o vodní politice (RS) požaduje, aby každý členský stát zhodnotil ekologický stav svých toků a vyjádřil jej pěti třídami (velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený, zničený). Pro toto hodnocení RS definuje použití tzv. biologických složek kvality – jednou z nich je společenstvo makrozoobentosu (bezobratlí živočichové větší než 1 mm žijící na dně). Na vlastní metodu hodnocení ekologického stavu Evropská unie klade pouze obecné požadavky. Jednotlivé státy, a mezi nimi i Česká republika, tedy vyvíjely vlastní metody hodnocení, jež byly následně srovnávány v tzv. mezikalibračním porovnání Evropské komise a popř. upraveny tak, aby jejich výsledky hodnocení byly srovnatelné. Řešením tématu ekologického stavu v subprojektu se navázalo na řešení předcházejících dvou projektů VaV „Predikční modely říčních ekosystémů“ (1996 – 2001), v nichž byla vyvinuta metodika a hodnotící systém nazvaný predikční systém PERLA, který byl určený pro hodnocení ekologického stavu tekoucích vod podle makrozoobentosu (Kokeš et al., 2006). V rámci tohoto subprojektu byla sestavena „Metodika odběru a zpracování vzorků metodou PERLA v broditelných úsecích toků“, která byla v roce 2006 schválena Ministerstvem životního prostředí jako metodika závazná pro sledování ekologického stavu v monitorovacích programech povrchových vod (Kokeš & Němejcová, 2006). Současně s procesem schvalování proběhl i proces normalizace metody (2005 –

2008) jako české technické normy (ČSN 75 7701). Metodika odběru vzorků vychází z obecně akceptovaného multihabitatového přístupu. Cílem tohoto přístupu je zjištění druhového (i funkčního) složení společenstva makrozoobentosu, včetně poměrného zastoupení jednotlivých taxonů s cílem zjistit ekologický stav ekosystému a umožnit jeho porovnání s referenčním stavem, čímž se liší od tradičního saprobiologického přístupu, který pomocí indikátorových organismů posuzuje pouze dlouhodobější kvalitu vody.

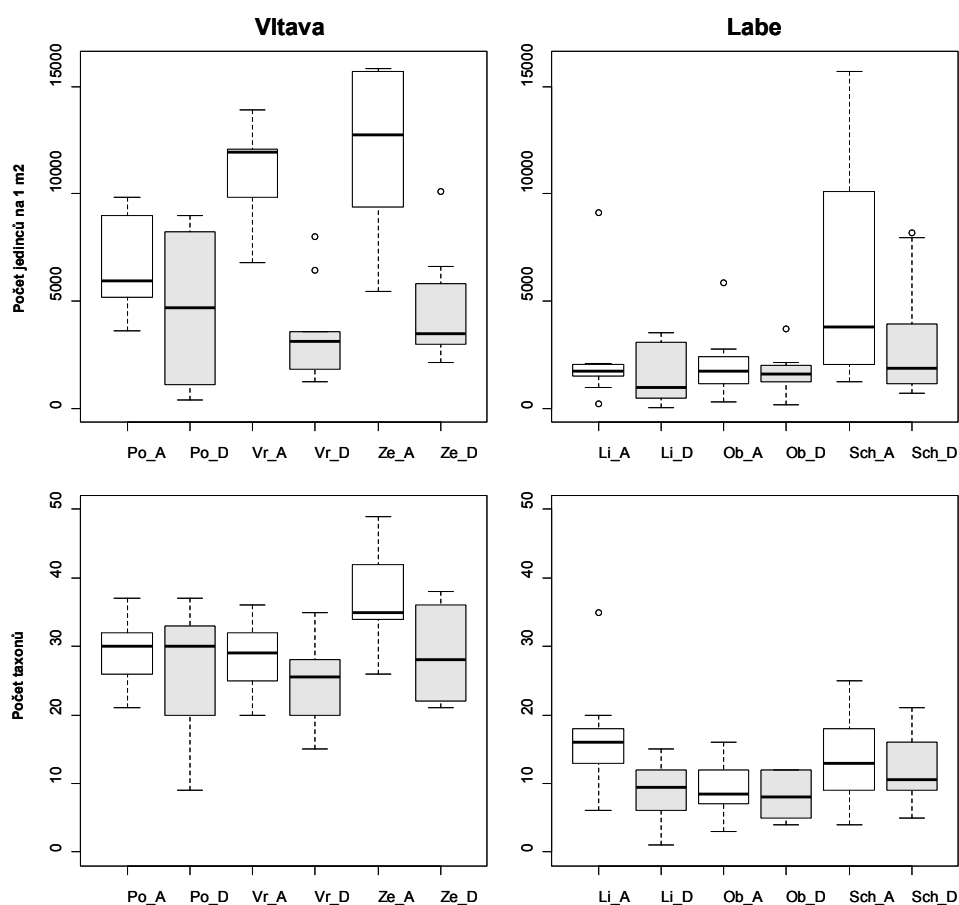
Přijetím metodiky PERLA jako závazné pro monitoring v ČR se vývoj metody odběru vzorků makrozoobentosu z broditelných toků za účelem sledování ekologického stavu ukončil. Pro nebrotitelné úseky toků však tento postup není plnohodnotně použitelný. Ačkoliv nebrotitelné toky v České republice nepředstavují velký podíl z celkové délky říční sítě, jedná se o toky vodohospodářsky významné (především střední a dolní tok Labe a Vltavy, dolní tok Moravy a Dyje; obr. 2.2.1). Limitem studia těchto toků a rozvoje metod pro hodnocení jejich ekologického stavu jsou technické obtíže a vysoká časová, finanční i organizační náročnost při odběru reprezentativních vzorků. V rámci prvních kroků k zavedení monitoringu nebrotitelných toků v České republice byla sestavena „Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu z nebrotitelných tekoucích vod“ (Kokeš et al., 2006), která vycházela především z informací z literatury a jednorázových zkušeností. Dalším krokem bylo testování účinnosti odběrových zařízení doporučených touto metodikou, a to drapáku van Veen a pneumatického vzorkovače ve srovnání s ruční sítí, která je standardně používána pro broditelné toky, a to na lokalitách řeky Moravy (Opatřilová et al., 2009). Výše uvedené obtíže však způsobují, že se metodika v rutinním monitoringu nepoužívá, odběr vzorků makrozoobentosu je v současné době prováděn pouze v dostupné (broditelné) příbřežní části nebrotitelného toku.



Obr. 2.2.1 Nebrotitelné toky v České republice.

V další dílčí studii subprojektu byla v roce 2008 testována metodika (Kokeš et al., 2006) na řekách Labe a Vltava. Cílem studie bylo především zjistit druhové složení společenstev makrozoobentosu hlubokých, nepřístupných částí toků, ale i testovat účinnost odběrových zařízení (Řezníčková et al., 2011). Z výsledků vyplynulo, že v našich podmínkách a pro daný typ řek (Vltava a Labe) byl účinnějším a efektivnějším odběrovým zařízením

pneumatický vzorkovač. Při odběrech tímto zařízením byl ve většině vzorků zaznamenán vyšší počet jedinců i vyšší počet taxonů makrozoobentosu (obr. 2.2.2).



Obr. 2.2.2 Počet jedinců na 1 m² a počet taxonů na jednotlivých lokalitách (Po – Podolí, Vr – Vrané, Ze – Zelčín, Li – Liběchov, Ob – Obříství, Sch – Schmilka, D – drapák, A – air-lift)

Ekologický stav toku, představuje velikost odchylky od stavu nenarušeného (tzv. referenčního), tedy stavu neznečištěného toku s přirozenou morfologií, průtokovým režimem a oživením (biotou). Pro biotu je to pak míra odlišnosti reálně zjištěného společenstva od společenstva referenčního. Metoda hodnocení ve smyslu požadavků RS by u společenstev měla zachycovat odlišnost z hlediska taxonomické struktury, četnosti, diverzity a podílu taxonů citlivých k narušení toku. Pro detekci odchylky je nutno znát přirozenou variabilitu společenstev v referenčních podmínkách, protože je známo, že společenstva makrozoobentosu jsou v přirozených podmínkách ovlivňována řadou proměnných prostředí. Popisem přístupu a vývoje metody k hodnocení tekoucích vod ČR podle makrozoobentosu se zabýval další příspěvek (Opatřilová et al., 2011). Nastavení hodnocení ekologického stavu velkých toků však zde není vyřešeno. Důvodem je problém absence reálných referenčních lokalit v ekosystémech středoevropských velkých řek. Tento problém je možné dle RS řešit několika způsoby. Jeden z možných přístupů je součástí německého systému hodnocení, který místo hodnocení srovnáním s druhovým složením referenčních biocenóz využívá záznam přítomnosti jedinců těch druhů bezobratlých, které mají úzkou ekologickou vazbu k volně tekoucí potamální části řek. Systém je založen na indexu PTI (Potamon Type Index), který byl z důvodu splnění všech požadavků Rámcové směrnice kombinován

s dalšími indexy v dvoumodulové multimetrické hodnocení. V rámci hledání možného způsobu řešení hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků podle makrozoobentosu v českých podmínkách bylo provedeno testování německého systému hodnocení (obr. 2.2.3). Během testování byl systém upraven, a to v modulu organické znečištění.



Obr. 2.2.3 Klasifikace ekologického stavu vod podle makrozoobentosu.

Z výsledků testování vyplynulo, že aplikace německého PTI systému v českých podmínkách by byla po úpravách možná, ovšem pouze pro hodnocení lokalit (vodních útvarů) v povodí Labe s velikostí plochy povodí nad 10 tisíc km² (Němejcová et al., 2011). Spolehlivé nastavení hodnocení ekologického stavu toků 8. – 9. řádu podle makrozoobentosu tak není v ČR dořešeno.

První kroky k finálním metodikám odběru a zpracování vzorků, nastavení referenčních podmínek a hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků, již byly řešitelským týmem jak v rámci tohoto projektu, tak v dalších souvisejících projektech provedeny.

Nejdůležitější výstupy týkající se tématu hodnocení ekologického stavu vod jsou uvedeny v kapitole 2.2.3. Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů.

Společenstva fytozobentosu a makrozoobentosu s ohledem na antropogenní vlivy

Struktura společenstev makrozoobentosu a fytozobentosu byla zkoumána z hlediska disturbancí způsobených člověkem, jako například eutrofizace, organické znečištění, hydromorfologické změny koryta, lodní doprava, rozkolísaný hydrologický a teplotní režim.

Disturbancí, která má zásadní vliv na změny biotických i abiotických parametrů, které následně výrazně ovlivňují biotu toku, jsou změny teplotního režimu vody. Na morfologicky degradované lokalitě způsobilo odstranění příbřežní vegetace zásadní změny, což vedlo k rozkolísání teplotního režimu v toku. Během měření teplot vody pomocí čidel byly zjištěny rozdíly jak ve sledovaných charakteristikách (průměr, maxima, minima, amplituda), tak i v jejich denním, měsíčním a ročním průběhu. V degradovaném úseku došlo k dřívějšímu nástupu vysokých teplot na počátku léta, ke zvýšení denních maxim a k jejich časovému zpoždění v rámci dne. Tato nezastíněná lokalita byla zejména v první části roku výrazně

teplejší a její pozměněný teplotní režim silně ovlivňoval 3,5 km níže ležící, morfologicky zachovalý úsek. Zde docházelo nejen k nárůstu teploty vody, ale i k výraznému posunu v denním průběhu teplot, zvláště maxim (Pařil et al., 2010).

Odezva taxonomické struktury společenstev rozsivek byla studována v malých, příměstských, organicky znečištěných tocích (Pařil et al., 2010). V úvahu byly brány tři hlavní gradienty prostředí – množství živin, vodivosti a substrátu (gradient od bahnitých po kamenné substráty). Ačkoliv všechny gradienty vysvětlovaly významnou část variability v rozsivkových společenstvech, gradient množství živin byl nejdůležitější. Druhová bohatost rozsivek silně reagovala na sčítající se efekt množství živin a vodivosti a byla identifikována jako parametr, který je schopen identifikovat toky nejhorší ekologické kvality vyžadující prioritní revitalizační opatření.

Jedním z úkolů při studiu nebroditelných toků bylo zjistit druhové složení společenstev makrozoobentosu hlubokých, nepřístupných částí řek Vltavy a Labe. Celkově byly nalezeny ve Vltavě výrazně vyšší počty jedinců i taxonů než v Labi. Na lokalitách řeky Vltavy dominovaly především druhy ze skupin červi (*Oligochaeta*), měkkýši (*Mollusca*) a pakomáři (*Chironomidae*). Podobná situace byla i na Labi, nicméně druhové složení společenstev se na jednotlivých lokalitách výrazně lišilo. Nižší počty jedinců, taxonů a celkově nižší diverzita na lokalitách na Labi je pravděpodobně způsobena větším antropogenním zatížením (větší organické zatížení, výrazně ovlivněná hydromorfologie, intenzivní lodní doprava, odtěžování sedimentu v korytě atd.). Vzhledem k tomu, že hluboké části toků jsou v České republice velmi málo prozkoumané, bylo v rámci našeho výzkumu zaznamenáno několik zajímavých nálezů.

V souvislosti s řešením problematiky nebroditelných toků jsme narazili na problém týkající se invazních druhů vodních bezobratlých (Řezníčková et al., 2011). V rámci studie byl potvrzen výskyt devíti druhů vodních bezobratlých, které se k nám rozšířily migrací proti proudu Labe nebo byly zavlečeny lodní dopravou. Téma nepůvodních druhů, tedy těch, které se rozšířily mimo areál svého přirozeného výskytu, je velmi aktuální a diskutované. Některé populace nepůvodních druhů, tzv. invazních druhů mohou způsobit závažné problémy, kdy výrazně ekologicky a funkčně naruší společenstva nebo i celé ekosystémy.

Od doby, kdy v roce 2000 vstoupila v platnost Rámcová směrnice pro vodní politiku, jsou vyvíjeny, testovány a zaváděny do praxe postupy tak, aby byly v souladu s touto směrnicí. V dílčí studii, která byla lokalizována v povodí horní Moravy, byl sledován vliv morfologie toku, charakteru substrátu a typu proudění se zaměřením na strukturální změny modelových taxonů fytozobentosu a jeho druhové spektrum, a byl hledán jejich vzájemný vztah. Především byl sledován vliv morfologie koryta a bodového znečištění toku ve vztahu k indikačním hodnotám vodních organismů. Byly hledány příčiny především v případech, kdy se hodnocení některého ukazatele výrazně odlišovalo od ostatních. Ukázalo se, že druhové složení fytozobentosu nebylo výrazně ovlivňováno morfologickým stavem koryta. Naproti tomu pod bodovými zdroji znečištění indikoval fytozobentos narušení přirozeného stavu v delších úsecích toku než makrozoobentos. Studie přispěla k vývoji postupu hodnocení ekologického stavu v návaznosti na požadavky Rámcové směrnice pro vodní politiku.

Nejdůležitější výstupy týkající se studia tématu Společenstva fytozobentosu a makrozoobentosu s ohledem na antropogenní vlivy jsou uvedeny v kapitole 2.2.3.

Habitatová diverzita ve vztahu ke společenstvům makrozoobentosu

Dalším stěžejním tématem byla časová a prostorová distribuce bezobratlých v toku. Kvalita a diverzita habitatů v toku byla definována vybranými abiotickými charakteristikami (např. hloubkou, rychlostí proudu, charakterem substrátu, atd.).

Relace diverzity habitatů a bentických bezobratlých byla zkoumána na několika českých řekách. Pro každou sledovanou lokalitu byly vyhodnoceny počty habitatů, diversita habitatů,

průměrné, minimální a maximální hloubky a rychlosti proudění. Pro společenstva makrozoobentosu byly spočítány hodnoty diverzity, vyrovnanosti a dominance, počty taxonů a jedinců, které byly dány do relace s hodnotami habitatů. Byla vyvinuta metoda River Channel Habitat Diversity (RCHD), která počítá diverzitu a pestrost habitatů jako Shannon-Wienerův index. Významnost diverzity habitatů pro společenstva bentických bezobratlých byla zjištěna multivariačním hodnocením. Na rozdíl od hypotézy, diverzita habitatů nebyla významně korelována s diverzitou společenstev makrozoobentosu, podle výsledků mnohorozměrné analýzy, ale byla významným faktorem ovlivňujícím diverzitu makrozoobentosu. Výsledky potvrdily, že větší resp. širší řeky mají nižší diverzitu habitatů než menší toky a že jsou více ovlivněny antropogenními tlaky. Proběhlo srovnání diversity společenstev makrozoobentosu a habitatů na vybraných tocích a dále pak porovnání nově vyvinuté metody RCHD a mezinárodní metody RHS (River Habitat Survey). Výsledky metod RCHD a RHS nebyly významně korelovány. Neprokázalo se, že by indexy HQA a HMS, získané metodou RHS, byly významnými proměnnými ovlivňujícími diverzitu společenstva makrozoobentosu.

V další studii byla studována prostorová a temporální dynamika společenstev bentických bezobratlých na mesohabitatové škále malého potoka. Dva environmentální gradienty byly získány pomocí PCA. Ten první byl interpretován jako množství dostupné potravy, zatímco ten druhý byl vztažen k hydraulickým podmínkám, stabilitě substrátu a jeho komplexitě. Celková abundance byla silně vázaná na množství potravních zdrojů a kolísala během roku zřejmě v důsledku životních cyklů jednotlivých druhů. Druhová bohatost naopak byla během roku stabilní, ale vyšší na prostorově komplexnějších habitatech. Struktura společenstva se měnila spíše v prostoru než v čase.

Nejdůležitější výstupy týkající se studia tématu habitatová diverzita ve vztahu ke společenstvům makrozoobentosu jsou uvedeny v kapitole 2.2.3.

Modelové taxocenózy vodních bezobratlých

Jedním z dílčích cílů bylo studium taxocenóz v různých typech habitatů v tocích se zaměřením na drobné, středně velké a nebroditelné toky. Pozornost byla soustředěna nejen na celá společenstva vodních bezobratlých, ale i na jednotlivé taxocenózy. Jako modelové skupiny byly vybrány skupiny jepice (*Ephemeroptera*), pakomáři (*Chironomidae*), pijavky (*Hirudinea*), atd.

Vývoj klimatu a důsledky nynějších a předpokládaných klimatických změn jsou předmětem studia v mnoha vědních oborech. Velmi významnou disturbancí, která výrazně ovlivňuje vodní ekosystémy, je rozkolísaný hydrologický režim. V našich podmínkách není přirozené vysychání toků běžné a společenstva, která je osídlují, nejsou na tyto disturbance adaptována. Vysychání se pro akvatická společenstva jeví jako rizikovější faktor než povodně. V rámci řešení výzkumného záměru byla zpracována a vyhodnocena již dříve nasbíraná data týkající se vlivu nízkých průtoků a vysychání na makrozoobentos malého toku, jako modelová skupina byly vybrány jepice (*Ephemeroptera*). Pro studium vysychání byla vybrána lokalita na malém toku v Podyjí. Jako modelová skupina pro detailnější sledování životních strategií, biologických a ekologických vlastností byly vybrány jepice (*Ephemeroptera*). Taxocenóza jepic intermitentního toku se od permanentního výrazně lišila a byla zásadním způsobem ovlivněna vysycháním. Vyskytovaly se zde pouze druhy, které mají vhodný životní cyklus, dokončují svůj larvální vývoj před vyschnutím toku a přežívají nepříznivé období ve formě vajíček. Současná změna klimatu může u značné části drobných toků vést k markantním změnám společenstev makrozoobentosu.

V rámci další studie byl vyhodnocen současný stav a perspektivy distribuce a biologie jepic (*Ephemeroptera*) v České republice. Checklist jepic České republiky nyní aktuálně obsahuje 107 druhů (30 rodů, 16 čeledí), 87 druhů nalezených do roku 1970 (první perioda dlouhodobého výzkumného programu) a 99 po roce 1970 (druhá perioda programu). Bylo

shrnutí rozšíření těchto druhů v hlavních povodích (Labe: 95 spp., Dunaj: 79 spp. a Odra: 55 spp.), a dále jejich frekvence, abundance a prostorová distribuce (nejvyšší druhová diverzita v kolinní zóně: 93 spp.). Hlavní "species-traits" (preferenze rychlosti proudu, způsob příjmu potravy a lokomoce, životní cykly) byly prezentovány v tabulkách článku: Zahrádková, S., Soldán, T., Bojková, J., Helešic, J., Janovská, H., Sroka, P. Distribution and biology of mayflies (Ephemeroptera) of the Czech Republic: present status and perspectives (viz přehled výstupů). Saprobiologické charakteristiky, podstatně modifikované nebo nově navržené u nejméně 36 spp. byly definovány ve smyslu státních norem České republiky. Čtyři druhy byly shledány vymřelé, 7 kriticky ohrožených, 7 ohrožených, 16 zranitelných a 14 téměř ohrožených.

V rámci analýzy územního rozšíření významných taxonů zoobentosu byl sestaven přehled druhů makrozoobentosu postupně se rozšiřujících po území ČR. Byly studovány sladkovodní pijavky (*Annelida: Clitellata: Hirudinida*) České republiky na základě dostupných informací z literatury a vybraných databází a na základě výzkumů provedených autory. Cílem publikace bylo shrnout současné taxonomické informace a aktualizovat seznam druhů České republiky o druhy nalezené v posledních deseti letech. V České republice je v současné době popsáno 24 druhů pijavek z dvanácti rodů a pěti tříd, včetně prvního nálezu *Piscicola* cf. *haranti* (Jarry, 1960) a *Dina punctata* (Johansson, 1927). Je popsána distribuce vzácných druhů a charakterizovány lokality, kde byly nalezeny.

Nejdůležitější výstupy týkající se studia tématu Modelových taxocenóz vodních bezobratlých jsou uvedeny v následující kapitole 2.2.3.

2.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Davy-Bowker, J., Clarke, R.T., Johnson, R.K., Kokeš, J., Murphy, J.F., Zahrádková, S. A comparison of the European Water Framework Directive physical typology and RIVPACS-type models as alternative methods of establishing reference conditions for benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 2006, roč. 566, č. 1, s. 91-105. ISSN 0018-8158.
- Forejtníková, M., Marvan, P. Vztah společenstva zoobentosu a fytoobentosu k morfologickému stavu toků v povodí horního Labe. *VTEI vodohospodářské technicko - ekonomické informace*, 2010, roč. 52, č. 1, s. 1—5. ISSN 0322-8916.
- Fremrová, L., Kokeš, J., Němejcová, D., Opatřilová, L., Janovská, H., Zahrádková, S. ČSN 75 7701 Jakost vod - Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. *Hydroprojekt*, 2008.
- Heteša, J. Marvan, P. Forejtníková, M. Zkušenosti s využitím umělých podkladů pro sledování dynamiky nárostů v malých tocích. *VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, (v tisku).
- Kokeš, J. River channel habitat diversity (RCHD) and macroinvertebrate community. *Biologia*, 2011, 66(2): 195—204.
- Kokeš, J., Němejcová, D. Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. *Závazná metodika programu monitoringu MŽP*. 2006. http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod
- Kokeš, J., Tajmrová, L., Kvardová, H. Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu z nebroditelných tekoucích vod. *Závazná metodika programu monitoringu MŽP*. 2006.
(http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod)
- Kokeš, J., Zahrádková, S., Němejcová, D., Hodovský, J., Jarkovský, J., Soldán, T. The PERLA System in the Czech Republic: A Multivariate Approach for Assessing the

Ecological Status of Running Waters. *Hydrobiologia*, 2006, roč. 566, č. 1, s. 343-354. ISSN 0018-8158.

- Marvan, P., Opatřilová, L., Fránková M. Metody hodnocení fyto-bentosu pro stanovení ekologického stavu řek u nás a sousedních zemích. *VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, 53/I: 1-4.
- Němejcová, D., Opatřilová, L., Kokeš, J. & Řezníčková, P. Hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků podle makrozoobentosu: testování německého systému hodnocení v českých podmínkách. *VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, 53/I:10-12
- Opatřilová, L., Kokeš, J., Syrovátka, V., Němejcová, D., Zahrádková, S. Hodnocení ekologického stavu tekoucích vod ČR podle makrozoobentosu: vývoj a popis metodiky. *VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, 53/I: 6-9.
- Opatřilová, L., Kokeš, J., Zezulová, H., Řezníčková, P., Němejcová, D., Janovská H., Tajmrová, L. Srovnání účinnosti vzorkovacího zařízení pro studium fauny dna nebroditelných toků. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2009*, 2009, roč. 51, č. 3, s. 14—16. ISSN 0322-8916.
- Pařil P., Sukačová K., Syrovátka V., Malá J., Králová, H. The effect of environmental parameters on algal assemblages in human-impacted suburban brooks. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2010, č. 12a, s. 2947—2957. ISSN 10184619.
- Pařil, P., Syrovátka V., Králová H. Jsou morfologicky degradované úseky toků zdrojem tepelného znečištění vody?. *Vodní hospodářství*, 2010, č. 8, s. 1—7. ISSN 1211-0760.
- Řezníčková, P., Soldán, T., Pařil, P., Zahrádková, S., Porovnání taxocenóz jepic (Ephemeroptera) intermitentního a permanentního malého toku střední Evropy prostřednictvím vlastností druhů. *Biologia*, 2010, roč. 65, č. 4, s. 720—729. ISSN 0006-3088.
- Řezníčková, P., Opatřilová, L., Němejcová, D., Kokeš, J. Makrozoobentos epipotamálních úseků řek Labe a Vltavy – příspěvek k poznání společenstev hlubokých částí dna. *VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, 53/I: 23-28.
- Schenková, J., Sychra, J., Košel, V., Kubová, N., Horecký, J. Freshwater leeches (Annelida: Clitellata: Hirudinida) of the Czech Republic (Central Europe): check-list, new records, and remarks on species distributions. *Zootaxa*, 2009, roč. 2227, č. 2227, s. 32-52. ISSN 1175-5326.
- Straka, M. & Syrovátka, V. Habitat preferences and temporal dynamics of macroinvertebrate taxa in a headwater woodland stream. - v recenzním řízení.
- Straka, M., Syrovátka, V., Helešic, J. Spatial and temporal variation in benthic macroinvertebrate assemblages in a woodland headwater stream. - v recenzním řízení.
- Syrovátka, V., Brabec, K. The response of chironomid assemblages (Diptera: Chironomidae) to hydraulic conditions: a case study in a gravel-bed river. *Fundamental and Applied limnology*, 2010, č. 178, s. 43—57. ISSN 1863-9135.
- Zahrádková, S., Soldán, T., Bojková, J., Helešic, J., Janovská, H., Sroka, P. Distribution and biology of mayflies (Ephemeroptera) of the Czech Republic: present status and perspectives. *Aquatic Insects*, 2009, roč. 2009, č. 31, s. 621-644. ISSN 0165-0424.

2.3 MODELOVÁNÍ STRUKTURY SPOLEČENSTVA RYB POD VLIVEM VARIABILITY PRŮTOKU A GEOMORFOLOGIE TOKU

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

Řešitelský tým: Ing. Pavel Horký, Mgr. Michal Pešta, Mgr. Matúš Maciak, Ing. Jiří Musil, Ing. Shiferaw Demeke, Bc. Jiří Patoka, DiS, Mgr. Petra Kulíšková

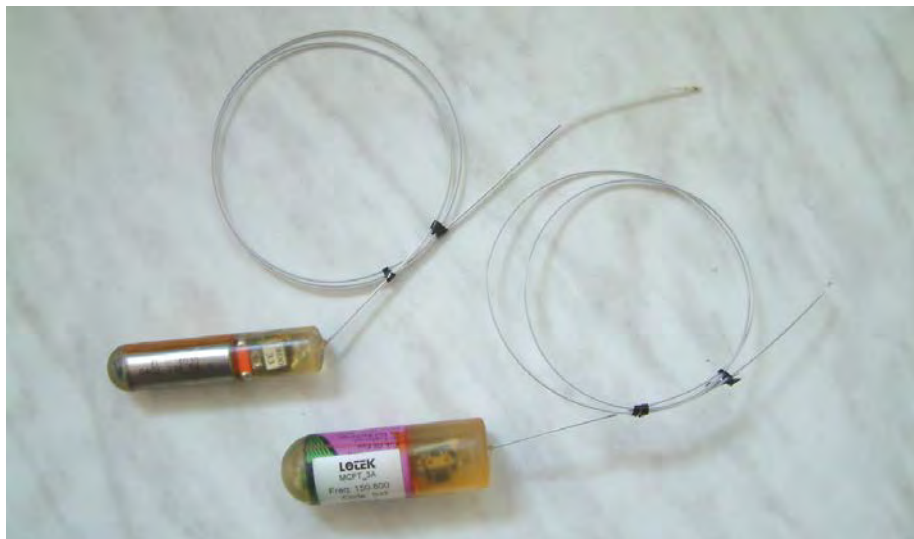
2.3.1 Předmět řešení

Historický vývoj výzkumu ekologie ryb v říčním prostředí byl po celé 19. a většinu 20. století prováděn s důrazem na hodnocení populací a společenstev. Údaje o jedincích měly význam především v souvislosti s dostatečně početným vzorkem, jinými slovy - kvalita analýz byla podmíněna kvantitou použitého materiálu. I když tento vztah platí obecně stále ve všech vědeckých přístupech, současný technický pokrok umožnil podrobnější studium jednotlivců. Pokud je podrobně studován nižší počet jedinců, musejí být použity vyspělé statistické metody, které vliv méně početného vzorku odstraní. Po splnění těchto předpokladů začaly být ekologické modely pro populace a společenstva konfrontovány s modely individuálními. Jako základní metodický přístup pro sledování jedinců jsou používány různé typy značek pracující na základě přenosu radiového signálu.

Obecným cílem projektu je přispět ke zpřesnění prostorových a energetických nároků ryb v říčních systémech. Prostorové potřeby obratlovců na obsazení určitého prostředí jsou většinou popisované velikostí domácího okrsku. Domácí okrsek je obecně definován jako plocha, kterou zvířata využívají k běžným aktivitám během 24 hodin (Mace et al 1983). Přesná velikost plochy domácího okrsku odpovídá energetickým nárokům jedince, kdy základní predikce předpokládá existenci pozitivní korelace mezi velikostí těla a energetickými nároky (McNab 1963). Jak je v přírodě běžné, s velikostí těla vzrůstá potřeba zvířat přesouvat se za potravními zdroji (Swihart et al 1988) a vzrůstající pohyblivost pozitivně koreluje s velikostí domácího okrsku (Gehring & Swihart 2004). Teoreticky je možné předpokládat, že velikost těla, energetické nároky a velikost domácího okrsku budou lineárně závislé. Je však dobře známo, že velikost domácího okrsku je obvykle větší než by bylo možné odhadnout z velikosti spotřebované energie (Kelt & VanVuren 2001). Jedním z hlavních důvodů je např. fakt, že zvířata na základě genetické preadaptace, intuitivně, vytvářejí větší domácí okrsky pro vyrovnání vlivu konkurentů. Jinými slovy držitelé domácích okrsků zohledňují energetické nároky sousedů, které jim odčerpávají potravní zdroje (Jetz et al 2004). Velikost domácích okrsků je také zvyšována, když je nízká potravní nabídka (Schoener 1968) nebo jsou potravní zdroje nerovnoměrně rozptýleny (Harestad & Bunnell 1979).

Jak bylo velmi zjednodušeně naznačeno, prostorové a energetické nároky zvířat jsou doposud nevyřešenou biologickou kapitolou (Buskirk 2004). Většina modelů byla také zpracována pouze na suchozemských druzích obratlovců, které jsou velké a snadno pozorovatelné (sloni, velké šelmy, ptáci) nebo jsou sice menších rozměrů, ale v prostředí se méně pohybují (suchozemské želvy a leguáni, hlodavci). Vodní prostředí je tradiční překážkou výzkumu, a tak není překvapující, že údaje o prostorové distribuci jedinců jsou vzácnější. Přesné údaje o velikosti domácích okrsků jsou dostupné především z mořského prostředí na základě přímého pozorování potápěčů. Navíc predikční modely energetických nároků v závislosti na dostupnosti potravy a životního prostoru byly navrhovány v naprosté většině případů pouze teoreticky. Významným mezníkem ve výzkumu prostorové distribuce ryb je metoda radio-telemetrie, která za pomoci vysílaček umožňuje relativně přesně určit

aktuální pozici ryb. V posledních několika letech byly na komerční trh uvedeny verze s různým typem senzorů, které umožňují určit nejen pozici, ale také hloubku a teplotu, ve které se jedinec nachází. Vysílačky jsou také vybaveny senzory, které na základě svalového napětí umožňují měřit i energetickou spotřebu aktuálně sledovaného jedince. Výstavba prostorově-energetických modelů je tedy nyní pouze otázkou získávání údajů v říčním prostředí a testování zjištěných závislostí v laboratoři.



Obr. 2.3.1 Vysílačka typu EMG, která informuje o pozici ryby, její svalové aktivitě a energetické spotřebě

Význam sledování prostorové distribuce a energetických nároků ryb není pouze otázkou principu vědeckého poznání, ale i běžné praxe při ochraně ekosystémů tekoucích vod. Pokud jsme totiž schopni prostorové požadavky jedinců přesně charakterizovat, lze tytéž nároky předvídat i pro populace a později i celá společenstva. Praktický výsledek je zřejmý – opravdu účinná ochrana druhů na základě vyčíslitelných údajů v linii jedinec – populace – společenstvo. Cesta k finálním modelům je však velmi pracná, zdoluhavá a ekonomicky náročná. Energetická spotřeba jedince totiž nezohledňuje pouze potravní dostupnost v určitém prostoru, ale je také ovlivněna strukturou prostředí jako např. spádem toku, rychlostmi proudění a dostupností úkrytů (kvalitou substrátu). Tyto parametry se v podélném profilu toků mění a je proto nezbytné jejich variabilitu v predikčních modelech chování ryb zohlednit. V neposlední řadě energetickou bilanci ryb ovlivňuje jejich vlastní sociální prostředí. Např. ryby spotřebovávají odlišné množství energie, pokud žijí v hejnech nebo soliterně. Pokud jedinec obhájí svůj životní prostor před ostatními příslušníky populace, vysoká početnost populace omezuje i velikost teritoria jedince. Podobně je známo, že jedinci zaujímající nejvyšší stupně v hierarchii dominance, hospodaří s energií efektivněji než subdominantní jedinci. Přes všechnu složitost naznačených vztahů se lze domnívat, že výstavba energeticko-prostorových modelů je ve své podstatě pouze mechanickým procesem.

Jak vyplývá z předcházejícího textu, projekt byl zaměřen na určení závislosti mezi energetickou spotřebou jedince a prostředím (geomorfologie, potravní zdroje, sociální prostředí). Praktickým cílem je zlepšení managementu ochrany rybích společenstev. Např. v rámci říční sítě ČR je běžnou praxí umělé vysazování ryb nejen v tocích, kde je realizován sportovní rybolov, ale také v národních parcích, kde jsou ryby celoročně chráněny. Vysazování probíhá nejen bez historických a aktuálních znalostí o početnosti populací a společenstev, ale také bez informací, co vysazení uměle odchovaných jedinců způsobuje

s ohledem na již přítomnou obsádku ryb. Je např. známo, že uměle odchované ryby jsou agresivnější a vyhánějí divoké jedince nebo naopak hůře plavou a nedokáží se bránit přirozeným predátorům (ptáci, savci, člověk). Podobně není při vysazování zohledněna skutečnost, že životní prostředí ryb se mění v podélném profilu toku. Pro výpočet teoretických modelů byla získávána data o chování různých druhů ryb v odlišných typech povodí. Dílčím cílem také bylo podílení se na lokálních plánech managementu. Bylo předpokládáno, že při analyzování dostatečně variabilního materiálu bude možné navrhnout matematický model, který bude předpovídat velikost domácího okrsku ryb v závislosti na gradientu prostředí nebo početnosti populací.

V rámci tohoto subprojektu bylo sledováno chování u několika modelových druhů (pstruh, jelec tloušť, sumec, candát, mník, piskoř, jelec jesen, štika). Ryby byly obvykle monitorovány ve 2 – 3 hodinových intervalech během 24 hodin. Sledování bylo prováděno přibližně jednou týdně v rámci ucelených období intenzivního příjmu potravy nebo přímo během celého ročního cyklu (případně dvou). Pro sledování ryb byly používány většinou konvenční vysílačky zaměřující pouze pozici ryby, ale v několika případech i vysílačky s fyziologickým senzorem (EMG, Lotek Wireless Inc. Canada). Kromě spotřeby energie a prostorové distribuce jednotlivců byla dále sledována početnost populace, rychlost jejího růstu atp. Mezi hlavní abiotické parametry prostředí náleží spád toku, průtoková variabilita, teplota, stupeň eutrofizace, kvalita substrátu dna, jsou ale sledovány i méně obvyklé parametry jako je např. fáze měsíce nebo atmosférický tlak, jejichž vliv na chování ryb byl prokázán. Parametry prostředí jsou měřeny buď v průběhu sledování ryb vybavených vysílačkou, nebo v rámci dílčích projektů (např. spád toku a kvalita substrátu). Aby bylo dosaženo potřebné variability abiotických parametrů byly ryby sledovány v několika tocích – především v povodí řeky Vydry a Křemelné, Labí, Ohři, Vltavě, Lužnici, Berounce a Litavce. Tímto způsobem byla sestavována centrální databáze, která bude podkladem pro finální analýzy teoretických modelů. Pro ověření správnosti metodických postupů byly dílčí výsledky průběžně publikovány v mezinárodních časopisech.

2.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Jak bylo v úvodu naznačeno, obecným tématem pro dílčí úkol 3607 byl vztah mezi velikostí plochy, kterou ryba obsazuje a mezi parametry říčního prostředí. Jednotlicí a modelovou studií byly práce prováděné v uceleném povodí řeky Vydry. Protože tato rozsáhlá studie je dokončována až v letošním roce, publikační aktivita se zatím soustředila na krátkodobější práce. Publikovaných výsledků je několik, jak dokládá přiložený seznam. Jako příklad výstupů bych uvedl naši práci z roku 2009 (*When fish meet fish as determined by physiological sensors*). Práce porovnává velikost domácích okrsků (dále jen HR) různě velkých sumců. Domácí okrsek je plocha, kterou ryby využívají k uspokojení svých potřeb během 24 hodin. Je to např. nalezení a využívání různých stanovišť, získání energie při příjmu potravy (a výdej energie při hledání potravy) a např. dále volné plavání „bez cíle“ kdy se jedinec opakovaně seznamuje s prostředím a zpřesňuje své informace o konkurentech nebo potenciálních partnerech nebo zdrojích potravy. Domácí okrsek je plošná veličina, jednoduše měřená plocha (m²) – nicméně lze velmi těžko přesně odhadnout, jak velký ve skutečnosti bude: velikost HR ovlivní velikost těla sledovaného jedince (s rostoucí hmotností vzrůstá spotřeba energie a tedy i velikost HR), přítomnost konkurentů (s rostoucím počtem konkurentů klesá velikost HR), nabídka potravy (s klesající nabídkou vzrůstá velikost HR) a dostupnost úkrytu (dostupnost úkrytu snižuje velikost HR). Uvnitř HR je tzv. centrum aktivity (CA), což je nejvíce využívaná plocha (např. z 50 % nebo 70 % měření). Odhad velikosti HR je však klíčovou metodou např. při ochraně životního prostředí vzácných druhů – kolik jedinec, populace a druh potřebují plochy, aby pokryli své plošné (energetické) nároky? Variabilita prostředí a kombinace možných scénářů je téměř nekonečná a tak je intenzita výzkumu v této oblasti velmi vysoká.

K odhadu spotřeby energie jsou běžně používány fyziologické senzory (někdy je sledována spotřeba energie v kalorimetrických jednotkách). Senzory jsou operačně vpraveny do těla zvířat (v našem případě ryb - sumců) a je možné měřit spotřebu energie v červeném svalstvu (užívané pro pohyb). Tato metoda je používána již přes 20 let a nelze ji v pravém smyslu nazývat moderní. Využití výsledků je relativně snadné – při aktivním plavání ryba spotřebovává energii zaznamenanou senzory. Pokud jsou senzory napojeny na vysílačku, lze získat informace o pozici jedince a aktuální spotřebě energie. V našem případě jsme sledovali dvě základní prostorové kombinace sumců:

- a) HR sumců se překrývají a překrývají se i CA, tedy nejvíce využívané plochy HR – ryby si vlastně konkurují a
- b) překrývají se (dotýkají) pouze hranice HR sumců, ryby si nekonkurují (což je pouze pracovní označení – ryby si vždy konkurují, protože zdroje jsou vždy omezené).

Ve výsledcích jsme prokázali, že pokud se HR a CA překrývají, sumci spotřebovali více energie, pravděpodobně v důsledku agresivního chování. To je celkem očekávaný výsledek. Další zajímavostí však bylo, že když sumci spotřebovali nejvíce energie, tak byli k sobě vždy nejbližší – ale nejméně se pohybovali! Tato skutečnost umožňuje diskutovat, že sumci ztrácí množství energie stresem nebo v soubojích (ritualizovaných spíše než reálných). Ukázala se však také jedna důležitá skutečnost – měření spotřeby energie ryb pomocí vysílaček se senzory může být velmi nepřesné, až skoro nepoužitelné. Vysílačka totiž kromě pohybu a spotřeby energie ryb zohledňuje emoční stav jedince, který je odrazem sociálního prostředí. Jednoduše řečeno vědec neví, jak ryba spotřebovává energii, která se mu ukazuje na displeji přijímače. Podle rychlosti plavání se lze sice domnívat, že spotřeba energie odpovídá rychlosti pohybu, nicméně není zřejmé, zda např. spotřeba energie není ještě navíc zvýšena pohybem přes území obhajované konkurenčním jedincem. Dokud tedy nebudou ryby vybaveny kromě vysílaček se senzory také kamerovým systémem sledujícím bezprostřední okolí jedince, tato metoda mnoho výsledků nepřinese.



Obr. 2.3.2 Vypouštění sumce vybaveného vysílačkou

Studie velikosti HR pstruhů obecných v povodí řeky Vydry shromáždila velmi rozsáhlý materiál, který nemá v historii „výzkumu šumavských ryb“ obdoby. Řádově stovky pstruhů bylo vybaveno vysílačkami a v rámci 8 cyklů měřených během 24 hodin (vždy po 3 hodinách) byly u všech jedinců sledovány pohyby a následně stanovena velikost HR. Toto měření bylo prováděno vždy v měsíci červnu, kdy ryby nemigrují a mají obsazeny svá potravní stanoviště. Zároveň jsou k dispozici údaje o průtoku, spádu a velikosti substrátu v dané lokalitě (a chemizmu a teplotě vody). Elektrickým agregátem byl i stanoven počet konkurenčních pstruhů na lokalitě v začátku a na konci pokusu. Jsou tak k dispozici „téměř všechny“ klíčové parametry pro stanovení variability velikosti HR v závislosti na geomorfologii toku. Analýzou bude možné popsat vztah mezi početností konkurentů a velikostí HR. Lze se na základě již známých skutečností domnívat, že vztah bude negativní, avšak dosud neznámým pojmem je tvar křivky (bude lineární nebo jiný?). Výsledky budou zpracovány přibližně v rámci jednoho roku, kdy budou následně postoupeny k publikačnímu procesu. V současnosti jsou zpracovány údaje popisující věkovou strukturu populací pstruhů v povodí Vydry a rychlost růstu v závislosti na početnosti populací. Při terénních měřeních bylo individuálně označeno téměř 5000 divokých jedinců a u 600 z nich byl určen věk, často i u již označených a znovu ulovených jedinců.

Z výsledků vyplývá, že vztah je negativní, ale pouze pro juvenilní část populace, což odpovídá již publikovaným údajům. Navíc jsou však informace popisující, kdy pstruzi v šumavských tocích nejrychleji rostou a kdy dochází k největšímu konkurenčnímu tlaku o potravu v populaci (jarní období v druhém roce života). Na tomto tématu byla úspěšně obhájena diplomová práce na PřFUK a v současnosti byl zahájen publikační proces několika článků, které budou rovněž připsány tomuto výzkumnému záměru (VZ).

Závěrem lze shrnout, že VZ umožnil získat naprosto unikátní soubor informací o prostorových nárocích ryb, které jsou publikačně atraktivní nejen pro ČR ale i zahraniční čtenáře. Studium pstruhů v povodí Vydry umožnilo i částečně změnit management rybích populací (zastavení vysazování uměle odchovaných ryb, které je v místních podmínkách zbytečné, neefektivní a vlastně škodlivé). Je předpokládáno, že informace plynoucí z výzkumu budou publikovány ještě řadu let po ukončení projektu.

2.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Slavík, O., L. Bartoš and D. Mattas. 2005. Does stream morphology predict the home range size in burbot? *Environmental Biology of Fishes* 73, 89 – 98.
- Horký, P., O., Slavík, L., Bartoš, J. Kolářová and T. Randák. 2006. The effect of the moon phase and seasonality on the behaviour of pikeperch in the Elbe River, *Folia Zoologica* 55, 411 – 417.
- Prchalová, M., Vetešník L. and O. Slavík. 2006. Migrations juvenile and subadult fish through a fishpass during late summer and fall. *Folia Zoologica* 55, 162 – 166.
- Horký, P., O., Slavík, L., Bartoš, J. Kolářová and T. Randák. 2007. Docksides as winter habitats of chub and pikeperch in the channelised Elbe River. *Fundamental and Applied Limnology - Archiv fur Hydrobiologie*, 168, 281 – 287.
- Horký, P., O., Slavík, L., Bartoš, J. Kolářová and T. Randák. 2007. Behavioural pattern in cyprinid fish below the weir as detected by radiotelemetry. *Journal of Applied Ichthyology* 74, 1 – 5.
- Slavík, O., P., Horký, L. Bartoš, J. Kolářová and T. Randák. 2007. Diurnal and seasonal behaviour of adult and juvenile European catfish as determined by radio-telemetry in the River Berounka, Czech Republic. *Journal of Fish Biology* 71, 101 -114.

- Slavík, O., L., Bartoš, and P. Horký. 2009. Effect of river fragmentation and flow regulation on occurrence of landlocked brown trout in a fish ladder. *Journal of Applied Ichthyology* 25, 67-72.
- Jurajda, P., O. Slavík, S. White and Z. Adámek. 2010. Young-of-the-year fish assemblages as an alternative to adult fish monitoring for ecological quality evaluation of running waters. *Hydrobiologia*, doi: 10.107/s10750-010-0111-4.
- Musil, J., Jurajda, P., Adámek Z., Horký, P., Slavík, O. Non-native fish introductions in the Czech Republic – species inventory, facts and future perspectives. *Journal of Applied Ichthyology* 26, 38-45.
- Slavík, O., M. Pešta, and P. Horký. 2011. Effect of grading on energy consumption in European catfish *Silurus glanis*. *Aquaculture* 313, 73-78. IF= 2.044

2.4 VÝZKUM V OBLASTI MIKROBIÁLNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH A ODPADNÍCH VOD

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

Řešitelský tým: Ing. Andrea Benáková, Ph.D., RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D., RNDr. Kateřina Sovová - Horáková Ph.D., ing Katarína Slezáková, Ivana Benáková, Petra Marková, Regína Kupcová

2.4.1 Předmět řešení

Vlastní subprojekt 3609 vznikl v roce 2008 sdružením problematik řešených v různých částech Výzkumného záměru MZP0002071101, týkajících se výzkumu mikrobiologických aspektů ve vodním prostředí. Předmětem řešení byl především výzkum mikrobiálního znečištění povrchových vod v České republice se zaměřením na nově používané ukazatele (*Escherichia coli*, patogeny), eliminaci mikrobiálního znečištění biologickým čištěním odpadních vod a vliv odtoků z ČOV na kvalitu vody v recipientu, a dále na studium mikrobiálních společenstev a detekci hygienicky významných bakterií v povrchových a odpadních vodách molekulárně-genetickými metodami (fluorescenční in situ hybridizace – FISH a polymerázové řetězové reakce – PCR, apod.).

2.4.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Mikrobiální znečištění povrchových vod

V rámci studia mikrobiálního znečištění povrchových vod byla pozornost zaměřena především na optimalizaci metod stanovení hlavních mikrobiologických ukazatelů (indikátorů fekálního znečištění), včetně validace metod, stanovení reprodukovatelnosti analýz a hodnocení mikrobiologických výsledků. Kromě optimalizace a modernizace metod stanovení koliformních bakterií, termotolerantních (fekálních) koliformních bakterií a *Escherichia coli*, které byly využity při přípravě českých technických norem ČSN 75 7835 a ČSN 757837, byly výsledky stanovení *E. coli* v povrchových vodách nepřímo využity při přípravě nařízení vlády č. 23/2011 Sb. (není výstup tohoto úkolu).

Aby výsledky mikrobiologických analýz poskytovaly relevantní informace, je potřeba zajistit celou řadu nezbytností počínaje výběrem ukazatelů, odběrem vzorků, transportem, použitými metodami a vlastním provedením mikrobiologické analýzy, až po vhodné vyhodnocení výsledků. Zároveň je třeba do úvah při konečném zhodnocení mikrobiálního znečištění vod promítnout nejistoty stanovení a reprodukovatelnost mikrobiologických metod, které se pohybují minimálně okolo 30 %. Na reálných datech fekálních koliformních bakterií získaných monitorováním na vybraných profilech českých řek v dostatečně dlouhém časovém úseku bylo prokázáno, že jednoduché hodnocení mikrobiologických ukazatelů jakosti vody bez hlubší znalosti matematické statistiky (pouze na základě analogie aritmetického průměru a charakteristické hodnoty podle ČSN 75 7221) může být zavádějící a takto získané informace ohledně mikrobiologických stanovení mohou být znehodnocovány. Naměřené mikrobiologické údaje je potřeba důkladně analyzovat dostupnými statistickými metodami, např. průzkumovou analýzou dat – EDA a teprve podle těchto údajů pak stanovit příslušné výběrové charakteristiky. Pro hodnocení mikrobiální kontaminace povrchových vod jsou vhodnější robustní charakteristiky střední hodnoty (medián) a nepříznivých (kritických) hodnot (příslušný x% percentil, např. P90) namísto standardně užívaných charakteristik (aritmetický průměr, kritická hodnota C90).

Escherichia coli je specifickým ukazatelem s vysokou indikační hodnotou pro fekální znečištění. V minulosti nebyl tento ukazatel pro hodnocení povrchové vody užíván. Bylo proto provedeno souhrnné hodnocení výskytu *E. coli* v povrchových vodách (12 odběrů ročně ve 100 profilech). Na základě statistického zhodnocení výsledků byl navržen limit *E. coli* 2500 ktj/100 ml jako přípustné znečištění povrchových toků ČR. Z výzkumu vyplynuly i rozdíly v korelaci mezi „příbuznými“ indikátory znečištění vod (*E. coli*, koliformní a fekální koliformní bakterie). *E. coli* se mezi fekálními koliformními bakteriemi pohybuje v rozmezí 20-90 %, průměrně je to 60 - 70%. V přisedlé složce (biofilm) bylo zastoupení *E. coli* mezi fekálními koliformními bakteriemi významně nižší, průměrně 30 %. Ve vodách se zjevným přísunem fekálního znečištění byla zaznamenána vysoká korelace počtů fekálních koliformních bakterií a *E. coli*; v čistých vodách je tato korelace výrazně nižší a více závislá na přírodních podmínkách (srážky, teplota vody apod.). Korelace počtů *E. coli* a koliformních bakterií je výrazně nižší než je tomu u fekálních koliformních bakterií. Z nízké korelace *E. coli* a koliformních bakterií je zřejmé, že koncentrace koliformních bakterií není vázána pouze na fekální znečištění jako zdroji výskytu. Dalším zjištěním je, že k přesnému kvantitativnímu stanovení *E. coli* v povrchových vodách není zcela vhodné používat metodu, která má současně detekovat *E. coli* a koliformní bakterie.

Dále byly zavedeny a optimalizovány metody stanovení vybraných patogenních bakterií (termotolerantní bakterie rodu *Campylobacter*, koaguláza pozitivní stafylokoky a *Listeria monocytogenes*), které byly využity v dalších studiích (viz dále).

Nový přístup v hodnocení mikrobiální kontaminace toků (mapování) byl proveden v Moravskoslezských Beskydech a v pohoří Javorníky. Pro hodnocení bylo použito zatřídění dle nově navržené stupnice, která je součástí mapových výstupů: Mapy zobrazují výsledky screeningu organického zatížení malých vodních toků v horských oblastech na základě počtů kultivovatelných mikroorganismů při 22 °C v letním období a jejich zatřídění podle stupnice, odrážející stav vyvolaný znečištěním rozložitelnými organickými látkami, tj. dle saprobního přístupu hodnocení jakosti vody. Přínosem těchto mapových výstupů je dokumentace organického zatížení převážně oligotrofních toků s minimálním antropogenním znečištěním a určení rozdílů pomocí zatřídění v oblasti relativně velmi nízkých indikačních hodnot a možnost jejich vzájemného porovnání. Výsledky mapování ukázaly, že organické zatížení toků je mírně vyšší v pohoří Javorníky než v CHKO Beskydy. Převládaly zde střední hodnoty znečištění, silnější zatížení bylo zjištěno v nižší četnosti než v CHKO Beskydy. Obdobně jako v Beskydech nebyla prokázána přímá souvislost s polohou profilu v obydlené oblasti, tj. od pramene k ústí, ale spíše s prostorovou lokalizací s vlivem klimatu a podloží.

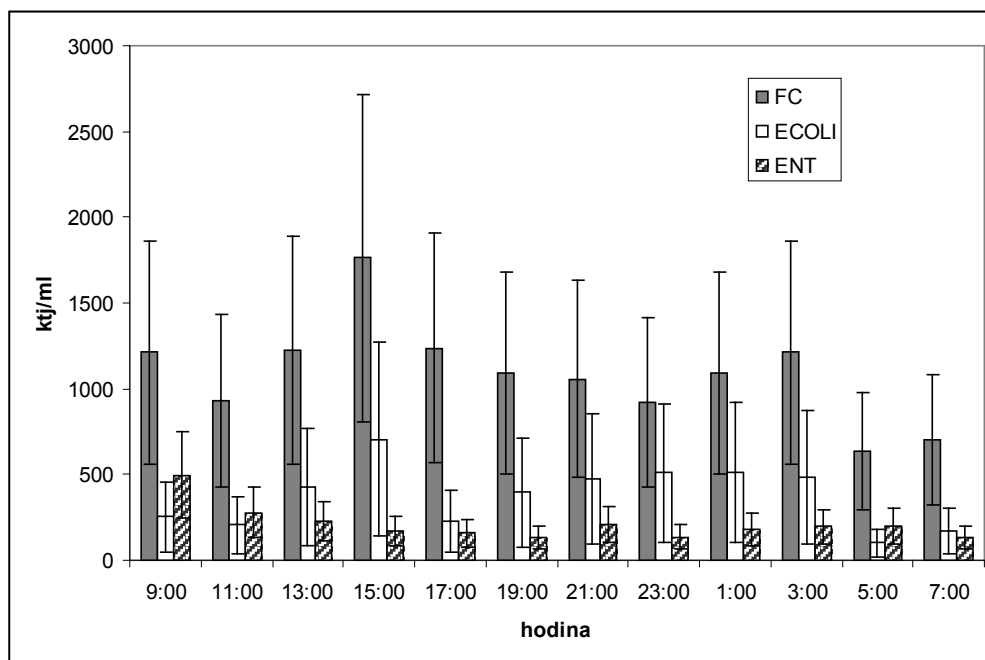
Eliminace mikrobiálního znečištění biologickým čištěním odpadních vod a vliv odtoků na kvalitu vody v recipientu

Této problematice nebyla u nás v minulosti věnována žádoucí pozornost. V posledním desetiletí však i mikrobiologie získala svoje opodstatnění v této oblasti, vzhledem ke zvýšeným požadavkům na jakost vody (zejména v citlivých oblastech).

Odběry vzorků odpadních vod (i biologicky čištěných) k mikrobiologickým analýzám mají svoje specifika, která je významně odlišují od vzorků určených k analýzám chemickým. Je to dané zejména vysokou nestabilitou a malou homogenitou vzorků (k vlastní analýze se navíc bere pouze malý objem). Bylo experimentálně zjištěno, že prosté vzorky vykazují dostatečnou stabilitu jen do 4 – 6 hodin po odběru, totéž lze konstatovat pro směsné vzorky. Hodnoty mikrobiologických ukazatelů nevykazují žádný interpretovatelný denní průběh (na rozdíl od chemických ukazatelů), výsledky mikrobiologických analýz prostých vzorků z jedné lokality by tedy neměly být závislé na době odběru. Nelze doporučit odběry časně zrána (4 – 6 h).

Z bakteriologických ukazatelů pro stanovení v odpadních (včetně čištěných) vodách se ukázala jako nejvhodnější *E. coli*, případně fekální koliformní bakterie a intestinální enterokoky. Vzhledem k vysokému mikrobiálnímu oživení odpadních vod a obsahu doprovodné mikroflóry je nutné používat vysoce selektivní metody, jako např. metody dle norem ČSN 75 7835 (fekální koliformní bakterie a *E. coli*) a ČSN ISO 7899-2 (stanovení enterokoků).

Bylo zjištěno, že surová odpadní voda obsahuje řádově fekální koliformní bakterie 10^5 ktj.ml⁻¹, *E. coli* a enterokoky $10^4 - 10^5$ ktj.ml⁻¹. U malých ČOV (pod 2 000 EO, včetně domovních) to bývá minimálně o řád méně. Biologické čištění snižuje počty indikátorů fekálního znečištění o 2 – 3 řády, tj. o více než 95 %, další dočištění (např. stabilizační nádrže) může snížit počty hygienicky významných mikroorganismů až o 5 řádů. Konečné procento úbytku bakterií je více závislé na jejich kolísajících počtech v surové odpadní vodě, než na vlastní kvalitě čištění. Nebyly nalezeny přímé závislosti mezi kolísáním ukazatelů chemického (CHSK_{cr}, NL) a mikrobiálního znečištění.



Obr. 2.4.1. Kolísání počtů fekálních koliformních bakterií (FC), *E. coli* (ECOLI) a intestinálních enterokoků (ENT) v prostých vzorcích ve vybrané ČOV (5 000 EO) během 24 hodinového sledování. Je uvedena průměrná hodnota, chybové úsečky naznačují rozptyl výsledků.

Pro hodnocení výsledků eliminace hygienicky významných bakterií biologickým čištěním je nejvhodnější sledování indikátorů fekálního znečištění v odtocích z ČOV (prosté, případně krátkodobě (2 – 4 hodiny) slévané – směsné vzorky). Byly testovány odtoky z více než 100 ČOV různých typů a velikostí (od malých domovních ČOV až po ČOV větší než 100 000 EO) z celé republiky. Hodnoty indikátorů fekálního znečištění v odtocích průměrně desetinásobně převyšovaly hodnoty přípustného znečištění toků, dané českou legislativou (nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb.). Výsledky screeningu znečištění odpadních vod z ČOV v povodí Moravy a Dyje byly navíc zpracovány a vyhodnoceny do mapového výstupu. Z výsledků mj. vyplynulo, že u třetiny ze sledovaných ČOV byla zjištěna zvýšená mikrobiální kontaminace.

Vliv takto znečištěných odtoků na recipient závisí nejen na počtech bakterií na jednotkový objem ($\text{ktj}\cdot\text{m}^{-1}$) odtoku z ČOV, na velikosti ČOV a na objemu vypouštěných biologicky čištěných odpadních vod, ale i na schopnosti recipientu (velikost, obsah živin, stupeň dalšího znečištění) tyto mikroorganismy eliminovat bez dalšího zhoršování jeho kvality. Nebyla zjištěna významná závislost mezi velikostí ČOV a eliminací hygienicky významných mikroorganismů.

Je však jednoznačné, že by bylo vhodné pravidelně kontrolovat mikrobiální kvalitu vody na odtocích z ČOV zejména v citlivých oblastech, a bylo by žádoucí navržené opatření přijmout do legislativy ČR.

Při studiu patogenních bakterií v odpadních vodách bylo zjištěno, že přestože patogenní bakterie tvoří jenom zanedbatelnou část z celkového počtu bakterií (v surové odpadní vodě to bylo průměrně u koaguláza pozitivních stafylokoků 0,0003 %, u termotolerantních campylobacterů 0,001 %; v biologicky čištěné odpadní vodě 0,0001 resp. 0,0005 %), všechny byly běžně detekovány. Přestože počty patogenních bakterií v odtocích (bez dočištění) nejsou vysoké (maximálně řádově jednotky v ml), většinou byly běžně detekovány. Toto je významné především v případě termotolerantních bakterií rodu *Campylobacter*, kdy k infekci člověka postačuje velmi nízká dávka (řádově stovka ktj). Biologické čištění snižuje jejich počty zhruba o 2 řády, což je obdobné jako v případě indikátorů fekálního znečištění.

Dále byla zpracována literární rešerše, týkající se aspektů desinfekce čištěných odpadních vod. Pro zájemce je k dispozici u autorů (Benáková A., Baudišová).

Studium mikrobiálních společenstev a detekce hygienicky významných bakterií v povrchových a odpadních vodách molekulárně-genetickými metodami (FISH, PCR apod.)

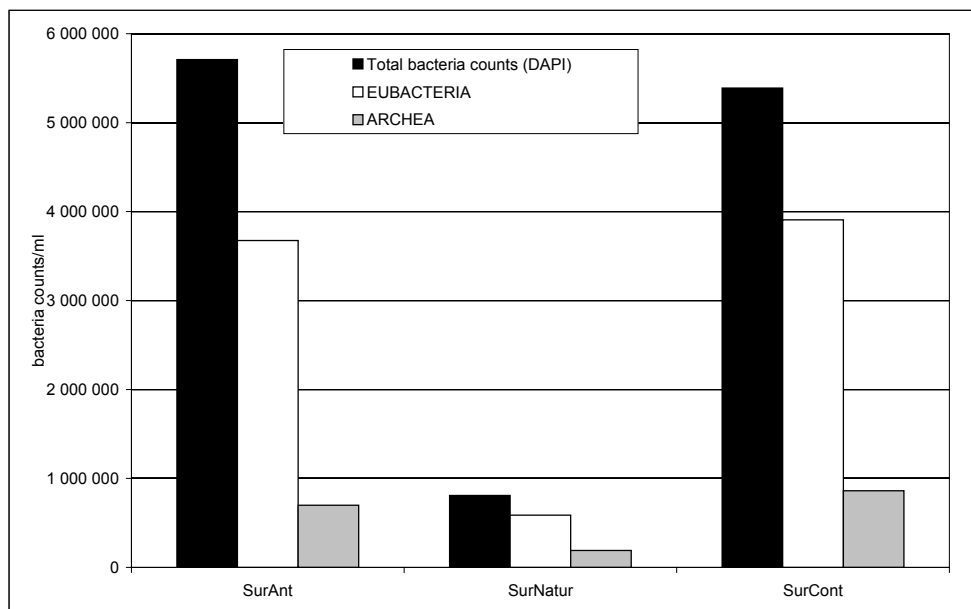
Základním krokem pro studium společenstev ve vodních ekosystémech je zjištění počtu všech přítomných bakterií. K tomu se využívá metoda stanovení přímých počtů (DC=direct counts), jež spočívá v obarvení bakterií zachycených na membránovém filtru fluorescenčním barvivem (DAPI, AO, HOECHST, FDA, FITC apod.) a jejich kvantifikaci pomocí fluorescenčního mikroskopu.

Pro charakterizaci mikrobiálních společenstev byla vybrána metoda FISH (fluorescenční *in situ* hybridizace, tj. vazba specifické fluorescenčně značené sondy na 16S rRNA hledaných bakterií) v kombinaci s mikroskopickým určením přímých počtů mikroorganismů. Možným přístupem k jejich studiu je stanovení příslušnosti bakterií do skupin s prokazatelnou fylogenetickou příbuzností.

Zpočátku byla studie zaměřena na testování a optimalizaci stanovení přímých počtů bakterií v různých typech vod s pomocí fluorescenčního barvení. Byla navržena a optimalizována metoda s využitím fluorochromu DAPI. Výsledky byly porovnány s počty kultivovatelných mikroorganismů při 22 °C. V rámci optimalizace metody byly testovány různé metody fixace vzorků vod, tj. metoda fixace p-formaldehydem, ethanolem, formaldehydem a alkalickým Lugolovým roztokem. Výsledky řešení ukázaly významnou odlišnost podílu kultivovatelných a nekultivovatelných mikroorganismů v závislosti na typu vod. V průmyslových odpadních vodách bylo zjištěno 35 % nekultivovatelných mikroorganismů v komunálních odpadních vodách 67 % a v čistých povrchových a pitných vodách až 99 %.

Předmětem další etapy řešení bylo sledování vztahu mezi distribucí jednotlivých fylogenetických skupin ve vzorcích povrchových vod s různou úrovní antropogenního zatížení. S využitím metody stanovení přímých počtů (DC) a FISH byla ve všech vzorcích provedena analýza mikrobiálních společenstev stanovením 6 nejvýznamnějších fylogenetických skupin. Vzorky byly hybridizovány ve fixovaném stavu s oligonukleotidovými sondami specifickými pro skupiny *Alfaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*,

Gammaproteobacteria, *Cytophaga-Flavobacterium* a domény *Archea* a *Eubacteria*. Výsledky analýz vzorků vod, zpracovaných v první etapě ukázaly rozdílnou distribuci fylogenetických skupin mikrobiálních společenstev v závislosti na stupni antropogenního znečištění. Nejvýznamněji se diferencovaly vody nezasážené antropogenním znečištěním. Doména *Eubacteria* představovala nezávisle na stupni znečištění vody 60-70 % z celkového počtu bakterií. Doména *Archea* tvořila nejméně početnou skupinu ve všech 3 typech vod (obr. 2.4.2.). V odpadních a biologicky čištěných odpadních vodách byly nejvíce zastoupeny skupiny *Betaproteobacteria* a *Gammaproteobacteria*.

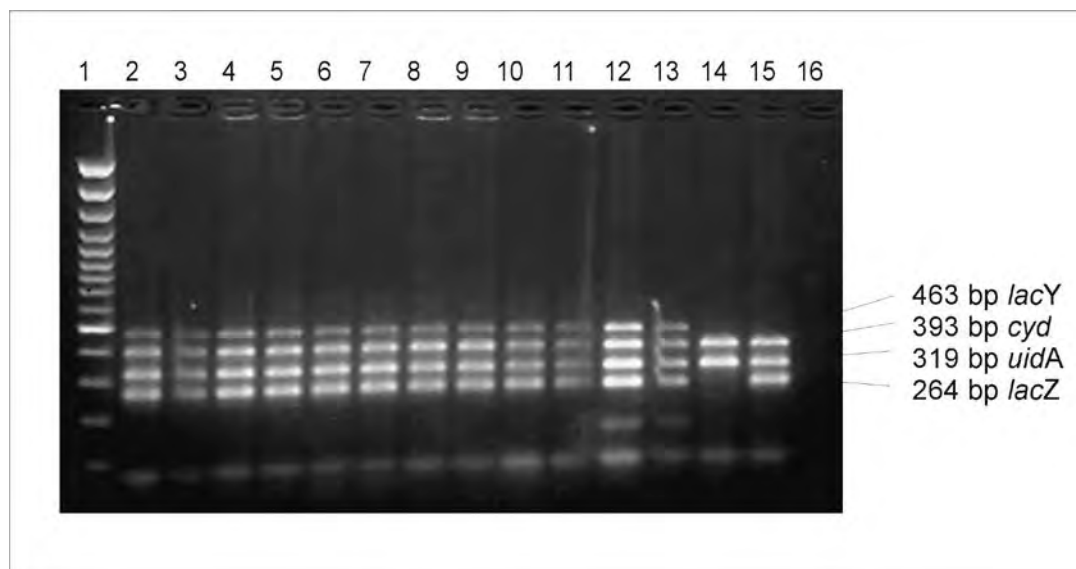


Obr. 2.4.2 Rozdíly v počtu mikroorganismů ve 3 typech vod (SurAnt=povrchová antropogenně znečištěná, SurNatur=povrchová bez antropog. znečištění, SurCont=povrchová silně znečištěná)

Analýza mikrobiálních společenstev byla dále rozšířena o studium významných skupin mikrobiálních společenstev v podélném profilu povrchového toku v závislosti na odlišných environmentálních podmínkách (klimatické podmínky, geologické podloží, lesní hospodaření, teplota vody, apod.). Výsledky této etapy ukázaly prokazatelné rozdíly ve složení mikrobiálních společenstev v závislosti na charakteru úseků toku, především odlišném geologickém podloží a antropogenních vlivech jako je regulace toku, přehradní nádrží a osídlení. Rozdíly v případě oligotrofního toku nebyly závislé na jakosti vody.

Dalším přístupem ke studiu mikroorganismů z vodního prostředí jsou metody založené na PCR (polymerázová řetězová reakce). PCR je metoda umožňující amplifikaci cílových sekvencí nukleových kyselin, kterou lze využít pro specifickou detekci hledaných genů/bakterií.

Pozornost byla věnována zvýšení specifity detekce modelové a indikátorové bakterie *Escherichia coli* metodou PCR. Za tímto účelem byla odzkoušena vícečetná tzv. multiplex PCR, kdy byly do reakce současně zařazeny 4 primery, kódující odlišné geny (*lacZ*, *uidA*, *cyd*, a *lacY*). Optimalizace probíhala pro každý pár primerů zvlášť s přihlédnutím na současné provedení reakce. V posledním roce byla PCR metoda aplikována na detekci verocytotoxinogenní *E. coli*, izolované ze vzorků vod. K amplifikaci byly úspěšně použity primery *lacZ* a *ECuidA*.



Obr. 2.4.3 Multiplex amplifikace DNA ze sbírkových kmenů *E. coli*, *Shigella sonnei* and *Shigella flexneri* s použitím genů *lacZ*, *uidA*, *cyd*, a *lacY*

Dále byly práce zacíleny zejména na optimalizaci izolace DNA z přírodních vzorků, zvýšení výtěžnosti metody PCR a detekci významných bakterií z vodního prostředí.

Byly navrženy, optimalizovány, otestovány a aplikovány metody založené na PCR pro identifikaci následujících indikátorových a hygienicky významných bakterií: *E. coli*, salmonely (geny - *hns*, *hilA1* a *hilA2*), enterokoky (gen kódující 23S rRNA a gen *tuf* -v obou případech bylo dosaženo pozitivního výsledku, nicméně byly zaznamenány i nespecifické reakce), *Clostridium perfringens* (*cpa* - pro gen kódující α -toxin), legionely (primery pro 5S rRNA, *mip1* a *mip2*), *Staphylococcus aureus* (primery pro gen kódující 16S rRNA a gen *nuc*) a *Pseudomonas aeruginosa* (gen *algD*).

Výsledky provedené studie zaměřené na snížení detekční meze a zvýšení výtěžnosti metod izolace DNA pro stanovení bakterií z vodního prostředí metodou PCR ukázaly že:

a) nejefektivnějším postupem získání buněk z bakteriální suspenze nebo reálného vzorku bylo použití filtrace vzorku a desorbce buněk ultrazvukem a vortexováním a následná centrifugace s přidavkem Tritonu;

b) z testovaných metod pro izolaci DNA byly z čisté suspenze buněk rodu *Enterococcus* i z reálných vzorků vod nejúčinnější: komerční kit Chemagen DNA tissue 10 kit, metoda s převařením v PCR pufru a metoda využívající proteinázu K při 55°C, přičemž tyto dvě metody jsou jednodušší a méně finančně náročné než použitý komerční kit.

2.4.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Baudišová, D., Benáková, A. Detekce patogenních bakterií v odpadních vodách. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5/2011, s. 1—2. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D. Hygienicky významné mikroorganismy v odpadních vodách. Vodní hospodářství, 2011, roč. 4/2011, č. 4, s. 141—143. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D. Stanovení mikrobiální kontaminace odpadní a povrchové vody - problémy a nejistoty. VTEI, příloha vodního hospodářství č.12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 9—11. ISSN 0322-8916.

- Baudišová, D., Mlejnková, H. Mikrobiální znečištění povrchových vod - mikrobiologické ukazatele. *Vodní hospodářství*, 2009, roč. 59, č. 3, s. 101—102. ISSN 1211-0760.
- Baudišová, D. *Escherichia coli* v českých povrchových vodách. *VTEI*, příloha *Vodního hospodářství* č. 10/2008, 2008, roč. 50, č. 5, s. 4—5. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D. *Escherichia coli* v povrchových vodách. *VTEI* vodohospodářské technické ekonomické informace, 2007, roč. 49, č. 3, s. 4—5. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D., Fuksa, J.K. Termotolerantní koliformní bakterie v povrchových vodách a v biofilmech - pohled na strukturu skupiny. *VTEI*, 2005, roč. 47, č. 3, s. 6—7. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D., Leontovyčová, D. Mikrobiální znečištění ve vybraných profilech toků ČR. *VTEI*, 2005, roč. 47, č. 1, s. 6—8. ISSN 1211-6483.
- Fremrová L., Baudišová D., Šimonová G. Jakost vod - Stanovení koliformních bakterií v nedesinfikovaných vodách. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem: ČSN 75 7837 [CR, 2010]
- Fremrová, L., Baudišová, D., Šimonová, G. ČSN 75 7835 Jakost vod - Stanovení termotolerantních koliformních bakterií a *Escherichia coli*. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem: ČSN 75 7835 [CR, 2009]
- Horáková, K., Mlejnková, H., Mlejnek, P. Specific detection of *Escherichia coli* isolated from water samples using polymerase chain reaction targeting four genes: cytochrome bd complex, lactose permease, beta-D-glucuronidase, and beta-D-galactosidase. *Journal of Applied Microbiology*, 2008, roč. 105, č. 4, s. 970—976. ISSN 1364-5072.
- Horáková, K., Mlejnková, H., Mlejnek, P. Evaluation of methods for isolation of DNA for PCR based identification of pathogenic bacteria from pure cultures and water samples. *Water Science and Technology*, 2008, roč. 58, č. 5, s. 995—999. ISSN 0273-1223.
- Krejčí, E., Sedláček, I., Baudišová, D. Classification of Brown Pigmented Aeromonads Isolated from River Water. *Folia Microbiologica*, 2009, roč. 54, č. 2, s. 123—129. ISSN 0015-5632.
- Mlejnková, H., Lytková, M. Hodnocení postupů pro zvýšení efektivity detekce nízkých počtů bakterií ve vzorcích vod metodou polymerázové řetězové reakce. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 2, s. 11—14. ISSN 0322-8916.
- Mlejnková, H., Slezáková, K., Petránová, A. Charakterizace fekální kontaminace a hygienických rizik spojených s vypouštěním odpadních vod z komunálních čistíren odpadních vod do toků. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 1, s. 16—18. ISSN 0322-8916.
- Mlejnková, H., Kroča, J., Fojtík, T. Organické zatížení malých vodních toků Moravskoslezských Beskyd – zatřídění dle mikrobiálních indikátorů organického znečištění (2006-2010). 2010, MŽP, 9.12.2010.
- Mlejnková, H., Slezáková, K., Fojtík, T., Petránová, A. Mikrobiální znečištění odpadních vod z ČOV v povodí Moravy – plnění emisních standardů 2009-2010. 2010, MŽP, 9.12.2010.
- Mlejnková, H., Sovová, K. Impact of pollution and seasonal changes on microbial community structure in surface water. *Water Science and Technology*, 2010, roč. 2010, č. 61.11, s. 2787—2795. ISSN 0273-1223.

3. ODDÍL C – ANTROPOGENNÍ VLIVY NA POVRCHOVÉ VODY

3.1 VLIVY ANTROPOGENNĚ SILNĚ POZMĚNĚNÝCH OPVODÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY

Doba řešení: 2005 – 2008

Hlavní řešitel: RNDr. Ladislav Havel, CSc.

Řešitelský tým: RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Andrea Benáková, RNDr. Kateřina Kohušová, Ing. Vladimír Kužílek, CSc., Ing. Tomáš Mičaník, RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D.

3.1.1 Předmět řešení

Extrémně antropogenně ovlivněná území pokrývají poměrně malou část území České republiky, které však výrazně (většinou negativně) ovlivňují kvalitu vody odtékající z těchto území a mají negativní dopady na ekosystémy a užití vody v celých povodích. Antropogenní vlivy na ekosystémy toků v těchto oblastech zesilují v podmínkách globální klimatické změny, kdy víceméně konstantní množství znečištění odtéká do recipientů se značně kolísající vodností.

Řešení subprojektu bylo zaměřeno na výzkum jednotlivých složek ekosystémů v extrémně antropogenně ovlivněných povodích a na nepřírozených substrátech, jejich vzájemné vztahy a vliv těchto podmínek na kvalitu odtékající vody. Předpokládanými výstupy bylo zobecnění a prezentace poznatků, návrhy managementu takto ovlivněných území a revitalizačních opatření.

V období řešení (2005 – 2008) zahrnoval subprojekt 6 dílčích tematických celků (s různou dobou řešení). Zájmové oblasti pokrývaly nejvíce negativně antropogenně ovlivněné regiony České republiky s různými typy dopadů lidské činnosti:

- Kvalita vody, sedimentů a bioty v odtocích z extrémně antropogenně ovlivněných ekosystémů (Severočeská hnědouhelná pánev): řešeno 2005 – 2008.
- Kvalita vody v tocích v extrémně antropogenně zatížené oblasti se zaměřením na mikrobiologické a hydrobiologické ukazatele (Liberecký kraj): řešeno 2005 – 2008.
- Vliv průmyslového areálu Pardubice-Semtín na kvalitu složek vodních ekosystémů Labe z hlediska specifických organických polutantů (Pardubický kraj): řešeno 2005 – 2008.
- Ekotoxikologické a genotoxické riziko odtoků z antropogenně extrémně ovlivněných povodí (Ostravsko-karvinská aglomerace): řešeno 2005 – 2008, poté přešlo pod samostatný subprojekt 3613.
- Kontaminace vodních ekosystémů v oblasti bývalé těžby a úpravy radionuklidy (Českomoravská vysočina): řešeno 2005 – 2007, poté přešlo pod samostatný subprojekt 3611.
- Studium výskytu, chování a vlivu nitrobenzenu, anilinu a jejich derivátů a návrh opatření k ochraně vod (Odra – dolní úsek české části toku): 2008, poté výrazně omezeno a dořešeno v subprojektu 3613.

Rozpracovaný subprojekt 3610 byl v roce 2008 rozhodnutím garanta ukončen (viz zápis z kontrolního dne VZ ze dne 20.11.2008); výsledky a výstupy reprezentují stav řešení do poloviny roku 2008.

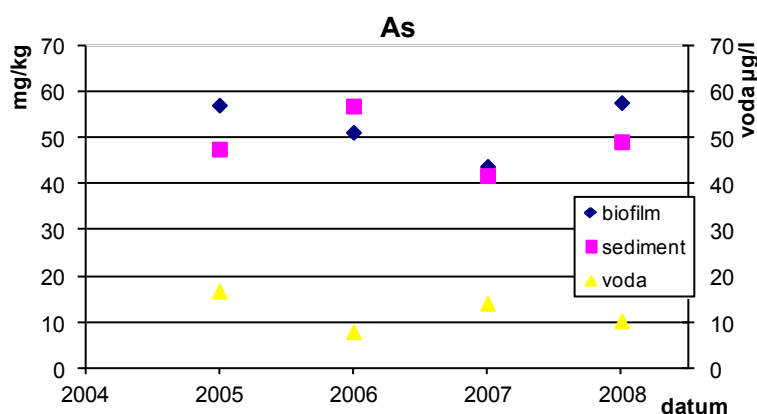
3.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Kvalita vody, sedimentů a bioty v odtocích z extrémně antropogenně ovlivněných ekosystémů (Severočeská hnědouhelná pánev)

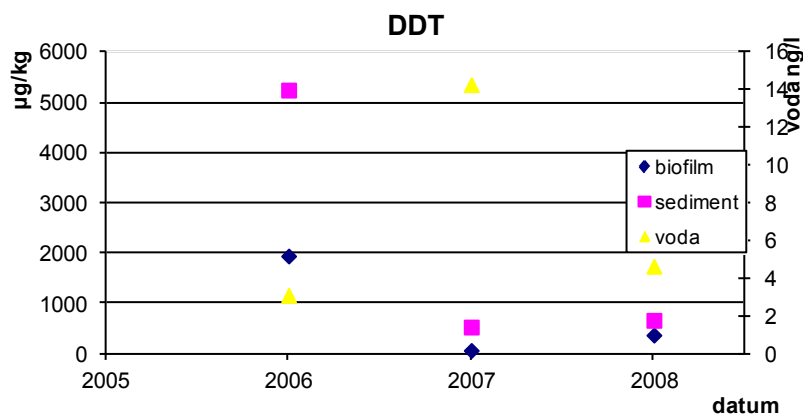
Tematický celek řešil problematiku povodí Bíliny, odvodňující oblast Severočeské hnědouhelné pánve, které patří k nejvíce antropogenně ovlivněným oblastem („hot spots“) v České republice. Je charakteristické vysokou koncentrací těžebního, energetického a chemického průmyslu a zároveň vysokou hustotou osídlení.

Na rozdíl od subprojektu 3604, který se zabýval zdroji znečištění v oblasti, jejich typem a vývojem zatížení povodí, byl tematický celek v rámci subprojektu 3610 zaměřen především na hodnocení vlivu znečištění na vybrané složky ekosystému Bíliny (voda, sedimenty, biofilmy, makrozoobentos) v prostoru a čase. Lze konstatovat následující závěry:

- Přesto, že se kontaminace vody Bíliny postupně snižuje, pevné matrice (sedimenty, biofilm) vykazují stále vysokou zátěž. Koncentrace sledovaných látek jsou v těchto maticích až o několik řádů vyšší (3 až 6 řádů), než jejich koncentrace v povrchové vodě. Vyšší schopnost akumulace v těchto maticích vykazují specifické organické látky. Příklady: viz grafy 3.1.1 a 3.1.2.

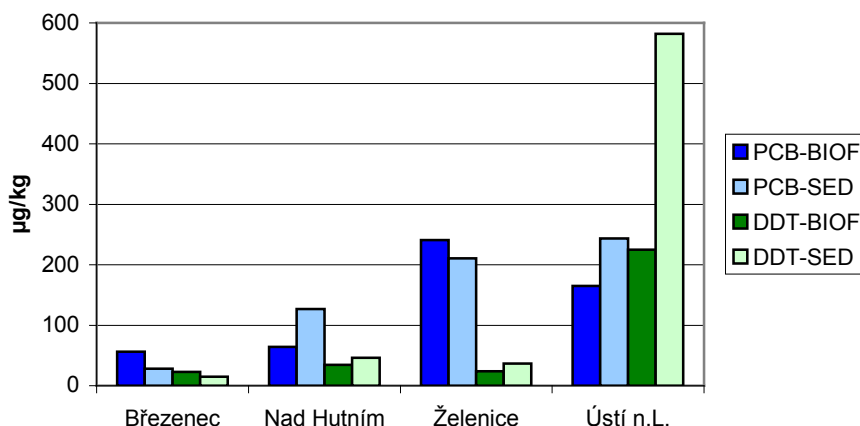


Graf 3.1.1 Porovnání koncentrace As v pevných maticích (biofilmy, sedimenty) a v povrchové vodě řeky Bíliny.



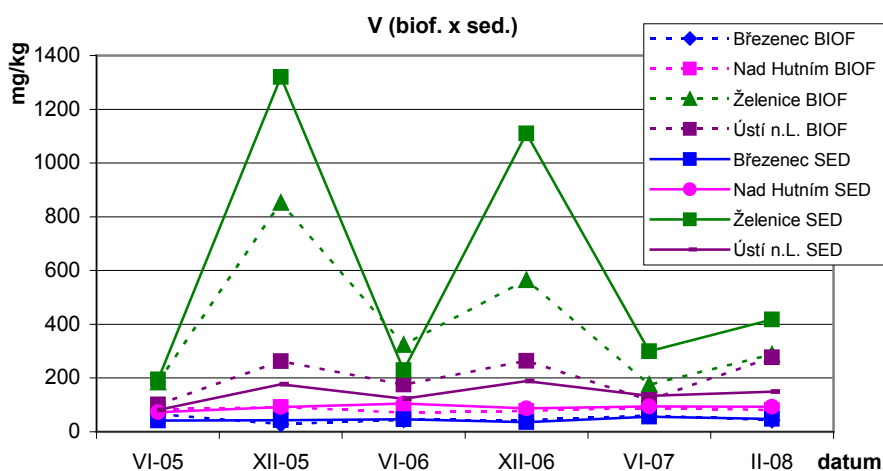
Graf 3.1.2 Porovnání koncentrace DDT v pevných maticích (biofilmy, sedimenty) a v povrchové vodě řeky Bíliny.

- Výrazné bylo zastoupení vybraných škodlivin v pevných matricích (biofilmy, sedimenty) v podélném profilu toku Bíliny (graf 3.1.3).



Graf 3.1.3 Zastoupení specifických organických látek (PCB, DDT) v podélném profilu toku (biofilmy, sedimenty)

- Koncentrace některých kovů (především V, Hg, částečně As, Cd, Zn) a specifických organických látek (PCB, PAU) vykazují v biofilmech a sedimentech výraznou sezónní variabilitu (příklad: graf 3.1.4 – vanad). Získané výsledky potvrzují souvislost s masivním rozvojem makrofyt (zejména rdestu *Potamogeton pectinatus*) ve střední a dolní části toku.



Graf 3.1.4 Sezónní změny koncentrace vanadu v biofilmech a sedimentech

Prezentace výsledků:

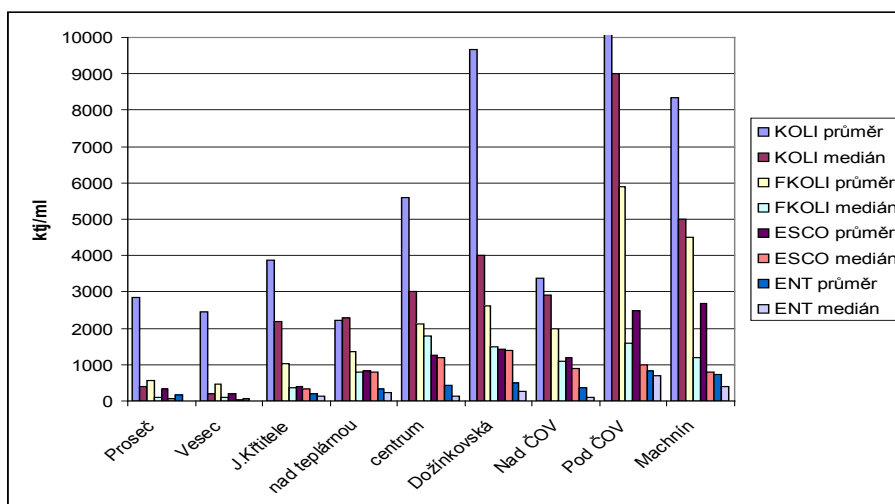
- Aronová, K. Kvalita vody v Bílině a jejích vybraných přítocích. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha: Česká limnologická společnost, 2006, s. 28-28. ISBN 80-239-7257-X. (Ve spolupráci se subprojektem 3604).
- Havel, L., Vlasák, P., Aronová, K. Temporal and spatial changes of the Bílina River Ecosystem (Northwest Bohemia, Czech Republic). In Luigi Naselli-Flores SEFS-5, Fifth Symposium for Freshwater Sciences. Palermo, Italy, 8.7.2007. Palermo, Italy: European Federation for Freshwater Sciences, 2007, s. 210-. ISBN N.

Kvalita vody v tocích v extrémně antropogenně zatížené oblasti se zaměřením na mikrobiologické a hydrobiologické ukazatele (Liberecký kraj)

Tematický celek řešil oblast s převažujícím komunálním znečištěním (silně antropogenně ovlivněný tok Lužická Nisa). Byly zahájeny práce na výzkumu zastoupení bakteriálních fylogenetických skupin (metodou FISH) v jednotlivých profilech Lužické Nisy, svědčící o různém stupni antropogenního ovlivnění.

Závěry:

- Vliv aglomerace Liberec na jakost vody Lužické Nisy:
 - Uvnitř aglomerace Liberec dochází k postupnému (nikoliv nárazovému) zvyšování počtů indikátorů fekálního znečištění v toku Lužická Nisa (graf 3.1.5).
 - Čistírenská technologie ČOV Liberec eliminuje mikrobiální znečištění dostatečně. Hlavní přítoky v této oblasti – Bílá Nisa, Černá Nisa a Luční potok ke znečišťování Lužické Nisy významně nepřispívají.



Graf 3.1.5 Mikrobiologické ukazatele v Lužické Nise: aritmetický průměr a medián (koliformní bakterie – KOLI, fekální koliformní bakterie – FKOLI, Escherichia coli – ESCO a intestinální enterokoky – ENT)

- Výzkum zastoupení různých skupin bakteriálních fylogenetických skupin (metodou FISH) v jednotlivých profilech Lužické Nisy o různém stupni antropogenního ovlivnění – bylo kvantifikováno zastoupení pěti vybraných bakteriálních fylogenetických skupin (*Alfaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Cytophaga-Flavobacterium*, *Archaea*) metodou fluorescenční in situ hybridizace v celkové bakteriální populaci v jednotlivých profilech Lužické Nisy (tab. 3.1.1).

Tab. 3.1.1 Relativní zastoupení bakteriálních fylogenetických skupin mezi celkovými počty bakterií v jednotlivých profilech Lužické Nisy (*Alfaproteobacteria* = ALFA; *Betaproteobacteria* = BETA; *Gammaproteobacteria* = GAMA; *Cytophaga-Flavobacterium* = CF; *Archaea* = ARCH)

	ALFA	GAMA	BETA	CF	ARCH
14.2.2007					
Lučany	4 %	<1 %	11 %	25 %	10 %
Paseky	3 %	26 %	17 %	5 %	11 %
Proseč	2 %	1 %	<0,1 %	1 %	2 %
Liberec nad ČOV	22 %	37 %	1 %	0	0
Machnín	34 %	4 %	<0,1 %	<0,1 %	1 %

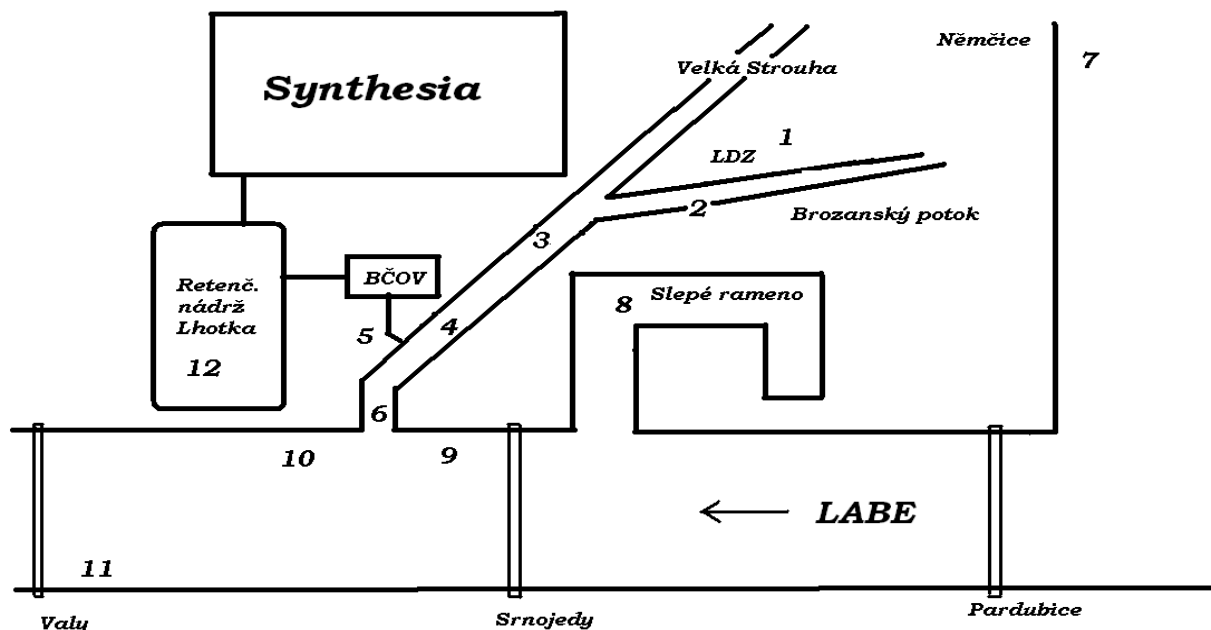
	ALFA	GAMA	BETA	CF	ARCH
31.5.2007					
Lučany	6 %	1 %	11 %	18 %	<0,1 %
Paseky	4 %	1 %	<0,1 %	3 %	4 %
Proseč	1 %	3 %	<0,1 %	<0,1 %	6 %
Liberec nad ČOV	1 %	1 %	<0,1 %	1 %	2 %
Machnín	8 %	2 %	<0,1 %	1 %	2 %
13.8.2007					
Lučany	1 %	1 %	13 %	3 %	<0,1 %
Paseky	10 %	2 %	1 %	1 %	<0,1 %
Proseč	<0,1 %	15 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %
Liberec nad ČOV	11 %	8 %	1 %	2 %	<0,1 %
Machnín	15 %	1 %	2 %	<0,1 %	
1.11.2007					
Lučany	27 %	17 %	<0,1 %	9 %	<0,1 %
Paseky	6 %	15 %	1	<0,1 %	12 %
Liberec nad ČOV	-	45 %	<0,1 %	<0,1 %	17 %
Machnín	1 %	2 %	<0,1 %	5 %	3 %

Vliv průmyslového areálu Pardubice-Semtín na kvalitu složek vodních ekosystémů Labe z hlediska specifických organických polutantů (Pardubický kraj)

Tematický celek se zabýval oblastí s převažujícím průmyslovým znečištěním (především specifickými organickými polutanty), která má bezprostřední vliv na jakost vody Labe.

Závěry:

- Byl prověřen průmyslový areál a zvoleny profily pro odběr vzorků (obr. 3.1.1).
- V zájmové oblasti se nacházejí tři hlavní zdroje znečištění:
 - Průmyslové odpadní vody z chemického závodu Synthesia a.s.
 - Komunální odpadní vody z města Pardubice.
 - Průniky ze starých ekologických zátěží, které se zde ve významné míře nacházejí (sklárky a úložiště odpadů a zbytků z chemických výroby).
- Bylo odebráno, analyzováno a vyhodnoceno cca 120 vzorků povrchových a odpadních vod, sedimentů, plavenin a rybích tkání.
- Je zřejmý zásadní vliv vyústění Velké Strouhy (viz obr. 3.1.1) na jakost vody Labe mezi profily Němčice a Valy. Ačkoliv Velká Strouha se na průtoku Labe podílí necelými 2 %, v případě trichlorbenzenů, pentachlorbenzenu, HCH, naftalenu nebo EDTA je její látkový odnos (a tedy příspěvek do Labe) několikanásobně vyšší ve srovnání s tím, co Labe samo přináší. Také v případě PCB, hexachlorbenzenu, DDT nebo NTA jsou látkové odnosy z Velké Strouhy do Labe velmi významné (viz tab. 3.1.2.)

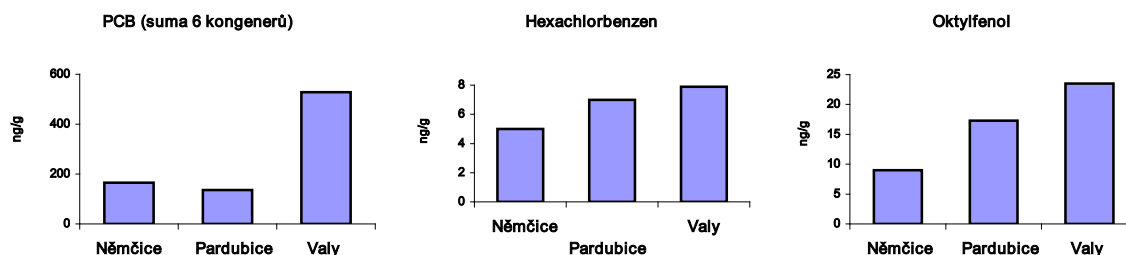


Obr. 3.1.1 Schematické znázornění míst odběrů vzorků

Tab. 3.1.2 Průměrné koncentrace a látkový odnos v profilech Labe-Němčice, Labe-Valy a pravostranného přítoku Velká Strouha

Specifické organické polutanty (jakostní parametry dle NV 229/2007)	Labe-Němčice (13 měření, průměrný průtok v měřících dnech = 55,5 m ³ .s ⁻¹)		Velká Strouha (6 měření, průměrný průtok v měřících dnech = 1,1 m ³ .s ⁻¹)		Labe-Valy (13 měření, průměrný průtok v měřících dnech = 65,0 m ³ .s ⁻¹)	
	Průměrná koncentrace (ng.l ⁻¹)	Látkový odnos (g.den ⁻¹)	Průměrná koncentrace (ng.l ⁻¹)	Látkový odnos (g.den ⁻¹)	Průměrná koncentrace (ng.l ⁻¹)	Látkový odnos (g.den ⁻¹)
PCB (suma 6 kongenerů)	5,2	25	133	13	6,2	35
TCB (suma 3 izomerů)	0,6	3,0	2 302	219	71	400
Pentachlorbenzen	0,3	1,2	72	6,8	1,4	7,8
Hexachlorbenzen	0,4	2,1	6,2	0,6	0,6	3,2
HCH (suma 4 izomerů)	0,4	1,7	176	16,7	4,0	22
DDT (suma 4 metabolitů)	0,2	0,9	6,5	0,6	0,3	1,6
Nonylfenol	126	604	307	29	148	829
Oktylfenol	5,9	28	13	1,3	7,0	39
Tonalide	16	75	139	13	16	88
Galaxolide	80	386	977	93	84	473
Naftalen	11	54	1 055	100	30	170
PAU (suma 6 sloučenin)	46	219	29	2,8	30	166
EDTA	1 700	8 153	235 112	22 345	2 586	14 524
NTA	2 738	13 130	8 062	766	2 751	15 448

- Dopad emisí z průmyslového areálu Pardubice-Semtín na ryby: byl prokázán nárůst koncentrací organických škodlivin ve svalovině jelce (*Leuciscus cephalus*) v profilech Labe pod ústím Velké Strouhy (příklady: grafy 3.1.6 – 3.1.8).



Grafy 3.1.6 – 3.1.8 Nárůst koncentrace organických škodlivin ve svalovině jelce (příklady)

Ekotoxikologické a genotoxické riziko odtoků z antropogenně extrémně ovlivněných povodí (Ostravsko-karvinská aglomerace)

Tematický celek se zabýval oblastí s kombinací průmyslového a komunálního znečištění, (kde průmyslové znečištění převažuje) a možnostmi hodnocení ekotoxikologického a genotoxikologického rizika znečištění pro ekosystém.

Cíle řešení:

- Sladění systémů hodnocení chronické toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod.
- Vývoj metodiky komplexního hodnocení dlouhodobých antropogenních účinků na jakost povrchových vod a sedimentů z hlediska celkové úrovně toxického a genotoxického rizika jejich znečištění.
- Vypracování návrhu TNV pro komplexní postup stanovení chronických účinků znečištění.

Závěry:

- Experimentálně byl prověřen a doporučen postup zamrazení a uchování bakteriálních kultur, který umožňuje jejich dlouhodobou použitelnost (až šest měsíců), která zároveň splňuje podmínky pro platnost zkoušek dle ČSN ISO 11348 část 1.
- Výstupy řešení tematického celku byly uplatněny jako podklady pro normu TNV 75 7769 „Jakost vod-metoda stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod“ (realizována v roce 2009 v jiném subprojektu; schválena 1.12.2009 s účinností od 1.1.2010).

Kontaminace vodních ekosystémů v oblasti bývalé těžby a úpravy radionuklidy (Českomoravská vysočina)

Tematický celek řešil specifickou problematiku území zasaženého těžbou uranu a dopady na ekosystém toků odvodňujících tuto oblast.

Cílem řešení bylo posouzení vlivu odtoků z jednotlivých zdrojů znečištění v zájmové oblasti na ekosystém příslušných vodotečí (voda, sedimenty, plaveniny, biota).

Sledované lokality:

- Přítok Svatky (Bolešín): na základě výsledků screeningu (2005) zařazen jako kontrolní profil,
- Nedvědička (Rožná): v této části povodí je několik zdrojů možné kontaminace vody radionuklidy, především blízkost posledního těžebního dolu Rožná a odkališť,
- Nedvědička (Nedvědice – před ústím do řeky Svatky): významný z hlediska sledování postupu znečištění,

- Hadůvka (Olší): profil se nachází v oblasti akumulární nádrže pod odvalem Olší, vývěru pod akumulární nádrží a vrtů v údolní nivě pod akumulární nádrží Olší,
- Hadůvka (Skryje): zaústění vod z čistírny důlních vod Olší-Drahonín. Nad sledovaným profilem se nachází vývěr u jižní paty odvalu Drahonín a dva vrtů u východní a jihovýchodní paty odvalu Drahonín,
- Přítok Bobruvky (Vrbka): profil byl vybrán pro ověření kontaminace na základě výsledků screeningu provedeného v roce 2005,
- Besének (Lomnička): profil byl zařazen na základě výsledku screeningu provedeného v roce 2005 a na základě vyššího výskytu uranových rud v podloží v této oblasti.

Závěry:

- Zvýšené koncentrace (a hmotnostní aktivity) uranu a radia ve vodě a v sedimentech byly zjištěny v profilech Hadůvka (Olší) a Hadůvka (Skryje). Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v doplňkovém profilu Hadůvka (Olší, pod čistírnou důlních vod). Další výsledky jsou uvedeny v následující kapitole 3.2.
- Byla hodnocena toxicita sedimentů na modelové organismy (tab. 3.1.3).

Tab. 3.1.3 Ekotoxicita sedimentů (TU = toxický účinek; NS = nelze stanovit)

Odběrový profil	<i>Daphnia magna</i>		<i>Thamn. platyurus</i>		<i>Desm. communis</i>	
	TU	inhibice (%)	TU	inhibice (%)	TU	inhibice (%)
Přítok Svratky (Bolešín)	NS	5	NS	0	3,9	52
Nedvědička (Rožná)	NS	0	NS	0	NS	54
Nedvědička (Nedvědice)	NS	5	NS	0	NS	15
Hadůvka (Olší)	NS	5	NS	0	4,9	82
Hadůvka (Skryje)	NS	5	NS	0	NS	6
Přítok Bobruvky (Vrbka)	NS	0	NS	3,3	3,3	68
Besének (Lomnička)	NS	5	NS	0	NS	-2,2

- V potoce Hadůvka byly detekovány genotoxické účinky sedimentů a plavenin (tab. 3.1.4).

Tab. 3.1.4 Genotoxické účinky sedimentů a plavenin

Vzorek	Kmen <i>Salmonella typhimurium</i>		
	Varianta bez S9		
	TA 97	TA 98	TA 100
Hadůvka ČDV – sediment	neg.	neg.	neg.
Hadůvka Skryje – sediment	neg.	neg.	poz.
Hadůvka ČDV – plavenina	neg.	neg.	poz.
Hadůvka Skryje – plavenina	neg.	poz.	poz.

- Byla prokázána akumulace radia226 a uranu v biologickém materiálu (tab. 3.1.5).

Tab. 3.1.5 Bioakumulace radia²²⁶ a uranu v biologickém materiálu

Profil	přítok Svratky (Bolešín)	Nedvědička (Rožná)	Nedvědička (nedvědice)	Hadůvka (Olší)	Hadůvka (Skrýje)	přítok Bobrůvky (Vrbka)	Besének (Lomnička)	Besének (Lomnička)
Taxon	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Bryophyta g. sp. div.</i>	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Bryophyta g. sp. div.</i>	<i>Bryophyta g. sp. div.</i>	<i>Bryophyta g. sp. div.</i>	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Vaucheria sp.</i>
Ra radium (Bq.kg ⁻¹)	196	3670	471	902	186	2230	171	107
U uran (mq.kg ⁻¹)	1030	25	214	2446	1141	44	173	74
U uran (Bq.kg ⁻¹)	25750	633	5350	61150	28525	1093	4325	1838

Prezentace výsledků:

- Hudcová, H., Mlejnková, H., Mojžíšková H., Žáková, Z., Kočková, E. Konference „Říční krajina 5“. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí. Olomouc 17.10.2007.
- Hudcová, H., Mlejnková, H., Mojžíšková H., Žáková Z., Kočková, E. Konference „Ekologie krajiny v ČR: Těžba nerostných surovin a ochrana přírody (Geodiverzita a biodiverzita krajiny ovlivněné těžbou nerostných surovin)“, Centrum ekologických aktivit Sluňákův, Horka nad Moravou, 14. – 15.9. 2007.

Studium výskytu, chování a vlivu nitrobenzenu, anilinu a jejich derivátů a návrh opatření k ochraně vod (Odra – dolní úsek české části toku)

Řešení tematického oddílu se zaměřilo na oblast Odry ovlivněnou specifickými organickými látkami (především nitrobenzen a anilín), které pocházejí především z chemického komplexu BorsodChem MCHZ, s.r.o., Ostrava.

Závěry:

- V odpadních vodách z chemického komplexu BorsodChem MCHZ, s.r.o., Ostrava byla potvrzena přítomnost mononitrofenolů s převahou 4-nitrofenolu, a nitrobenzenu, které byly v malém množství indikovány i v povrchové vodě 2,2 km pod místem vypouštění – profil Odra-Petřkovice (tab. 3.1.6).

Tab. 3.1.6 Výsledky analýz specifických organických látek v odpadní vodě z BorsodChem MCHZ, s.r.o., Ostrava a v povrchové vodě v profilu Odra-Petřkovice

Látka	Odpadní voda Borsodchem MCHZ s.r.o.	Odra-Petřkovice
	$\mu\text{g.l}^{-1}$	$\mu\text{g.l}^{-1}$
Fenol	13,45 ± 3,55	pod MS
2-nitrofenol	7,25 ± 4,75	pod MS
4-nitrofenol	84,8 ± 75,2	0,78 ± 0,53
Nitrobenzen	147,5 ± 75,6	4,31 ± 0,40
1,3-dinitrobenzen	3,44 ± 2,94	0,18 ± 0,13
N,N-diethylanilin	9,15 ± 4,85	pod MS

Z provedené rešerše zaměřené na toxicitu nitrofenolů na vodní organismy vyplývá, že mononitrofenoly vykazují pro vodní organismy slabě toxické účinky:

- akutní chronické účinky (LC50) 4-nitrofenolu se projevují od koncentrace 5,8 mg.l⁻¹ (*Lepomis macrochirus*), pro *Daphnia magna* při 22 mg.l⁻¹,
- toxické účinky pro oplodněná vajíčka ryby *Brachydanio rerio* nebyly pozorovány při koncentraci 12,5 mg.l⁻¹,

Po zrušení řešení této problematiky v tomto subprojektu v roce 2008 bylo v následujících letech provedeno ověření kumulace nitroaromatických sloučenin v rybím mase v rámci subprojektu 3613.

3.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Aronová, K. Water quality in the Bílina River and some of its tributaries. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 9-19. ISSN 0862-6529.
- Novák, M. Balance Studies of the Czech Rivers - Bílina and Lužnice. Acta Universitatis Carolinae. Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 105-114. ISSN 0862-6529.
- Hudcová, H., Mlejnková, H., Mojžíšková, H., Žáková, Z. Monitoring zátěže hydrosféry uranový průmyslem ve střední části povodí řeky Svatky. VTEI, 2007, roč. 49, č. 3, s. 6-8. ISSN 0322-8916.
- Kužílek, V., Jánošíková, V., Svobodová, A. Použití metod ASE a GPC při analýzách perzistentních organických polutantů v pevných vzorcích vodních ekosystémů. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2008, 2008, roč. 50, č. 3, s. 3-5. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D., Havel, L., Benáková, A. Kvalita vody v antropogenně zatíženém toku Lužické Nisy 1. část - mikrobiologické ukazatele. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 8/2008, 2008, roč. 50, č. 4, s. 5-7. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Kužílek, V. Vliv průmyslového areálu Pardubice-Semtín na kvalitu složek vodních ekosystémů Labe z hlediska specifických organických polutantů. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.2/2010, 2010, roč. 52, č. 1, s. 5—9. ISSN 0322-8916.
- Soldán, P., Fremrová, L. TNV 75 7769 Jakost vod - Metoda stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod. TNV 75 7769 [CR, 2009] (dokončeno v r. 2009 v subprojektu 3613 Výzkumného záměru).

3.2 STUDIUM VÝSKYTU A CHOVÁNÍ PŘÍRODNÍCH A UMĚLÝCH RADIONUKLIDŮ V HYDROSFÉRE VČETNĚ ANTROPOGENNÍHO OVLIVNĚNÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2006: Ing. Eva Juranová
2005 – 2007: Ing. Eduard Hanslík, CSc.
2007 – 2010: RNDr. Diana Marešová, Ph.D.
2011: Ing. Eduard Hanslík, CSc.

Řešitelský tým: Ing. Eduard Hanslík CSc., RNDr. Diana Marešová, Ph.D., Ing. Hana Hudcová, Mgr. Jana Badurová, Ing. Miloš Rozkošný, Mgr. Pavel Šimek, Ing. Irena Pohlová, Michal Novák, Michal Komárek, Jana Mihalková, Markéta Reidingerová, Hana Kalová, Ivo Vaněček

3.2.1 Předmět řešení

Subprojekt vznikl v roce 2008 sloučením dřívějšího subprojektu 3622 Vývoj systému hodnocení radioaktivních látek v hydrosféře (oddíl E, E. Juranová, 2005 – 2006, D. Marešová, 2007) a problematiky řešené v rámci subprojektu 3610 Hodnocení a sledování vodních ekosystémů a jejich antropogenního ovlivnění: Časové a prostorové změny v souvislosti s antropogenními tlaky (E. Hanslík, 2005 – 2007). V letech 2008 – 2010 vedla řešení D. Marešová, v roce 2011 E. Hanslík.

V rámci subprojektu je dlouhodobě sledován obsah a chování radioaktivních látek v povrchových vodách, říčních sedimentech, vodních rostlinách a rybách. Obsah tzv. přírodních radioaktivních látek byl v našich podmínkách dlouhodobě ovlivňován těžbou a zpracováním uranových rud a tzv. umělých radionuklidů reziduálním znečištěním po atmosférických testech jaderných zbraní, havárii jaderného reaktoru v Černobylu, a je dále ovlivňován provozem JE Dukovany a JE Temelín. Výskyt uvolněných radioaktivních látek do prostředí přetrvává a je třeba znát jejich úroveň k možnému hodnocení vlivů nových zdrojů znečištění, zejména jaderných elektráren. Jsou studovány emise radioaktivních látek do vodního prostředí, distribuce radionuklidů v jednotlivých sledovaných složkách a jejich časoprostorové změny. Výsledky dosud provedených hodnocení ukazují, že trendy změn koncentrací radioaktivních látek jsou pomalé a k jejich poznání je třeba cílené sledování. Součástí řešení bylo i zdokonalení a vývoj nástrojů pro specifické potřeby sledování, které jsou využitelné i pro ostatní vodohospodářské radiologické laboratoře.

3.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

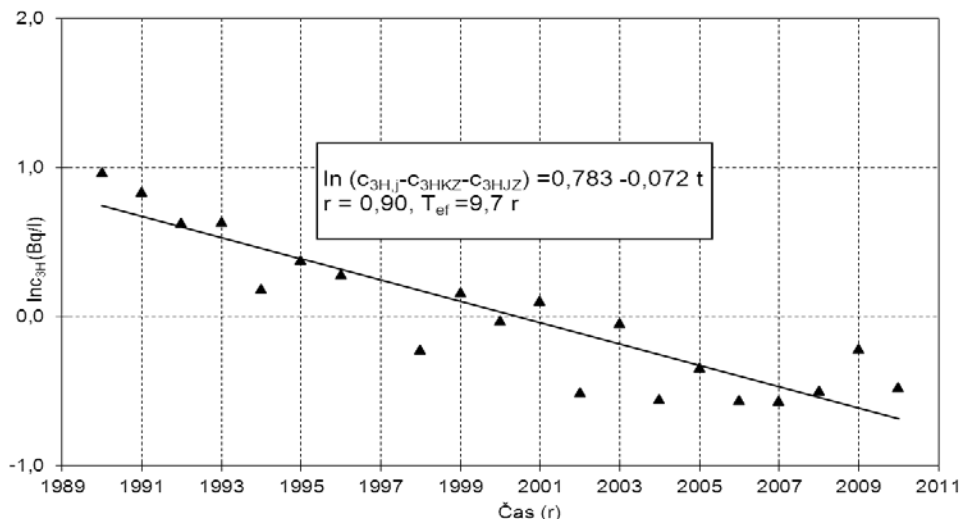
Vzhledem ke specifickým požadavkům sledování radioaktivních látek ve vodě a dalších maticích byla vypracována řada metodik. Tyto postupy byly ověřeny, normalizovány a certifikovány. Jednalo se o ČSN a TNV: ČSN 75 7611 – Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa, ČSN 75 7614 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení uranu, TNV 75 7623 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radia 226 bez srážecího postupu, ČSN 75 7622 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radia 226, ČSN 75 7624 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radonu 222, TNV 75 7621 – Jakost vod – stanovení radia 228 srážecí metodou, ČSN 75 7626 – Jakost vod – Stanovení polonia 210, ČSN 75 7610 – Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa srážecí metodou, ČSN 75 7623 Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování, ČSN 75 7625 Jakost vod – Stanovení radonu 222 kapalinovou scintilační měřicí metodou. Byly zpracovány podklady pro Metodický postup MF k provedení vyhlášky č. 461/2005 Sb., o postupu při

poskytování dotací na přijetí opatření ke snížení ozáření z přírodních radionuklidů a ke snížení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejné zásobování. Pro potřeby monitorovacích programů realizovaných v rámci výzkumného záměru byla vyvinuta vzorkovací zařízení, která jsou chráněna formou užitečných vzorů: Pasivní lapák plavenin Č.UV 20284 a Nosič DGT vzorkovače Č.UV 22560.

Ve spolupráci s dalšími organizacemi byly uspořádány konference a semináře (Konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, České Budějovice – 2006, 2008, 2010, Radiologické metody v hydrosféře – 2005, 2007, 2009, 2011, Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011)), na kterých byly mimo jiné prezentovány výsledky řešení subprojektu.

Hlavním zaměřením subprojektu je analýza časově-prostorových změn a distribuce radioaktivních látek mezi vodou, sedimenty, rybami a vodními makrofyty v lokalitách jaderných elektráren, těžby uranových rud a starých zátěží.

V lokalitách jaderných elektráren, JE Temelín a JE Dukovany, byla hlavní pozornost věnována vývoji reziduální kontaminace umělými radionuklidy, zejména tritiem, cesiem-137 a strontiem-90, po testech jaderných zbraní v atmosféře a havárii jaderného reaktoru v Černobylu. Příklad vyhodnocení časových trendů pro jednotlivé radionuklidy v povrchových vodách je uveden na obrázcích 3.2.1 – 3.2.3.



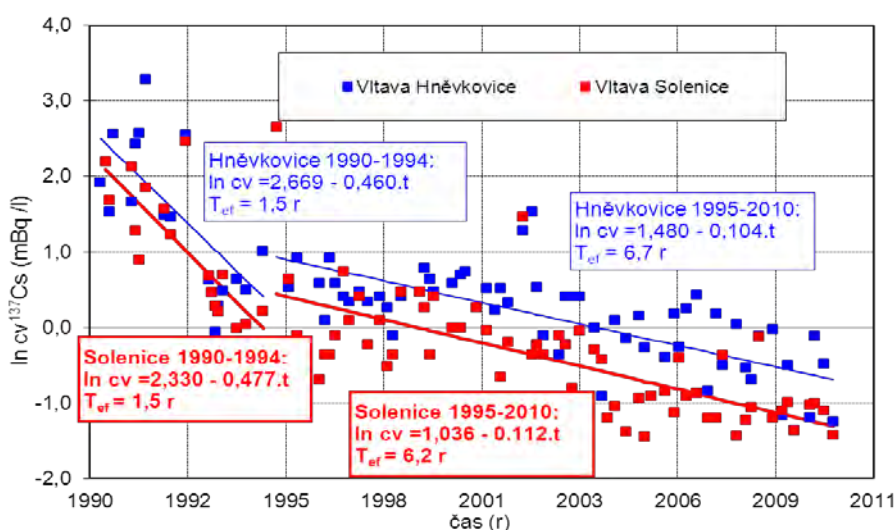
Obr. 3.2.1 Vývoj objemové aktivity tritia v povrchových vodách neovlivněných výpustmi odpadních vod z JE Temelín opravené o přirozenou složku a odhad příspěvku jaderných zařízení za období 1990 – 2010

Výsledky byly průběžně prezentovány na národních i mezinárodních konferencích:

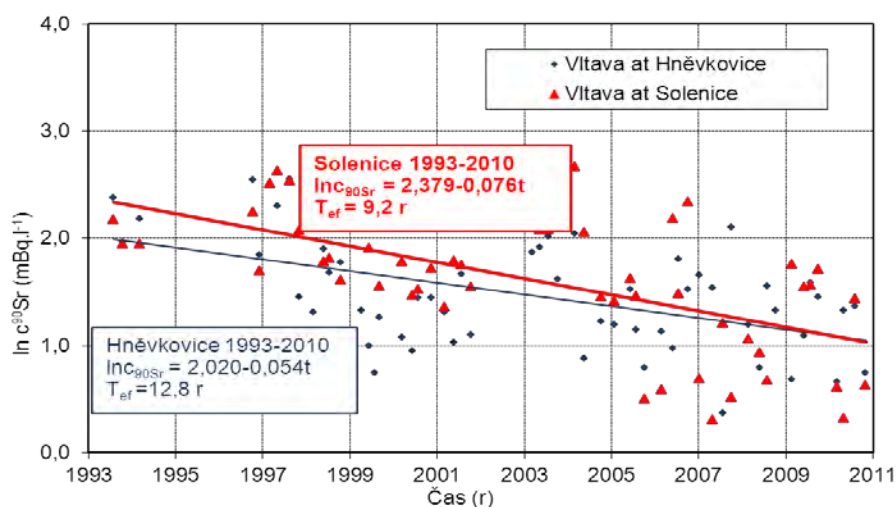
- Hanslík, E. Ivanovová, D., Juranová, E., Brtvová, E., Šimonek, P. Possibilities of Determination of Radionuclides Released from Temelín NPP in Vltava River, INSINUME 2006 International Symposium „In-situ Nuclear Metrology as a tool for Radioecology“, září 2006, Kusadasi, Turecko.
- Hanslík, E. Ivanovová, D., Jedináková-Křížová, V., Juranová, E. and Šimonek, P. Concentration of radionuclides in hydrosphere affected by Temelín nuclear power plant in Czech Republic In Yongguan Zhu et al. Biogeochemistry of trace elements: environmental protection, remediation and human health, Beijing: Tsinghua University Press, 2007., s. 402–403.
- Hanslík, E. Ivanovová, D., Kluganostová, M. Balances of suspended matter and radionuclides in inflow and outflow waters of Orlický Reservoir, Vltava River (Czech Republic). In Per Strand, Justin Brown, Torun Jolle International Conference on

Radioecology and environmental radioactivity, Oral & Oral Poster Presentation Proceedings Part 2. Bergen, Norsko, 15.6.2008. Osteras, Norsko: Norwegian Radiation Protection Authority, 2008, s. 136-139. ISBN 978-82-90362-25-1.

- Ivanovová, D., Hanslík, E., 2009. Bioaccumulation of ^{137}Cs in fish in Orlík reservoir (South Bohemia) during the period 1990 - 2007. In Mihály Szilágyi, Klára Szentmihályi Trace elements in the food chain Vol. 3. Deficiency or Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. Budapest, Hungary, 21.5.2009. Budapest, Hungary: Working Committee on Trace Elements of the Hungarian Academy of Sciences (HAS), Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, 177-181. ISBN 978-963-7067-19-8. Poster prezentovaný na konferenci získal ocenění, na základě kterého nemusí autor na následující konferenci platit účastnické poplatky. (celkem byly oceněny 2 postery – jeden zahraniční a jeden maďarský).



Obr. 3.2.2 Vývoj objemové aktivity cesia-137 v povrchových vodách neovlivněných (Vltava-Hněvkovice) a ovlivněných (Vltava-Solenice) výpustmi odpadních vod z JE Temelín



Obr. 3.2.3 Vývoj objemové aktivity strontia-90 v povrchových vodách neovlivněných (Vltava-Hněvkovice) a ovlivněných (Vltava-Solenice) výpustmi odpadních vod z JE Temelín

Výsledky sledování vlivu JE Dukovany byly zpracovány do specializovaných map s odborným obsahem „Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany - změny vybraných sledovaných ukazatelů v letech 1991 – 2000 a 2001 – 2010“.

Obdobně bylo hodnoceno geogenní pozadí přírodních radionuklidů pro možnost hodnocení kontaminace povrchových vod, resp. sedimentů a plavenin v důsledku těžby a zpracování uranových rud a starých zátěží. Byly zpracovány výsledky dlouhodobého sledování sedimentů a plavenin v síti ČHMÚ doplněné vzorkováním VUV TGM, v.v.i. Na základě těchto výsledků bylo vyhodnoceno geogenní pozadí pro přírodní radionuklidy v říčních dnových sedimentech (tab. 3.2.1) a plaveninách. Byly zpracovány mapy pro jednotlivé radionuklidy:

- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T. Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky
- Mapy stavu kontaminace vodního prostředí uranem a radiem v období devadesátých let a v období 2003 – 2010 v Povodí Svatky.

Tab. 3.2.1 Průměrné roční hodnoty geogenního pozadí pro přírodní radionuklidy v říčních dnových sedimentech v jednotlivých letech a za celé období sledování 2000 – 2010

Rok	a (⁴⁰ K)	a (²²⁶ Ra)	a (²²⁸ Ra)
	(Bq.kg ⁻¹)		
2000	605	44,1	43,9
2001	529	52,3	49,7
2002	513	50,7	52,6
2003	575	49,5	53,9
2004	552	48,7	52,6
2005	576	46,5	45,0
2006	565	44,4	41,8
2007	562	43,3	40,2
2008	592	46,8	44,9
2009	601	51,7	49,9
2010	588	48,1	44,6
Průměr	569±161	47,8±24,1	47,2±23,9

Podrobně byly hodnoceny lokality ovlivněné bývalou (současnou) těžbou a zpracováním uranových rud. V průběhu let 2005 až 2009 byly v Čechách odebírány vzorky v povodích Ohře, Kocáby, Ploučnice, Litavky a Nežárky v regionech Jáchymovska, Příbramska a Okrouhlé Radouně, celkem se jedná o 57 profilů.

Hodnoty naměřené ve vodných vzorcích byly porovnány s normami environmentální kvality dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Počty profilů, ve kterých došlo k jejich překročení norem environmentální kvality, jsou shrnuty v tab. 3.2.2.

Tab. 3.2.2 Počty překročení norem environmentální kvality ve všech sledovaných profilech a v profilech v jednotlivých povodích. V počtu profilů, které překročily NEK-RP již nejsou zahrnuty profily, které překročily také NEK-NPH.

Počty překročení NEK-RP a NEK-NPH	Celkem		Povodí Ohře		Povodí Litavky		Povodí Nežárky		Povodí Kocáby	
	NEK -RP	NEK-NPH	NEK -RP	NEK-NPH	NEK -RP	NEK-NPH	NEK -RP	NEK-NPH	NEK -RP	NEK-NPH
Celková objemová aktivita alfa	7	22	4	1	3	3	0	8	0	10
Celková objemová aktivita beta	4	10	1	0	0	0	2	3	1	7
Koncentrace přírodního uranu	19	-	1	-	0	-	9	-	9	-
Objemová aktivita radia-226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet profilů celkem	57		16		15		14		12	

Koncentrace přírodního uranu byla za předpokladu výskytu jeho izotopů v přírodním poměru přepočítána na objemovou aktivitu alfa, odpovídající zjištěné koncentraci uranu, aby bylo možno porovnat příspěvek uranu a radia-226 k celkové objemové aktivitě alfa. Bylo zjištěno, že převažuje příspěvek přírodního uranu nad příspěvkem radia-226.

Nejvyšší kontaminace radionuklidy byla zjištěna na tocích s malým průtokem, kde dochází jen k velmi malému naředění znečištění. Tyto profily se většinou nachází v bezprostřední blízkosti oblasti ukončené těžby uranové rudy. V těchto oblastech se nachází odvaly hluyiny, která nebyla zajímavá svým obsahem uranové rudy pro těžbu, z pohledu životního prostředí je však významný. Do vodního prostředí se radionuklidy pravděpodobně dostávají splachem a vymýváním, případně důlními vodami. V dnešní době byla v postižených oblastech provedena řada sanačních opatření a vypouštěné důlní vody jsou čištěny. Oproti minulosti došlo ke značnému zlepšení kvality vody v tocích ovlivněných uranovým průmyslem. Stále však jsou vlivy dřívější těžby uranové rudy na kvalitě vodního prostředí patrné.

Sedimenty ve všech odběrových profilech byly zařazeny do tříd čistoty na základě poměru hmotnostní aktivity radia-226 a hmotnostní aktivity radia-228. Radium-226 je považováno za ukazatel znečištění uranovým průmyslem a radium-228 ukazuje na přírodní pozadí výskytu radioaktivních prvků. Do první třídy čistoty, tedy mezi profily neovlivněné uranovým průmyslem, bylo zařazeno 19 profilů z 57 celkově odebraných profilů. Mezi slabě znečištěné (do druhé třídy čistoty) bylo zařazeno 8 profilů. Ve třetí třídě čistoty se nachází 33 profilů, ve čtvrté třídě čistoty (silně znečištěné uranovým průmyslem) 4 profily. Mezi velmi silně znečištěné (pátá třída čistoty) patří 4 profily. Ve vodních vzorcích došlo k překročení norem environmentální kvality – nejvyšší přípustné koncentrace ve 22 případech pro celkovou objemovou aktivitu alfa a v 10 případech pro celkovou objemovou aktivitu beta. Ve vzorcích sedimentů bylo také zjištěno značné znečištění přírodními radionuklidy. Mezi velmi silně znečištěné (pátá třída čistoty dle poměru hmotnostní aktivity radia-226 a radia-228) patří 4 profily a to: Jáchymovský potok-Dolní Žďár v povodí Ohře na Jáchymovsku, Dubenecký potok-Tlamový kanál v povodí Kocáby na Příbramsku, dále profily Račí potok-Brožkův rybník a Račí potok-pod zaústěním, oba v povodí Nežárky v okolí Okrouhlé Radouně.

Pro zjištění vztahu obsahu radioaktivního znečištění ve vodě a v sedimentech byl ve sledovaných profilech vypočítán rozdělovací koeficient sediment-voda pro radium-226 (ve všech 57 profilech) a pro uran (ve 27 profilech). Průměrná hodnota rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro radium-226 byla $5,8 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a pohybovala se v rozmezí $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ až $30,6 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Hodnoty rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro uran byly v rozmezí od $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ do $15, \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ s průměrnou hodnotou $3,7 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Nejvyšší kontaminace hydrosféry radioaktivními látkami byla zjištěna v profilech na tocích s malým průtokem, kde dochází jen k velmi malému naředění znečištění přírodními radionuklidy. Voda v jednotlivých profilech odráží současný zlepšený stav po ukončení těžby

a provedení sanačních opatření, zatímco sedimenty jsou stále ovlivněny znečišťováním vod uranovým průmyslem v minulosti.

Výsledky byly prezentovány na národních i mezinárodních konferencích:

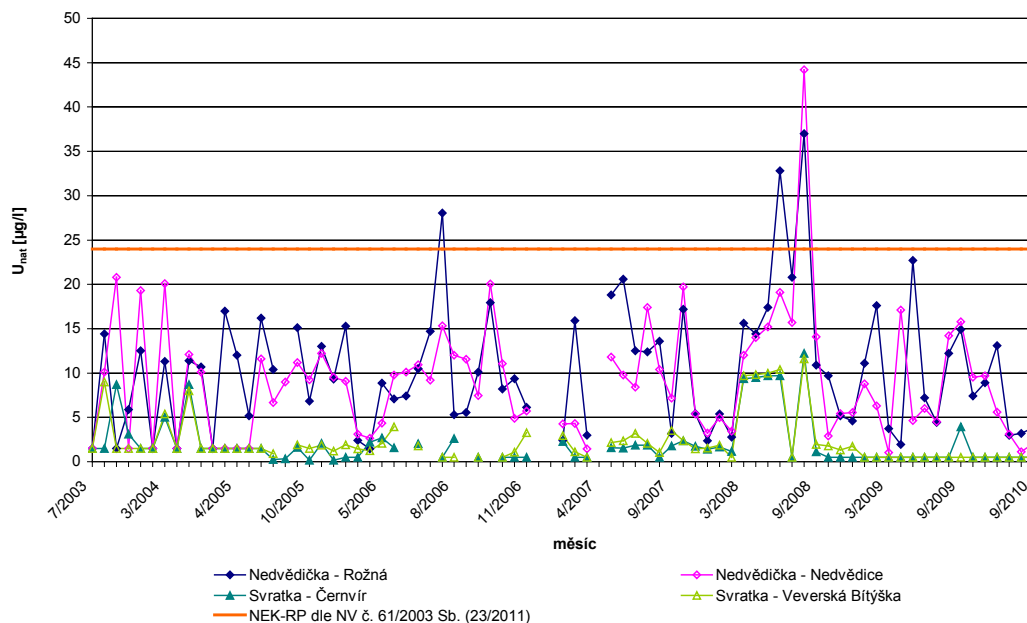
- Hanslík, E., Ivanovová, D., Juranová E., Kluganostová, M., Komárek, M., Novák, M., Vaněček, I.: Occurrence and Behaviour of Radioactive substances in Kocába River Watershed. Magdeburský seminář o ochraně vod 2008, 7.10.2008, Magdeburk, Německo
- Hanslík, E., Ivanovová, D., Šimek, P., Novák, M., Komárek, M. Radioactive contamination of the Ploučnice River basin from uranium mining and its changes over the period 1992-2009. In Ing. Jiří Nedoma Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích. Teplice, 4.10.2010. Chomutov: Povodí Ohře, státní podnik, 2010, s. 238—238. ISBN N.
- E. Hanslík, P. Šimek, D. Marešová, M. Novák and M. Komárek Development of residual radioactive contamination in the Ploučnice River basin (Bohemia) due to uranium mining in the period 1992 - 2009. International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 06.2011, Hamilton, Canada.

Na Moravě je dlouhodobě sledováno povodí řeky Svratky (oblast současné a bývalé těžby Rožná a Olší). V rámci sledování výskytu a distribuce radioaktivních látek ve sledované části povodí bylo zjištěno výrazné zatížení toku Hadůvka v oblasti bývalé těžby uranu Olší-Drahonín. Při porovnání hodnot v profilech nad a pod čistírnou důlních vod (ČDV), která byla vybudována v rámci rekultivačních prací po uzavření dolu Olší, s hodnotami v profilu Skryje (ústí do řeky Bobrůvka) je patrné, že dochází k nárůstu koncentrace uranu ve vodě v podélném profilu. Nárůst je způsoben dotací toku Hadůvka podzemními vodami obohacenými uranem z podloží (syenity bohaté na uran), jenž přivádí pramenné vývěry v dolní části nivy toku Hadůvka. V ústí toku Hadůvka byly ve sledovaném období 2003 – 2011 naměřeny vysoké koncentrace uranu ve vodě, jež překračují stanovenou limitní hodnotu. Nebyl zjištěn významný negativní dopad důlních vod na vodní prostředí toku Bobrůvka, a to díky značnému naředění vod přítékajících Hadůvkou.

Výsledky sledování této lokality bývalé těžby uranu byly publikovány ve sborníku z mezinárodní konference IMWA:

- Hudcová, H., Mojžíšková, H., Badurová, J., Rozkošný, M., Sedláček, P., Sova, J., Březinová, R. Monitoring of the uranium mining industry impact on the water ecosystem in the middle part of the Svratka River Basin. In Rapantová N., Hrkal Z. Proceedings of the 10th IMWA Congress 2008. Mine water and the environment. Karlovy Vary, 2.6.2008. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, 2008, s. 205—208. ISBN 978-80-248-1767-5.

V rámci dlouhodobého sledování prováděného na vodních tocích v oblasti dolu Rožná nebyl zjištěn výrazný vliv probíhající těžby uranové rudy na výskyt radionuklidů v povodí řeky Svratky. Na žádné ze sledovaných lokalit nedošlo k překročení NEK-RP pro uran U_{nat} ($24 \mu\text{g.l}^{-1}$) a objemovou aktivitu radia ^{226}Ra ($0,1 \text{ Bq.l}^{-1}$) dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Koncentrace uranu naměřené v letech 2003 – 2010 v těchto lokalitách je klasifikována dle hodnoty C_{90} I. nebo II. třídou jakosti dle ČSN 75 7221. Objemová aktivita radia ^{226}Ra měřená ve sledovaných lokalitách v letech 2006 – 2009 je klasifikována dle hodnoty C_{90} II. třídou jakosti dle ČSN 75 7221. Změny koncentrace uranu v lokalitách střední části povodí řeky Svratky ovlivněných těžbou v dole Rožná sledovaných v letech 2003 – 2010 je znázorněna na obrázku 3.2.4.



Obr. 3.2.4 Koncentrace uranu U_{nat} v lokalitách střední části povodí řeky Svratky ovlivněných těžbou na dole Rožná sledovaných v letech 2003 – 2010

Od roku 2006 probíhaly v oblastech Olší-Drahonín a Rožná testy zaměřené na stanovení toxických a mutagenních účinků vzorků říčních sedimentů, které jsou ovlivněny důlní činností spojovanou s těžbou uranu.

Ve vzorcích sedimentů byl během pěti let sledován detekován výskyt mutagenních látek opakovaně jen v sedimentech pocházejících z toku Hadůvka z profilů pod ČDV a Skryje (tab. 3.2.3). V případě sedimentů z lokality Hadůvka pod ČDV byly mutagenní látky detekovány jen ve variantě testu s S9 frakcí a to oběma kmeny *S. typhimurium* TA 98 i TA 100, zatímco v profilu Hadůvka- Skryje byly pozitivní výsledky v Amesově testu zjištěny v obou variantách testu, tedy s metabolickou aktivací i bez ní. V ostatních sledovaných úsecích toků (profily Hadůvka-Olší -nad výpustí z ČDV, Nedvědička-Nedvědice) byly mutagenní látky nalezeny jednorázově a jejich výskyt se v dalších letech neopakoval. V profilu Hadůvka-Olší byly zjištěny přímé i nepřímé mutagenní látky pouze v roce 2008.

V roce 2007 byly otestovány také vzorky plavenin odebrané pomocí pasivních lapáků plavenin z toku Hadůvka v profilech pod ČDV a Skryje. U těchto vzorků byla provedena jen varianta Amesova testu bez metabolické aktivace. Vzorek odebraný ve Skryjích byl pozitivní v testu s oběma kmeny. U vzorku z profilu pod ČDV byly pozitivní výsledky zaznamenány jen v testu s kmenem *S. typhimurium* TA 100.

Tab. 3.2.3 Detekce mutagenních látek Amesovým flukтуаčním testem v říčním sedimentu na vybraných lokalitách za celé sledované období

Lokalita	záchyt mutagenních látek	<i>Salmonella typhimurium</i>	
		varianta bez S9	varianta s S9
Hadůvka-pod ČDV	opakovaně	negativní	pozitivní
Hadůvka-Skryje	opakovaně	pozitivní	pozitivní
Hadůvka-Olší	jednorázově	pozitivní	pozitivní
Nedvědička-Rožná	-	negativní	negativní
Nedvědička-Nedvědice	jednorázově	negativní	pozitivní

Aby bylo možno posoudit citlivost Amesova testu k některým radionuklidům, byly otestovány v různých koncentracích radionuklidy ^{226}Ra , U_{nat} a ^{137}Cs , v testech s a bez metabolické

aktivace. I když pro projevení genotoxického účinku se ve vzorcích často uplatňují synergické účinky různých látek, předpokladem bylo potvrdit v testu pozitivní výsledek zejména u čistého přírodního uranu.

V testech s radionuklidy ^{137}Cs , ^{226}Ra a U_{nat} však nebyly v Amesově testu zaznamenány žádné pozitivní výsledky. I když je Amesův test značně citlivý k řadě mutagenních látek, mutagenní účinky vybraných radionuklidů nebyly tímto testem detekovány (tab. 3.2.4).

Tab. 3.2.4 Výsledky ^{226}Ra , U_{nat} a směsného vzorku radionuklidů (^{137}Cs , ^{226}Ra , U_{nat}) v Amesově flukтуаčním testu

Testovaný radionuklid	<i>S. typhimurium</i> TA 98	<i>S. typhimurium</i> TA 100	<i>S. typhimurium</i> TA 98	<i>S. typhimurium</i> TA 100
	bez metabolické aktivace		s metabolickou aktivací	
^{226}Ra	negativní	negativní	negativní	negativní
U_{nat}	negativní	negativní	negativní	negativní
$^{137}\text{Cs} + ^{226}\text{Ra} + U_{\text{nat}}$	negativní	negativní	negativní	negativní

Pro analýzu toxicity sedimentů byl v roce 2009 a 2010 použit bakteriální luminiscenční test s *P. phosphoreum*. Testem mělo být ověřeno, zda toxické účinky sedimentů neovlivňují indikátorové kmeny v Amesově testu a nedochází k falešně negativním účinkům v testech mutagenity, způsobené vysokou toxicitou vzorku. Výsledky testu byly u všech vzorků negativní. Ve vzorcích o koncentraci 125 ml.l^{-1} se hodnoty luminiscence pohybovaly na úrovni hodnot kontrolních vzorků. V jednom vzorku – přítok do Nedvědičky z oblasti odkaliště I dolu Rožná (obec Dolní Rožínka), byl u této koncentrace zjištěn stimulační účinek vzorku. Kromě testů toxicity na *P. phosphoreum* byla otestována ještě toxicita vzorků na kmenech *S. typhimurium* TA 98 a TA 100. Ani v těchto testech nebyly zjištěny toxické účinky vzorků na mikroorganismy. U většiny vzorků byl zaznamenán mírný stimulační účinek na růst mikroorganismů.

Analýzami těžkých kovů v roce 2010 byly zjištěny jejich vysoké koncentrace zejména v přítoku do Nedvědičky z oblasti odkaliště I I dolu Rožná (obec Dolní Rožínka). Ve vzorcích sedimentů z profilu Hadůvka-pod ČDV jsou dlouhodobě detekovány mutagenní látky, čemuž odpovídá i vysoký výskyt těžkých kovů v sedimentech, které se vyznačují mutagenními účinky (tab. 3.2.5). V tabulce jsou zvýrazněny nejvyšší zjištěné hodnoty kovů.

Tab. 3.2.5 Zjištěné koncentrace těžkých kovů a radionuklidu U_{nat} ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny) v říčních sedimentech v roce 2010

Lokalita	Zn	Cd	Hg	As	Cu	Pb	Cr	Unat
Hadůvka-pod ČDV	297	1,14	0,190	25,80	79,00	34,5	113	0
Hadůvka-Skryje	149	0,71	0,104	11,10	30,10	28,2	92,6	44,3
Hadůvka-Olší	203	1,03	0,175	23,40	40,10	38,5	130	182
Nedvědička-Rožná	219	0,89	0,267	17,20	42,60	47,8	90,8	16,4
Nedvědička-Nedvědice	192	0,80	0,167	22,00	38,40	40,1	94,7	5,6
Přítok do Nedvědičky z odkaliště I.	344	0,80	0,947	31,70	72,70	48,7	78,5	74,8

V testech toxicity a mutagenity se však nepodařilo zaznamenat pozitivní reakce na vysoké hodnoty kovů a U_{nat} v těchto vzorcích. Oproti očekávání nebyly zjištěny vysoké koncentrace kovů v profilu Hadůvka-Skryje, kde jsou od roku 2006 zaznamenávány pozitivní výsledky v Amesově testu a i v roce 2010 zde byly v sedimentech detekovány mutagenní látky. Z výsledků je patrné, že mezi koncentracemi těžkých kovů a výsledky testů toxicity

a mutagenity nebyla zjištěna jednoznačná souvislost a hodnoty chemických ukazatelů nemohou predikovat mutagenní a toxikologická rizika daných vzorků.

Výsledky této části řešení subprojektu byly prezentovány:

- Badurová, J., Hudcová, H., Funková, R., Mojžíšková, H., Svobodová, J. Sledování výskytu genotoxických látek v povodí řeky Svratky v souvislosti s uranovým průmyslem. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 11. Třeboň, 4.5.2011. Semtín: Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o., 2011, s. 5—11. ISBN 978-80-86832-59-3.

3.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Dalešický, J., Hanslík, E., Světlík, I., Čermák, O. ČSN 75 7614 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení uranu. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- Dalešický, J., Hanslík, E., Světlík, I., Čermák, O. ČSN 75 7622 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radia 226. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová D., Sedlářová B., Vlček, J., Vondrák, L., Bouda, T. ČSN 75 7611 - Jakost vod - Stanovení celkové objemové aktivity alfa. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Sedlářová B., Vlček, J., Bouda, T., Čermák, O. ČSN 75 7624 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radonu 222. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Světlík, I., Vlček, J., Bouda, T., Joklová D., Šťastný, J. TNV 75 7623 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radia 226 bez srážecího postupu. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová, D., Juranová, E., Vlček, J., Vondrák, L., Bouda, T., Skalický, J. TNV 75 7621 - Jakost vod - stanovení radia 228 srážecí metodou. prototyp. 2006, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová, D., Vlček, J., Bouda, T. ČSN 75 7626 - Jakost vod – Stanovení polonia 210. prototyp. 2006, Český normalizační institut, Praha.
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová, D., Vlček, J., Bouda, T. ČSN 75 7610 - Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa srážecí metodou. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem: ČSN 75 7610 [CR, 2008]
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová, D., Vlček, J., Bouda, T. ČSN 75 7623 Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování. : ČSN 75 7623 [, 2009]
- VÚV T.G.M., v.v.i.. Pasivní lapák plavenin. Původce vzoru: Rozkošný, M., Sova, J., Hudcová, H.. Int. 20284. Úřad průmyslového vlastnictví. 13.10.2009
- Fremrová, L., Hanslík, E., Ivanovová, D., Vlček, J., Šimonová, G. ČSN 75 7625 Jakost vod – Stanovení radonu 222 kapalinovou scintilační měřicí metodou. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem: ČSN 75 7625 [CR, 2010]
- E. Hanslík Podklad pro Metodický postup MF k provedení vyhlášky č. 461/2005 Sb., o postupu při poskytování dotací na přijetí opatření ke snížení ozáření z přírodních radionuklidů a ke snížení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejné zásobování. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, 28.7.2010.
- VÚV T.G.M., v.v.i.. Nosič DGT vzorkovače. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Rozkošný, M.. Int. 22560. Úřad průmyslového vlastnictví. 9.12.2010

- Hanslík, E., Ivanovová, D., Šimonek, P. Vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi. VTEI, 2006, roč. 48, č. 1/2006, s. 6-9. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E. Radionuklidy v podzemních vodách a možnosti jejich odstranění. Bezpečnost jaderné energie, 2007, roč. 15 [53], č. 3/4, s. 108-114. ISSN 1210-7085.
- Hudcová, H., Mlejnková, H., Mojžíšková, H., Žáková, Z. Monitoring zátěže hydrosféry uranovým průmyslem ve střední části povodí řeky Svratky. VTEI, 2007, roč. 49, č. 3, s. 6-8. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E., Ivanovová, D., Juranová, E., Šimonek, P., Jedináková-Křížová, V., 2009. Monitoring and assessment of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant into the Vltava River (Czech Republic). Journal of Environmental Radioactivity, 100, 2, 131-138. ISSN 0265-931X.
- Hanslík, E., Ivanovová, D., Jedináková-Křížová, V., Juranová, E., Šimonek, P., 2009. Concentration of radionuclides in hydrosphere affected by Temelín nuclear power plant in Czech Republic. Journal of Environmental Radioactivity, 100, 7, 558-563. ISSN 0265-931X
- Ivanovová, D., Hanslík, E., Stierand, P. The assessment of natural and artificial radionuclides in river sediments in the Czech Republic. Sediment Dynamics for a Changing Future, 2010. roč. 2010, č. 337, s. 157-162. ISSN 0144-7815.
- Svetlík, A., Belanova, M., Vrsková, E., Hanslík, D., Ivanovová, J., Meresová, L., Tomásková, T., Nováková, T. Volatility of ²¹⁰Po in the gross alpha determination. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2010, roč. 286, č. 2, s. 547—0. ISSN 0236-5731.
- Hanslík, E., Ivanovová, D. Nuclear Power. Pavel Tsvetkov (ed.) Indie: Sciyo 2010. [Kap] Impact of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant on the Vltava River (Czech Republic), -. ISBN 978-953-307-110-7.
- E. Juranová, D. Marešová, E. Hanslík: Studie výskytu chování radioaktivních látek v povodích po ukončení těžby uranových rud
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Badurová, J., Sova, J., Březinová, R. Posouzení ovlivnění vodních toků po ukončení těžby uranu v oblasti ložiska Olší. Vodní hospodářství, 2009, roč. 59, č. 11, s. 389—392. ISSN 1211-0760.
- Badurová J., Hudcová H., Funková R., Svobodová J., Sova J. „Sledování výskytu mutagenních látek v povodí řeky Svratky v souvislosti s uranovým průmyslem“ v odborném recenzovaném časopise. Článek bude uveřejněn v č. 6 VTEI (prosinec), příloze Vodního hospodářství č.12/2011.

Mapy s odborným obsahem:

- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ¹³⁷Cs za období 1999-2004
- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ¹³⁷Cs za období 2005-2010
- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ⁴⁰K za období 1999-2010
- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ²²⁸Ra za období 1999-2010
- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ²²⁶Ra za období 1999-2010

- Hanslík, E., Marešová, D., Makovcová, M., Fojtík, T.: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Klasifikace kontaminace ²²⁶Ra do tříd čistoty na základě poměru hmotnostních aktivit ²²⁶Ra a ²²⁸Ra
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení střední části povodí řeky Svratky uranem Unat v letech 2003 - 2011.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení střední části povodí řeky Svratky radiem Ra v letech 2006 – 2009.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení povodí Nedvědičky uranem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2010.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Dzuráková Zatížení povodí Hadůvky uranem a dopad na jakost vod řeky Bobrůvky - srovnání stavu v letech 1996 a 2007.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení povodí Hadůvky radiem a dopad na jakost vod řeky Bobrůvky - srovnání stavu v letech 1996 a 2007.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení povodí Bobrůvky uranem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2007 - 2010.
- Hudcová, H., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Zatížení povodí Bobrůvky radiem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2007 - 2009.

3.3 HODNOCENÍ A SLEDOVÁNÍ VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ A JEJICH ANTROPOGENNÍHO OVLIVNĚNÍ: ČASOVÉ A PROSTOROVÉ ZMĚNY V SOUVISLOSTI S ANTROPOGENNÍMI TLAKY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: RNDr. Petr Lochovský

Řešitelský tým: Ing. Danica Pospíchalová, Ing. Miroslav Farský, Jan Ševčík, RNDr. Ladislav Havel, CSc., Ing. Věra Očenášková

3.3.1 Předmět řešení

Stanovení přirozených pozadových koncentrací říčních sedimentů pro kovy a metaloidy

K dosažení dobrého chemického stavu a dobrého ekologického stavu povrchových vod jsou na základě Rámcové směrnice 60/2000/ES stanovovány normy environmentální kvality (NEK) pro jednotlivé chemické látky. Ve vodních útvech, které mají vykazovat statut tzv. „dobrého stavu“ (chemického i ekologického), nesmí být NEK překračovány. U synteticky vyrobených organických látek, které se v přírodních podmínkách nenachází, jsou zdrojem jejich kontaminace pouze antropogenní zdroje, u kovů se však setkáváme i s přirozenými (pozaďovými) koncentracemi, jejichž úroveň závisí kromě složení lokálního geologického podloží i na řadě dalších faktorů, jako je typ půdy, zastoupení vegetace apod. Při hodnocení a klasifikaci stavu vodních útvarů a posuzování splnitelnosti NEK, zejména pak při řešení příslušných nápravných opatření v rámci vodohospodářského plánování, je třeba přihlížet i k místním či regionálním anomáliím v přirozeném obsahu prvků v říčních sedimentech. Kromě ekotoxikologického hlediska je možno úroveň kontaminace říčních sedimentů hodnotit na základě porovnání s globálním geochemickým standardem, který byl stanoven jako průměrný obsah prvku v jemných antropogenně nekontaminovaných říčních sedimentech u velkého počtu vodních toků (Turekian a Wedepohl 1961). Časem se však ukázalo, že ve vodohospodářské praxi není možno vystačit s těmito globálními standardními hodnotami, zejména v oblastech zvýšených přirozených nálezů kovových prvků, zejména v horských a podhorských oblastech. Přirozené pozaďové koncentrace kovů v říčních sedimentech lze stanovit na základě analýzy přesně definovaných vertikálních půdních profilů v nivních oblastech, neboť při neporušené stratifikaci je možno na základě geologických a archeologických indicií, nebo na základě datování identifikovat hranici výskytu preindustriálních sedimentů. Na základě zkušeností se ukazuje, že pro stanovení pozaďových hodnot se nejlépe hodí pedogeneticky neporušené půdní horizonty od hloubky přibližně 50 cm. Kolísání hladiny podzemní vody a pedogenní procesy mohou samozřejmě vést ke změnám, které narušují „normální“, substrátem podmíněné vertikální rozložení látek. Při interpretaci údajů o geogenním pozadí je třeba vždy respektovat komplexní význam pojmu geogenní. Jsou v něm zahrnuty procesy lithogenní (podmíněné složením hornin), chalkogenní (zvětrávání a přeměny minerálů a hornin) až po sedimentaci a odnos materiálu. Přitom může docházet i k erozi míst s přirozeně zvýšenými koncentracemi kovů, které pak jsou příčinou jejich zvýšených nálezů v nivních sedimentech.

Cílem výzkumných činností v této oblasti bylo odvození pozaďových koncentrací kovů a metaloidů v říčních sedimentech významných vodních toků na území ČR a jejich porovnání s recentní zátěží.

Problematika zvýšených odnosů DOC v povrchových vodách středně horských oblastí

V České republice i v dalších evropských státech jsou k přípravě pitné vody stále více využívány malé i větší vodárenské nádrže v horských a podhorských oblastech. Jejich výhodou je poměrně kvalitní surová voda, která není znečištěna polutanty z průmyslové výroby, městských aglomerací a zemědělské produkce. Okolí nádrží je pak převážně využíváno pro lesní hospodaření. Obdobně je tomu i u vodárenské nádrže Fláje, postavené v letech 1960 – 1963 pro získání kvalitního zdroje pitné vody, zejména pro městské aglomerace Litvínova, Mostu, Teplic a Ústí nad Labem. Od začátku 90. let lze však ve vodě této nádrže, stejně jako u vodárenských nádrží středněhorských oblastí řady evropských zemí, pozorovat trend zvýšených odnosů DOC z povodí. Pro objasnění výše zmíněného trendu byla vytvořena řada hypotéz. Jejich spojujícím prvkem je poznatek, že tyto změny nejsou způsobeny pouze jedním faktorem, ale jsou komplexního charakteru. Kromě globálního a regionálního oteplování je třeba uvažovat i další faktory, obzvláště pak změnu depozic, pokles hodnoty pH v půdách v posledních třiceti letech, narušení lesních porostů (prosvětlení ploch, zatrávnění), změna struktury lesů, plošné vápnění (podpora biologické aktivity), odvodnění, popřípadě zamokření rašelinišť. V povodí vodárenské nádrže Fláje proběhly v minulosti významné změny. Prakticky až do konce 80. let docházelo v oblasti k nárůstu kyselých depozic, důsledkem byly značné škody na lesním porostu spojené s narušením přirozených mikrobiálních procesů probíhajících v půdách, došlo však i k určité adaptaci mikroorganismů na změněné poměry. V devadesátých letech nastal výrazný pokles kyselých depozic, a to v průběhu velmi krátké doby. V silně okyselených půdách se však hodnota pH může měnit pouze velmi pozvolna, neboť většina bazických složek (zejména kationty hořčíku a vápníku) byla v předchozím období z půd již vymyta. Tento proces je současně překrýván probíhajícími klimatickými změnami, jako jsou zvýšené teploty a odlišný průběh srážek. V povrchových vrstvách půdy dochází k pozvolnému nárůstu pH, který společně s nárůstem teploty a prakticky konstantní depozicí dusíku výrazně podporuje mikrobiální činnost, a tedy i vznik huminových látek, které jsou působením srážkové vody vyplavovány do vody povrchové. V kyselém prostředí jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny přítomny převážně v protonizované formě, která je v důsledku nižší polaritý molekul hůře rozpustná ve vodě. Z dosavadních výsledků sledování přítoků přehradní nádrže Fláje vyplynulo, že odnos DOC probíhá nárazově, zejména v závislosti na aktuální i předchozí srážkové situaci.

Cíle řešení problematiky zvýšených odnosů DOC v povodí vodárenské nádrže Fláje je možno shrnout v následujících bodech:

- Vypracovat dlouhodobý vývoj jakosti vody ve Flájském potoce zejména pro ukazatele charakterizující odnos organického uhlíku a pokles acidifikace oblasti povodí.
- Zjistit sezónní průběh odnosů DOC i dalších chemických ukazatelů z povodí do nádrže Fláje a identifikovat hlavní zdroje DOC v povodí.
- Blíže objasnit vztah koncentrací DOC a síranů v souvislosti s ustupující acidifikací.
- Stanovit obsah síry kumulované v rašelinných půdách povodí Flájského potoka a její distribuci ve vertikálních půdních profilech.

Kumulace kovů a metaloidů ve vodních makrofytech

Těžké kovy a metaloidy, které se dostávají do povrchových vod v důsledku celé řady antropogenních činností (popřípadě mohou být i původu geogenního), působí negativně na vodní ekosystémy v důsledku akutní i chronické toxicity, kancerogenity, estrogenních účinků atd. V závislosti na chemickém složení povrchové vody je rozpuštěný podíl těchto prvků velmi rychle eliminován z vodní fáze v důsledku řady fyzikálně-chemických procesů, jako je

srážení, adsorpce a kumulace v říčních sedimentech. Kromě sedimentů jsou tyto prvky rovněž významně kumulovány ve vodních makrofytech a biofilmech. Kumulačních schopností vodních rostlin je proto často využíváno k odstraňování škodlivin z kontaminovaných vodních toků, nádrží a zamokřených ploch, zejména v oblastech důlní a těžební činnosti. Kumulace kovů ve vodních rostlinách je ovlivňována celou řadou faktorů, zejména jejich koncentracemi ve vodní fázi a sedimentech, teplotou, hodnotou pH, chemickým složením vody a sedimentů, množstvím světla a dalšími faktory. V kumulačních schopnostech jednotlivých druhů vodních rostlin byly rovněž pro různé kovy zjištěny významné rozdíly. Řada výzkumných prací proto řešila otázku cesty, jakým způsobem jsou kovy do vodních rostlin transportovány – zda přes kořeny z říčních sedimentů, nebo přímo z vodní fáze přes listovou a stonkovou část rostliny. Výsledkem těchto studií byly však často protichůdné závěry. V důsledku velmi hustých porostů vodních makrofyt (převážně rdestu hřebenitého *Potamogeton pectinatus*) v toku Bíliny dochází v průběhu vegetačního období k významné translokaci těžkých kovů a metaloidů z vodní fáze do biomasy makrofyt, která fungují jako „pufr“ vyrovnávající větší koncentrační výkyvy ve vodní fázi. Vlivem velmi rychlého průniku polutantů do rostlinné hmoty (řádově hodiny) dochází v porovnání s vodním tokem bez rostlinného porostu k poměrně účinné redukci kontaminace vyvolané případnou havárií. Částečně v průběhu, zejména však po skončení vegetačního období, nastává odumírání rostlinného materiálu. Kovy a metaloidy vázané v odumřelé rostlinné hmotě jsou unášeny vodním tokem a v místech sníženého průtoku dochází k jejich ukládání a degradaci. Vysoký obsah organického uhlíku je přitom dobrým substrátem pro řadu degradačních mikrobiálních procesů, při kterých jsou kumulované prvky uvolňovány zpět do vodní fáze. Tyto procesy jsou však v porovnání s poměrně rychlými procesy jejich kumulace v živých rostlinách výrazně pomalejší. Přítomnost vodních makrofyt může proto významně ovlivňovat látkový transport polutantů ve vodním toku. Cílem řešení v této oblasti výzkumu bylo získání bližších informací o míře kumulace těžkých kovů a metaloidů ve vybraných vodních makrofytech v silně znečištěných vodních tocích a její porovnání s kumulací v jemných říčních sedimentech.

Výskyt alkyfenolových látek a bisfenolu A ve vodním prostředí

Alkyfenoly s osmi a devíti uhlíkovými alkylovými řetězci, 4-*terc*-oktylfenol (OP) a 4-nonylfenol (NP), a zejména jejich adukty s ethylenoxidem (ethoxyláty) nacházejí široké použití v celé řadě průmyslových odvětví již od konce druhé světové války. Jsou součástí čisticích prostředků, emulgátorů, smáčedel, dispergačních přípravků, barev a ochranných nátěrů, plastických hmot a výrobků z papíru. Rovněž se používají v metalurgii, v kožedělném průmyslu, fotoprůmyslu nebo ve stavebnictví jako přísady do betonu a maltových směsí. V zemědělství mají tyto látky použití ve veterinární medicíně nebo jako přísada postřiků proti škůdcům při aplikaci pesticidů. V důsledku rozsáhlé dlouhodobé aplikace a obtížné odbouratelnosti zejména v anaerobním prostředí jsou tyto látky v současné době v nízkých koncentracích prakticky všudypřítomné. Ve vodním prostředí se následkem značně lipofilního charakteru kumulují v pevné matici říčních sedimentů, bionárostech nebo v rybích tkáních. Velmi vysoké koncentrace alkyfenolů jsou též nalézány v čistírenském kalu. Podle současné legislativy (nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb., a dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES – normy environmentální kvality v oblasti vodní politiky) jsou OP a NP na základě toxických a zejména endokrinních účinků zařazeny do skupiny prioritních látek, NP pak dále do podskupiny prioritních nebezpečných látek, a byly pro ně stanoveny příslušné koncentrační limity. Za nejvýznamnější zdroje kontaminace vodního prostředí uvedenými látkami jsou v současné době považovány odtoky z čistíren odpadních vod, přímé vypustě nečištěných odpadních vod do vodních toků, v menším měřítku pak plošná kontaminace z dopravy či zemědělství.

V EU došlo v posledních dvou desetiletích ke značnému omezení aplikace alkyfenolových látek v důsledku legislativních předpisů a řady různých dobrovolných dohod samotných výrobců. Tato opatření se obecně velmi účinně projevila na poklesu kontaminace vodního prostředí. Přesto řada lokálních problémů, spojených zejména se starými zátěžemi, přetrvává. U alkyfenolových látek přispívá k jejich distribuci v životním prostředí i transport atmosférickou depozicí.

Cílem řešení byl průzkum výskytu alkyfenolových látek, včetně jejich jednoduchých ethoxylátů a karboxylátů a BP-A ve vodním prostředí významných říčních toků ČR, v odtocích z čistíren odpadních vod, včetně sledování vlivu těchto výpustí na kvalitu vody v recipientech. Předmětem řešení byla i otázka podílu jednotlivých alkyfenolových látek na celkové zátěži vodní fáze, říčních sedimentů a čistírenského kalu. Vedle výpustí z ČOV byly sledovány i další zdroje kontaminace vodního prostředí těmito látkami.

3.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Stanovení přirozených pozadových koncentrací říčních sedimentů pro kovy a metaloidy

Jednou z možností stanovení přirozených pozadových koncentrací kovů a metaloidů je odběr a analýza preindustriálních sedimentů říční nivy z hlubších, antropogenně nekontaminovaných horizontů (sedimentová jádra). Pozadové koncentrace jsou zde odvozeny na základě vyhodnocení koncentračních nálezů jednotlivých prvků ve vertikálních půdních profilech (po vyloučení úseků antropogenně kontaminovaných, popř. anomálií, které jsou geochemicky interpretovatelné – pH, E_{redox} , přítomnost uhličitánů, sulfidů, TOC, velikost částic, vliv podzemní vody, obsah solí apod.). V rámci řešení byla vypracována kritéria pro výběr vhodných lokalit k odběru sedimentových jader s metodikou zpracování vzorků a postupem pro diferenciaci přirozených a antropogenně kontaminovaných sedimentů v odebraném jádře. Vhodné odběrové lokality byly vybrány na základě leteckých snímků povodí, map záplavových území, historických map z poloviny 19. století a zejména na základě podrobného průzkumu terénu pomocí ručního vzorkovače.

Seznam lokalit vybraných k odběru sedimentových jader pro stanovení přirozených pozadových koncentrací kovů a metaloidů je uveden v tab. 3.3.1.

Tab.3.3.1 Vybrané lokality pro stanovení pozadových koncentrací kovů a metaloidů na základě odběru a analýzy sedimentových jader v říčních nivách

Vodní tok	Odběrová lokalita	Říční km	Břeh L-levý P-pravý	Mocnost sedimentových nánosů (m)	Počet sedimentových jader
Vltava (dolní)	Lužec nad Vltavou	7	L		3
Bílina (dolní)	Velvěty	18	P	2,5	1
Bílina (dolní)	Stadice	11	L	3,6	1
Jizera (dolní)	Otradovice	5	P	1,5	1
Jizera (dolní)	Sobětuchy	13	P	1,7	1
Jizera (střední)	Ptýrov	52	P	2,2	1
Jizera (střední)	Dalešice	45	P	1,6	1
Jizera (horní)	Dolní Tříč /	133	L	1,2	1
Jizera (horní)	/ Přívlačka	124	P	0,9	1
Jizera (horní)	Dolní Sytová	121	P	0,9	1

Po podrobném průzkumu terénu pomocí ručního vzorkovače byly provedeny odběry sedimentových jader vrtnou soupravou od firmy Stitz Gehrden o průměru jádra 8 cm. Odebraná sedimentová jádra byla v laboratoři rozdělena na segmenty, které byly po vysušení lyofilizací a separaci frakce <20 μm síťovým analyzovány na obsah jednotlivých

prvků technikami AAS a ICP. Vyhodnocením koncentračních nálezů jednotlivých prvků ve vertikálních půdních profilech říční nivy byly odvozeny hodnoty přirozeného pozadí říčních sedimentů. Nalezené pozadové koncentrace byly porovnány s globálními standardy pro jemné říční sedimenty (Turekian a Wedepohl). Recentní sedimenty byly odebrány v příbřežních místech toku z plochy nejméně 50 m², odběr byl proveden vzorkovačem na teleskopické tyči. Z důvodu srovnatelnosti kontaminace recentních a preindustriálních sedimentů byly odběry recentních sedimentů prováděny v blízkosti míst odběru sedimentových jader. V tab. 3.3.2 jsou uvedeny pozadové koncentrace jednotlivých prvků v říčních sedimentech sledovaných vodních toků v porovnání s globálními standardy Turekiana a Wedepohla a cílovými záměry Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL) pro ochranu akvatických společenstev.

Tab.3.3.2 Průměrné pozadové koncentrace kovů a metaloidů v říčních sedimentech sledovaných vodních toků na území ČR v porovnání s globálními geogenními standardy Turekiana a Wedepohla (T&W) a cílovými záměry MKOL z hlediska ochrany akvatických společenstev.

Chemický prvek	Jizera dolní tok	Jizera horní tok	Bílina dolní tok	Vltava dolní tok	BG T&W	Cílové záměry MKOL
Ag	0,35	0,45	0,1	0,35	0,07	
As	25	45	17	20	13	40
Be	2,4	3,7	3,0	2,4	3,0	–
Cd	0,30	1,0	0,12	0,20	0,3	1,2
Co	20	21	30	26	19	–
Cr	71	49	90	89	90	320
Cu	35	62	40	41	45	80
Fe	28 400	27 400	52 000	46 000	47 200	–
Hg	0,10	0,35	0,07	0,17	0,4	0,8
Mn	1 100	1 050	1 000	1 350	850	–
Ni	58	49	78	63	67	120
P	1 020	1 350	1 240	1 320	700	–
Pb	35	100	24	33	20	100
Sb	2,1	3,5	0,7	0,8	1,5	–
Sc	13	10	14	13	13	–
Se	1,5	3,2	1,8	0,45	0,6	–
Sn	10	–	3,2	5,0	6,0	–
V	75	65	123	93	130	–
Zn	175	260	130	209	95	400

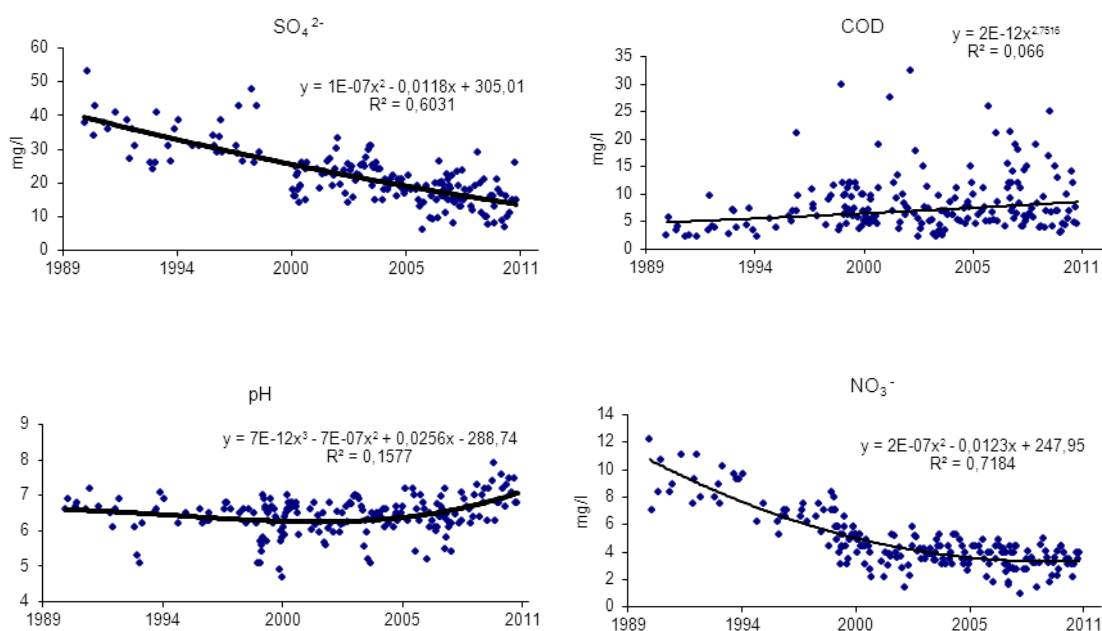
U většiny analyzovaných prvků lze obecně pozorovat poměrně malé odchylky stanovených pozadových koncentrací od globálního geogenního standardu Turekiana a Wedepohla (Be, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Sb, Sc, Sn, V). U As, Pb a Zn byly námi stanovené pozadové koncentrace mírně vyšší, naopak u Cd byly nálezy v porovnání s geogenním standardem v některých vodních tocích mírně nižší. Značně odlišné nálezy lze pozorovat u Hg a zejména pak Ag. U Ag byly, s výjimkou Bíliny, zjištěny výrazně vyšší pozadové koncentrace v porovnání s geogenním standardem, u Hg byly stanovené koncentrace naopak nižší. Na horním toku Jizery (v podhorské oblasti Jizerských hor) byly v porovnání s ostatními sledovanými lokalitami zjištěny výrazněji zvýšené pozadové koncentrace některých prvků (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb, Se a Zn). Zdroj těchto vyšších nálezů je zřejmě geogenního původu. Sedimenty celého toku Jizery se obecně vyznačují nižším obsahem železa, v porovnání s lokalitami na ostatních sledovaných tocích.

Obecně lze konstatovat, že pro převážnou většinu prvků byly zjištěny relativně nevýznamné odchylky od průměrných globálních standardů Turekiana a Wedepohla. Zvýšené pozadové koncentrace bylo možno pozorovat u některých antropogenních prvků jako je stříbro, arsen, olovo a zinek, naopak nižší hodnoty byly v porovnání s globálním standardem zjištěny u rtuti.

Přes značně vysokou zátěž recentních sedimentů Bíliny těžkými kovy i metaloidy nebyly u tohoto vodního toku zjištěny žádné významně zvýšené pozadové koncentrace. Současná sedimentová zátěž zde tudíž téměř výlučně padá na vrub antropogenním činnostem. Naproti tomu na horním toku Jizery byly zjištěny zvýšené pozadové koncentrace kadmia, olova, arsenu a rtuti, které se zde již významně podílejí na poměrně značné zátěži recentních sedimentů, zejména kadmiiem.

Problematika zvýšených odnosů DOC v povrchových vodách středně horských oblastí

Ve vodách povodí Flájského potoka v Krušných horách lze v posledních 20 letech pozorovat klesající trend koncentrace síranů, indikující pokles acidifikace v dané oblasti. Hodnota pH se v uvedeném časovém období změnila jen nevýrazně, mírný nárůst bylo možno pozorovat teprve v posledních několika letech. Průměrné roční koncentrace síranů ve vodách Flájského potoka poklesly v uvedeném období téměř třikrát (ze 40 mg.l⁻¹ na 16 mg.l⁻¹), naopak obsah organických látek (vyjádřený jako $CHSK_{Mn}$) vzrostl ze 4 mg.l⁻¹ na 10 mg.l⁻¹. Vývoj koncentrace síranů prozatím ukazuje na jejich stálý pokles od roku 1990. U dusičnanů bylo možno pozorovat podobný klesající trend, avšak v posledních několika letech se jejich koncentrace již prakticky nemění (obr. 3.3.1.).



Obr. 3.3.1 Časový vývoj koncentrace síranů, COD ($CHSK_{Mn}$), pH a dusičnanů ve vodách v koncovém profilu Flájského potoka v období 1990 – 2010

Na základě výsledků analýz vzorků vody v podélném profilu Flájského potoka a jeho přítocích bylo zjištěno, že hlavní zdroj DOC představují rašeliniště v horních partiích povodí, zatímco hlavním zdrojem síranů jsou jeho drobné přítoky vytékající z lesních porostů, zejména v nižších partiích povodí. Nejvyšší koncentrace DOC byly pozorovány ve vodách na odtocích z rašelinišť v době letního sucha (bazální odtok), současně zde byly pozorovány i nejnižší koncentrace síranů. V zimním období byly na odtocích z rašelinišť pozorovány nejnižší koncentrace DOC a naopak vyšší koncentrace síranů. V přítocích Flájského potoka, jejichž zdrojem jsou zejména vody z hlubších minerálních půdních horizontů, byly v období letního sucha pozorovány nejvyšší koncentrace síranů, které jsou při srážkových situacích ředěny vodami povrchovými s jejich nízkým obsahem. Mezi koncentracemi DOC a síranů ve

vodách na odtocích z rašelinišť byl pozorován statisticky významný inverzní vztah, který podporuje hypotézu řady autorů o inhibičním vlivu síranů na mobilizaci organického uhlíku z rašelinné hmoty. U povrchových vod s převažujícím podílem vod z hlubších minerálních půdních horizontů tento inverzní vztah pozorován nebyl.

Po delším období sucha byla na odtoku z Grünwaldského vřesoviště v horních partiích povodí Flájského potoka zachycena větší srážko-odtoková situace. Vlivem srážkové vody byly ze svrchních vrstev rašelinných půd vymyty vysoké koncentrace DOC a síranů, které způsobily krátkodobý pokles hodnoty pH. Z rychlého průběhu celé srážko-odtokové situace vyplývá, že podobné epizody nemohou být zachyceny v rámci běžných měsíčních monitoringů povrchových vod.

V rámci průzkumných činností byl ve vodách povodí Flájského potoka diferencován obsah síry síranové a síry vázané organicky. Koncentrace S_{org} statisticky významně korelovaly s obsahem DOC, přičemž na 100 mg.l^{-1} DOC připadalo v průměru $1,6 \text{ mg.l}^{-1} S_{org}$. V pórové vodě rašeliny dominovala síra vázaná organicky, v povrchových vodách rašelinných louží a na odtocích z rašelinišť byly zastoupeny obě formy S_{so4} a S_{org} přibližně na stejné koncentrační úrovni a v povrchových vodách Flájského potoka a jeho přítocích převažovala síra síranová.

Ve dvou největších rašeliništích v povodí Flájského potoka, v Grünwaldském vřesovišti a v oblasti jeho pramenišť byly odebrány vertikální půdní profily rašelinného materiálu, ve kterém byl stanoven celkový obsah síry. V rámci sledovaných rašelinišť byla zjištěna poměrně vysoká homogenita půdních profilů odebraných na 3 různých místech. Na půdních profilech z Grünwaldského vřesoviště bylo možno pozorovat v hloubce 25 cm, a z oblasti prameniště Flájského potoka v hloubce 35 cm, maximální koncentrace kumulované síry, které v některých místech dosahovaly hodnot až 1 hm.%. Rašeliniště a rašelinné plochy v povodí Flájského potoka s vysokými obsahy kumulované síry představují tudíž jednu z hlavních příčin velmi pozvolného návratu acidifikací postiženého ekosystému do původního přírodního stavu.

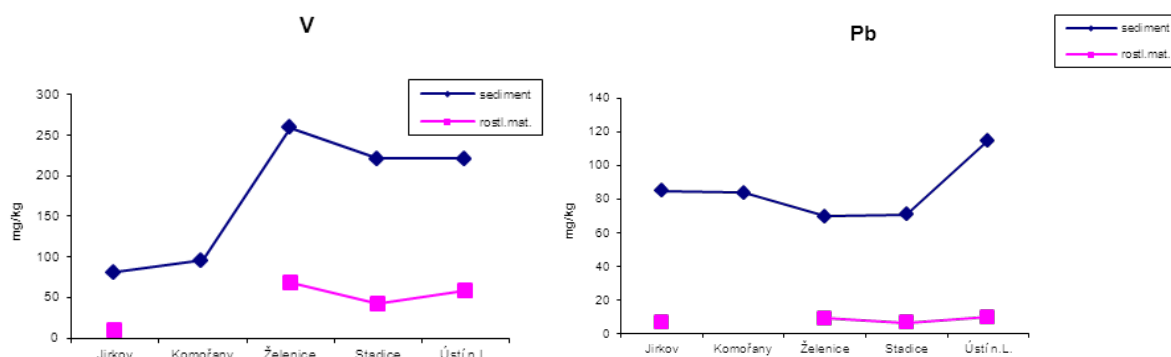
Kumulace kovů a metaloidů ve vodních makrofytech

Pro sledování kumulace kovů a metaloidů ve vodních rostlinách byl vybrán vodní tok Bíliny, jehož převážná část je značně kontaminována v důsledku rozsáhlé těžby hnědého uhlí, provozu několika tepelných elektráren, průmyslové činnosti (zejména chemického průmyslu) a řady městských aglomerací s vysokou hustotou obyvatel. Kromě současných průmyslových aktivit má na jednotlivé složky vodních ekosystémů negativní dopad i řada starých ekologických zátěží v povodí Bíliny (sklárky, úložiště). Ke zhoršení situace značně přispívá i nízký průtok vody (vodní tok Bíliny je dlouhý 84 km, odvodňuje plochu povodí $1\,071 \text{ km}^2$, průměrný roční průtok u ústí do Labe činí $6,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Ke sledování byl vybrán rdest hřebenitý (*Potamogeton pectinatus*) pro jeho značné rozšíření na území ČR a zejména v toku Bíliny. Odběrová místa (celkem 5) byla vybrána s cílem zachycení kontaminace v jednotlivých úsecích toku Bíliny; podmínkou výběru profilu byl i výskyt sledovaného druhu makrofyt a přítomnost dostatečného množství říčního sedimentu. Nejvýše ležící odběrové místo se nacházelo 2,3 km pod vodárenskou nádrží Jirkov, v horní části aglomerace města Jirkova. Úsek Bíliny nad tímto odběrovým místem lze považovat za antropogenně neovlivněný (pokud neuvažujeme vliv atmosférických depozic). Další odběrová místa byla vybrána u Komořan nad mosteckou městskou a průmyslovou aglomerací (říční km 59,0), v Želenici (říční km 40,5), Stadici (říční km 10,2) a v Ústí nad Labem před ústím do Labe (říční km 0,3).

Odběry makrofyt byly realizovány v průběhu celého vegetačního období, paralelně byly odebrány a analyzovány vzorky říčních sedimentů a vody. Koncentrační nálezy všech stanovovaných prvků (s výjimkou manganu) v biomase makrofyt se pohybovaly na nižší

úrovni v porovnání s obsahem v říčních sedimentech (frakce částic < 20 µm). U některých prvků byly tyto rozdíly malé (Cr, Co, Se), naopak například u Pb nebo Hg byly nálezy v sedimentu až řádově vyšší. Mezi koncentracemi jednotlivých prvků ve vodních makrofytech a říčním sedimentu nebyla zjištěna žádná významná korelace, přesto však na lokalitách s výrazně vyššími nálezy v sedimentu bylo možno pozorovat zvýšené nálezy v rostlinném materiálu. Porovnáním koncentračních nálezů kovů a metaloidů v recentních sedimentech Bíliny s hodnotami přirozeného geogenního pozadí bylo zjištěno, že u většiny prvků tyto nálezy výrazně překračují hodnoty přirozeného pozadí. Jde zejména o následující prvky: Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb, Zn. Zvýšené koncentrace některých prvků (As, Cd, Sb) v říčním sedimentu i vodních makrofytech bylo možno pozorovat nejen na dolním toku Bíliny u ústí do Labe, ale i na jejím horním toku pod vodárenskou nádrží Jirkov, kde nejsou žádné významné antropogenní zdroje kontaminace předpokládány. Střední a dolní tok Bíliny byl kontaminován vanadem, jehož zvýšené koncentrace lze pozorovat ve vodní fázi, říčních sedimentech i vodních makrofytech. Na obr. 3.3.2. je graficky znázorněna kumulace vanadu a olova v říčním sedimentu a makrofytech (*Potamogeton Pectinatus*) v podélném profilu toku.



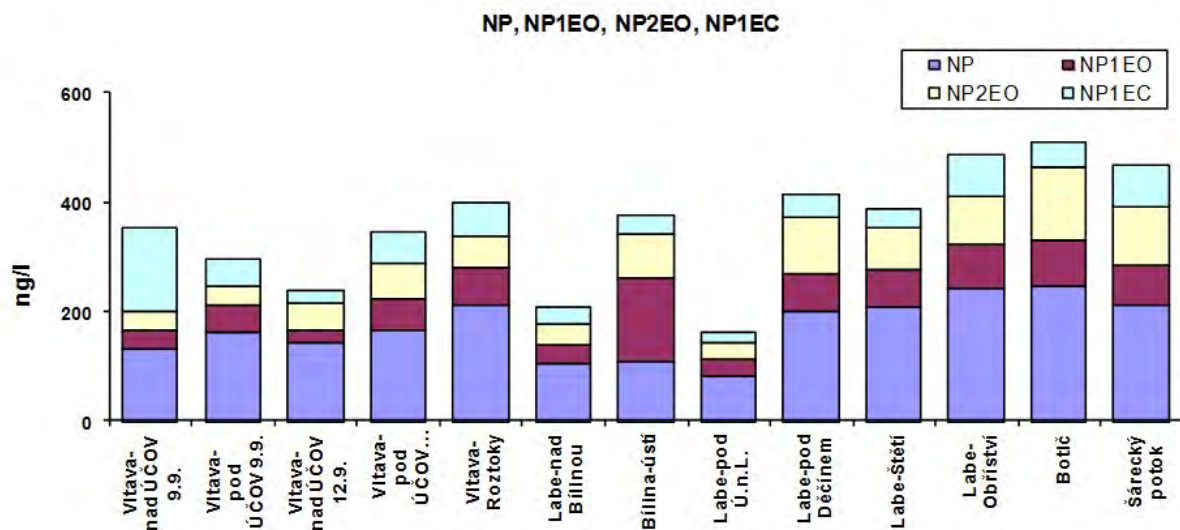
Obr.3.3.2 Koncentrační úroveň vanadu a olova v říčním sedimentu (frakce částic < 20 µm) a v makrofytech (*Potamogeton Pectinatus*) v podélném profilu Bíliny

Výskyt alkylnolových látek a bisfenolu A ve vodním prostředí

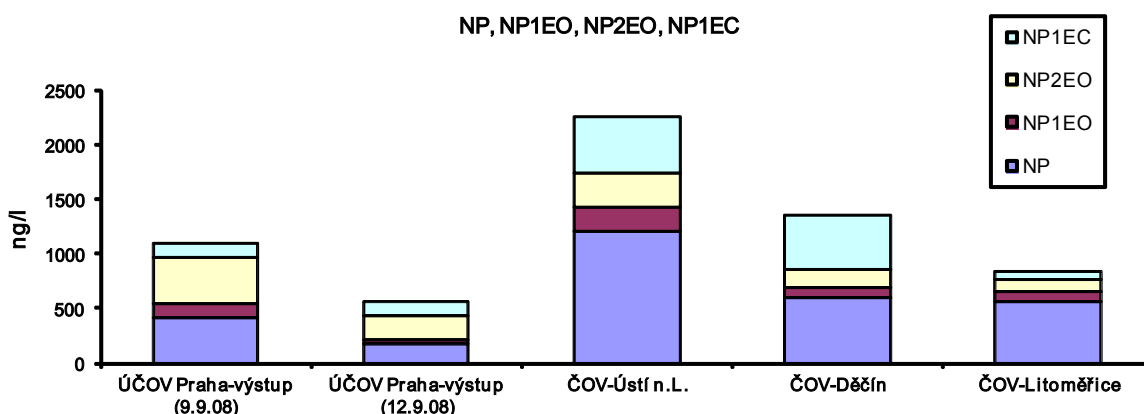
Pro stanovení 4-nonylfenolu (NP), 4-nonylfenolmonoethoxylátu (NP1EO), 4-nonylfenoldiethoxylátu (NP2EO), 4-nonylfenoxyoctové kyseliny (NP1EC), 4-oktylfenolu (OP) a bisfenolu A (BP-A) byly v laboratoři VÚV TGM, v.v.i. nejprve vypracovány vhodné analytické postupy. Stanovení bylo provedeno plynovou chromatografií na přístroji Agilent Technologies 6890N s hmotnostním detektorem Agilent 5973 Network s multifunkčním autosamplrem Gerstel MPS2 a kapilární kolonou HP-5MS o rozměrech 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm.

Zdroje většiny alkylnolových látek v hydrosféře představují polyethoxyláty alkylnolů, které byly v minulosti intenzivně využívány jako velmi účinné neiontové tenzidy. Část těchto látek je eliminována v průběhu čistírenského procesu na ČOV, avšak určitý podíl některých degradačních produktů (ethoxyláty s 1 a 2 ethoxyskupinami a karboxyláty) se dostává v důsledku vyšší rozpustnosti ve vodní fázi, do recipientů. Na obr. 3.3.3 a 3.3.4 jsou na ukázkou zobrazeny koncentrační nálezy jednotlivých nonylfenolových látek v některých povrchových vodách a ve vodách na vybraných odtocích z čistíren odpadních vod. Z obr. 3.3.3 a 3.3.4 je patrné, že na celkovém obsahu nonylfenolových látek se kromě samotných nonylfenolů podílejí přibližně z poloviny i jejich deriváty. Ačkoli koncentrační nálezy samotného 4-nonylfenolu vesměs splňují limitní koncentrace pro povrchové vody podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb., i směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES, překračují tento

limit ve většině případů sumární koncentrace jednoduchých ethoxylátů (NP1EO + NP2EO) nejvyšší přípustnou koncentraci stanovenou holandským reportem RIVM (120 ng.l⁻¹).

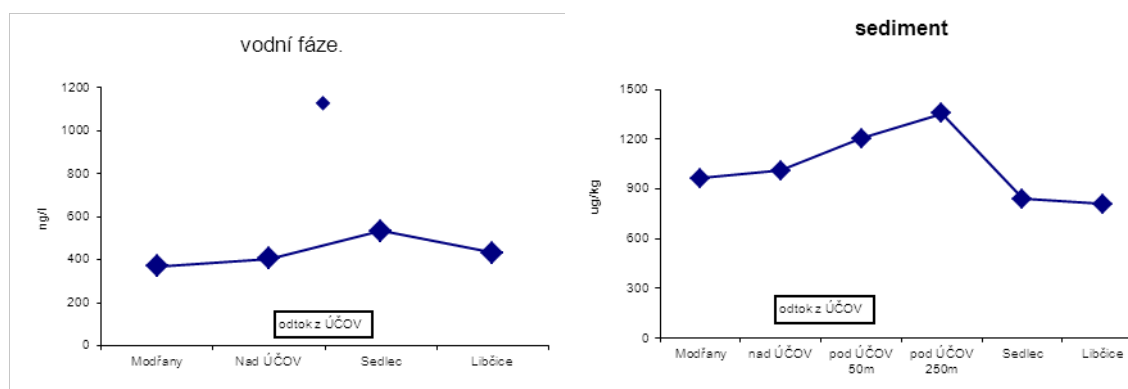


Obr.3.3.3 NP, NP1EO, NP2EO a NP1EC v povrchových vodách vodních toků ČR



Obr.3.3.4. NP, NP1EO, NP2EO, NP1EC ve vyčištěné odpadní vodě komunálních čistíren odpadních vod

V rámci průzkumných činností byl rovněž sledován vliv pražské aglomerace, včetně odtoku z ÚČOV Praha, na kontaminaci vodního prostředí Vltavy alkylfenolovými látkami a BP-A. Na základě výsledků analýz vodní fáze a říčních sedimentů bylo zjištěno, že odtok z ÚČOV Praha sice způsobuje určité zvýšení koncentrace ve sledovaných složkách vodního prostředí Vltavy, toto znečištění je však relativně nízké a projevuje se pouze v oblasti míšící zóny (viz obr. 3.3.5.).



Obr.3.3.5 Vliv sumární koncentrace nonylfenolových látek (NP, NP1EO, NP2EO, NP1EC) odtékajících z ÚČOV Praha na kontaminaci vodní fáze a sedimentů Vltavy

Úroveň kontaminace vodní fáze i říčních sedimentů alkylfenolovými látkami a bisfenolem A byla v oblasti nad Prahou (Praha-Modřany) a pod Prahou (Libčice nad Vltavou) prakticky shodná. V rámci sledování nebyly rovněž pozorovány významnější rozdíly v koncentraci jednotlivých látek ve vodní fázi u levého a pravého břehu Vltavy nad odtokem z ÚČOV Praha. Obecně problematické zůstávají u alkylfenolových látek v hydrosféře relativně vysoké nálezy ethoxylátů – derivátů 4-nonylfenolu (NP1EO a NP2EO, NP1EC), které se značnou měrou podílejí na zátěži prostředí, avšak nejsou v ČR a v řadě zemí EU doposud legislativně zohledněny. Jako nezanedbatelný se jeví i transport 4-nonylfenolu atmosférickou cestou v důsledku poměrně vysoké hodnoty Henryho konstanty pro tuto látku (Nelson et al., 1998).

3.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Grunewald, K., Schmidt, W. Problematische Huminstoffeinträge in Oberflächengewässer im Erzgebirge. Berlin: Rhombos Verlag, 2005, 244 s., ISBN 3-938807-00-8. (kapitoly v knize)
- Lochovský, P., Have, I. L. Kumulace kovů a metaloidů v sedimentech a vybraných makrofytech vodního toku Bíliny. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), příloha Vodního hospodářství č.4/2011, 2011, roč. 53, č. 2/2011, s. 5-8. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P. Pozadové koncentrace říčních sedimentů Labe a jeho významných přítoků pro kovy a metaloidy. VTEI příloha Vodního hospodářství 8/2011, 2011, roč. 53, č. 4, s. 14-16. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Pospíchalová, D. Některé zdroje kontaminace vodního prostředí alkylfenolovými látkami a bisfenolem A. příloha VTEI ve Vodním hospodářství 10/2011, 2011, roč. 53, č. 5, s. 6-8. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Kužílek, V. Vliv průmyslového areálu Pardubice-Semtín na kvalitu složek vodních ekosystémů Labe z hlediska specifických organických polutantů. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.2/2010, 2010, roč. 52, č. 1, s. 5-9. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Pospíchalová, D. Vliv pražské aglomerace na kontaminaci vody a říčních sedimentů Vltavy alkylfenolovými látkami a bisfenolem A. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.6/2010, 2010, roč. 52, č. 3, s. 3-6. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P. Procesy na redox rozhraní vod vytékajících z rašelinišť v povodí Flájského potoka v Krušných horách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.4/2010, 2010, roč. 52, č. 2, s. 11-14. ISSN 0322-8916.

- Lochovský, P., Farský, M. Problematika síry a síranů v rašelinných vodách Flájského potoka v Krušných horách. VTEI ve Vodním hospodářství č.12/2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 11-15. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Eckhardt, P. Recentní kontaminace říčních sedimentů Jizery kovy a metaloidy v porovnání s přirozeným pozadím. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 19-21. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Kužílek, V. Úroveň kontaminace starých sedimentových nánosů Vltavy v plavebním kanálu Praha Podbaba. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 12-15. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P., Pospíchalová, D. Alkylfenoly, jejich deriváty a bisfenol A v povrchových vodách a ve vodách na odtocích z čistíren odpadních vod. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 3-7. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P. Sledování jakosti vody v povodí Flájského potoka v Krušných horách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2008, 2008, roč. 50, č. 6, s. 9-13. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P. Stanovení přirozeného pozadí říčních sedimentů Bíliny pro kovy a metaloidy. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10/2008, 2008, roč. 50, č. 5, s. 8-12. ISSN 0322-8916.
- Lochovský, P. Charakterizace organických látek ve vodě vodárenské nádrže Fláje z hlediska její upravitelnosti na vodu pitnou. Vodní hospodářství, 2005, roč. 55, č. 2, s. 11-13. ISSN 1211-0760.

3.4 VÝVOJ A ZAVÁDĚNÍ TOXIKOLOGICKÝCH METOD DO VODOHOSPODÁŘSKÉ PRAXE

Doba řešení: 2008 – 2011

Hlavní řešitel: RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D.

Řešitelský tým: Ing. Danica Pospíchalová, Mgr. Jana Badurová, Ing. Ivana Truxová, Ing. Tomáš Mičaník, Mgr. Petr Medek

3.4.1 Předmět řešení

Antropogenním znečišťováním se do vod dostává řada látek, které mají bioakumulační vlastnosti. Ty se ukládají v tělech organismů a jejich koncentrace se v potravním řetězci zvyšuje. U organismů tyto látky mohou vyvolat řadu negativních účinků, z nichž mezi velice významné patří chronická toxicita, genotoxicita.

K vyvolání výše jmenovaných účinků stačí relativně velice nízké koncentrace těchto látek ve vodním prostředí. Nebezpečné je, že negativní působení látek obsažených ve znečištění vod je dlouhodobé a když dojde k projevu jejich negativních účinků, jde již ve většině případů o nevratné procesy vedoucí k nežádoucímu ovlivnění kondice a životaschopnosti organismů v ekosystémech. To je příčinou narušení početních poměrů populací, které mohou mít v konečném důsledku fatální vliv na rovnováhu v celém ekosystému. Aby mohl být kvalifikovaně hodnocen možný negativní vliv těchto látek na životní prostředí, je nutno přesně monitorovat jejich přítomnost.

Proto je potřeba vyvíjet nové analytické metody a to metody selektivní, citlivé, ale i robustní a rychlé, umožňující kvalitativní a kvantitativní analýzu velkého počtu analytů.

Původně, od roku 2008, se subprojekt zabýval jak rozvojem nových hydrochemických analytických metod, splňujících požadavky na selektivitu, citlivost, ale i robustnost a rychlost, umožňující kvalitativní a kvantitativní analýzu velkého počtu analytů, tak speciálními ekotoxikologickými stanovami. Předmětem výzkumu v dané oblasti byl vývoj, širší ověření a standardizace metod hodnocení rizika chronické toxicity a genotoxicity, vhodných k širšímu rutinnímu využití v praxi při detekci bioakumulujících látek.

Zatímco rozvoj hydrochemických metod navazoval na poznatky, získané v rámci řešení subprojektu 3614, výzkum v oblasti ekotoxikologických analýz navazoval na činnosti, prováděné od roku 2005 v rámci subprojektu 3610 (3615). Od roku 2010 byl rozvoj metod hydrochemických analýz vyčleněn do samostatného subprojektu.

3.4.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Hydrochemická část

A. Vývoj metod pro stanovení vybraných farmak

V oblasti hydrochemie byla řešena problematika validace metod detekce pro vybranou skupinu farmak ve vodách povrchových a odpadních. Původně bylo stanovení prováděno vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC) s UV detekcí. Tato metoda byla již dříve ověřena v rámci řešení subprojektu 3614, ale protože bylo v průběhu prací zjištěno, že jejím použitím nelze dosáhnout požadovaných mezí stanovitelností, byly vypracovány postupy stanovení vybrané skupiny farmak (estron, 17 β -estradiol (E2), 17 α -etinylestadiol (EE2), ibuprofen, diklofenak, kyselina salicylová, karbamazepin, kyselina klofibrová) v povrchových a odpadních vodách metodou LC/MS po jejich zkoncentrování extrakcí na pevné fázi (SPE).

Při řešení byly brány v úvahu požadované meze stanovitelnosti uvedené v tab. 3.4.1 a vliv matrice zpracovávaných vzorků na kvantitativní stanovení farmak.

Tab. 3.4.1 Meze stanovitelnosti pro vybraná farmaka

	estron	17 α -ethinyl estradiol	17 β -estradiol	Ibuprofen	kyselina salicylová	Diklofenak	kyselina klofibrová	Karbamazepin
Mez stanovitelnosti (ng.l⁻¹)	10	50	50	10	100	10	100	50

V povrchových i odpadních vodách byla pro úpravu a koncentraci vzorků před vlastním stanovením používána technika SPE off-line. V odpadních vodách byla problematika SPE vyřešena již v roce 2008 a předmětem prací v roce 2009 bylo dořešit čištění extraktů velmi znečištěných odpadních vod (přítok na čistírnu odpadních vod). Jednotlivé vypracované metodiky stanovení byly ověřeny na konkrétních reálných vzorcích.

Podle vypracované metodiky byly odebrané vzorky konzervovány okyselením kyselinou chlorovodíkovou na pH 2,3. Po přidání směsného roztoku vnitřních standardů pak byly vzorky filtrovány na přetlakovém zařízení přes filtry ze skleněných vláken. Separace analytů se prováděla technikou extrakce na tuhou fázi (SPE) s použitím disků s fází DVB. Po promytí a vysušení tlakovým dusíkem se zachycené analyty vymyly 20% roztokem methanolu v terciárním butylmethyletheru. Zachycený eluát byl v proudu dusíku zkoncentrován do sucha a odparek převeden do 1 ml roztoku kompatibilního s následnou LC/MS analýzou, tj. 20% acetonitrilu ve vodě. Analýzy takto připravených extraktů byly prováděny technikou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí. Vzhledem k rozdílné povaze sledovaných látek se používaly dvě odlišné metody stanovení:

- stanovení steroidů, diklofenaku a ibuprofenu,
- stanovení kyseliny salicylové, klofibrové a karbamazepinu.

Analýzy byly prováděny na koloně Synergi Hydro-RP. Jako mobilní fáze byla pro stanovení steroidů diklofenaku a ibuprofenu použita směs acetonitril/voda v režimu gradientové eluce, pro stanovení kyseliny salicylové, klofibrové a karbamazepinu byla jako mobilní fáze použita směs methanolu a vody okyselené kyselinou octovou v režimu gradientové eluce.

Po ověření metodiky byly zahájeny terénní práce na vybraných lokalitách. Jednalo se o sledování vlivu odtoku z ČOV na recipient (ÚČOV Praha → Vltava, ČOV Hostinné → Labe, ČOV Kladno-Vrapice → Dřetovický potok). Současně byly zjišťovány průtoky jak z ČOV, tak i v jednotlivých recipientech. Vzorky byly odebírány vždy nad odtokem z ČOV, z odtoku, z ČOV a v recipientu ve dvou různých vzdálenostech pod místem vypouštění. S použitím vypracované metodiky stanovení LC/MS byly v roce 2009 zjištěny významné koncentrace karbamazepinu, diklofenaku, ibuprofenu a kyseliny salicylové na odtoku z ČOV i v recipientech, které se dříve neprojevovaly (hodnoty koncentrace se pohybovaly pod mezí stanovitelnosti původně používaných analytických postupů). V případě kyseliny klofibrové, estronu, 17 β -estradiolu a 17 α -etinylestadiolu se koncentrace v recipientech pohybovaly pod mezí stanovitelnosti i s použitím citlivější metody LC/MS.

B. Vývoj metody stanovení nitroaromatických sloučenin v biotě a říčním sedimentu

Na dolním úseku toku řeky Odry na území České republiky (Odra-Petřkovice a Odra-Bohumín) byly v rámci situačního monitoringu povrchových vod a v rámci tohoto výzkumného záměru (viz kapitola 3.1.) prokázány měřitelné koncentrace vybraných nitroaromatických sloučenin. Konkrétně se jedná 4-nitrofenol (CAS 824-78-2), nitrobenzen (CAS 98-95-3) a 1,3-dinitrobenzen (CAS 99-65-0). Nalezené koncentrace v období 2008 – 2010 se pohybovaly v rozmezí desetin až jednotek $\mu\text{g.l}^{-1}$. Vzhledem k tomu, že se jedná o látky jedovaté a pro vodní organismy středně toxické, bylo realizováno ověření vybraných nitroaromatických sloučenin v biotě a říčním sedimentu. Nitroaromáty působí svým toxickým a mutagenním účinkem na živé organismy buď přímo, nebo prostřednictvím jejich katabolických metabolitů (Roldán a kol., 1998). Akutní chronické účinky (LC50) 4-nitrofenolu se projevují od koncentrace $5,8 \text{ mg.l}^{-1}$ (*Lepomis macrochirus*), pro *Daphnia magna* při 22 mg.l^{-1} (Solutia, Inc., 2003) (3. a 4. třída ekotoxicky). Ekotoxicita nitrobenzenu je obdobná: LC50 96h pro ryby byla pozorována při $0,6 - 7 \text{ mg.l}^{-1}$ (*P. promelas*), EC50 48h na *Daphnia magna* při 28 mg.l^{-1} .

Pro tato stanovení bylo potřeba vyvinout zcela novou metodu předúpravy vzorků a jejich následného analytického stanovení pomocí GC-MS. Popis metody a dosažené výsledky byly publikovány v článku: Medek, P., Mičaník, T. Analytical Determination of Nitroaromatic Compounds in Fish from the Lower Course of Odra River (Northern Moravia), recenzovaném časopise Slezského muzea Opava, t.č. v recenzním řízení.

Odlov ryb pomocí agregátu byl proveden v profilu Odra-Petřkovice, 2,2 km pod výpustí podniku Borsodchem, v místě konce mísící zóny. V tomtéž místě byl odebrán i říční sediment. V reálných vzorcích se nepodařilo naměřit v rybí svalovině sledované aromatické nitrolátky, v rybích tkáních (především v játrech) pouze stopy 1,2-dinitrobenzenu v koncentraci pod mezí stanovitelnosti metody. V záznamech z reálných vzorků ze sledované oblasti dolního toku řeky Odry bylo měřenou metodou možno pozorovat celou řadu signálů neidentifikovaných organických látek, které se v referenčním vzorku nevyskytovaly. S velkou pravděpodobností se může jednat i o rozkladné meziproducty degradace nitroaromatických sloučenin, jejichž výskyt byl v zájmové lokalitě potvrzen. V další fázi výzkumu bude tedy potřebné ověřit, zda velmi významná kontaminace rybích tkání je důsledkem rozkladných produktů nitrobenzenu a 4-nitrofenolu, případně zda není způsobena dalšími organickými látkami.

Ekotoxikologická část

Rozvoj ekotoxikologických metod se zaměřil na vypracování metod, umožňujících stanovení chronické toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod. Zaměřili jsme se jak na výběr nejvhodnějších postupů předúpravy vzorků, umožňujících posoudit možné chronické účinky znečištění (nejvhodnější způsob absorpce znečištění, jeho extrakce z absorbentů a následné převedení do zkušebních roztoků), tak na optimalizaci vybraných ekotoxikologických analýz (nejvhodnější způsoby uchovávání zkušebních organismů, optimalizace přípravy S9 frakce pro zkoušky genotoxicity s metabolickou aktivací).

V oblasti optimalizace metodiky zkoušky genotoxicity považujeme za velmi významnou účast naší laboratoře v mezinárodním ověřování nového postupu, jehož výsledky byly využity při tvorbě nové ISO normy. Získané výsledky a zkušenosti jsou uvedeny ve společně vytvořeném článku, který byl přijat k publikaci v impaktovaném periodiku (Reifferscheid et al. in press).

Na základě výsledků výzkumu, optimalizace jednotlivých kroků stanovení a rozsáhlého terénního ověření při vzorkování v povodích řek Odry, Labe a Moravy bylo možno v roce 2009 jako významný výstup řešení vytvořit odvětvovou technickou normu vodního hospodářství TNV 75 7769 Jakost vod – Metoda stanovení chronických účinků znečištění

povrchových vod. Postup je vypracován pro screeningové stanovení stupně rizika chronických účinků celkového znečištění vod. Pro hodnocení rizika toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod je jednotně stanoveno 5 stupňů rizika.

Pro stanovení toxického rizika celkového znečištění povrchových vod se odděleně stanoví toxické riziko anorganické a organické části znečištění. Pro stanovení stupně toxického rizika anorganického znečištění se v jedné části vzorku povrchové vody provede stanovení obsahu kovů. Podle výsledků analýz jsou přiřazeny stupně toxického rizika pro jednotlivé kovy a následně toxické riziko anorganického znečištění. V druhé části vzorku je provedeno zahuštění organických látek ze vzorku povrchové vody. Zahuštěná směs je podrobena zkoušce na stanovení akutní toxicity. Podle výsledku zkoušky se přiřadí stupeň toxického rizika organického znečištění. Výsledný stupeň toxického rizika pro daný vzorek povrchové vody je určen jako nejnejpříznivější hodnota ze zjištěného stupně toxického rizika jak anorganického, tak organického znečištění.

Pro stanovení genotoxicity se rovněž používá koncentrát organického znečištění. U tohoto koncentrátu se stanoví genotoxicita Amesovým fluktuačním testem na mikrotitračních destičkách. Výsledek stanovení se pak využije ke stanovení stupně rizika genotoxického působení znečištění povrchových vod. Pro detekci sloučenin s promutagení aktivitou je test doplněn metabolickou aktivací *in vitro*, která je založená na využití systému mikrosomálních monooxygenáz, jež hrají hlavní roli při metabolické přeměně xenobiotik v organismu. Pro potřeby testování je připravován extrakt postmitochondriální frakce (homogenát z jater s vysokým obsahem monooxygenáz) označující se S9 frakce. Tato frakce se přidává k části zkoumaného vzorku, u kterého vyvolává chemickou přeměnu znečišťujících látek, která je analogická s metabolickým procesem v živém organismu. Vzniklé metabolity jsou poté testovány zkouškou genotoxicity. Pro modelování účinku na vodní organismy se používá S9 frakce z jater pstruha duhového (*Oncorhynchus mikiss*).

Pro celkové hodnocení rizikovosti chronických účinků znečištění se využijí výsledky stanovení rizika toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod. Tyto hodnoty jsou posuzovány souběžně, neboť popisují zcela odlišné typy negativního působení. Mezi chronickou toxicitou a genotoxicitou není přímá vazba a mechanismy závislosti projevu účinku na množství či koncentraci účinné látky se zásadně liší. Zatímco riziko toxicity znečištění vod popisuje možné účinky, projevující se negativním ovlivněním důležitých fyziologických funkcí organismů, které mají vliv na kondici organismů, stanovení genotoxicity zachycuje možný negativní vliv znečištění, projevující se ovlivněním genetického aparátu organismu, které se může projevit mutagenními či karcinogenními účinky. Podle vyhodnocených tříd rizika lze stanovit jakost povrchových vod ve smyslu ČSN 75 7221 (viz tab. 3.4.2). Tab. 3.4.3 uvádí interpretaci tříd rizika vzhledem k návrhu ochranných opatření.

Tab. 3.4.2 Třídy jakosti povrchových vod v závislosti na stupni stanoveného rizika

Stupeň rizika	Třída jakosti dle ČSN 75 7221	Užití
I. zanedbatelné riziko	I. velmi čistá voda	Vhodná při všechna užití, zejména pro: vodárenské účely potravinářský a jiný průmysl, požadující jakost pitné vody koupaliště chov lososovitých ryb Voda má velkou krajínotvornou hodnotu

II. mírné riziko	II. čistá voda	Vhodná pro většinu užití, zejména pro: vodárenské účely vodní sporty chov ryb zásobování průmyslu vodou Voda má krajinytvornou hodnotu
III. maximálně přípustné riziko	III. znečištěná voda	Vhodná jen pro zásobování průmyslu vodou, pro vodárenské využití je podmíněčně použitelná za předpokladu použití víceetapňové technologie úpravy Voda má malou krajinytvornou hodnotu
IV. zvýšené riziko	IV. silně znečištěná voda	Vhodná jen pro omezené účely
V. vážné riziko	V. velmi silně znečištěná voda	Nehodí se pro žádný účel

Tab. 3.4.3 Priorita opatření v závislosti na stanoveném stupni rizika

Stupeň toxického rizika	Priorita opatření
I. zanedbatelné riziko	Není potřeba stanovit opatření
II. mírné riziko	Zvýšená opatrnost vzhledem k dalšímu nárůstu úrovně znečištění
III. maximálně přípustné riziko	Zvýšená opatrnost vzhledem k dalšímu nárůstu úrovně znečištění
IV. zvýšené riziko	Znečištění má chronické účinky, nutný plán dlouhodobých opatření
V. vážné riziko	Znečištění má akutní účinky, potřeba okamžité akce

Protože výše uvedená metodika je vypracována pro hodnocení rizikovosti bodových vzorků povrchových vod, byla dalším krokem ve výzkumu, prováděném v rámci daného subprojektu, příprava metodiky pro hodnocení ekotoxikologických vlastností dlouhodobého znečištění. Záměrem bylo využít pro zachycení znečištění již vyvinutých postupů pasivního vzorkování. Konkrétně se jednalo o aplikaci semipermeabilních membrán. Tyto membrány se k záchytu znečištění začaly šířeji používat počátkem devadesátých let minulého století. Svým návrhem měly modelovat bioakumulační procesy.

Komerčně jsou distribuovány tyto systémy většinou pod označením SPMD (Semipermeable Membrane Device). Proti jejich širšímu rutinnímu využití v České republice hovoří značná finanční náročnost provozování tohoto systému. Proto existují snahy o nalezení levnějšího řešení. V tomto směru byl úspěšný pracovní tým brněnské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského, vedený RNDr. Josefem Kupcem (2005). Ten vyvinul a připravuje vlastní typ membrán, včetně napínacích zařízení, užívaných ve vzorkovačích. Tyto polyetylenové membrány, obsahující triolein, jsou umísťovány do vod na dobu minimálně 28 dnů.

Aby bylo možné zachycené znečištění podrobit specializovaným ekotoxikologickým zkouškám, bylo třeba věnovat pozornost výběru vhodného postupu jeho extrakce z membrán. K vymytí je možno použít několik druhů organických rozpouštědel. Nejdříve byla ověřována vhodnost hexanu. Toto rozpouštědlo je často používáno k extrakcím pro analytické potřeby v hydrochemii. V případě použitelnosti tohoto rozpouštědla by byl identický postup extrakce použit jak pro hydrochemické, tak pro ekotoxikologické analýzy zachyceného znečištění. Při konkrétním použití však bylo zjištěno, že po odfoukání hexanu

zůstává zahuštěné znečištění zakoncentrováno v trioleinu, který je z membrán rovněž hexanem extrahován a tento triolein plave na hladině zkušebního roztoku a nelze jej žádným dalším postupem (např. přidávkou DMSO či acetonu) dostatečně jemně rozemulgovat, což je základní předpoklad pro jeho převedení do celého vodního sloupce, jak je to potřebné pro zkoušky toxicity a genotoxicity. Proto další extrakce byly prováděny acetonem. Po odstranění acetonu probubláním bylo vymyté znečištění převedeno do vody podobně, jako je tomu v postupu podle TNV 75 7231. Tímto způsobem došlo k velice jemné emulgaci přítomného trioleinu (viz obr. 3.4.1). Ten tvoří zákal, který z roztoku po celou dobu použití ve zkouškách toxicity a genotoxicity nevypadává. I když byly v následných zkouškách zaznamenány toxické účinky, musíme si uvědomit, že vzhledem k tomu, že vymyté znečištění je převedeno do emulze, nikoliv do pravého roztoku, přetrvává zde možnost, že je kontakt zkušebního organismu se zkoumaným vzorkem tímto způsobem částečně omezen a toxické účinky mohou být navíc zkresleny mechanickým působením emulze.



Obr. 3.4.1 Výsledky různé intenzity extrakce semipermeabilních membrán pomocí acetonu

Z výše uvedených důvodů byl zahájen vývoj zcela nového postupu pasivního vzorkování, založeného na využití polystyrenových pryskyřičných sorbentů (XAD resinů), umístěných *in situ*. Tyto sorbenty byly zvoleny z důvodu dobrých zkušeností s jejich použitím při screeningovém stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod podle TNV 75 7769. Vývoj nové metody pasivního vzorkování zahrnoval:

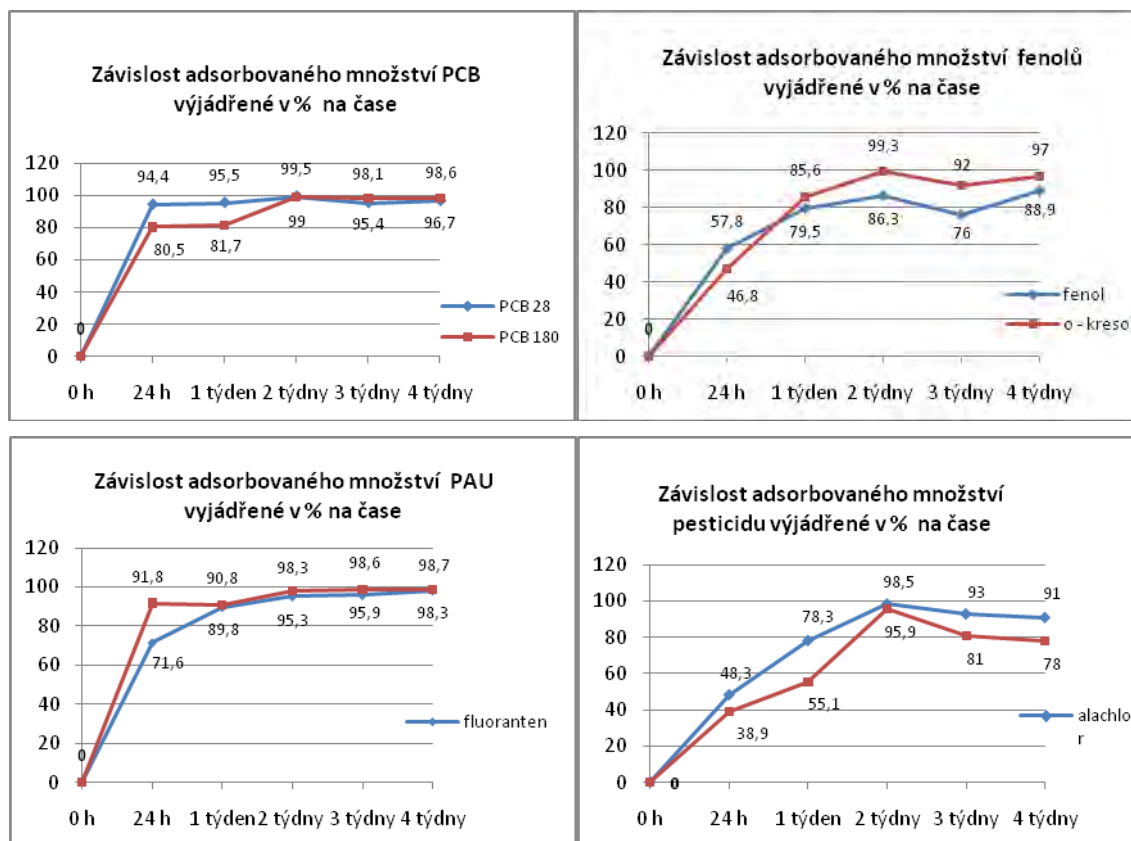
- modelové zkoušky se spikovanými vodami, zaměřené na studium procesu adsorpce,
- ověření vhodnosti postupu extrakce polutantů do média vhodného pro zkoušky ekotoxicky,
- zkoušky s různou dobou expozice sorpčního materiálu na reálných biotopech,

V modelových laboratorních zkouškách byla voda spikována následujícími látkami:

- fenoly: fenol, o-kresol, m-kresol, p-kresol, β -naftol v koncentraci $20 \mu\text{g.l}^{-1}$,
- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU): naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylen, indeno(1,2,3-g,h,i)pyren v koncentraci $0,420 \mu\text{g.l}^{-1}$,
- polychlorované bifenyly (PCB): kongenery PCB (28), PCB (52), PCB (101), PCB (118), PCB (138), PCB (153) a PCB (180) v koncentraci $0,042 \mu\text{g.l}^{-1}$,
- pesticidy: hexachlorbutadien, trifluralin, alachlor, aldrin, chlorpyrifos, isodryn, octachlorstyren, endosulfan I, dieldrin, endrin v koncentraci $0,042 \mu\text{g.l}^{-1}$,

Stanovení výše uvedených analytů byla prováděna podle standardních operačních postupů:

Účinnost procesu adsorpce byla vypočtena z rozdílu hodnot koncentrací výše uvedených analytů ve vodném vzorku na začátku pokusu v čase 0 h a na konci pokusu ve zvolených časových úsecích 24 h, 1 týden, 2 týdny, 3 týdny, 4 týdny. Pro ukázkou jsou uvedeny grafické závislosti sorbovaného množství analytu (v %), pro dva zástupce ze skupiny fenolů, PAU, PCB a pesticidů.



Graf 3.4.1 Účinnost adsorbovaného množství testovaných polutantů (%)

Jak z výsledků vyplývá, u většiny analytů docházelo k maximu adsorpce po expozici ukončené po dvou týdnech. Zvýšení účinnosti adsorpce v dalších dvou týdnech se pohybovaly v řádu desetin až jednotek procent, případně docházelo k úbytku. Tento fakt naznačuje, že nejvhodnější doba expozice sorbentů amberlite typu XAD je maximálně dva týdny. Při delší expozici je již zřejmě sorbent saturován, další komponenty na něm již nemohou být zachycovány a dochází k "průrazu" tj. k vymývání již sorbovaných analytů. Tento závěr byl později ověřován při nasazení rezinů v reálných podmínkách a to jak chemickými, tak ekotoxikologickými analýzami sorbovaného znečištění.

Analytické práce také zahrnovaly zavedení, ověření a optimalizaci metody skupinového stanovení vybraných fenolů ve vodných vzorcích a extraktu z tuhého sorbentu. Výběr stanovovaných fenolů vycházel ze seznamu prioritních látek a ze znalosti výskytu látek v povrchových a odpadních vodách v povodí řeky Odry. Jednalo se o fenol (Ph), m-kresol (1,3-MP), p-kresol (1,4-MP), o-kresol (2-MP), 4-nitrofenol (4-NP), 2-chlorfenol (2-CP), 2,4-dinitrofenol (2,4-DNP), 2-nitrofenol (2-NP), 2,4-dimethylfenol (2,4-DMP), 2,4-dichlorfenol (2,4-DCP), 2,4,6-trichlorfenol (2,4,6-TCP) a pentachlorfenol (PCP). Pro stanovení byly vybrány následující postupy:

- Prekoncentrace analytů z vodných vzorků byla prováděna extrakcí tuhou fází (solid phase extraction) na komerčně dostupných sorpčních kolonkách SPE Sorbent–strata™X

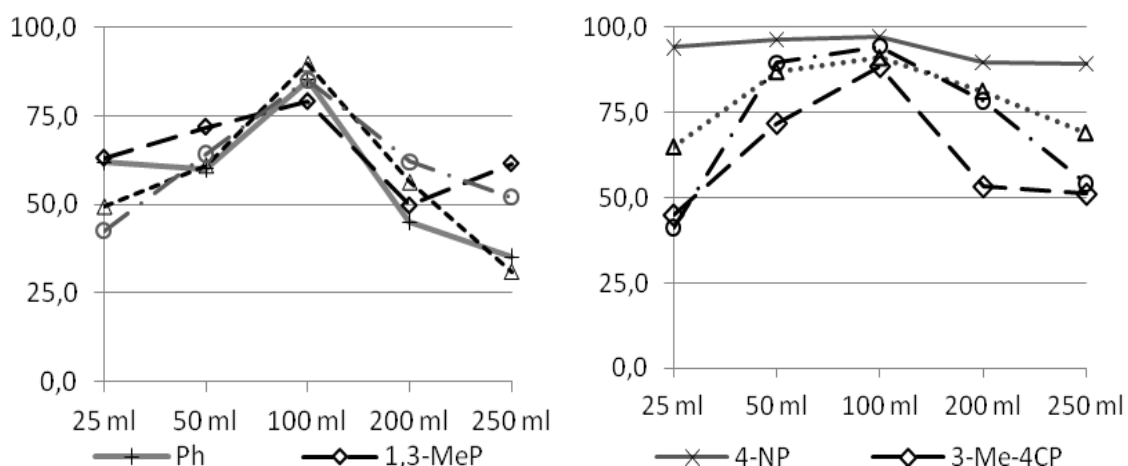
plněných polymerním sorbentem, který je určen k extrakci fenolů. Před extrací byl ke vzorkům přidáván chlorid sodný jako "vysolovací činidlo" pro zvýšení účinnosti extrakčního postupu.

- Methylfenoly, chlorfenoly a nitrofenoly byly separovány a stanoveny pomocí HPLC s gradientovou elucí při použití detektoru s diodovým polem (DAD) a fluorescenčního detektoru (FLD).

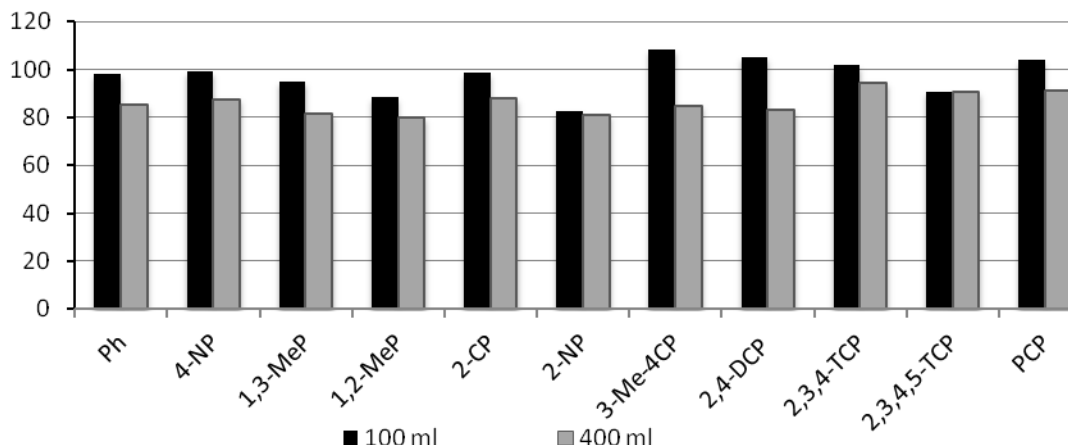
Bylo analyzováno 21 reálných vzorků se standardním přídávkem $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro odpadní vodu a $25 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro vodu povrchovou, hlavně za účelem zjištění výtěžnosti SPE extrakce.

U těchto vzorků byl sledován:

- Vliv objemu vzorku použitého k preseparaci analytů na výtěžnost SPE. U vzorků odpadní vody byly testovány následující objemy: 25 ml, 50 ml, 100 ml, 200 ml a 250 ml. U vzorků povrchové vody objemy 100ml a 400 ml. Získané výsledky prokázaly závislost výtěžnosti SPE na extrahovaném objemu. Tato závislost je mimo jiné úzce spojena s koncentrací stanovovaných analytů ve vzorku a s celkovým znečištěním analyzovaného vzorku. Kapacita sorbentu (použité SPE kolony) je totiž definována jako celkové množství komponent, tedy stanovovaných analytů, ale i interferujících látek, které mohou být kvantitativně zadrženy ze vzorku. Průměrná relativní výtěžnost stanovení [%] byla vypočtena vždy ze tří paralelně prováděných analýz. Pro odpadní vody byl jako optimální objem pro SPE extrakci na kolonkách strataTM X stanoven objem 100 ml. Při objemu 200 ml extrahovaného vzorku se totiž výtěžnost stanovovaných analytů v průměru snížila o 14 %. Kapacita použité kolony byla tedy již vyčerpána a docházelo k následnému vymývání zachycených analytů ze sorbentu prosávaným vzorkem (viz graf 3.4.2). Naproti tomu, při porovnání výtěžností s extrahovaným objemem u povrchových vod, došlo u extrakce 400 ml vzorku ke snížení výtěžnosti v průměru pouze o 11 % oproti výtěžnosti při použitém objemu 100 ml a výtěžnost SPE neklesla pod 80 % (viz graf 3.4.3).



Graf 3.4.2 Hodnoty průměrné výtěžnosti SPE [%]^a fenolů v závislosti na objemu extrahovaného vzorku odpadní vody se standardním přídávkem o koncentraci $100 \mu\text{g.l}^{-1}$



Graf 3.4.3 Porovnání výtěžnosti SPE (%) vybraných fenolů ve vzorcích povrchové vody se standardním přídavkem 25 µg.l⁻¹ při extrakci ze 100 a 400 ml vzorku

- Vliv elučního činidla použitého k desorpci analytů ze sorbentu při SPE. Na kolonkách SPE Sorbent–strataTM X (500mg/6ml) byl testován aceton, aceton v kombinaci s acetonitrilem a aceton v kombinaci s dichlormethanem. Poslední varianta je doporučována výrobcem kolonek. Sorbované analyty byly eluovány rozpouštědly o celkovém objemu 10 ml, v případě kombinací dvou rozpouštědel byl jejich poměr 1:1. Sorpce probíhala ze 100 ml modelového vzorku. Výsledky stanovení uvádí tab. 3.4.4. Nižších výtěžností bylo dosahováno pro fenol, methylfenoly a monochlorfenoly při eluci acetonem v kombinaci s DCM, což mohlo být způsobeno ztrátami při zkoncentrování eluátu. Při eluci acetonem byly získány nízké hodnoty výtěžnosti u výše chlorovaných fenolů. Nejvyšších výtěžností bylo dosaženo pro eluční činidlo aceton v kombinaci s ACN. Tato varianta je vhodná i z hlediska následné chromatografické analýzy pomocí HPLC.

Tab. 3.4.4 Průměrné výtěžnosti SPE [%] analytů získané při použití tří různých elučních rozpouštědel

Analyt	Výtěžnost ^a		
	1 ^b	2 ^c	3 ^d
Ph	63,6	92,6	100,6
4-NP	90,8	103	99,2
1,3-MeP	55,4	95,1	83,8
1,2-MeP	58,8	100	96,1
2-CP	46,5	67,6	98,3
2,4-DNP	107,9	95,8	90,0
2,4-DMP	79,0	53,5	89,0
2,4-DCP	113	119	99,3
2,4,6-TCP	78,1	59,5	95,0
2,3,4,5-TCP	61,2	50,3	90,1
PCP	84,4	73,0	101

^a relativní výtěžnosti vypočtené ze tří stanovení

^b eluce 5 ml acetonu + 5 ml DCM

^c eluce 10 ml acetonu

^d eluce 5 ml acetonu + 5 ml ACN

Jak bylo uvedeno výše, kromě časových závislostí adsorpce byla studována vhodnost použití různých činidel a postupů použitých k eluování sorbovaných organických látek na pevný sorbent typu XAD – 2 a XAD – 4 smíchaném v objemovém poměru 1 : 1.

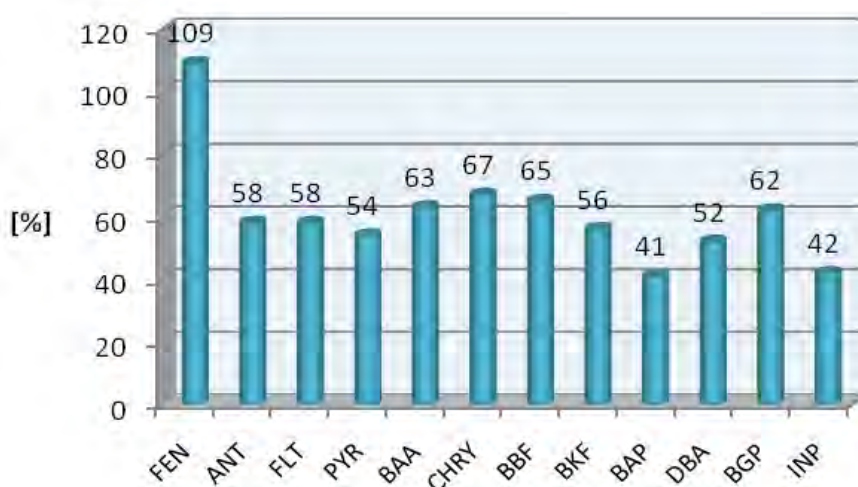
K eluci analytů z pevného sorbentu byla používána tato eluční rozpouštědla: aceton, aceton v kombinaci s metanolem a aceton v kombinaci s hexanem. Eluování analytů bylo prováděno dvojím postupem:

1. Po umístění sorbentu do eluční kolonky (největší výtěžnosti dosaženo u fenolů při použití kombinace rozpouštědel aceton a metanol v uvedeném pořadí).
2. Extrahováním analytů v soxhletově extraktoru, násobnou extrakcí (největší výtěžnost dosažena pro PCB při kombinaci rozpouštědel, aceton, aceton : hexan = 1 : 1 v uvedeném pořadí).

Pro všechny sledované látky byla vypočtena účinnost použitých způsobů extrakce a rozpouštědel. Jako příklad je uvedena násobná extrakce (popsaná níže) pro stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Extrakce proběhla ve třech krocích:

1. Extrakce acetonem
2. Kombinaci rozpouštědel aceton : hexan = 3 : 1
3. Kombinaci rozpouštědel aceton : hexan = 1 : 1

Extrakty byly spojeny a zahuštěny k suchu a analyty následně převedeny do acetonitrilu tj. rozpouštědla vhodného pro HPLC analýzu pro stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Stanovené výsledky uvádí následující graf 3.4.4:

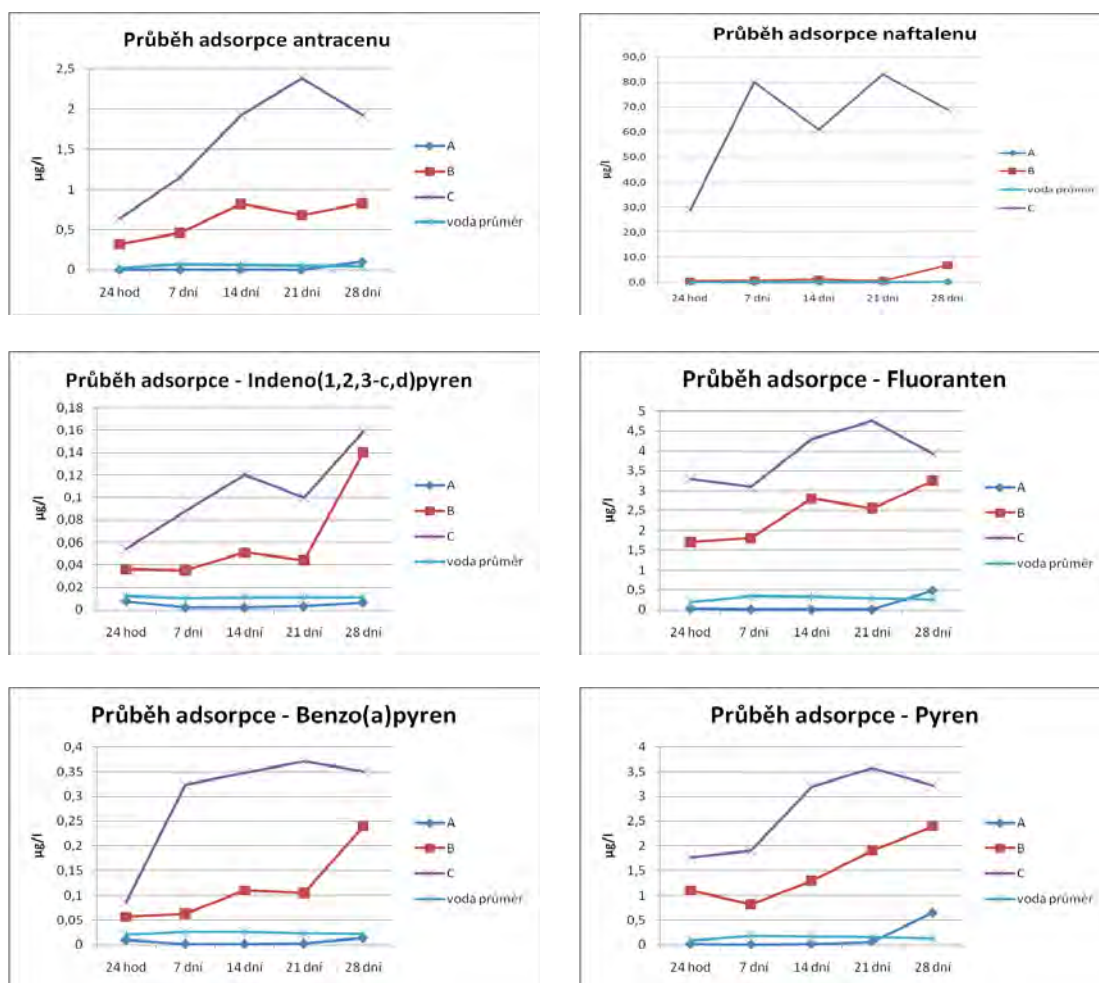


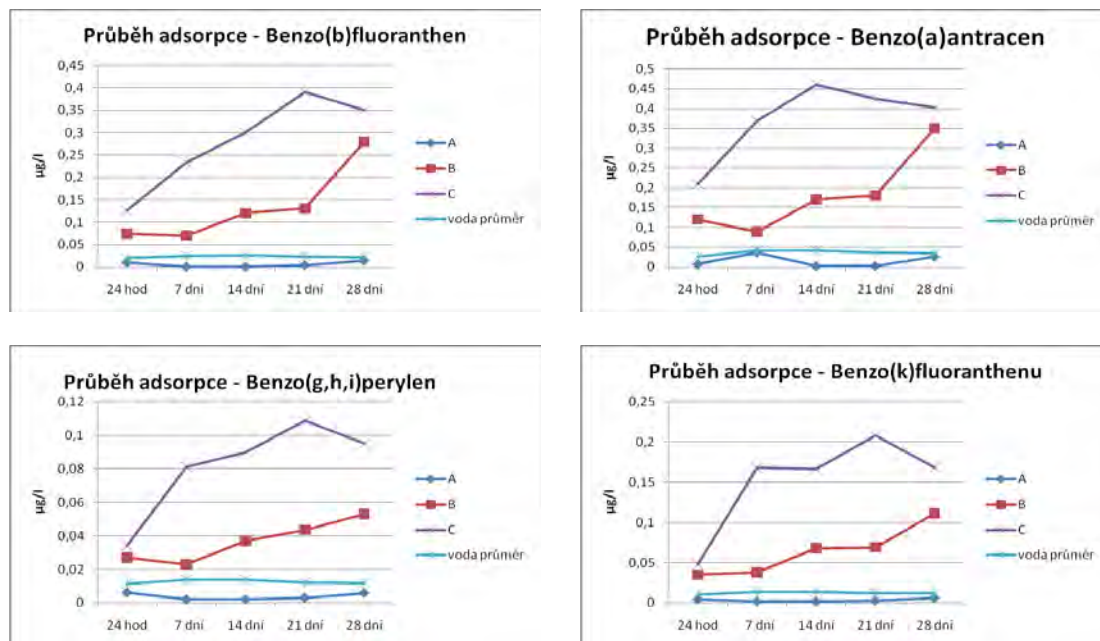
Graf 3.4.4 Účinnost extrakce PAU (%)

Na tyto práce navázaly pokusy, zaměřené na sledování závislosti účinnosti adsorpce vybraných organických látek na délce doby expozice sorpčního materiálu v reálných podmínkách (v konkrétním toku). Pro tyto potřeby byla odběrová zařízení nasazena na lokalitě Černý příkop ústí. Tento tok je silně kontaminován odpadními vodami z koksárenské výroby a zároveň je zde zaústěn odtok z Ústřední čistírny odpadních vod Ostrava. Sorbenty smíchané v ekvivalentních množstvích (40 ml XAD 2 + 40 ml XAD 4) byly uzavřeny do netkané textilie a v ochranné nádobě umístěny do toku, vždy zdvojeně pro každou dobu expozice (24 h, 7 dní, 14 dní, 21 dní a 28 dní). Zachycené znečištění bylo ze sorbentů vylouženo třemi různými postupy. Sorbenty z první nádoby pro danou expozici byly vylouženy 40 ml acetonu a vyplavené znečištění bylo po odstranění acetonu probubláváním

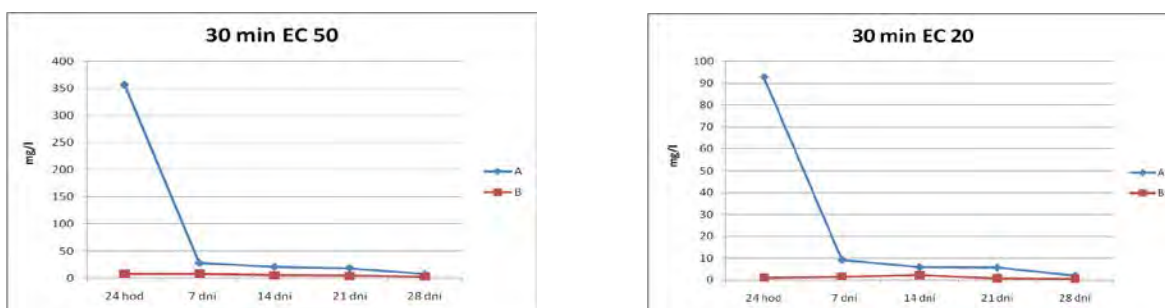
dusíkem převedeno do výsledných 40 ml vody (extrakt A). Sorbenty z druhé nádoby byly vylouženy dvakrát 40 ml acetonu a poté bylo vyplavené znečištění stejným způsobem převedeno do 40 ml vody (extrakt B). Tyto resiny pak byly ještě promyty 40 ml acetonitrilu (extrakt C). Tímto krokem mělo být získáno znečištění, které nebylo vymyto použitím acetonu. Chemické analýzy byly provedeny u extraktů A, B i C, ekotoxikologická stanovení pouze u extraktů A a B, protože acetonitrilové extrakty nelze pro ekotoxikologické zkoušky upravit. Příklady získaných výsledků uvádíme na grafech 3.4.5 a 3.4.6.

Prezentované výsledky dokládají větší účinnost opakovaného vymývání absorbovaného znečištění acetonem ve srovnání s jednorázovým vymytím, které bylo původně navrhováno pro použití daného typu adsorbentů pro zachycení znečištění povrchových vod de Zwartem a Sloofem (1993). Následné vyluhování acetonitrilem ukázalo, že aceton nevymyje všechno adsorbované znečištění. Acetonitrilový extrakt ale nelze použít pro ekotoxikologické zkoušky. Proto se „musíme spokojit“ s acetonovými extrakty, které lze bezproblémově převést do vodných roztoků. Experimentální činnost však prokázala, že je tento postup pro ekotoxikologické hodnocení dlouhodobého znečištění povrchových vod dostatečný. Úroveň toxicity zachyceného znečištění vzrostla výrazně po 7 denní expozici, pak byl již její přírůstek výrazně menší. Terénní měření tedy rovněž potvrzuje závěry laboratorních modelových zkoušek se spikovanými vodami – dvoutýdenní expozice se jeví jako dostačující pro kvalifikované stanovení rizika chronických účinků znečištění povrchových vod.





Graf 3.4.5 Grafické znázornění adsorpce na XAD resiny pro vybrané PAU



	24 hod	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní
A	92,8	9,27	5,96	5,73	2,03
B	1,13	1,65	2,30	0,82	0,61

	24 hod	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní
A	356,80	27,90	20,92	18,40	7,53
B	8,04	8,05	5,62	4,63	3,25

Graf 3.4.6 Grafické znázornění změn hodnot koncentrací zachyceného znečištění, působících 20% a 50% inhibiči svítivosti luminiscenčních bakterií

Pro potřeby porovnání námi vyvinuté metodiky s jinými postupy pasivního vzorkování, používanými v evropském měřítku, jsme se zúčastnili mezinárodní interkalibrace metod AQUAREF 2010, pořádané sdružením výzkumných institucí NORMAN. Na vybraném profilu řeky Rhony byly umístěny zařízení k pasivnímu vzorkování zhruba ze zhruba 17 evropských institucí, včetně našeho zařízení. Po ukončení doby expozice, byly adsorbenty zaslány zpět do České republiky. Zde byly provedeny chemické a ekotoxikologické analýzy. Chemické analýzy jsou prováděny na pracovištích VÚV TGM, v.v.i. v Ostravě a v Brně, ekotoxikologie zachyceného znečištění byla stanovena v Ostravě. Získané hodnoty však není možno s výsledky ostatních laboratoří porovnat, protože organizátoři dopod nedodali a zřejmě ani nedodadají údaje, ze kterých by bylo možno porovnat efektivitu různých pasivních vzorkovačů, které byly v rámci mezinárodní interkalibrace použity.

Závěrem lze konstatovat, že úkoly, specifikované schválenými metodikami na jednotlivé roky řešení byly splněny. V oblasti ekotoxikologie byly vyvinuty dvě metodiky specializovaných stanovení – screeningové stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod a stanovení ekotoxikologických vlastností dlouhodobého znečištění vod. Zatímco první metoda byla publikována jako odvětvová technická norma vodního hospodářství, druhá bude zaslána k publikaci v impaktovaném periodiku (začátkem prosince letošního roku).

3.4.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Soldán, P., Fremrová, L. TNV 75 7768 Jakost vod - Hodnocení účinnosti čištění průmyslových odpadních vod pomocí toxikologického stanovení. 2006.
- Pospíchalová, D. Stanovení vybraných farmak v povrchové a odpadní vodě kapalinovou chromatografií s UV detekcí. Vodní hospodářství, 2009, roč. 59, č. 3, s. IV - VI. ISSN 1211-0760.
- Soldán, P., Fremrová, L. TNV 75 7769 Jakost vod - Metoda stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod. 2009.
- Svoboda, J., Fuksa, J.K., Matoušová, L., Schonbauerová, L., Svobodová, A., Váňa, M., Šťastný, V. Léčiva a čistírny odpadních vod - možnosti odstraňování a reálná data. VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2009, roč. 51, č. 2, s. 9—12. ISSN 0322-8916.
- Badurová, J., Soldán, P. Vliv vybraných induktorů na aktivaci jaterních enzymů pstruha duhového. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5, s. 14—17. ISSN 0322-8916.
- Truxová, I., Chrástina, D. (2011) Optimalizace metody skupinového stanovení fenolů kapalinovou chromatografií (HPLC) ve vodách a sedimentech, VTEI, příloha Vodního hospodářství č.3, 2011, roč. 53, č. 6, s. 23—26. ISSN 0322 - 8916.
- Reifferscheid, G., Maes, H. M., Allner, B., Badurova, J., Belkin, S., Blum, K., Brauer, F., Bressling, J., Domeneghetti, S., Elad, T., Flückiger-Isler, S., Grummt, H.J., Guertler, R., Hecht, A., Heringa, M.B., Hollert, H., Huber, S., Kramer, M., Magdeburg, A., Ratte, H.T., Sauerborn-Klobucar, R., Sokolowski, A., Soldan, P., Smital, T., Stalter, D., Venier, P., Ziemann, C., Zipperle, J., Buchinger, S. International round-robin study on the Ames fluctuation test, přijato k publikaci v Environmental and Molecular Mutagenesis, číslo rukopisu: EMM 11-010.R1.
- Soldán, P., Badurová, J. A method for screening for the risk of chronic effects of surface water pollution, přijato k publikaci v Environmental Monitoring and Assessment, číslo rukopisu: EMAS8886.
- Soldán, P., Badurová, J. Simple passive sampling procedure for ecotoxicological screening of surface water pollution. (Bude podáno do konce roku do impaktovaného periodika).

3.5 STUDIUM CHOVÁNÍ A TRANSFORMACE SPECIFICKÝCH POLUTANTŮ VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH

Doba řešení: 2005 – 2009 a 2010 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2009: Mgr. Jan Svoboda
2010 – 2011: Ing. Miroslav Váňa

Řešitelský tým: RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Jiří Kučera, Ing. Alena Svobodová, Ing. Lucie Schönbauerová, Ing. Magdalena Karberová, Ing. Filip Wanner, Ing. Lenka Matoušová, Ing. Pavla Martinková, Ing. Danica Pospíchalová, Ing. Roman Jobánek, Ing. Pavlína Krečmerová,

3.5.1 Předmět řešení

Předmětem řešení subprojektu bylo studium chování a transformace specifických polutantů ve vodních ekosystémech.

Z hlediska ochrany vodních ekosystémů i zdrojů pitné vody je v současné době nanejvýš důležité se zabývat látkami se specifickým účinkem. Jejich význam v současnosti stoupá s významným poklesem klasického znečištění za posledních 30 let a také s významným nárůstem produkce a spotřeby dalších specifických látek používaných v průmyslu a zejména v domácnostech. Látky se specifickým účinkem jsou například součástí léků, čistících a kosmetických přípravků. Obecně je tato skupina látek v literatuře označována zkratkou PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Products (farmaka a produkty osobní spotřeby).

V případě léků nelze vzhledem k pozitivnímu účinku na lidské zdraví předpokládat omezování jejich používání legislativními nástroji, naopak jejich spotřeba bude mít pravděpodobně vzrůstající trend. Také lze předpokládat, že vzhledem k rozvoji medicíny a farmaceutického průmyslu se budou stále objevovat nové, dosud neznámé látky. Přitom v případě některých volně prodejných i předepisovaných léků již dnes jejich celkový výdej v České republice dosahuje řádově až desítek tun za rok.

Léčiva nejsou ve většině případů po působení v organismu metabolizována na jednoduché sloučeniny, ale jsou transformována tak, aby mohla být vyloučena z organismu. V některých případech mohou být vyloučena v nezměněném stavu, někdy v metabolicky pozměněné formě, která může být méně, ale i více biologicky aktivní než původní sloučenina. Výsledné metabolity jsou vždy vyloučeny z těla a dostávají se do vodního prostředí splaškovými vodami, které jsou většinou odváděny k další úpravě, ve většině případů do biologické čistírny odpadních vod. Jejich další osud nelze hodnotit jako jednoduchou eliminaci odpovídající hodnocení klasických ukazatelů odpadních vod (CHSK, BSK). V případě použitých farmak jsou původní látky a jejich metabolity (včetně doprovodných látek obsažených v preparátu) vylučovány ve formě polárních konjugátů, které se postupně v odpadní vodě mohou štěpit na původní formu.

Obecně je na základě chemické struktury dané látky velmi složité odhadnout, do jaké míry bude podléhat biotransformaci. Lze však konstatovat, že látky, které jsou metabolizovány mikroorganismy v relativně velkých koncentracích, nebudou významně transformovány, pokud jejich koncentrace bude extrémně nízká, protože nedojde k selekci mikroorganismů schopných jejich metabolismu. Navíc tyto složité, často uměle vyrobené sloučeniny nejsou jediným substrátem pro růst mikroorganismů schopných jejich rozkladu, ale jsou kometabolizovány spolu s dalšími přirozenými zdroji organického uhlíku.

Nelze předpokládat, že dochází k jejich významné biodegradaci v řekách, ve kterých není, ve srovnání s minulostí, nadbytek zdrojů snadno dostupného organického uhlíku a které jsou

navíc často technickými zásahy zbaveny habitatů vhodných pro výskyt bakteriálních společenstev se schopností rozkladu zmíněných látek.

Mezi první farmaka, která vzbudila u vědecké obce podezření z vedlejších účinků na zoocenozy recipientů odpadních vod, patří přípravky sloužící jako hormonální antikoncepce nebo substituční hormonální léčba. Jedná se o léky obsahující směs estrogenů, gestagenů a jejich umělých analogů. Hlavní součástí bývá 17β -estradiol nebo jeho syntetický analog 17α -ethynylestradiol. V městských odpadních vodách se vyskytují také lidské přirozeně vylučované pohlavní hormony – androgenní testosteron a estrogeny estron a přirozeně produkováný 17β -estradiol a gestagen progesteron a jejich metabolity. Tyto látky mohou procházet čistírnami odpadních vod a během biologických procesů jejich odbourávání mohou být vzájemně metabolicky transformovány na jiné pohlavní hormony. Ve vodním prostředí mají většinou estrogenní účinky na populace živočichů – u samců ryb, obojživelníků i ostatních obratlovců i bezobratlých se vyvíjejí samičí pohlavní znaky. Stejný účinek mohou mít látky s podobnou chemickou strukturou (např. fytoosteroly uvolňované z dřevní hmoty při výrobě celulozy) nebo ostatní látky svojí strukturou vzdáleně podobné estrogenům, které jsou schopné vazby na receptory pohlavních hormonů. U těchto látek je však zmiňován nižší účinek.

Obecně jsou látky s podobným mechanismem účinku označovány jako endokrinně disruptivní (EDC – endocrine disrupting chemicals). Nepříznivý účinek EDC se v případě dlouhodobé expozice sčítá, takže k ovlivnění fyziologického stavu vodních živočichů stačí nízká koncentrace EDC působící po dostatečně dlouhou dobu. Vliv endokrinních disruptorů je také závislý na vývojové fázi zasažených živočichů, jiný je efekt působení na juvenilní stadia a jiný na dospělé. V zahraniční literatuře jsou uváděny experimentální studie o změně druhového složení a dokonce o vymizení některých krátkověkých druhů ryb a obojživelníků pod vlivem několikaletého přídavku 17α -ethynylestradiolu do experimentálních jezer. V uvedeném případě koncentrace 17α -ethynylestradiolu dosahovaly hodnot v jednotkách nanogramů na litr, která odpovídá koncentracím naměřeným pod odtoky z ČOV.

3.5.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Vývoj řešení projektu

Vývoj v řešení subprojektu nebyl jednoduchý, v průběhu řešení došlo ke změně odpovědného řešitele, změnám v zařazení subprojektu a též k zásadní změně metody stanovení sledovaných látek.

V roce 2007 byl odpovědný řešitel Mgr. Jan Svoboda a subprojekt označen jako 3611. Na konci roku 2007 byl založen nový samostatný subprojekt 3613 (odpovědný řešitel RNDr. Soldán, Ph.D.), obsahující mj. vývoj metod stanovení farmak, a původní problematika byla řešena v subprojektu 3614. Tím se subprojekt 3614 stal závislý na subprojektu 3613.

V roce 2009 byla problematika subprojektu 3614 převedena pod řízení řešitele subprojektu 3613 společně. Od roku 2010 opět samostatný subprojekt s označením 3614 pod vedením Ing. Váni.

Postup řešení projektu

Řešení problematiky výskytu a transformace farmak vycházelo z provedené rešerše literatury, kdy byl vybrán standardní soubor farmak vhodných pro sledování na základě následujících kritérií:

- podle spotřeby v ČR (ověřeno speciální studií),
- podle závažnosti pro vodní ekosystémy a případně pro užívání vody,

- podle frekvence publikací o jednotlivých farmakách. To odráží i jejich významnost pro výskyt ve vodách, ekologickou závažnost atd.

Studovaný přehled sledovaných látek společně se základní charakteristikou je uveden v tabulce 3.5.1.

Tab. 3.5.1 Stanovované látky, jejich charakteristika a odhadovaná spotřeba

Název	Základní charakteristika	Spotřeba v ČR (kvalifikované odhady na základě dat SÚKL, t.rok ⁻¹)
Diklofenak (CAS 15307-86-5)	analgetikum a nesteroidní protizánětlivé léčivo (NSAID), cca 70 % se používá ve formě masti (volně prodejné), mimo Evropu je většinou používáno perorálně	cca 20
Ibuprofen (CAS 15687-27-1)	nesteroidní protizánětlivé léčivo (NSAID), většinou se používá perorálně	cca 200
Karbamazepin (CAS 298-46-4)	antiepileptikum, antidepressivum apod., používá se výhradně perorálně a výhradně na lékařský předpis	cca 7,5
Kyselina salicylová (CAS 69-72-7)	základní metabolit kyseliny acetylsalicylové (Aspirin)	až 600
Kyselina klofibrová (CAS 882-09-7)	základní metabolit fibrátů používaných ke kontrole hladiny lipoproteinů v krvi	cca 10 (fibráty)

Původně byly sledovány tři městské čistírny odpadních vod o různé velikosti (4 600, 60 000 a více než 80 000 EO) s klasickým uspořádáním technologické linky a vodní toky, do kterých byly vyčištěné odpadní vody vypouštěny.

V rámci řešené problematiky byla vypracována metodika stanovení vybraného souboru farmak metodou HPLC s UV detekcí, včetně extrakce a přípravy vzorků. Kalibrace byly prováděny externími standardy ve všech krocích stanovení – vzorkování, příprava vzorků, vlastní stanovení HPLC/UV. Vzhledem k vysokým mezím stanovitelnosti farmak při užití metody HPLC/UV se měřitelné koncentrace farmak se vyskytovaly ve vzorcích odebraných na vtoku do ČOV a v počáteční části čistírenského procesu. V dalších fázích procesu se měřené koncentrace dostávaly pod mez stanovitelnosti a „mizely“. Koncentrace farmak ve vodních tocích, do kterých byla vyčištěná odpadní voda vypouštěna, se též pohybovaly pod mezí stanovitelnosti. Z tohoto důvodu byla metoda stanovení farmak přepracována a od roku 2009 bylo stanovení prováděno metodou HPLC/MS po jejich zkoncentrování extrakcí na pevné fázi (SPE).

Na základě nově odebraných vzorků a jejich srovnání s výsledky z předchozího období byl přehodnocen systém sledování a odběrové profily. Od roku 2010 byly sledovány koncentrace některých farmak (ibuprofen, diklofenak, karbamazepin, kyselina salicylová a kyselina klofibrová) pouze v podélném profilu dvou základních recipientů, Vltavy od Prahy po Mělník (sledování Vltavy nad Prahou nevypovídá o transportu z horního toku, protože jsou zde zásadní diskontinuity – velké nádrže Slapy a Orlický náhon) a Labe od Hostinného po Hřensko. Současně byl přehled vývoje koncentrací vybraných farmak v podélném profilu Labe a dolní Vltavy doplňován o bilanční údaje o emisích z významných bodových zdrojů na toku. Na výše zmíněných recipientech byly odebrány, vzhledem k povaze studovaných látek, pouze prosté vzorky.

Kromě stanovení vybraných farmak byly v odebíraných vzorcích stanoveny i základní chemické parametry – konduktivita, CHSK_{Cr}, BSK₅, nerozpuštěné látky, formy dusíku (N-

NH₄, N-NO₂, N-NO₃, N_{org}, N_{celk}) a fosforu (P_{celk}, P-PO₄). Stanovení farmak bylo prováděno metodikou LC-MS (nejistota stanovení 20 %).

Výsledky

V průběhu roku 2010 – 2011 bylo získáno celkem deset souborů dat z podélného profilu Labe (Klásterská Lhota-Hřensko) a dolní Vltavy (profily Podolí a Zelčín), charakterizující vývoj zatížení v podélném profilu Labe a úseku Vltavy ovlivněného Prahou. Lokalizace a základní charakteristiky odběrových profilů jsou uvedeny v tabulce 3.5.2. Vzorby byly odebírány ve standardních profilech ČHMÚ (resp. MKOL) s tím, že v dalším postupu vyhodnocení změn parametrů jakosti vody v podélném profilu budou využita „ročenková“ data (po publikaci ČHMÚ) a případně, po publikaci příslušných ročních databází, data z monitoringu Mezinárodní komise pro ochranu Labe.

Termíny odběru vzorků byly voleny v závislosti na počasí a průtoku vody v tocích tak, aby výsledky byly srovnatelné (eliminace zvýšených průtoků a nadměrného ředění vypouštěných městských odpadních vod v recipientu). Průtoky v obdobích plánovaných odběrů a v den odběru byly sledovány na informačních vývěskách správců povodí.

Kód	Název	Řkm	Průměrný průtok m ³ /s
LABE			
KLA	Klásterská Lhota	1063	cca 4,5
VER	Verdek	1039	6,1
NEM	Němčice	979	46
VAL	Valy	955	56
OBR	Obříství	842	248
HRE	Hřensko	727	293
VLTAVA			
POD	Praha-Podolí	60	148
ZEL	Zelčín	11	151

Tab. 3.5.2 Základní charakteristiky sledovaných profilů. Kilometráž Labe je uvedena podle „nové kilometráže“ Povodí Labe. Průměrné průtoky jsou odhady odvozené z tabulkových dat pro profily s měřením průtoků atd.

V tabulce 3.5.3 jsou uvedeny souhrnné naměřené koncentrace farmak a základní statistické charakteristiky. Koncentrace kyseliny salicylové (SAL), ibuprofenu (IBU), karbamazepinu (CAR) a diklofenaku (DIC), byly převedeny do boxplot diagramů (graf 3.5.1). Průběh koncentrací vybraných farmak v podélném profilu Labe je zobrazena na grafu 3.5.2.

V podélném profilu Labe se projevují zásadní rozdíly v degradabilitě jednotlivých farmak. Kyselina salicylová a ibuprofen jsou ve vodním prostředí postupně degradovány (na nestanovené metabolity, ne nutně mineralizovány na CO₂) a v dolním úseku českého Labe jejich koncentrace nestoupají, nebo se snižují, zjevně v souvislosti s tím, že bodové zdroje zde vypouštějí městské odpadní vody do již relativně vodného recipientu. Pro rezistentní diklofenak a zejména karbamazepin je patrná stále stoupající koncentrace v podélném profilu, tzn. stálý přísun a nevýznamné ztráty (degradací, sorpcí apod.) do vzdálenosti cca 150 km, pak je již koncentrace konstantní. Koncentrace diklofenaku vykazuje typický nárůst s přítokem vody z Vltavy, další možné trendy maskuje vysoký rozptyl naměřených dat.

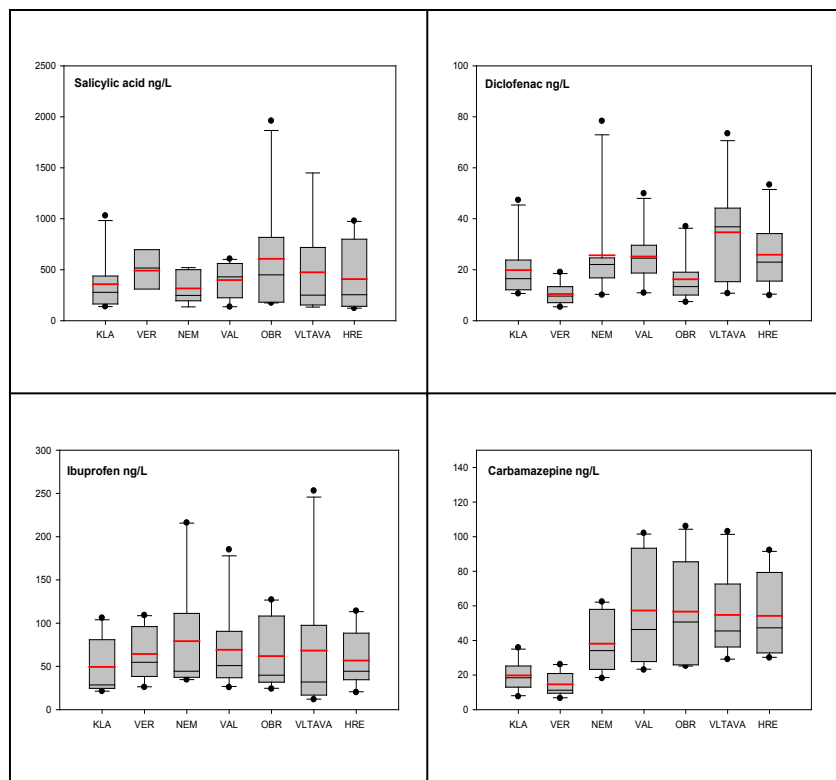
Pro posouzení vlivu Vltavy na průběh podélného profilu farmak v Labi byly vypočteny, na základě znalostí koncentrací farmak v profilu Obříství a Zelčín, koncentrace farmak za soutokem Vltavy a Labe. Koncentrace farmak v tomto virtuálním profilu Vltava + Labe jsou též zaneseny v grafu 3.5.2, ve vzdálenosti odpovídající skutečnému říčnímu kilometru.

Tab. 3.5.3 Koncentrace naměřených farmak v ng.l⁻¹ (n=10)

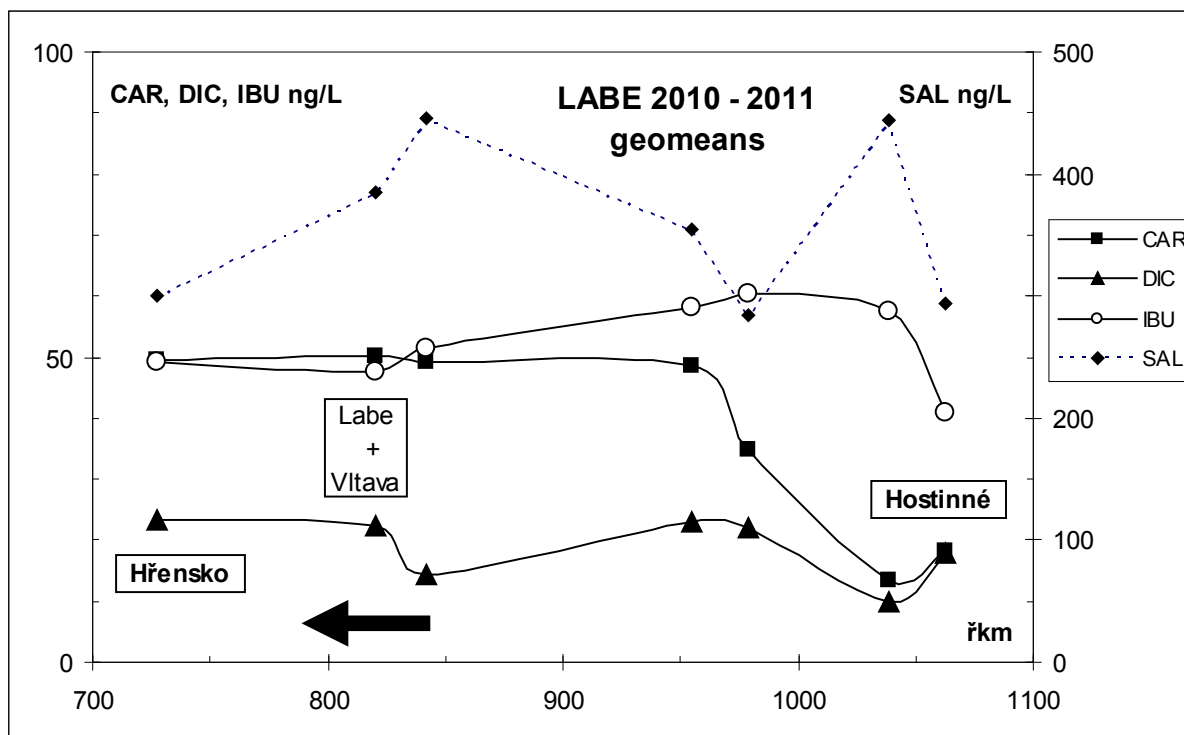
	KLA	VER	NEM	VAL	OBR	HRE
Kyselina salicylová (SAL)						
Průměr	358	492	316	399	607	408
Medián	279	517	248	430	450	255
Minimum	138	198	136	135	174	122
Maximum	1030	846	521	606	1960	978
Směrod. odchylka	270	228	152	179	550	344
Koef. variace %	75.5	46.4	47.9	44.8	90.7	84.4
Karbamazepin (CAR)						
Průměr	20	15	38	57	57	54
Medián	18	11	34	46	51	47
Minimum	8	7	18	23	25	30
Maximum	36	26	62	102	106	92
Směrod. odchylka	8	7	17	33	31	24
Koef. variace %	41.6	47.3	44.5	58.0	54.2	44.5
Diclofenak (DIC)						
Průměr	20	10	26	25	16	26
Medián	17	10	22	25	13	23
Minimum	11	5	10	11	7	10
Maximum	47	19	78	50	37	53
Směrod. odchylka	11	4	19	11	10	13
Koef. variace %	55.9	40.4	74.5	43.6	58.7	48.5
Ibuprofen (IBU)						
Průměr	49	64	79	69	62	57
Medián	29	55	44	51	40	44
Minimum	21	26	35	26	24	20
Maximum	106	109	216	185	127	114
Směrod. odchylka	32	31	72	49	41	33
Koef. variace %	65.4	48.6	91.3	70.1	65.9	57.8

V rámci výzkumu byla pro doplnění přehledu vývoje koncentrací vybraných farmak v podélném profilu Labe a dolní Vltavy využita data ze sledování vybraných ČOV (ČOV s více než 80 000 EO, 70 000 EO, 25 000 EO, 15 000 EO), která byla získána z pracovních výsledků projektu NAZV QI92A223.

Lze konstatovat, že míra znečištění vodních toků farmaky z jednotlivých ČOV se významně liší dle konkrétní lokality. Porovnáním průměrného průtoku v recipientu a vypouštěného množství farmak bylo na vytypovaných lokalitách zjištěno, vypouštěné znečištění z těchto bodových zdrojů představuje u kys. salicylové 0 – 12 % znečištění toku, u karbamazepinu 0 – 12 % (max. zjištěná hodnota 35 %), u diklofenaku 0 – 20 % (maximální hodnota 77 %) a u ibuprofenu 0 – 2 % (zjištěné maximum 13 %). V případě, že byla zjištěna jedna hodnota, která se výrazně lišila od ostatních naměřených hodnot, nebyla do intervalu zahrnuta a je uvedena v závorce.



Graf 3.5.1 Graf koncentrací farmak v jednotlivých sledovaných profilech (ng.l⁻¹). Červená čára uvnitř grafu označuje průměr.



Graf 3.5.2 Koncentrace vybraných farmak v podélném profilu Labe. Geometrické průměry sledování 2010 – 2011. Na ose x říční km. Hodnota „Labe+Vltava“ je dopočtena z koncentrací v profilech Obříství a Zelčín. Šipka naznačuje směr toku Labe.

Závěry

V rámci řešení subprojektu bylo zjištěno, že koncentrace vybraných léčiv v českém úseku Labe nepřekračuje rozpětí publikované v literatuře (Kolpin et al, 2002; Jjemba, 2006, Kummerer 2008). Přičemž vzhledem k tomu, že koncentrace kyseliny salicylové a ibuprofenu kolísají v celém podélném profilu recipientu, lze předpokládat existenci rovnováhy mezi přísunem těchto látek do vodního toku a jejich mikrobiální degradací. Naproti tomu koncentrace karbamazepinu se systematicky zvyšuje v horní části toku, po dosažení určité velikosti toku se již výrazně nemění. Tento trend koresponduje s údaji z německého úseku Labe.

V případě diklofenaku, který je též poměrně resistentní vůči klasickým způsobům čištění odpadních vod, některé publikace připouštějí jeho fotodegradaci po vypuštění do recipientu (Buser et al, 1998; Tixier et al, 2003).

V případě diklofenaku námi zjištěné výsledky ukazují, že jeho chování v horním toku řeky je podobné jako chování karbamazepinu, nicméně rozptyl v naměřených datech neumožňuje více než spekulaci, zda toto platí v celém podélném profilu.

Výsledkem řešení výzkumného subprojektu je první soubor konsistentních údajů o koncentraci vybraných farmak v českém povodí, která by mohla být srovnávána s daty publikovanými z německého úseku Labe.

Bohužel v současné době nejsou k dispozici další soubory dat, protože Mezinárodní komise pro ochranu Labe publikovala poslední údaje o koncentraci třech léčiv v ročence roku 2008 (IKSE/MKOL, 2009). Naměřené soubory dat jsou tak jen velmi obtížně porovnatelné. Nicméně je možné konstatovat, že chování těchto tří farmak je v souladu s našimi výsledky. Koncentrace karbamazepinu po toku se stále zvyšuje, koncentrace ibuprofenu klesá pod mez stanovitelnosti a koncentrace diklofenaku kolísají v závislosti na sezóně.

Shoda našich výsledků s výsledky zjištěnými na německém úseku Labe potvrzuje skutečnost, že spotřeba léčiv a jejich vypouštění po použití do splaškových odpadních vod a tím pádem i následné vypouštění reziduálních koncentrací do vodních toků je nevyhnutelným faktorem současné lidské společnosti. Nemůžeme se tomuto fenoménu vyhnout žádným omezením používání úspěšných přípravků a v blízké budoucnosti nelze očekávat žádnou zásadní změnu v účinnosti stávajících čistíren odpadních vod. Z tohoto důvodu je nezbytné se dále zabývat transformačními procesy farmak ve vodních tocích.

V současné době byl odeslán do impaktovaného časopisu článek Fuksa, J. K., Váňa, M., Matoušová, L., Jobánek, R., Wanner, F. The occurrence of selected pharmaceuticals in the Czech stretch of the Elbe River. V prosincovém čísle VTEI pak bude publikován článek Váňa, M., Matoušová, L., Fuksa, J.K., Wanner, F. Lze stanovit správnou koncentraci farmak ve vodách?

3.5.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Vrba, J., Svoboda, J., Fuksa, J.K. Fluorescenční stanovení aminopeptidázové aktivity jako alternativní indikátor kvality povrchových vod?. In J. Ambrožová a P. Tlustá Vodárenská biologie. Praha, 2.2.2005. Praha: VŠCHT, 2005, s. 37-45. ISBN 80-86832-07-4.
- Svoboda, J. PPCP - nové polutanty, účinky a výskyt. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha: Česká limnologická společnost, 2006, s. 144-145. ISBN 80-239-7257-X.
- Fischer, P., Fuksa, J.K. Vergleich Von Qualitätsnormvorschlägen für einige Arzneimittel mit Messwerten des Elbeeinzugsgebiets. In Geller, W., Borchardt, D., et al. Magdeburger

- Gewasserschutzseminar 2008. Magdeburg, 7.10.2008. Magdeburg : IKSE/MKOL, 2008, s. 147-149. ISBN N.
- Fuksa, J.K. Transformace dusíku ve vodách - nic než práce pro bakterie.. In Baudišová, D. Mikrobiologie vody a prostředí 2008. Luhačovice, 17.9.2008. Luhačovice : Čs. společnost mikrobiologická, 2008, s. 51-54. ISBN 978-80-254-3072-9.
 - Fuksa, J.K. Ekosystémové služby - nový pohled na užívání a ochranu vod. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 11, s. 372-375. ISSN 1211-0760.
 - Fuksa, J.K. Bakteriální společenstva v povrchových vodách. Živa, 2008, roč. 2008, č. 5, s. 196-198. ISSN 0044-4812.
 - Svoboda, J., Fuksa, J., Váňa, V., Kučera, J., Wanner, F. Trendy odstraňování vybraných PPCP na aktivačních ČOV. In Neueden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha: ICARIS Conference Management, 2009, s. 187-195. ISBN 978-80-254-4068-1.
 - Fischer, P., Fuksa, J.K. Normvorschlage fur Arzneimittel. Wasserwirtschaft und Wassertechnik, 2009, roč. Neueden, č. 4, s. 10-16. ISSN 1438-5716.
 - Pospíchalová, D. Stanovení vybraných farmak v povrchové a odpadní vodě kapalinovou chromatografií s UV detekcí. Čistírenské listy, příloha Vodního hospodářství, 2009, roč. 59, č. 3, s. 4-6. ISSN 1211-0760.
 - Svoboda, J., Fuksa, J.K., Matoušová, L., Schonbauerová, L., Svobodová, A., Váňa, M., Šťastný, V. Léčiva a čistírný odpadních vod - možnosti odstraňování a reálná data.. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 9-12. ISSN 0322-8916.
 - Pospíchalová D., Martinková P., Jobánek R., Váňa M. Stanovení léčiv v povrchových a odpadních vodách metodou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí. VTEI příloha časopisu Vodní hospodářství, 2010, roč. 52, č. 6 / 2010, s. 4-7. ISSN 0322-8916.
 - Fuksa, J.K., Váňa, M., Wanner, F. Znečištění povrchových vod farmaky a možnosti jejich nálezu ve zdrojích pitné vody.. In RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D. Vodárenská biologie 2010. Praha, 3.2.2010. Praha : Ekomonitor, 2010, s. 186-190. ISBN 978-80-86832-48-7.
 - Fuksa, J.K., Svoboda, J., Svobodová, A. Bolí vás něco ? Kolik léčiv od nás přiteče do ČOV?. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 11, s. 16-19. ISSN 1211-0760.
 - Matoušová, L., Váňa, M., Hubáčková, J., Fuksa, J. Účinnost procesů úpravy vody na odstraňování farmak. In Jana Říhová Ambrožová, Jana Veselá Vodárenská biologie 2011. Praha, 2.2.2011. Chrudim: Vodní zdroje EKOMONITOR spol.s.r.o., 2011, s. 185-188. ISBN 978-80-86832-56-2.
 - P. Martinková, D. Pospíchalová, R. Jobánek, M. Váňa Stanovení léčiv v povrchových odpadních vodách metodou LC-MS. In V. Sýkora, H. Kulajová Hydroanalytika 2011. Hradec Králové, 13.9.2011. Praha : CSLab spol. s r.o., 2011, s. 129-133. ISBN 978-80-904986-0-0.
 - Váňa, M., Fuksa, J.K., Matoušová, L., Wanner, F., Hubáčková, J., Martinková, P., Jobánek, R. Léčiva - nové organické znečištění vodního prostředí. In Jiří Wanner, Lukáš Dvořák, Marcel Gómez Sborník přednášek a posterových sdělení VODA 2011. Poděbrady, 19.10.2011. : Triton EU, 2011, s. 335-343. ISBN 978-80-263-0045-8.

3.6 STUDIE VÝSKYTU LÁTEK V SOUČASNÉ DOBĚ NEPODLÉHAJÍCÍCH PRAVIDELNÉMU SLEDOVÁNÍ V HYDROSFÉRE ČR

Doba řešení: 2009 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Věra Očenášková

Řešitelský tým: Mgr. Petr Medek, Mgr. David Chrastina, Ing. Ivana Truxová, RNDr. Michal Pavonič, Ing. Kristýna Jursíková, PhD., Ing. Alena Svobodová, Ing. Pavla Martínková, Ing. Roman Jobánek

3.6.1 Předmět řešení

Pro studii byly vybrány látky, které v České republice v době zahájení řešení subprojektu nebyly pravidelně sledovány, ale jejich roční spotřeba byla podle údajů dostupných v r. 2009 nad 10 000 kg ročně a jejichž některé další vlastnosti (nízký přijatelný denní příjem (ADI) či jejich nebezpečnost dle WHO) zaváděly příčinu ke sledování.

Z výše uvedených důvodů byly vybrány následující sloučeniny: Carboxin, Phenmedipham, Carbendazim, chloridazon, fenpropidin, spiroxamin, diquat-dibromid, quazatin-acetát, clomazon a cipermetrin. V průběhu řešení projektu byl ze sledování vyřazen carboxin – pokles spotřeby na 974 kg/rok a quazatin-acetát - pokles spotřeby na 134 kg/rok v souvislosti s Rozhodnutím Komise 2007/597/ES o nezařazení quazatin-acetátu do přílohy I, IA nebo IB směrnice Evropského parlamentu a Rady 98/8/ES o uvádění biocidních přípravků na trh a z Rozhodnutí Komise 2008/934/ES o nezařazení určitých aktivních látek do přílohy I směrnice Rady 91/414/EHS.

V roce 2010 byl mezi sledované látky nově zařazen fluroxypyr a v roce 2011 glyfosát a jeho metabolit AMPA (požadavek ČHMÚ).

Analytické metody použité pro stanovení vybraných látek byly zvoleny dle kapacitních možností laboratoří VÚV TGM, v.v.i. a dle přístrojového vybavení. Proto byly vybrány metody využívající GC-MS, LC-MS a pro stanovení „quatů“ technika kapilární izotachografie s kapilární zónovou elektroforézou (ITP-CZE).

Dále byly předmětem řešení ekotoxikologické zkoušky některých technických přípravků obsahujících sledované látky, využití pasivních vzorkovačů pro zakoncentrování analytů in situ a ověření možnosti a ověření možnosti využití metody QuEChERS pro izolaci pesticidů z pevných matric hydrosféry.

3.6.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Pro sledování výše uvedených pesticidů bylo nutno zavést několik analytických metod pro jejich stanovení. Z kapacitních důvodů nebylo z počátku projektu možno využít metodu kapalinové chromatografie ve spojení s hmotnostní detekcí, proto byly zavedeny pracovní postupy pro stanovení clomazonu, spiroxaminu, fenpropidinu a chloridazonu metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GC-MS). Byly nalezeny vhodné chromatografické podmínky a vzhledem k rozdílnému chemickému charakteru sledovaných látek zvoleny vhodné způsoby extrakce – pro extrakci clomazonu byly využity SPE kolonky C 18 Phenomenex, pro stanovení fenpropidinu a spiroxaminu kolonky OASIS HBL.

Během druhého roku řešení subprojektu byla většina sledovaných pesticidů zařazena do již zavedené multimetody na stanovení pesticidních látek v povrchových vodách – metoda přímého nástřiku velkého objemu odstředěného vzorku vody metodou kapalinové

chromatografie s hmotnostní detekcí (LC-MS) detektorem na principu trojitého kvadrupolu za podmínek ionizace elektrosprejem v pozitivním modu. Meze stanovitelnosti se pohybovaly podle jednotlivých analytů od 0,02 $\mu\text{g.l}^{-1}$ do 0,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Pro stanovení fluroxyppyru byla použita metoda on-line SPE LC-MS za podmínek ionizace elektrosprejem v negativním modu. Mez stanovitelnosti činí 0,01 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Pro stanovení cypermethrinu bylo rovněž nutno zavést samostatnou analytickou metodu. Vzhledem k velmi snadné sorpci této látky na sklo bylo nutno při práci používat plastové nádoby a další pomůcky. Metoda využívající SPE extrakci na kolonky C 18-T a jako analytickou koncovku plynovou chromatografii s hmotnostní detekcí technikou negativní chemické ionizace v SIM modu byla zvalidována, dosažená mez stanovitelnosti činila 0,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Pro zavedení analytického stanovení diquat-dibromidu ve vodách bylo přihlédnuto k dostupnosti a volné kapacitě přístrojového vybavení. Z tohoto důvodu byla zvolena technika kapilární izotachofórey s kapilární zónovou elektroforézou (ITP-CZE). Při zavádění metodiky bylo nutno řešit volbu vhodného elektrolytu, vhodné vlnové délky a postup SPE extrakce. Metoda byla upravena tak, aby byla dosažena požadovaná mez stanovitelnosti 0,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Při úpravě metody byly zkoušeny CN Cyanopropyl SPE kolonky a kolonky Supelclean ENVI-Carb. Byla upravena eluce. Metoda byla zvalidována a použita pro sledování diquat-dibromidu v tomto subprojektu. Pozitivní nálezy diquat-dibromidu jsou uvedeny v tabulce 3.6.1. V roce 2011 nebyl již diquat-dibromid sledován.

Tab. 3.6.1 Pozitivní nálezy diquat-dibromidu ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

	8.6.2010	24.6.2010	28.7.2010
Hvozdnice-nad Moravicí	-	0,024	-
Velká-nad Opavou	-	0,028	-
Heraltický potok-nad Opavou	0,024	0,043	-
Husí potok-nad Odrou	-	0,024	-
Opusta-nad Opavou	-*	-	0,023

* V tomto termínu byl odebrán profil Luha-nad Opavou, který byl již v dalších odběrech nahrazen profilem Opusta-nad Opavou

Pro Glyphosát a AMPA, které byly mezi sledované analyty zařazeny také až v roce 2011, byla využita analytická metoda kapalinové chromatografie s fluorescenční detekcí. Pozitivní nálezy v povodí Odry jsou uvedeny na grafu 3.6.1.

Pro odběry byly vybrány profily, ve kterých se pesticidy dlouhodobě vyskytují s větší četností i ve vyšších koncentracích. Přehled profilů je uveden v tabulce 3.6.2.

Na jižní Moravě byly dále odebírány vzorky i v lokalitách Valová-Polkovice, Okluky-Uherský Ostroh, Blata-Tovačov, Haná-Hradisko, Trkmanka-Podívín, Spálený potok-Krumvíř a Litava-Židlochovice, na severní Moravě v lokalitách Hvozdnice-nad Moravicí, Velká-nad Opavou, Heraltický potok-nad Opavou, Husí potok-nad Odrou, Opusta-nad Opavou. Jedná se o lokality s intenzivní zemědělskou činností s tradičně vyššími nálezy pesticidů hydrosféře.

Odběry probíhaly ve třech kolech, jarním (pouze některé profily) a podzimním v roce 2010 a jarním v roce 2011. Na podzim roku 2010 byly odběry v září a říjnu, na jaře 2011 od dubna do června s měsíční frekvencí.

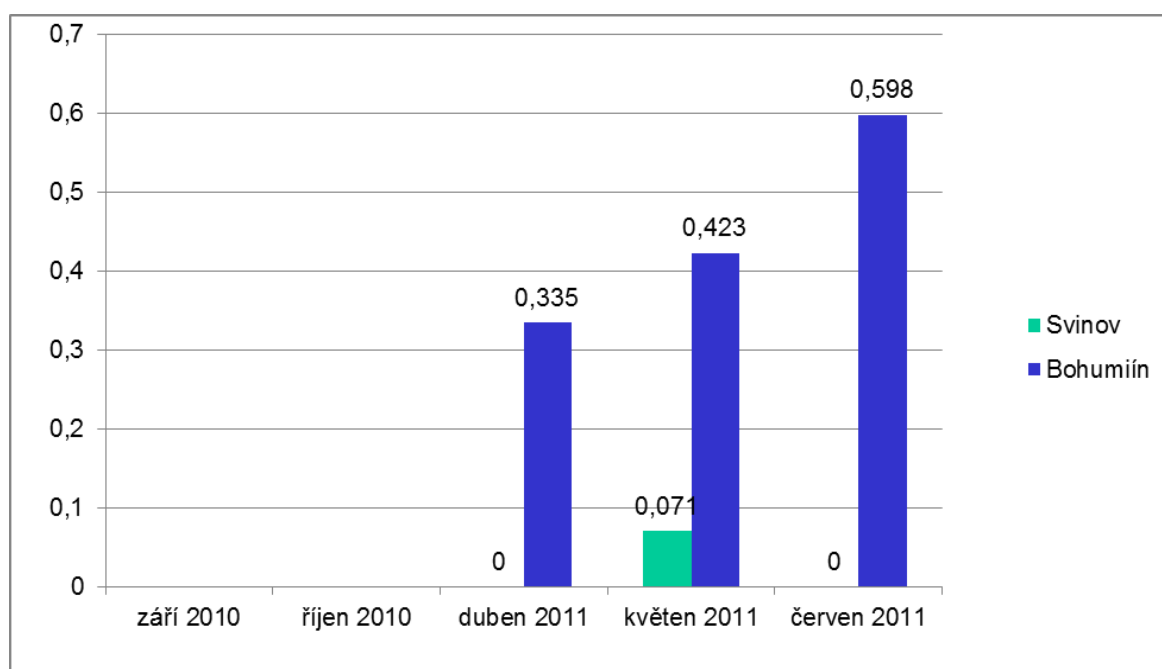
Z výsledků vyplývá, že z vybraných pesticidů se v kvantifikovatelném množství nejčastěji vyskytoval carbendazim (příklad výskytu v povodí Berounky viz graf 3.6.1). Spotřeba tohoto fungicidu používaného především na ochranu obilnin proti padlí travnímu a rzi byla také nejvyšší – v roce 2010 bylo aplikováno 50 657 kg. Dalším pesticidem s nálezy nad mezí stanovitelnosti byl herbicid fluroxypyr (graf 3.6.2) Spotřeba fluroxyppyru, součásti přípravků sloužících k odstraňování dvouděložných plevelů z porostů obilovin a dalších kulturních rostlin a ze všech typů travníků, činila v roce 2010 15 780 kg.

Tab. 3.6.2 Přehled profilů povrchových vod pro sledování výskytu vybraných pesticidů

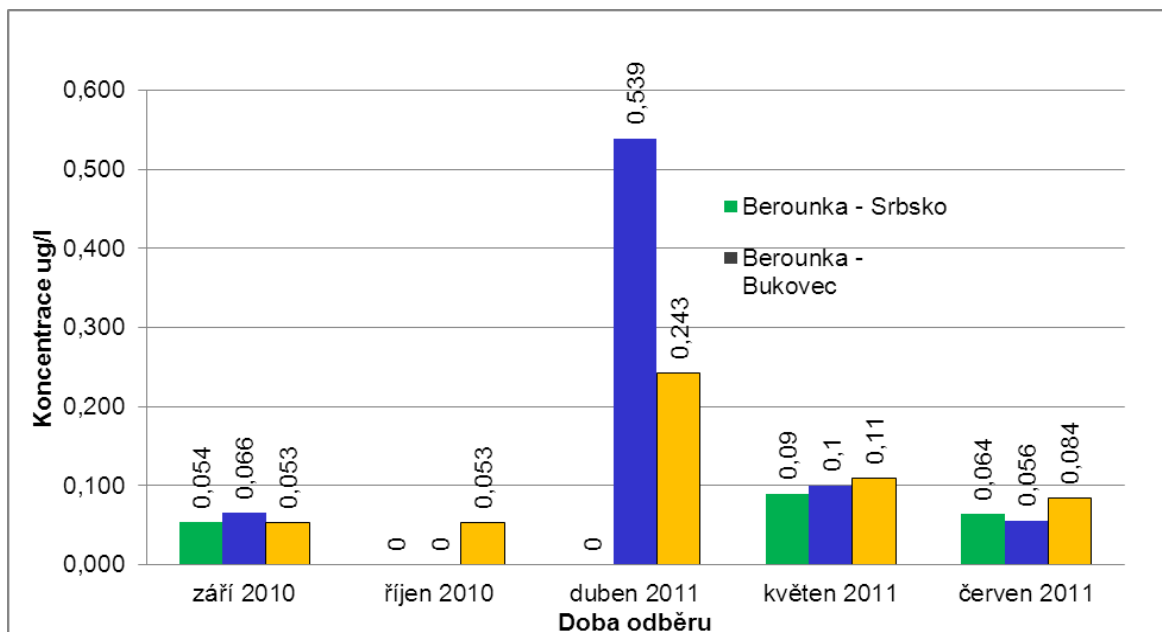
Vybrané odběrové profily	
Dyje-Jevišovka	Úslava-Doubravka
Jihlava-Iváň	Olše-ústí
Cidlina-Sány	Sázava-Zruč nad Sázavou
Rakovnický potok-Křivoklát	Bečva-Troubky
Dyje-Pohansko	Berounka-Lahovice
Svratka-Vranovice	Lužnice-Bechyně (SM)
Dřevnice-Otrokovice	Bílina-Ústí nad Labem
Berounka-Srbsko	Loděnický p.-Hostim
Morava-Lanžhot	Střela-Borek
Radbuza-Dobřany pod (Šlovice)	Vltava-Zelčín
Svitava-Ústí	Labe-Liběchov
Morava-Nedakonice	Labe-Schmilka-pravý břeh
Blanice-Radonice	Loučná-Dašice
Berounka-Bukovec	Labe-Valy
Chrudimka-Nemošice	Labe-Lysá nad Labem
Odra-Svinov	Odra-Bohumín
Olšava-Kunovice	Litavka-Beroun
Sázava-Pikovice	

Ostatní pesticidy byly v povrchových vodách nalezeny většinou pouze v detekovatelném množství – cypermethrin, diquat-dibromid, ojediněle i v množství kvantifikovatelném (chloridazon). Pozitivní nálezy spiroxaminu byly např. naměřeny v lokalitách Olšava-Kunovice, Trkmanka-Podivín a Kyjovka-Mistřín, vždy jen v jediném tří odběrových termínů.

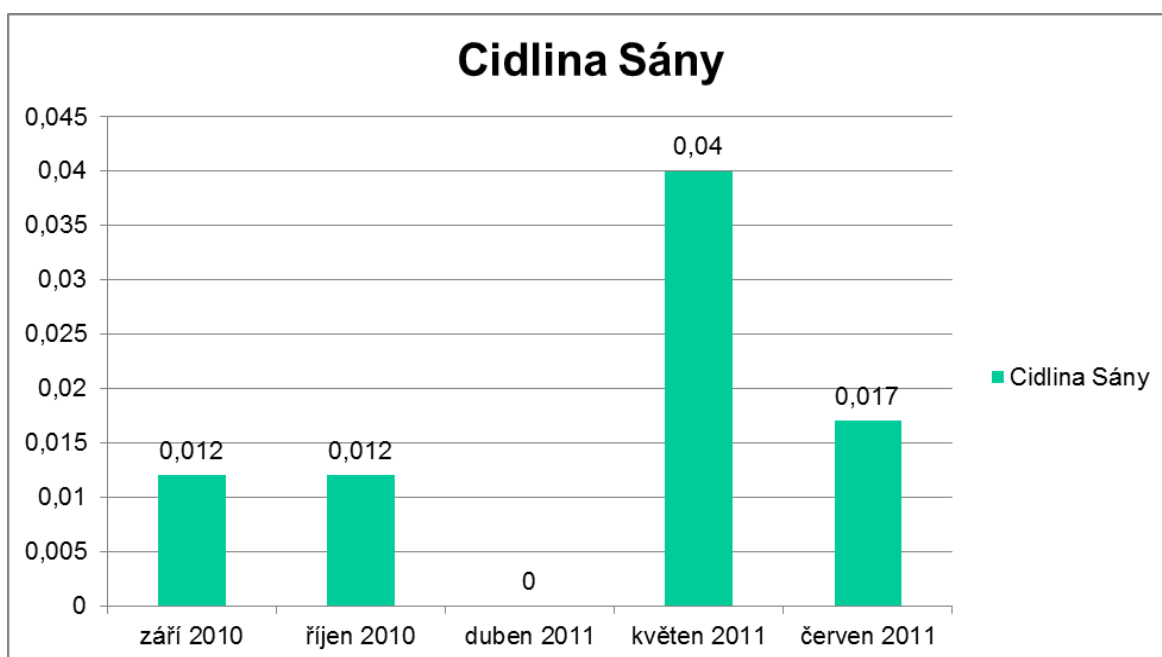
K pravidelnému sledování národními monitorovacími programy lze tedy doporučit carbendazim, fluroxypyr a cypermethrin.



Graf 3.6.1 Nálezy AMPA v povodí Odry – profily Svinov a Bohumín



Graf 3.6.2 Výskyt carbendazimu v povodí Berounky



Graf 3.6.3 Nálezy fluoxypyru v profilu Cidlina-Sány

Využití metody QuEChERS a Lukeovy metody pro stanovení vybraných pesticidů v pevných matricích

Pro izolaci sledovaných pesticidů z pevné matrice byl hledán takový postup přípravy vzorku, který by umožnil pouze jednou extrakcí vzorku ke stanovení koncentrace všech daných pesticidů. Vzhledem k rozdílným chemickým i fyzikálním vlastnostem jednotlivých sloučenin bylo však třeba použít několik způsobů extrakce, aby bylo dosaženo uspokojivé výtěžnosti. Byly porovnávány různé modifikace metody QuEChERS, Lukeovy metody a extrakce alkalizovanou směsí rozpouštědel. Jako sledované analyty byly vybrány: carbendazim, carboxin, chloridazon, clomazon, cypermethrin, fenpropidin, fluoxypyr, phenmedipham

a spiroxamin. Identifikace a kvantifikace jednotlivých sloučenin byla provedena metodou LC-MS/MS. Protože některé analyty (např. spiroxamin) vykazovaly u obou metod nízkou výtěžnost, byla také testována extrakce směsí acetonitril/voda/amoniak – 80 : 20 : 1 (v/v).

K testování jednotlivých extrakčních postupů byl nejprve jako modelová matrice použit říční písek s obsahem sledovaných analytů pod mezí LC/MS-MS detekce, který byl spikován na koncentraci 4 a 10 ng.g⁻¹. Dále byly metody testovány na reálném sedimentu fortifikovaném na koncentraci 10 ng.g⁻¹.

Výhodou všech testovaných metod je nízká spotřeba rozpouštědel, snadnost a rychlost provedení.

Vybrané kombinace metod byly použity pro analýzu reálných vzorků. Sledované pesticidy byly většinou nalezeny pouze v detekovatelném množství, kvantifikovatelné nálezy byly v sedimentech z odběrového místa Bílina-Ústí nad Labem, Ohře-Želina a Martinický potok-Košetice.

Využití pasivních vzorkovačů

V jihomoravských lokalitách s pozitivními nálezy v roce 2010 bylo prováděno vzorkování pomocí aplikace pasivních vzorkovačů vyvinutých ve VÚV TGM, v.v.i.

Z výsledků kalibračních testů vyplynulo, že k přestupu z vody přes membránu do trioleinu sice dochází, ale koncentrační faktor je pro sledované analyty velmi nízký, tedy nedochází k žádoucímu jevu intenzivního zakoncentrování analytů a výraznému (řádovému) zvýšení citlivosti metody při pasivním vzorkování.

Přesto bylo možné v reálných vzorcích sledovat rozdíly mezi vzorky vod a nálezy v SPMD, kde u vzorků vod v mnoha lokalitách nebyly nalezeny ani stopy sledovaných analytů, zatímco v semipermeabilních membránách byly tyto analyty detekovány. Jednalo například o clomazon v lokalitě Haná-Hradisko, Okluky-Uherský Ostroh a Valová-Polkovice, dále pesticid fenpropidin v lokalitě Litava-Židlochovice (opakovaně), Blata-Tovačov, Spálený potok-Krumvív (opakovaně) a o pesticid spiroxamin v lokalitě Spálený potok-Krumvív, Litava-Židlochovice, Valová-Polkovice a Blata-Tovačov.

Hodnocení toxických účinků vybraných přípravků obsahujících sledované pesticidní látky

Testy ekotoxicity byly provedeny dle standardních operačních postupů (SOP) brněnské pobočky VÚV TGM, v.v.i., vycházejících z platné české legislativy (Tab. 3.6.2) na vybraných technických přípravcích (Archer TOP 40, Brasan 540 EC, Command 36 CS a Panocrine 35 LS) obsahujících sledované látky (Tab. 3.5.3). Jako testované organismy byli použiti korýši (*Daphnia magna* a *Thamnocephalus platyurus*) a řasy (*Desmodesmus quadricauda*).

Pro vodní prostředí se ze sledovaných preparátů jeví nejrizikovějším přípravek Archer TOP 400 pro jeho významně toxický vliv na řasy.

3.6.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Na podzim roku 2010 byl uspořádán jednodenní workshop na téma Pesticidy v životním prostředí.
- Chrastina, D. Stanovení paraquatů a diquatů-dibromidu ve vodách metodou ITP-CZE. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12 / 2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 7—9. ISSN 0322-8916.

- Článek autorů Kvíčalová, M., Doubravová, P., Jobánek, R., Jokešová, M., Očenášková, V., Svobodová, A. Application of different extraction method to determination of selected pesticide residues in water sediment with liquid chromatography-mass spectrometry byl odeslán do časopisu Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.
- Článek kolektivu autorů s názvem Výskyt vybraných pesticidů v povrchových vodách ČR bude publikován ve VTEI v r. 2012.

4. ODDÍL D – VODA A ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÉ ČÁSTI PŘÍRODY

4.1 VLIV SUCHOZEMSKÝCH EKOSYSTÉMŮ A DALŠÍCH VLIVŮ NA OCHRANNÉ PODMÍNKY NA VODU VÁZANÝCH ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Mgr. Ondřej Simon

Řešitelský tým: Ing. Věra Kladivová, Josef Rebec, Mgr. Kamila Tichá, Ing. Andrea Benáková, Ph.D., RNDr. Jitka Svobodová, Mgr. Michal Bílý, Ph.D., Ing. Karel Douda, Mgr. Ing. Lucie Kubíková, RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Eva Zelenková, Ing. Jana Vejmelková, Ing. Petr Vajner, Mgr. Vladimíra Belušová, Ing. Filip Wanner, RNDr. Mgr. Libuše Opatřilová, Vojtěch Mrázek, Bc. Marie Reslová, Mgr. Pavel Kožený, Bohumil Dort, Nela Radová

4.1.1 Předmět řešení

Problematika subprojektu je zaměřena na některé speciální aspekty vlivu povodí a příbřežních společenstev na vodní ekosystémy. Studovány jsou jevy významné zejména z hlediska ochrany citlivých společenstev v oligotrofních povodích, která jsou ve své většině v ČR legislativně chráněna. Chráněná území, jejichž předmětem je ochrana menších částí povodí nebo kratšího úseku vodního toku, vždy naráží na potřebu popsat a ovlivňovat procesy v celém povodí (Harris 2011). Na rozdíl od ekosystémů velkých řek nebo jezer jsou vlivy z povodí dominantním faktorem ovlivňujícím stav vod drobných toků (Gomi 2002, Wiens 2002).

Práce tohoto subprojektu lze rozdělit do tří tematických okruhů využívajících rozdílné metodické postupy. První okruh prací byl zaměřen na analýzu vlivů na primární říční síť ve zvláště chráněných územích (ZCHÚ) a vývoj metod cíleného monitoringu s ohledem na předmět ochrany. Druhý okruh se zabývá vnosem partikulovaných organických částic do povodí z pramenných mokřadů, společenstvy vázanými na toto prostředí a vývojem příslušných odběrových zařízení. Třetí okruh prací připravuje podklady pro managementová opatření a vyhodnocuje jejich dopad v modelových ZCHÚ, jejichž předmětem ochrany je primární říční síť.

Pro řadu maloplošných ZCHÚ v ČR chránících vodní společenstva je limitujícím faktorem negativní vliv z povodí nebo naopak izolace regulované primární sítě od interakcí se suchozemskými společenstvy, která narušuje detritové řetězce (Simon, Hruška a kol. 2006, Douda a kol. 2007, Bílý a kol. 2008). Problematika ochrany a managementu povodí ovlivňujících vodní ekosystémy je velmi složitá a vyžaduje vysoké náklady. Měla by proto být postavena na podrobné vědecké evidenci a jasně stanovených prioritách (Miller, Hobbs 2007), promyšleném plánování (Linke 2011) a současně také na participaci všech lokálních aktérů (Cook 2011).

Podrobnější informace o zaměření jednotlivých etap prací podávají průběžné zprávy projektu za roky 2005 až 2011 a jejich přílohy (Simon a kol. 2005, Simon a kol. 2006, Simon a kol. 2007, Simon a kol. 2008, od roku 2009 jen souhrnné etapové zprávy za celý VZ Mičaník a kol. 2010, Mičaník a kol. 2009, Mičaník a kol. 2011). Následující text se omezí jen na

nejzásadnější skutečnosti a reprezentativní příklady syntetického charakteru a bude v detailech na tyto zprávy uložené v knihovně VUV TGM, v.v.i. odkazovat.

Postup řešení

Práce subprojektu probíhaly z časového hlediska ve 2 hlavních etapách. V letech 2005 – 2007 byly zaměřeny více popisným směrem (mapování experimentálních povodí v ZCHÚ, popis systému primární říční sítě a pramenišť s maximální interakcí suchozemských a vodních společenstev, monitoring chemismu vody v primární říční síti, monitoring makrofyty, rešeršní práce a analýzy antropogenních vlivů). Výstupy byly zaměřeny spíše směrem k potřebám státní správy (dva návrhy vyhlášek pro nové NPP, podklady pro plány péče a návštěvní řád NP). Některá témata jako zejména monitoring vod v oligotrofních ZCHÚ, sledování vlivu turistické zátěže na vodní ekosystémy, práce spojené s návrhem managementu ZCHÚ a monitoring makrofyty po přechodu do rutinní fáze byla financována z navazujících grantů, jak bude v podrobných kapitolách zmíněno. Prostředky výzkumného záměru byly v druhé fázi využity k otevření a metodickému zvládnutí dalších aktuálních témat.

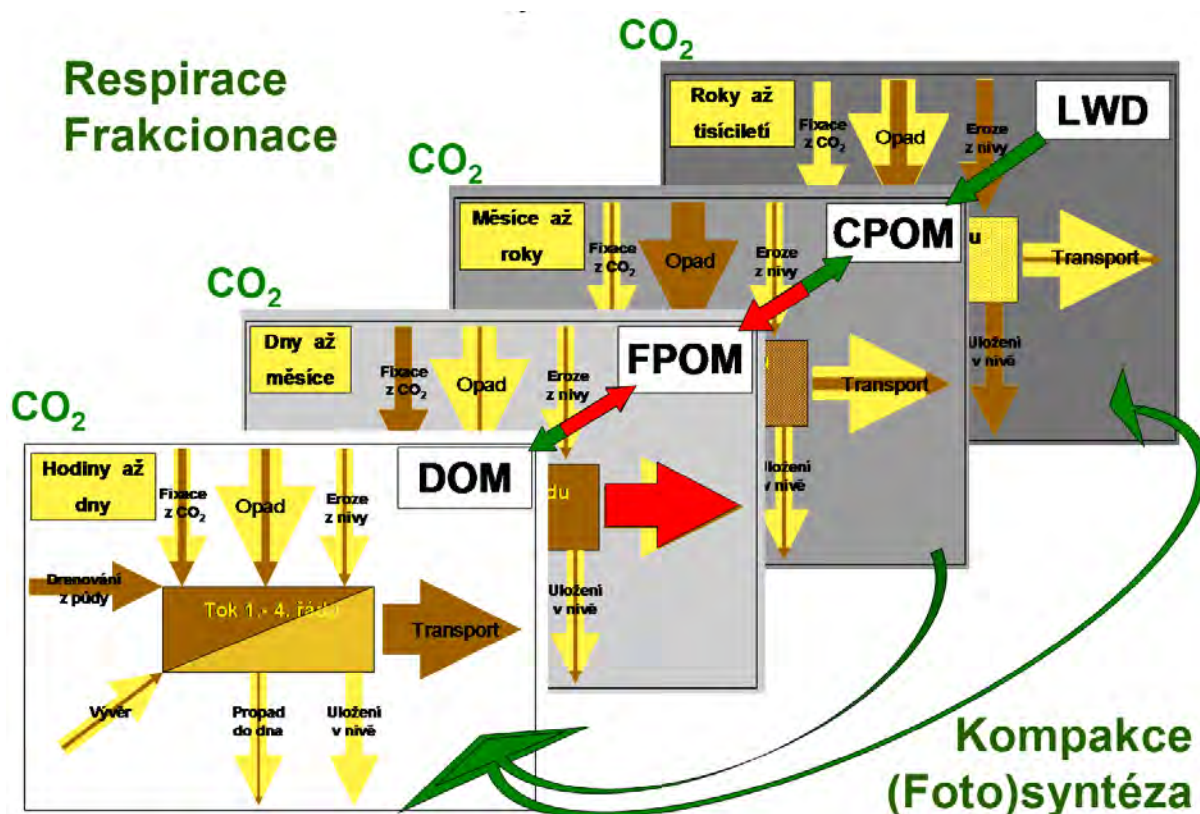
V druhém období řešení 2008 – 2011 bylo na základě výsledků první etapy provedeno několik rozsáhlých studií charakteru aplikovaného nebo základního výzkumu (rod *Pisidium* v primární říční síti, preference substrátů příslušníky řádu Trichoptera, společenstva makrozoobentosu v prameništích, struktura organického detritu na začátku říční sítě, odnos sestonu terestrického a semiakvatického původu z pramenišť se zaměřením na frakci pod 63 μm a predikční model působení turistické zátěže na makrofyty). Dále byly vyvinuty a otestovány kontinuální samplery (gravitační sampler pro nejmenší toky, tlakový sampler pro toky s hloubkou od 20 cm) a vývojové práce se také zaměřily na biotechnologické využití chladnomilných prameništních chromist (papír z hnědozelených řas říše Chromista). Témata zahrnovala jak dosud málo zkoumané oblasti základního výzkumu, tak témata aplikační, kde byl předpoklad jejich budoucího využití v praxi orgány státní ochrany přírody, regionální samosprávy a/nebo komerčním sektorem na základě licenčních smluv.

Souhrnné výsledky řešení byly prezentovány formou odborných článků v impaktovaných a recenzovaných časopisech a na mezinárodních konferencích. Aplikované výstupy byly promítnuty do právních předpisů, využity pro managementy chráněných území (výstup nehodnocený dle RIV) a prezentovány na národních konferencích a seminářích. Část výsledků je patentově chráněna (užitné vzory, přihlášky patentů s platnou prioritou u českého i evropského patentového úřadu). V přehledu na konci kapitoly jsou uvedeny jen významné výstupy hodnocené dle metodiky RVVal. Některé odborné výstupy prezentované na konferencích jsou zmíněny v textu, plný přehled těchto výstupů obsahují roční podrobné průběžné zprávy. Dokončené výstupy typu článků a separátních dílčích zpráv a studií jsou veřejně dostupné v informačním systému VUV (HEIS) nebo v knihovně příjemce. Dále byly informace o výsledcích výzkumného záměru prezentovány ve 12 popularizačních výstupech pro veřejnost (semináře pro veřejnost, starosty obcí nebo veřejnou zprávu, kapitoly v popularizační encyklopedii, populárněvědecké časopisy), které již dále nejsou uváděny. Tím byla zajištěna veřejná publicita výzkumného záměru financovaného z veřejných zdrojů.

Provázanost s dalšími součástmi a změny ve struktuře VZ

Subprojekt 3615 byl v první fázi řešení výzkumného záměru součástí vzájemně provázaného oddílu D zaměřeného na vztahy vody a krajiny ve škále od oligotrofních lesních povodí a chráněných území (subprojekty 3616 a 3615), přes hodnocení vlivu zemědělského užívání povodí (3617) až po silné antropogenní vlivy v pánevních oblastech (3604, 3610). Součástí oddílu D byly také speciálně zaměřené subprojekty věnující se technologiím umožňujícím nadstandardní čištění nebo zasakování předčištěných odpadních vod v citlivých oblastech

(3619, 3620, 3621). Po skončení první etapy byl výzkumný záměr přestrukturován a původní široce zaměřený oddíl D byl rozdělen na oddíly D (3608, 3615, 3616) a E (3617, 3618, 3619, 3620, 3621). Ve druhé etapě výzkumného záměru tak oddíl D tvoří 3 relativně úzce provázené subprojekty zabývající se aplikovaným a základním výzkumem interakce lesa a vody, vlivem suchozemských ekosystémů na vodní prostředí a ekologii chráněných vodních organismů (se zaměřením na bezobratlé a vodní ptáky). Subprojekt 3615 společně se subprojekty 3608 a 3617 pracují na společných experimentálních lokalitách, produkují společné výstupy a kooperují i technicky (vytěžování vozidel, přístrojové vybavení, vícenásobné využití dat z monitoringu apod.). Těsnější spolupráce probíhala v letech 2010 a 2011 zejména se subprojektem 3619 (společný výstup řešící eliminaci živinové zátěže vnášené do oligotrofního povodí použitím inovované ČOV s vysokou účinností). Protože řada důležitých procesů v říční síti se projevuje na širokých systémových škálách, má subprojekt 3615 řadu společných výstupů i s dalšími subprojekty. Vzájemná spolupráce je uváděna v přehledu hlavních výsledků. U méně významných výstupů typu konferenčních příspěvků podíl jednotlivých subprojektů není uváděn. Například na syntetickém aplikovaném článku „Fiala, D., Simon, O., Kožený, P., Fricová, K. (2008) Zdroj, transformace a transport přirozeného POC – jako ekosystémová služba přirozené říční nivy?. In Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K. Ekosystémové služby říční krajiny. Třeboň, 28.4.2008. Třeboň: Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, 2008, s. 191–199“ zahrnujícím mrtvou organickou hmotu od velikostní frakce LWD (velké kusy dřeva) až po FOPM (jemný organický detrit) se podílely celkem 4 subprojekty – 3608, 3615, 3616 a 3617 (viz obr. 4.1.1). Pro přehlednost je u přečíslovaných nebo rozdělených subprojektů uváděno číslování platné v roce 2011.



Obr. 4.1.1 Vzájemné vztahy mezi velikostními frakcemi partikulované organické hmoty (POM) v primárních tocích se zvýrazněním transportu jemné organické hmoty (FOPM) do toků nižšího řádu. Podle Fiala a kol. 2008)

4.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Shrnutí první etapy prací

Metody monitoringu chemismu v oligotrofních zvláště chráněných územích byly studovány v experimentálních povodích v jižních Čechách. Cílem prací bylo navrhnout systém sledování biotopu, na nějž je vázán předmět ochrany. Byl navržen a otestován systém monitoringu založený na cíleném výběru parametrů (dle nároků předmětu ochrany), vhodné periodicitě a s lokalizací odběrných míst optimalizovaných pro zachycení přísunu znečištění i optimálních podmínek biotopu (podrobněji viz Simon a kol. 2005, 2006). Výstupem bylo několik publikací, zpracovaných společně se subprojektem 3608 (Bílý a Simon 2006, Bílý a Simon 2007, Bláha a kol. 2007) a data byla použita jako podklad pro legislativní výstupy. Výsledky byly také prezentovány na zahraničních konferencích a seminářích (Simon, O., Bílý, M. (2007): Lužní potok/Zinnbach a Bystřina/Wolfsbach – kritické faktory pro přežívání perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* (prezentace na torojstranném semináři Bavorsko-Sasko-Čechy k managementu přeshraničních území systému NATURA 2000, Riedelhof, Sasko, Německo, publikováno jen na CD, Douda, K., Simon, O., Bílý, M., Vejmelková, J., Spisar, O. (2007): The Influence of Water Quality on the Occurrence of Endangered Freshwater Mussels (Unionoida) in Selected Protected Areas of the Czech Republic. In Nakic, Z. Proceedings of Second International Conference on Waters in Protected Areas. Dubrovnik, Croatia, 24.4.2007. Zagreb, Croatia : Croatian Water Pollution Society, 204 - 207. ISBN 9789539607119. Práce na tomto tématu byly v rámci VZ ukončeny s koncem první etapy. Standardizovaný monitoring podle metody vyvinuté ve VZ si pro své potřeby nadále objednává MŽP a SCHKO Šumava. Část dat byla použita při přípravě manuskriptu, který byl odeslán do časopisu *Ecological Engineering* (hlavní autor z Botanického ústavu AV, spolupráce ČVUT).

Sledování vlivu disturbancí působených splouváním lehkými loděmi na makrofyta probíhalo v letech 2005 – 2007. Byla vyvinuta a otestována originální metoda přímého měření vlivu disturbance na oddělování nodů makrofyt v závislosti na intenzitě zátěže (počty lodí) a výšce vodního stavu. Metoda byla použita na Teplé Vltavě v NP Šumava pro stanovení neškodné míry turistické zátěže. Na tomto základě byla navržena v roce 2006 jedna z příloh návštěvního řádu NP (viz legislativní výstupy, vyhláška schválena až v roce 2009). Ve VZ navržený a otestovaný monitoring je od roku 2009 prováděn rutinně přímo správou národního parku. V následné fázi VZ byly pak práce zaměřeny na vyvinutí a otestování predikčního modelu (viz obr. 4.1.5 v následující kapitole). Výsledky byly prezentovány na národních i mezinárodních konferencích (např. Kladivová, V., Simon, O. (2009) Tepla Vltava river ecosystem treat by excessive canoeing – tolerable stress determining. 2nd European Congress of Conservation Biology, Prague, Czech Republic, 1 – 5 September, 2009, Book of Abstracts. p. 27) a také byly představeny české veřejnosti (např. na webu NP Šumava, lokálních seminářích) a vodohospodářům (Simon, 2007). Práce navazovaly na sledování změn v pokryvnosti makrofyt v pevných transektech (viz subprojekt 3608).

Mapování sítě pramenišť a základní výzkum jejich chemismu s bioty započal již v prvním roce řešení (viz Simon a kol. 2005). Prvním krokem bylo zmapování primární říční sítě a evidence pramenišť. Tyto práce probíhaly podle standardního protokolu ve spolupráci s AOPK ČR, výsledná aktualizovaná databáze vycházející z prací ve VZ obsahuje okolo 1400 permanentních pramenišť (Dort 2008). Evidovány byly zejména permanence průtoku, teplotní poměry, základní chemické charakteristiky a charakter vegetace. Na základě podrobných topografických podkladů proběhla příprava podkladů pro vyhlášení NPP Prameniště Blanice (práce dokončeny 2006, vyhlášení po skončení legislativního procesu v roce 2008). Dále byly výsledky využity pro přípravu Plánu péče o NPP (ve spolupráci s CHKO Šumava) a návrh vymezení NPP Zlatý potok (podklady dokončeny v roce 2007, legislativní proces vyhlášení dosud neukončen). Na základě podrobných znalostí byly v následující etapě navrženy jednotlivé vědecké studie. Průběžné výsledky byly po skončení

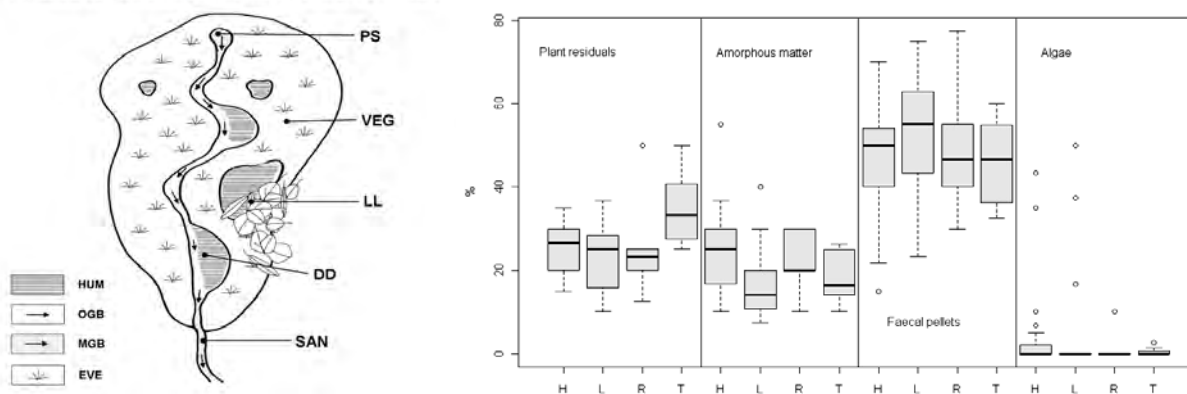
etapy publikovány na národních i mezinárodních konferencích (např. Simon, O., Fricová, K., Kladivová, V., Douda, J., Kubíková, L. (2008): Spring areas in the Sumava Mountains (Bohemian Forest, Czech Republic) – heterogeneous detrital reactors (2008b). 5th International meeting on plant litter processing in freshwaters, 23-26 July, 2008, University of Coimbra.) nebo článků (Kubíková a Simon 2008).

Ve druhé fázi projektu v letech 2008 – 2011 se práce zaměřily na základní a aplikovaný výzkum krenocenóz (první část) a aplikované vyhodnocování vlivu působících na chráněné území.

Výzkum primární říční sítě v ZCHÚ

Sběr dat z prameniště proběhl v rámci dvou hlavních studií doplněných mikrobiologickými analýzami. První studie vycházela z odběru detritu z 88 prameniště v zimním období 2007 – 2008, z každého prameniště 2-5 vzorků, podle typických mikrohabitátů (analogicky Staudacher a Fureder 2007). Dále byly získány údaje o makrozoobentosu (směsný vzorek složený z deseti dílčích vzorků charakterizujících zastoupení jednotlivých mikrohabitátů), chemických a fyzikálních parametrech vývěrů jednotlivých prameniště v návaznosti na předchozí studie první fáze projektu. Následně byla provedena mikroskopická analýza jednotlivých vzorků detritu (podrobněji k metodice viz Mičaník a kol. 2008). Tato metoda sloužila k posouzení kvality detritu podle poměru rozlišitelných frakcí v závislosti na mikrohabitatu a dalších parametrech. Výsledky byly publikovány v impaktovaném časopise (Fricová a kol. in press - viz obr 4.1.2).

Figure 1: Schematic of the spring area with main types of spring area surfaces (EVE - emergent vegetation in the non-freezing area, HUM - humilite under the water level, OGB - organogenic brook, MGB - minerogenic brook (according to Ilmonen and Paasivirta, 2005)) and microhabitats used in the analysis (PS - point of the source, VEG - vegetation, LL - leaf litter, DD - detrital deposition, SAN - sand).

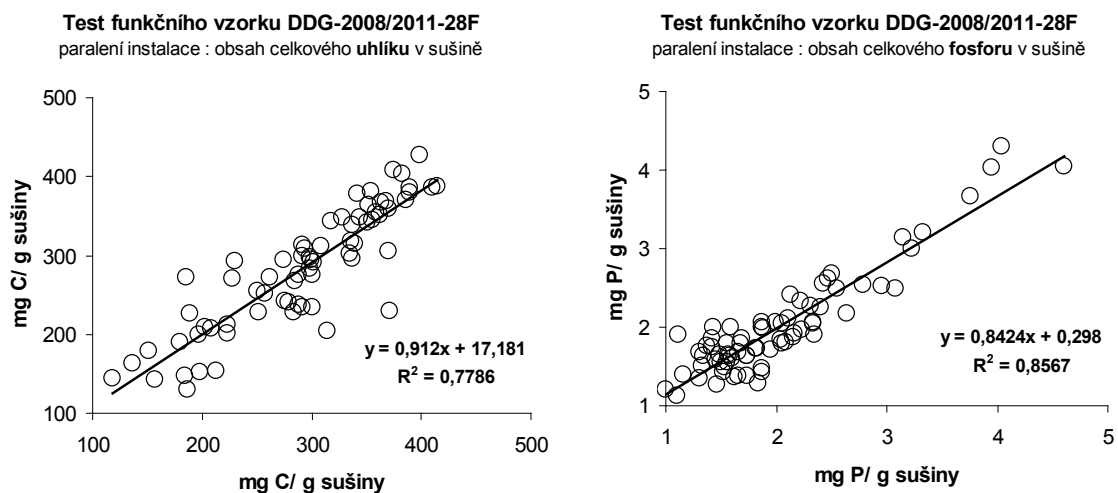


Obr. 4.1.2 Schéma prameniště a jednotlivých mikrohabitátů (vlevo), podíl dílčích frakcí detritu (rostlinné zbytky, amorfni detrit, fekální pelety a řasy) v jednotlivých typech prameniště – průměr ze všech přítomných mikrohabitátů) podle Fricová a kol. in press)

V letech 2009 – 2010 proběhlo kvalitativní hodnocení se zaměřením na velikost partikulí a poměr živin C:N:P v aktuálně plaveném detritu odnášeném z prameniště. Sledovány byly i další dva důležité parametry – množství detritu a zastoupení velikostních frakcí. Kvůli zachycení sezónní dynamiky bylo porovnáváno i množství a kvalita detritu, který je z prameniště vyplavován za různého průtoku ve vegetační sezóně a mimo ní. Z hlediska perlorodky říční (předmětu ochrany příslušných ZCHÚ) je kromě základních živin N a P důležitý i obsah Ca (Bauer, Wächter 2001), který byl rovněž zjišťován v jednotlivých

velikostních frakcích detritu. Vzorkováno bylo 11 helokrénních prameništů velikostní kategorie 10 – 20 m² (s minimální rozdílností dalších parametrů známých z předchozích prací). Pomocí sedimentačních odběráků DDG byly odebrány paralelně 160 hodinové vzorky detritu pod prameništěm. V laboratoři byly pak rozdělěny beztlakově na sítěch na jednotlivé velikostní frakce (very fine particulate organic matter – VFPOM: 1,2 – 63 μm, fine FPOM: 63 – 250 μm, medium MPOM, 250 – 1000 μm) (Cushing et al. 1993, Bauer, Wächtler 2001). Souběžně byla vzorkována jakost vody ve vývěru a na odtoku z prameniště. Druhé podrobné vzorkování zaměřené na mikrobiální společenstva (Moissl 2002, Henneberger 2006) probíhalo na prameništi SP 84. Metodika odběru vzorků, mikrobiologické analýzy klasickými metodami i prostřednictvím genové sondy (podíl Archea a Eubacteria), stanovení BDOC jsou podrobně uvedeny v průběžné zprávě (Simon a kol. 2007, příloha 1.1).

Pro metodické zvládnutí odběru dostatečně koncentrovaných vzorků plaveného sestonu a podchycení diurnální variability (Richardson 2009) bylo nutné vyvinout a otestovat několik typů kontinuálních odběrových zařízení. Jako první byl v roce 2008 dokončen a registrován jako UV 18924 odběrák DDG založený na principu spojených nádob. Následně byla podána rozšířená patentová přihláška na European Patent Office. Přihláška vychází z priority u národního patentového úřadu (CZ/29.5.08/ CZA 2008 0329), byla zaregistrována 30. 7. 2009 a potvrzena pod číslem 09160694.7. Funkce sampleru DDG je podmíněna instalací na toku v místě se spádem alespoň 3% (Simon a Douda 2008, Simon a Fricová 2009). V letech 2009 – 2010 proběhlo testování 28 vyrobených kusů v různých klimatických podmínkách (viz obr. 4.1.3). Jako významné konstrukční vylepšení samoletu, využitě u finálního funkčního vzorku, byly použity prolisy na sedimentační nádobě (zlepšují sedimentaci a zhoršují podmínky pro zkratové proudění), pozorovací okénko (umožňuje opticky kontrolovat procesy v sedimentační nádobě) a zejména adhezní síťka. Vinutá adhezní síťka je osazena na začátku odtokového potrubí odvádějícího vodu ze sedimentační nádoby. Její plocha byla postupně zvětšena až na 1 500 cm². Na síťce dochází adhezními procesy k zachycování lehkých vloček plavenin, které by se kvůli své specifické hmotnosti nemohly odsedimentovat. Oka síťky odpovídají velikosti ok vstupní mřížky II. řádu, adhezní síťka tedy nemá filtrační efekt, ani významně nezvyšuje hydraulický odpor (viz funkční vzorek Simon, Douda a kol. 2011 v přehledu výstupů).



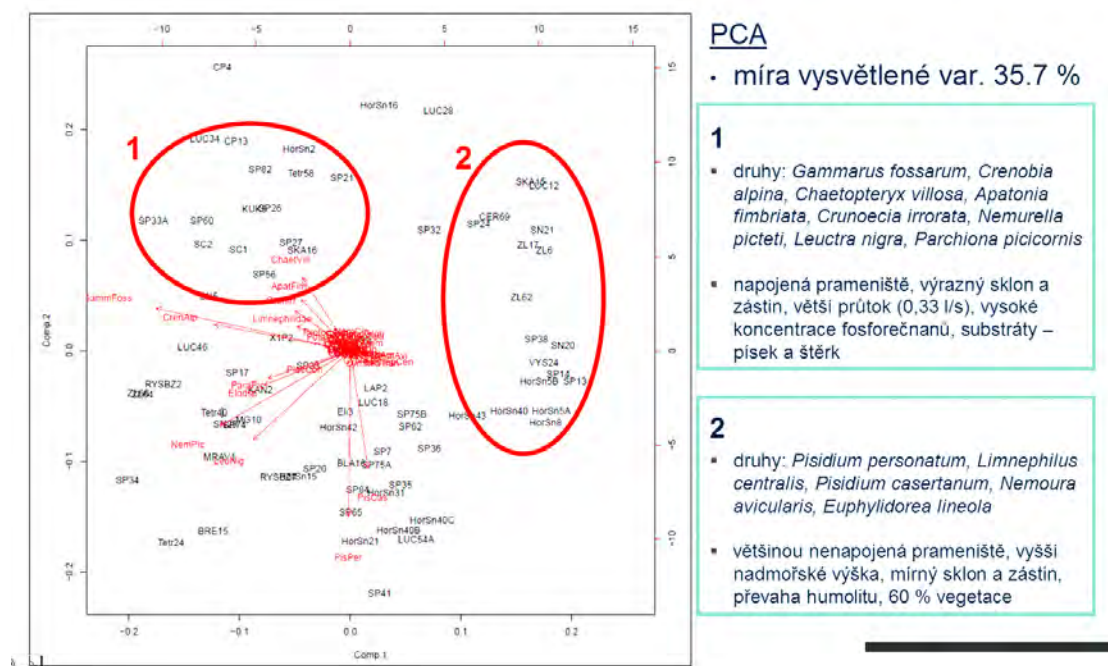
Obr. 4.1.3 Porovnání paralelních instalací sampleru při dvouletém testování funkčního vzorku 2009 – 2010 – uvedeny příklady pro stanovení obsahu celkového C a P v sušině odebraného materiálu.

Tento gravitační odběrač (DDG) je dobře použitelný pro práce na tocích 1. – 3. řádu. Nelze jej však použít na větších tocích, kde je potřebné získávat vzorky plavenin pro popis následného transportu detritu. Zde byl proto navržen a otestován odběrač, ve kterém je oběh kapaliny zajištěn tlakem proudící vody (DDP). Použití již existujících zařízení, popsaných v dostupné literatuře, není pro účely výzkumu vhodné, protože tato zařízení mají jen experimentální charakter, jsou materiálově náročná (Phillips et al 2000, Hauer, Lamberti 2006, Replogle 2009, Lecce 2009) nebo neumožňují získání kvantitativního vzorku (Scrudato 1988 - US patent 4762009). Nejmenší rychlost proudění vody, potřebná pro uvedení zařízení do chodu, byla postupně zmenšena až na $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při nižších rychlostech (do $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) je pak možné odběrač použít po odstranění odpadního potrubí jako kvalitativní lapač. Výsledná konstrukce byla přihlášena k právní ochraně formou PUV 2009-21610 a po konzultaci s patentovým zástupcem i formou přihlášky patentu (PV 2009-561). Právní ochrana formou užitého vzoru byla přiznána 26.10.2009 pod číslem UV 2009-20173.

Pracovní tým se také v roce 2010 zaměřil na potenciál využití některých vláknitých řas s nízkými tepelnými nároky vyskytujících se v prameništích. Dosud málo biotechnologicky využívané vláknité řasy (Chromalveolata – Heterokontophyta) se ukázaly perspektivní z hlediska možné přímé produkce celulóзовého vlákna a doplňkové produkce olejů. Po provedení vlastní patentové rešerše byl zjištěn problém existence analogických patentů japonských a korejských společností (zejména EP0488486 (A1), JP54038901, JP60133846). Byla proto podána přihláška užitého vzoru na výrobek (papír z chromist), čímž se právní ochrana částečně vyhnula křížení s platnými podobnými patenty zaměřenými na technologii (výrobu papíru). Užité vzor UV 21930 byl platně zapsán národním patentovým úřadem v roce 2011.

Jako syntetický výstup z výzkumu pramenišť byly po dokončení determinace materiálu zpracovány dílčí studie týkající se společenstva fauny v prameništích se zaměřením na filtrátory a permanentní faunu obecně ve vztahu k faktorům prostředí. Poprvé tak byly popsány odlišnosti v nikách dvou obtížně determinovatelných druhů rodu *Pisidium*, které se vyskytují v prameništích synpatricky. *P. personatum* přitom představuje krenofilního specialistu (preferujícího stanoviště bohatá na detrit) oproti kosmopolitně rozšířenému druhu *P. casertanum* se širokou valencí. Výsledky byly publikovány v impaktovaném časopise (Kubíková a kol. 2011). Druhá studie hledala vzájemné vazby mezi jednotlivými druhy řádu Trichoptera s významným zastoupením krenofilních a krenobiontních druhů. Byly prokázány specifické preference i u této letu schopné skupiny hmyzu. Významný se ukázal vliv opadu některých druhů dřevin v okolí pramenišť. Výsledky byly v červnu 2011 jako manuskript nabídnuty k otištění do časopisu Ecological entomology. Třetí studie analyzovala otázku výskytu jasně vymezených společenstev makrozoobentosu v prameništích se zaměřením na permanentní faunu v závislosti na fyzikálně chemických faktorech prostředí. Zajímavým zjištěním je kromě zlepšení znalostí autekologie některých krenofilních druhů i skutečnost, že větší význam měly morfologické faktory (proudění, konektivita, podíl vodního prostředí) než chemismus vody. Manuskript byl nabídnut k otištění do časopisu Int.Rew.Hydrobiol (viz obr. 4.1.4).

Po ukončení projektu se předpokládá v rámci témat věnovaných primární říční síti nad rámec povinné metodiky dokončení syntetického článku vycházejícího v převážné míře z výsledků získaných v rámci výzkumného záměru a doplňkových analýz prováděných v roce 2011 s předběžným názvem Tichá, K., Simon, O., Douda, K., Kubíková, L.: Importance of detritus from helocrene springs for filter-feeders downstream – nutrient content in constituent size fractions of FPOM. Je také předpokládáno rozšíření UV 21930 na patentovou přihlášku. Pokračovat budou také patentová řízení PV 2008-329, PV 2009-561 a EPO přihláška 09160694.7.



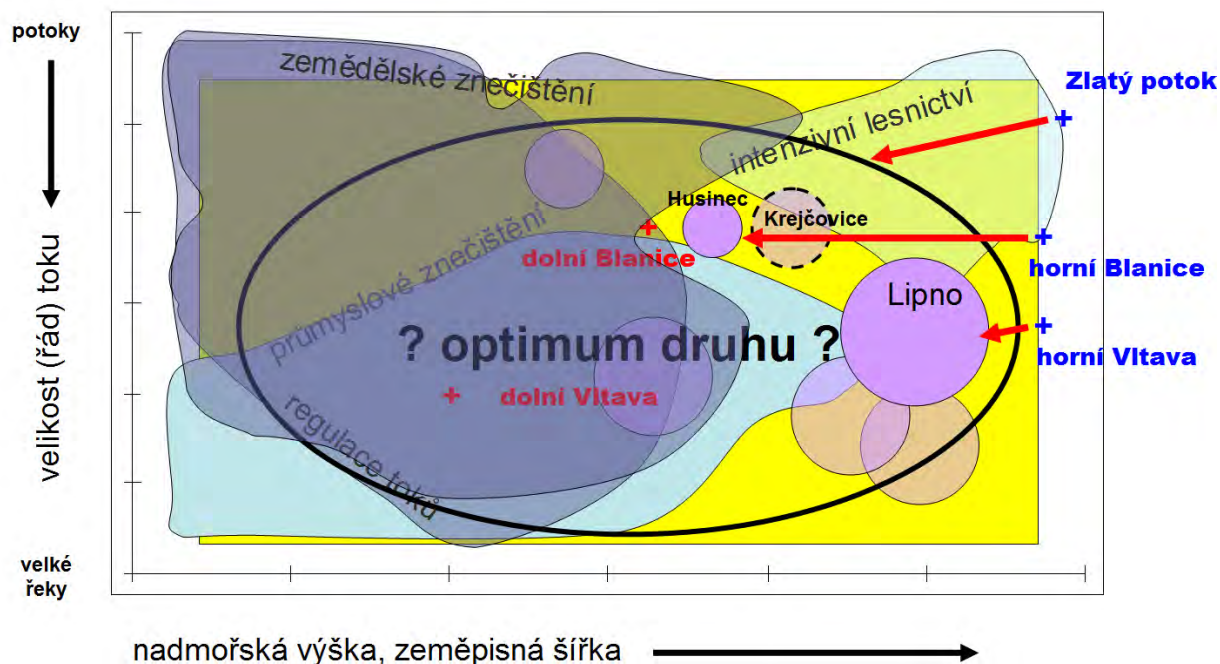
Obr. 4.1.4 Dvě nejlépe definované skupiny krenofilní fauny na základě PCA analýzy, charakteristické druhy a faktory s dominantním vlivem

Vliv antropogenních vlivů na ZCHÚ

V menší míře než v první fázi řešení projektu probíhaly v letech 2008 – 2011 aplikované práce zaměřené na vyhodnocení antropogenních disturbancí působících v ZCHÚ s přímými výstupy pro praktické použití v rámci resortu životního prostředí. Práce se zaměřily na NPP Zlatý potok, NPP Blanice a I. zónu NP Šumava Vltavský luh. Jednalo se především o vyhodnocování a interpretaci dat pořízených v předchozí etapě a doměření části dat.

Různé aspekty syntetického pohledu na problematiku ochrany ZCHÚ s výskytem deštníkového druhu perlorodka říční byly prezentovány v závěrečném roce řešení na třech různých regionálních konferencích (Simon, O., Douda, K., Bílý, M., Fricová, K., Kladivová V., Kubíková, L. (2011): Syntetický pohled na limitující faktory evropských populací perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera* L.) a specifický případ českých zbytkových populací. In: Bryja, J., Řehák, Z., Zukal, J. Eds.: Zoologické dny Brno 2011. Sborník abstraktů z konference 17. – 18. února 2011. – viz obr 4.1.2, Simon, O., Bílý, M., Douda, K., Dort, B., Kladivová V. (2011) Limitující faktory pro populaci perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera* L.) v povodí Šumavské Blanice. In: Kopsková, L. ed: Sborník 3. konference České společnosti pro ekologii „Ekologie 2011“ 21. – 23. října, Kostelec nad Černými lesy. s. 21, Simon, O., Douda, K., Kožený, P., Kladivová, V. a kol. (2011): Možnosti územní ochrany oligotrofních říčních sítí – chránit vlastní toky, nivní koridory nebo celá povodí? In: Petřivalská, M., Měkotová, J., Pithart, D. eds: Říční krajina 7, 5,-7, října 2011 Olomouc s.160).

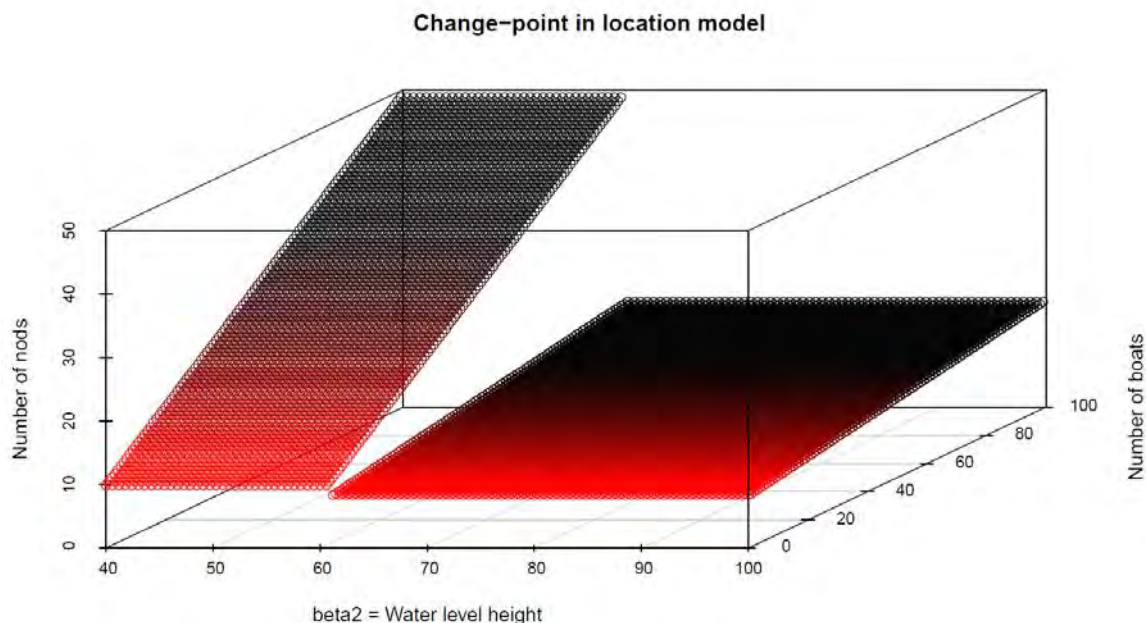
Syntetické výstupy jsou také obsaženy v nové verzi Záchraného programu Perlorodky říční v ČR (metodický materiál nezhodnocený dle kritérií RIV) a v manuskriptu článku Wanner a kol., odeslaném do recenzního řízení do časopisu Silva Gabreta (ve spolupráci se subprojektem 3619).



Obr. 4.1.4 Konceptuální pohled na ochranu horních částí povodí se zbytkovými populacemi perlorodky říční na okraji přirozeného areálu (červeně naznačen žádoucí přesun pozornosti na vyšší řády toků, blíže k optimu druhu, blokováný v některých případech přehradami) podle Simon a kol. 2011.

Pro predikci vlivu splouvání lehkými plavidly na podvodní makrofyta a zprostředkovaně na ekosystémy horských meandrujících řek byl vytvořen ze starších dat predikční model. Ten umožňuje nastavení limitů pro zátěž území na úroveň nepoškozující nevratně chráněná akvatická společenstva. Výstupy těchto prací byly prezentovány na vyžádané přenášce na evropském kongresu CBS (Kladivova, V., Simon, O. (2009) Teplá Vltava river ecosystem treat by excessive canoeing – tolerable stress determining. 2nd European Congress of Conservation Biology, Prague, Czech Republic, 1 - 5 September, 2009, Book of Abstracts. p.27) a v roce 2011 byl do nového návštěvního řádu na základě modelu (viz obr 4.1.5) připraven ve spolupráci s firmou Geovizion a správou NP Šumava korigovaný systém limitace splouvání (všeobecně závazná vyhláška dle kritérií RIV, schválení se očekává v roce 2012), pro který je možné vyloučit vliv na životní prostředí v procesu EIA.

Jako podklady pro managementové plány byla v posledním roce řešení vyhodnocena a doplněna bioindikační data o přínosu detritu do toků vyššího řádu a jeho významu pro výživu velkých mlžů v závislosti na obsahu C, N a teplotě. Byla také sledována teplotní dynamika toků v tocích od I. po V. řád dle Strahlera (Ward 2009) v povodí Blanice. Výsledky budou publikovány nad rámec platné metodiky po skončení VZ a využity pro managementové plány jednotlivých ZCHÚ ve spolupráci se státní ochranou přírody.



Obr. 4.1.5 *Predikční model se zlomem v poloze a směru popisující vztah mezi počtem násilně oddělených nodů, výškou hladiny ve splouvaném úseku a aktuálním počtem lodí (podle Simon, O. Kladivová, V. Maciak, M. 2011 unpublic).*

Shrnutí a další směry výzkumu

Práce v subprojektu 3615 splnily všechny metodikami předepsané výstupy. V první fázi 2005 – 2007 byl projekt dle požadavků donora v průběžných metodikách zaměřen spíše na aplikační výstupy využitelné v rámci resortu. V druhé fázi v letech 2008 – 2011 byly zadavatelem a oponenty preferovány výstupy charakteru publikací v časopisech s IF. Těch se podařilo dosáhnout v několika případech již před ukončením VZ, další jsou ke dni ukončení VZ v recenzních řízeních. Projekt také dosáhl několika výstupů typu užitných vzorů nebo patentových přihlášek. Patenty stejně jako několik dalších článků budou nad rámec metodiky v případě příznání uplatněny až po skončení VZ.

Další směry výzkumu se zaměří na problematiku krenofauny, hyporeálu a transportu sestonu v primární říční síti. Některé metody vyvinuté v první fázi VZ jsou již zavedeny do běžného využití v resortu životního prostředí. Budoucí aplikované projekty je plánováno zaměřit na vývoj a testování aktivních managementových opatření eliminujících některé antropogenní vlivy působící na oligotrofní povodí s využitím části výstupů subprojektu 3608. Pokračovat budou také práce spojené s recenzními a patentovými řízeními dokončených, ale dosud neuplatněných výstupů nad rámec metodiky.

4.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Právně chráněné, legislativní a aplikované výstupy:

- Simon, O., Douda, K., Kladivová, V., Kubíková, L., Fricová, K. Funkční vzorek gravitačního koncentračního kontinuálního sampleru. 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i..
- Simon, O., Kladivová, V., Svobodová, J., Rebec, J. Nařízení Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava č.3/2009 - Návštěvní řád Národního parku Šumava -

5, II. Nařízení Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava 3/ 2009 - NPS 03606/2009 [, 2009]

- Simon, O., Svobodová, J., Kladivová, V., Rebec, J., Hruška, J., Majer, J. Vyhláška č. 93/2008 Sb. ze dne 10. března 2008 o vyhlášení Národní přírodní památky Prameniště Blanice a stanovení jejich bližších ochranných podmínek. 93/2008 Sb. [, 2008]
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Detritový kontinuální vzorkovač pro proudící vody tlakový. Původce užitého vzoru: Simon, O., Douda, K., Fricová, K., Kubíková, L. Int. 20173. ÚPV ČR. 23.8.2009
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Kontinuální vzorkovač DDG. Původce užitého vzoru: Simon, O., Douda, K.. Int. 18924/2008. ÚPV ČR. 29.5.2008
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i.. Papír z chladnomilných prameništích chromist. Původce užitého vzoru: Simon, O., Kladivová, V., Kubíková, L., Wannier, F., Desortová, B., Fricová, K., Bílý, M. Int. 21930. Úřad průmyslového vlastnictví. 1.12.2010 (ve spolupráci s subprojektem 3608)

Významné publikace:

- Bílý, M., Simon, O. Lužní potok a Jankovský potok: možnosti udržení výskytu perlorodky říční v tocích silně ovlivněných lidskou činností. *Příroda*, 2006, roč. 2006, č. 25, s. 29-36. ISSN 1211-3603. (ve spolupráci se subprojektem 3608)
- Bílý, M., Simon, O. Water Quality Issues in the Protection of Oligotrophic Streams with the Occurrence of Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Czech Republic. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica*, 2007, roč. 21, č. 1, s. 21-30. ISSN 0862-6529. (ve spolupráci se subprojektem 3608)
- Bílý, M., Simon, O., Hruška, J., Jäger, D., Hřebík, Š., Horký, P., Rulík, M., Křivánek, S. Effects of Environmental Factors on the Freshwater Pearl Mussel Population in the NPP Lužní Potok (Zinnbach). Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., 2008, 78 s., ISBN 978-80-85900-86-6. (ve spolupráci se subprojektem 3608)
- Bláha, J., Simon, O., Baláž, E. Poškození lesní půdy škodí budoucímu lesu i vodám. *Lesnická práce*, 2007, roč. 2007, č. 11, s. 20-21. ISSN 0322-9254.
- Kubíková L., Simon O., Fricová K. The occurrence of *Pisidium* species (Sphaeriidae, Bivalves) in oligotrophic springs of the Blanice river catchment (Czech Republic) in relation to ecological conditions. *Biologia*, 2011, roč. 66, č. 2, s. 299-307. ISSN 0006-3088.
- Kubíková, L., Simon, O. Charakteristika a oživení podhorských šumavských pramenišť. *Příroda*, 2009, roč. 28, č. 1, s. 45-60. ISSN 1211-3603.
- Simon, O. Konflikt mezi vodáctvím a ochranou přírody?. *VTEI*, 2007, roč. 49, č. 3, s. 15-18. ISSN 0322-8916.
- Simon, O., Fricová, K. Kontinuální vzorkovač plavenin nové konstrukce. *VTEI*, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 15-17. ISSN 0322-8916.
- Simon, O., Kladivová, V., Svobodová, J., Hruška, J., Vejmelková, J., Bílý, M. Ochrana oligotrofních povodí s perspektivními lokalitami výskytu perlorodky říční v ČR. *Příroda*, 2006, roč. 2006, č. 1, s. 11-29. ISSN 1211-3603. (ve spolupráci se subprojektem 3608)
- Fricová, K., Simon, O., Douda, K., Kubíková, L. Proportion of detrital components in submontane spring areas in relation to spring morphology, microhabitats and macroinvertebrates. *Polish Journal of Ekology*, 2012 (in press).

4.2 VLIVY LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ S RŮZNÝM ZPŮSOBEM OBHOSPODAŘOVÁNÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005: Ing. Petr Vajner

2006 – 2011: Mgr. Pavel Kožený

Řešitelský tým: Mgr. Jiří Kroča, Mgr. Ondřej Simon, Vojtěch Mrázek

4.2.1 Předmět řešení

Subprojekt 3616 (v letech 2005 – 2007 veden pod číslem 3613) se od svého počátku zabýval působením lesních porostů na vodní ekosystémy. Výzkumnou práci lze rozdělit do dvou oddělených okruhů: prvním je sledování kvality vody a biotických složek vodního prostředí ve vztahu k typu lesního porostu, druhá část se věnovala přírodě blízkým vodním tokům, jejichž břehové a doprovodné porosty jsou zdrojem mrtvé dřevní hmoty.

Vliv lesního hospodaření a stavu lesních porostů na jakost odtékající vody je velmi častým předmětem výzkumu u nás i v zahraničí. Přestože známe řadu prací i dlouhodobých experimentálních a monitorovacích programů kvality vody v lesních povodích, tyto výzkumy jsou obvykle prováděny v běžných hospodářských lesích. Přitom je zřejmé, že lesnický obhospodařovaná monokultura je ekosystém významně změněný, kde řada strukturních složek a funkcí původního lesního ekosystému zanikla. Práce prováděné v subprojektu 3616 směřovaly k zodpovězení otázky, zda je přeměna původního lesního ekosystému v hospodářský monokulturní porost provázena též změnou ve fyzikálně-chemických parametrech kvality vody a bioindikačních společenstev v korytě. Nešlo přitom o sledování vlivu aktuálních změn v povodí spojených s probíhající lesnickou činností, ale o srovnání relativně ustálených povodí bez aktuální těžby a jiných disturbancí. Subprojekt tímto navazuje na problematiku řešené v subprojektech 3608 a 3615, protože ochranu citlivých vodních ekosystémů a na ně vázaných ohrožených druhů organismů nelze obvykle zajistit bez důsledné ochrany a speciálního managementu povodí.

Dřevní hmota je běžnou součástí přirozených vodních toků v lesnatých povodích. Dřevo vstupuje do vodního toku především sesouváním stromů z podemletých břehů, při povodních nebo pádem stromů a větví do koryta při mimořádných povětrnostních situacích. Jednotlivé kusy dřeva, jejich akumulace nebo celé vyvrácené stromy jsou největší strukturou říčního koryta. Mrtvá dřevní hmota hraje zásadní roli v utváření morfologického stavu vodního toku nebo dokonce celého říčního vzoru. Mrtvé dřevo stabilizuje sedimenty v korytě a zajišťuje jejich pozvolný transport níže po proudu. Zadržuje drobnější organický materiál (CPOM, FPOM) a umožňuje jeho biologicko-chemickou přeměnu. Tvoří bohatou nabídku potravních stanovišť pro bezobratlé živočichy, poskytuje úkryty, místa k rozmnožování a odpočinku ryb a dalších obratlovců. Význam dřevní hmoty pro vodní ekosystémy je dnes obecně uznáván a oceňován. V mnoha oblastech České republiky se vyskytují vodní toky, které mají přírodní charakter a objem dřevní hmoty je zde poměrně vysoký. Na mnoha úsecích vodních toků je tento stav akceptován, protože se nacházejí ve zvláště chráněných územích, kde je přirozené koryto součástí předmětu ochrany nebo podmínkou jeho zachování. Bohužel, při povodni může dřevo naplavené a zachycené na vodních stavbách způsobit poškození nebo i zhroucení těchto objektů. Akumulace dřeva mohou vzdouvat vodu a zhoršit tak následky povodní. Správa vodních toků proto musí zajistit, aby dřevní hmota splavovaná z přírodních úseků nezvyšovala povodňové riziko. Projekt se proto zabýval studiem pohyblivosti dřevní hmoty v přirozených korytech vodních toků. Jeho cílem bylo poznání principů, které by umožnily bezpečný management vodních toků při respektování výskytu dřevní hmoty jako jejich součásti (tzv. selektivní management).

Podrobnější informace o dosavadním průběhu prací a všech dosažených výstupech podávají průběžné zprávy projektu za roky 2005 až 2010 a jejich přílohy.

Postup řešení

Pro studium vlivu lesa na kvalitu odtékající vody bylo v letech 2005 – 2006 vybráno pět dvojic malých lesních povodí v oblasti Moravskoslezských Beskyd a Javorníků. Každá dvojice představovala povodí s přírodě blízkým pralesovitým porostem (první zóny CHKO s vyloučením lesnického hospodaření (označeno hvězdičkou) a jemu podobné povodí s lesnickou obhospodařovanou monokulturou: Makyta* / Malá Tisová, Salajka* / Planý Grůň, Radhošť* / Malá Ráztoka, Velký Polom* / Morávka, Pod Javorovým* / Javorový-Bystré. Podobnost povodí spočívala v co nejbližších parametrech pedologických, geologických a geografických.

V roce 2006 byly na vybraných lokalitách odebrány první vzorky pro chemickou a biologickou analýzu. Od roku 2007 pokračoval sběr vzorků vody v měsíčním intervalu, vzorky makrozoobentosu a fytozobentosu byly odebírány čtyřikrát ročně. Odběry vzorků fytozobentosu probíhaly v letech 2006 – 2007. Pravidelný měsíční sběr vzorků vody pro chemickou analýzu byl ukončen v roce 2009, dílčí odběry vzorků makrozoobentosu byly rovněž ukončeny v roce 2009. V letech 2009 – 2010 se biologické vzorkování zaměřilo na doplňkové sběry málo častých nebo chráněných zástupců makrozoobentosu. Typickým příkladem je kriticky ohrožená pošvatka *Arcynopteryx compacta*, jejíž výskyt byl zjištěn v průběhu výzkumu ve spolupráci se subprojektem 3608. Analýza vzorků makrozoobentosu přinesla i mnoho dalších poznatků o rozšíření vodního hmyzu v drobných tocích Beskyd a vznikla tak řada faunistických publikací. Velký objem terénních prací při sběrech biologických vzorků byl využit ve spolupráci se subprojektem 3609 k odběru vzorků a zhodnocení mikrobiologického oživení drobných horských toků. V roce 2010 a 2011 byla pozornost věnována právní ochraně odběrových zařízení, která byla vyvinuta nebo upravena pro potřeby odebírání vzorků makrozoobentosu a jeho dospělců z vodních toků.

Povodňová dynamika dřevní hmoty ve vodních tocích byla od počátku řešení projektu studována na úseku řeky Blanice na lokalitě Spálenec v CHKO Šumava (tok 4. řádu dle Strahlera). Tato lokalita byla vybrána z důvodu přítomnosti stárnoucích břehových porostů a značného zastoupení dřevní hmoty v korytě i jeho nejbližším okolí (až 45 m³.ha⁻¹). Druhým důvodem byla hydrologická charakteristika tohoto podhorského povodí, které se vyznačuje vysokými povodňovými průtoky. Dalším důvodem pro výběr byla velmi nízká intenzita údržby toku chráněného jako Národní přírodní památka Blanice a blízkost zájmových lokalit spolupracujících subprojektů 3615 a 3608 (lokalita výskytu perlorodky říční *Margaritifera margaritifera*). Studium povodňové dynamiky dřevní hmoty bylo na této lokalitě sledováno pomocí opakované inventarizace označeného dřeva. V úseku dlouhém 590 metrů bylo v prvních třech letech řešení označeno více než 600 kusů ležícího dřeva a stojících souší. Změny na lokalitě a pohyblivost dřevní hmoty byly hodnoceny periodicky v souvislosti s povodňovými průtoky. V období řešení byl na lokalitě zaznamenán průchod desetileté (2006), tří pětiletých (2007, 2009, 2010) a několika menších povodní. V roce 2008 se činnost podle stejné metodiky doplňkově zaměřila i na blízký Zlatý potok.

Již v prvním roce řešení byl zaznamenán ohlas na problematiku managementu dřevní hmoty v tocích. Řešitelé subprojektu byli požádáni Správou CHKO Litovelské Pomoraví o spolupráci při hodnocení funkce a stability kotvených kmenů v korytě řeky Moravy na lokalitě Vrapač. Kotvená i ostatní dřevní hmota byla na tomto úseku sledována zaměřováním i v následujících letech trvání výzkumného záměru. Kromě poznatků o faktorech podmiňujících stabilitu dřevní hmoty na relativně velkém vodním toku (6. řád dle Strahlera) posloužily výsledky k zajištění průběžné péče o toto u nás neobvyklé opatření.

V druhém roce řešení se naskytlá příležitost zdokumentování a zhodnocení následku stoleté povodně, která splavila velké množství dřevní hmoty z území NP Podyjí do vodní nádrže

Znojmo. Pokud vodní nádrž zachycuje většinu splávní, unášeného při povodni, lze z jeho složení posoudit lidské ovlivnění břehových porostů výše v povodí. V menším rozsahu byla podobná analýza provedena též na vodní nádrži Husinec na Blanici po průchodu pětileté povodně v roce 2007.

Praktickou stránkou řešené problematiky je doporučení pro rutinní management břehových porostů a dřevní hmoty v tocích prováděný správci toků. Možnými východisky pro tzv. selektivní management a potřebnými změnami právní úpravy se řešitelé zabývali od roku 2008. S tímto zaměřením souvisí i návrh metodiky upravující management, využití a monitoring dřevní hmoty v tocích, která byla zpracována v roce 2011 v samostatné zakázce Ministerstva životního prostředí ČR a čerpala z terénních výsledků i literárních rešerší výzkumného záměru. Jiným příkladem převádění poznatků o dynamice dřevní hmoty v přirozených tocích do praxe je spolupráce při tvorbě plánu péče o budoucí NPP Zlatý potok a aktualizace plánu péče o NPP Blanice (Vyhláška MŽP o vyhlášení NPP Zlatý potok - ve spolupráci se subprojektem 3615, legislativní schvalovací proces dosud nezačal).

4.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

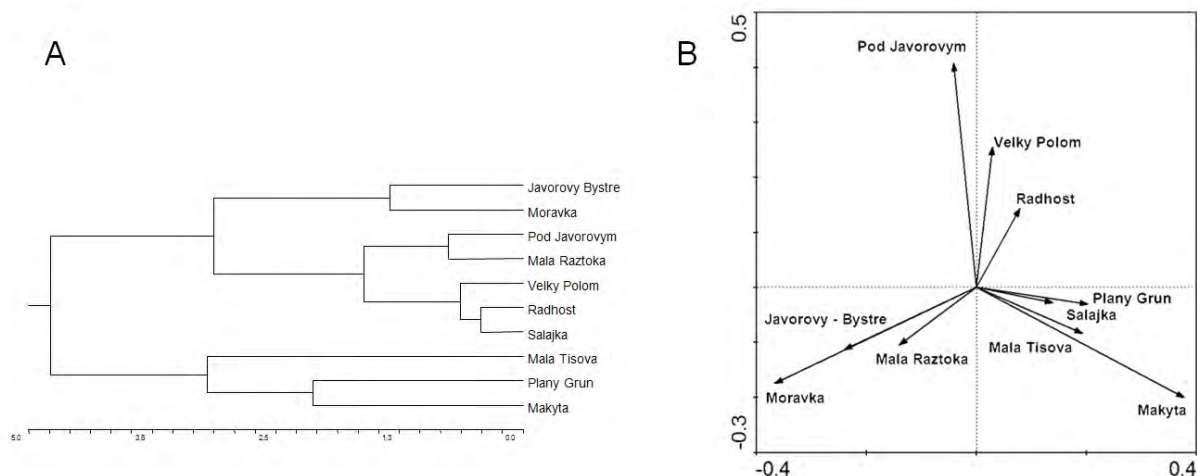
V následujícím textu jsou popsány hlavní výsledky subprojektu, uváděné citace odkazují na seznam nejvýznamnějších výstupů (kapitola 4.2.3).

Vliv lesa na kvalitu odtékající vody: biologické indikátory

V případě makrozoobentosu nebyl vliv lesního porostu na složení společenstev významný (obr. 4.2.1A). V poměrně velmi čisté vodě horských toků je složení makrozoobentosu ovlivňováno především substrátem dna, dostupností organického materiálu (listový opad) a vodností toku. Ani pro výskyt vzácných druhů makrozoobentosu nebyla potvrzena souvislost s lesnickým obhospodařováním v povodí. Ve faunistických studiích bylo zdokumentováno rozšíření kriticky ohrožené dravé pošvatky *Arcynopteryx compacta*, která byla dosud známa pouze z jedné lokality v Krkonoších (Kročá, 2010a). Z řádu pošvatek (Plecoptera) byl dále zaznamenán výskyt karpatského druhu *Leuctra quadrimaculata* (první výskyt v Beskydech - Kročá, 2011) a nejzápadnější evropský výskyt dalšího karpatského druhu *Leuctra bronislawi* (Kročá, 2010b). V tisku se nachází publikace o rozšíření ohrožené pošvatky druhu *Perla grandis* (Bojková, J., Kročá, J.: Historic and current distribution of the endangered stonefly *Perla grandis* (Plecoptera: Perlidae) in the Czech Republic. Klapalekiana). Ve spolupráci s externími odborníky byly rovněž identifikovány druhy chrostíků (Trichoptera), jejichž výskyt byl v ČR zaznamenán poprvé (*Hydroptila ivisa*, *Polycentropus schmidi*, *Drusus carpathicus* - Komzák a kol. 2006; Komzák a Kročá, 2011).

Složení a kvantita fyto-bentosu na sledovaných profilech malých horských toků v Beskydech je rovněž ovlivněna větším množstvím navzájem souvisejících vlivů (morfologie dna, podloží, pH, vodnost, zastínění, lesnické hospodaření v povodí). K nejvýrazněji zastoupeným představitelům fyto-bentosu patřily druhy studených rychle tekoucích toků vyšších poloh: sinice *Homeothrix* sp. (Radhošťská a Lysohorská hornatina), zlaté řasy *Hydrurus foetidus* (toky Radhošťské hornatiny), *Diatoma mesodon* (Radhošť, Malá Ráztoka, Morávka, Pod Javorovým). Hojný výskyt sinic *Phormidium autumnale* (druh v tekoucích vodách obecně rozšířený) byl patrný na profilech ovlivněných hospodářským porostem v povodí. Obecně byl na nezastíněných profilech fyto-bentos výrazněji rozvinut, druhové spektrum na konkrétních lokalitách pak bylo ovlivněno typem lesního porostu. Na lokalitách lesnický obhospodařovaných se oproti lokalitám s pralesovitým povodím vyskytovalo více druhů (u různých dvojic toků se jednalo o dvoj- až šestinásobek druhů). Výjimkou byla dvojice potoků s jílovcovým dnem (Makyta, Malá Tisová) s obdobným počtem druhů (obr. 4.2.1B). Vyšší druhová bohatost na tocích ovlivněných lesnickým hospodařením je dána výskytem méně ekologicky vyhraněných druhů, odolných vůči disturbanci prostředí (prosvětlení

odlesněním, uvolnění živin při narušení půdního povrchu, použití chemikálií atd.). Na neovlivněných lokalitách čistých horských toků se tyto ekologicky plastické druhy vesměs nevyskytují, fytobentos je v typickém případě charakterizován menším počtem druhů s úzkou ekologickou valencí (Skácelová a kol., 2010).



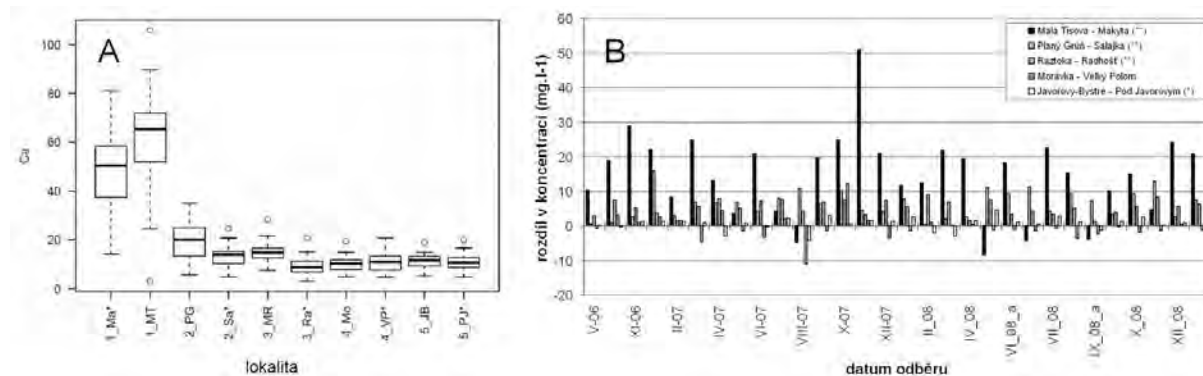
Obr. 4.2.1 Vliv typu lesního porostu na bioindikační společenstva makrozoobentosu a fytobentosu, A: Dendrogram podobnosti společenstev makrozoobentosu na jednotlivých lokalitách (Ward's Minimum Variance, Distance type Euclidean), B: Kanonická korespondenční analýza (CCA) společenstev fytobentosu na jednotlivých lokalitách.

Vliv lesa na kvalitu odtékající vody: chemické charakteristiky

Sledované lokality v Beskydech a Javorníkách jsou pramennými oblastmi vodních toků, jejichž chemismus je ovlivněn především geologickým podložím. Všechny lokality vykazují nízkou mineralizaci s konduktivitou kolem $10 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$. Pouze dvojice Makyta – Malá Tisová vykazuje hodnoty několikanásobně vyšší vlivem jílovcového podloží Javorníků. Geologické podloží ostatních lokalit je charakteristické vysokým podílem pískovců a slepenců Moravskoslezských Beskyd. Flyšové podloží zaručuje odolnost proti okyselení atmosférickou depozicí, na všech lokalitách bylo dlouhodobě měřeno pH v rozsahu 7 – 8,5. Jako typická lesní povodí vyšších poloh se lokality vyznačovaly nízkými koncentracemi živin ($\text{NO}_3\text{-N}$ 1 – 6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, P_{celk} na hranici stanovitelnosti, tedy kolem 20 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Přestože byla kvalita vody určována především geologickým podložím, výsledky naznačují vyšší odtok zásaditých iontů z povodí intenzivně lesnický obhospodařovaných. Graf na obrázku 4.2.2 znázorňuje rozdíly v koncentraci vápenatých iontů, které tvoří většinu v sumě bazických kationtů. Na čtyřech z pěti sledovaných dvojic povodí byla koncentrace vápenatých iontů významně vyšší v odtoku z povodí s hospodářským lesem. Rozdíly mezi povodími ve dvojici se pohybovaly v řádu několika desítek procent. Protože lokality s hospodářskými lesy nebyly zastoupeny jen smrkovými monokulturami, ale také monokulturami buku (Malá Tisová, Ráztoka, částečně Javorový – Bystré), nelze tento rozdíl přičíst jednoduše na vrub okyselování půdy zvýšeným přísunem oxidů síry a dusíku atmosférickou depozicí známého z jehličnatých lesů. Zvýšené koncentrace zásaditých iontů v odtoku z hospodářských lesů souvisí pravděpodobně s dlouhodobě vyšší mírou eroze a narušením půd na těchto plochách (vápnění bylo v Beskydech aplikováno pouze v osmdesátých letech, ovšem podle dostupných informací jeho vliv na ošetřené plochy po několika letech odezněl, sledované lokality se nevyskytovaly na místech, kde bylo vápnění v minulosti aplikováno). S uvedenými rozdíly mezi povodími ovšem nekorelují koncentrace ostatních iontů ani živin, což komplikuje interpretaci výsledků v připravované publikaci:

Kožený, P., Kroča, J. Water quality in small forest catchment areas influenced by the type of forest cover – (bude odeslán do časopisu s IF k datu závěrečného kontrolního dne).



Obr. 4.2.2 Koncentrace vápenatých iontů v odtoku z lesních povodí Beskyd a Javorníků, A: koncentrace (mg.l^{-1}) vápenatých iontů na lokalitách v období 2006 – 2009, B: Rozdíl v koncentraci vápenatých iontů na odtoku z dvojic povodí, kladné hodnoty značí vyšší koncentraci v povodí s hospodářským lesem oproti povodí s přirozeným porostem. Hvězdičky v legendě znázorňují statistickou významnost rozdílů: (**): $p < 0,05$; (*): $p < 0,1$.

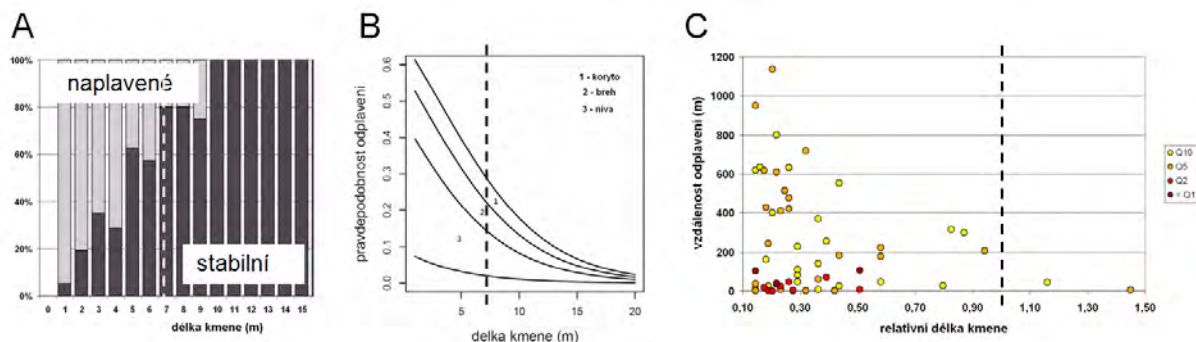
Nové typy a modifikace odběrových zařízení

Odběry vzorků makrozoobentosu na drobných horských tocích jsou omezeny často malou vodností toku a hrubým sedimentem dna. Obvykle používané odběrové pomůcky (bentická síť, Surberův sběrač, Kubíčkův bentometr) zde nelze uspokojivě využít. Modifikace těchto obvyklých odběrových zařízení pro potřeby terénní práce v drobných horských tocích byla zapsána jako nový užitný vzor (PUV č. 20986). Modifikací tzv. Malaiseho pasti pro sběr dospělců hmyzu rovněž vznikla technická řešení, u kterých byla získána právní ochrana (PUV č. 21557, PUV č. 22652).

Výzkum pohyblivosti dřevní hmoty v relativně přirozených vodních tocích

Stabilita dřevní hmoty v korytě je kromě vlastností vodního toku ovlivněna především rozměry jednotlivých kusů dřeva a přítomností „stabilizačních struktur“, jako jsou zachovalé kořeny nebo silné větve v koruně. Vztah těchto vlastností dřeva k jeho pohyblivosti byl studován v různé míře na všech modelových lokalitách. Samostatné srovnání bylo provedeno na řekách Blanici a Moravě. Na řece Blanici se mezi naplavenými kusy dřeva ($N = 284$) vyskytovalo jen 7% kmenů s korunou a/nebo kořeny, zatímco mezi autochtonními kusy ($N = 225$) se takových kmenů vyskytovalo 62 %. Podobný výsledek přineslo i hodnocení dřevní hmoty na řece Moravě: mezi naplavenými kmeny ($N = 85$) se vyskytovalo jen 18 % kmenů s korunou a/nebo kořeny oproti kmenům autochtonním ($N = 89$), kde 91 % kmenů mělo korunu a/nebo kořeny. Mezi autochtonními kmeny na lokalitě Morava převládaly kmeny s orientací paralelní se směrem proudění s korunou směřující po proudu. Délka naplavených kusů dřeva byla na obou lokalitách významně menší než u kusů autochtonních. Lze říci, že v případě Blanice bylo naprosto výjimečné odplavení kusů delších než 1,1 násobek šířky koryta (obr 4.2.3A), zatímco na lokalitě Morava byly pouze výjimečně odplavovány kmeny o délce větší než 0,7 násobku šířky koryta. To je v souladu s předpokládaným rozdělením vodních toků podle šířky koryta vzhledem ke střední výšce břehových a doprovodných porostů. Jak vyplynulo ze statistické GLM analýzy, v případě „malého“ toku (Blanice) je délka kmene rozhodujícím faktorem pro jeho stabilitu (Kožený, v rec. řízení), zatímco u vodních toků „velkých“ (Morava) hraje větší roli především

přítomnost kořenového balu a dalších stabilizačních znaků, protože většina dřeva v korytě je kratší než šířka koryta.



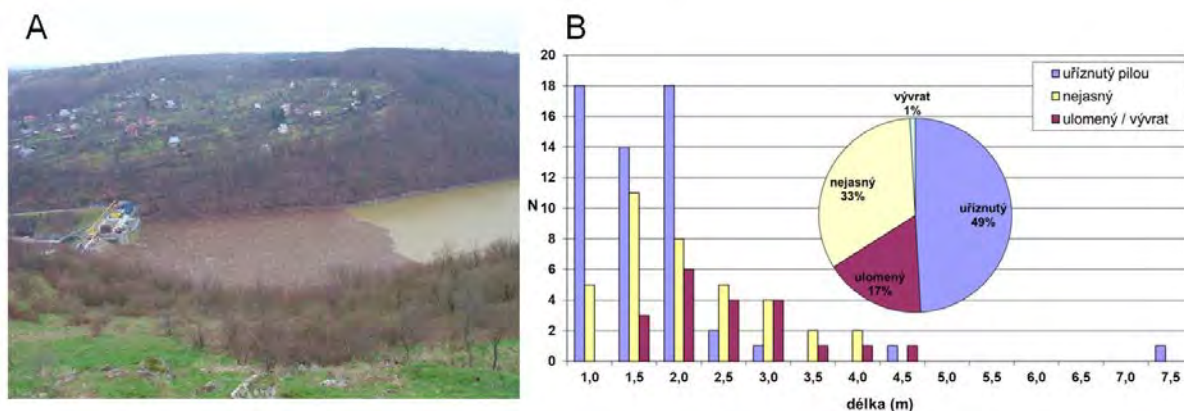
Obr. 4.2.3 Parametry dřevní hmoty na Blanici a její odplavitelnost při povodních (svislá přerušovaná čára označuje délku kmenů shodnou s průměrnou šířkou koryta), A: poměr stabilních a naplavených kmenů v jednotlivých délkových kategoriích, B: model pravděpodobnosti odplavení vzhledem k délce kmene a poloze v říčním koridoru pro desetiletou povodeň, C: vzdálenost odplavení dohledaných kusů dřeva při různých velkých povodních v závislosti na délce kusu.

Poměrně vysoká stabilita dřevní hmoty uložené v korytě a nivě neupraveného vodního toku byla zjištěna při povodňových stavech na řece Blanici na Šumavě. K tomuto tématu byla připravena publikace: Kožený, P. Large wood movement and deposition in a natural fourth order stream, která byla odeslána do časopisu River research and applications. Příkladem je desetiletá povodeň, která byla na lokalitě zaznamenána v roce 2006. Před povodní se zde nacházela odumřelá ležící dřevní hmota v objemu $34,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Nejbohatší na odumřelou dřevní hmotu bylo aktivní koryto a jeho nejbližší okolí (břehový porost), kde množství ležícího dřeva činilo $44,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Po průchodu desetileté povodně se objem dřeva v korytě snížil na $39,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, zatímco v nivě zůstal téměř stejný ($29,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Při povodni bylo transportováno 27 % kusů dřeva, které ale tvořily jen 13,3 % objemu ležící mrtvé dřevní hmoty na sledovaném úseku. Většinu odplavených kmenů se podařilo úspěšně dohledat ve vzdálenosti desítek až stovek metrů od původní polohy. Ačkoliv byla při povodni zaplavena velká část nivy, většina odplavených kusů dřeva pocházela z koryta nebo jeho blízkého okolí. Pravděpodobnost odplavení jednotlivého kusu byla závislá na jeho délce a poloze vůči aktivnímu korytu (obr. 4.2.3B). Na větší vzdálenost byly při povodních na Blanici odplavovány krátké kmeny, které se před povodní nacházely v méně stabilní poloze (blíže k hladině běžných průtoků – obr. 4.2.3C).

Nádrž Znojmo: akumulace dřevní hmoty při stoleté povodni

Nabízí se otázka, nakolik jsou zjištěné zákonitosti platné v případě extrémní povodně, kdy jsou rychlosti proudění a vodní stav vyšší a doba trvání povodně delší než při pozorovaných situacích. V těchto případech pravděpodobně vzrůstá význam nivy jako zdroje dřevní hmoty a význam přísunu dřeva vyvrácením a zlomením silou vodního proudu. Jediným případem extrémní povodně zachycené během řešení projektu byla stoletá povodeň na Dyji v roce 2006. Analyzováno bylo splávi nahromaděné u hráze vodní nádrže Znojmo, jehož zdrojem bylo převážně území NP Podyjí. Naprostou většinu této povodňové akumulace tvořily krátké kusy, z nichž nejméně polovina byla nařezána pilou (obr. 4.2.4). Šlo o zbytky po rozsáhlé údržbě břehových porostů provedené po povodni v roce 2002. Analýza podala důkaz o vysoké mobilitě drobných kusů dřeva, které mohou ve velkém množství působit obdobné zablokování přelivů nádrží jako velké kmeny. I když byla studie publikována pouze ve

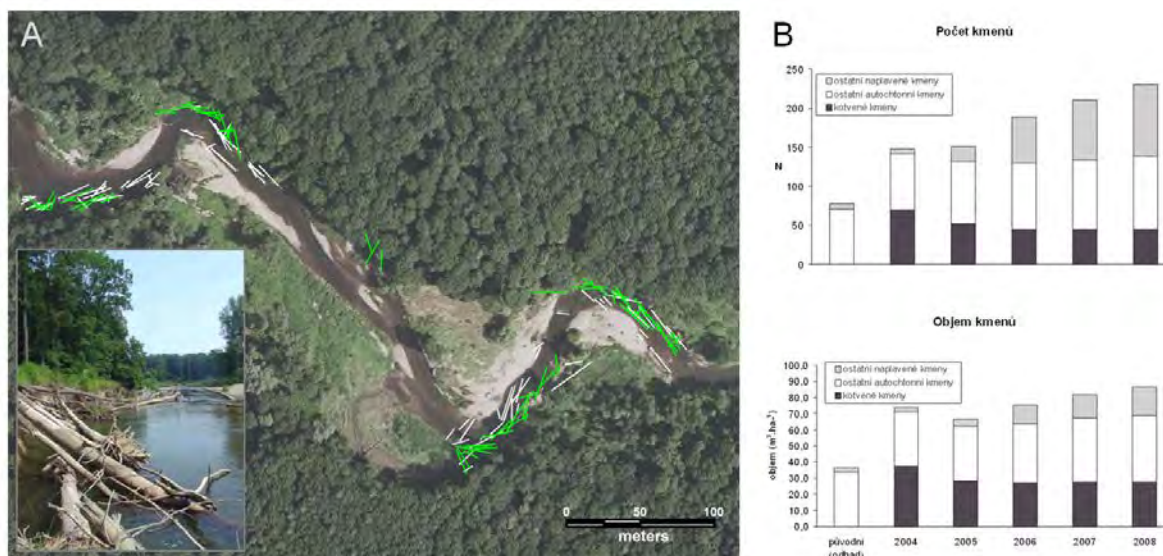
sborníku z domácí konference, je poměrně často citována v české odborné literatuře (Kožený, P., Simon, O. Analýza naplavené dřevní hmoty na nádrži Znojmo po jarní povodni 2006. In Měkotová, J., Štěrba, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18. 10. 2006. Univerzita Palackého, 2006, s. 111-118. ISBN 80-244-1495-3.).



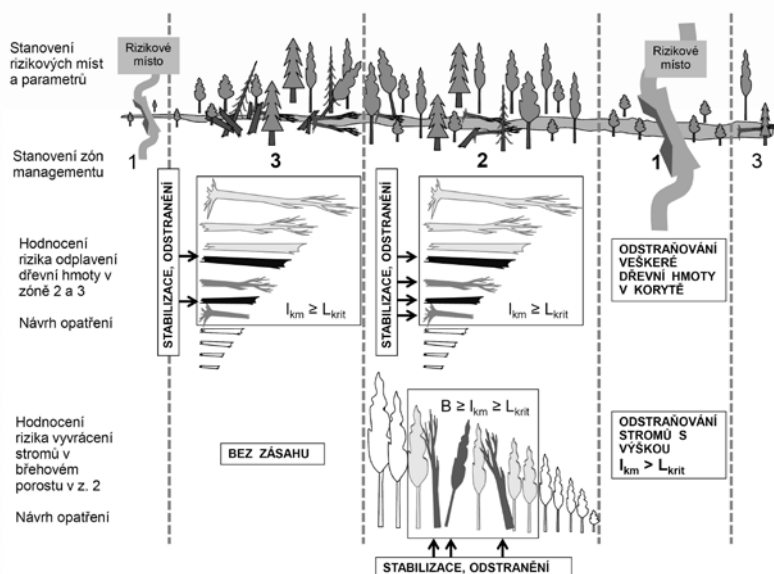
Obr. 4.2.4 Nádrž Znojmo pokrytá naplavenou dřevní hmotou na jaře 2006 (A) a analýza akumulované dřevní hmoty o délce ≥ 1 m.

Lokalita Vrapač: technická stabilizace dřevní hmoty v dynamickém korytě

Případovou studií vývoje technické stabilizace dřevní hmoty byl výzkum na lokalitě Vrapač na řece Moravě (Kožený a kol., 2011). Kmeny ukotvené pomocí ocelových lan v konkávních meandrech byly ve sledovaném období velmi stabilní, i když lokalitou prošla dvacetiletá, pětiletá a více menších povodní. I když se jednotlivé struktury postupně sesouvaly z erodujícího břehu do koryta a některé nebylo možné v následujících letech identifikovat, nebyl zaznamenán pohyb na delší vzdálenost, který by působil povodňové ohrožení. Vzhledem k velikosti a charakteristice jednotlivých kmenů (do koryta byly v r. 2003 vyvráceny celé stromy včetně koruny a kořenů) lze očekávat, že většina kmenů by v korytě zůstala stabilní i bez dodatečného kotvení. Lokalita je dnes příkladem území s velkým množstvím dřevní hmoty v korytě (obr 4.2.5).



Obr. 4.2.5 Lokalita Vrapač na řece Moravě u Litovle, A: letecký snímek území se zvýrazněnými kotvenými kmeny, B: vývoj množství dřevní hmoty na lokalitě.



Obr. 4.2.6 Schéma znázorňující postup selektivního managementu dřevní hmoty v toku a dřevin v břehovém porostu. Nejprve jsou stanovena riziková místa na toku a příslušné parametry (L_{krit} – teoretická kritická délka kmene, B – průměrná šířka koryta v břehových hranách). Následně jsou vymezeny zóny managementu, ve kterých probíhá hodnocení rizikovosti odplavení ležící dřevní hmoty a rizika vyvrácení stromů v břehovém porostu (l_{km} – délka konkrétního kusu/stromu, různá míra rizikovosti je vyjádřena odstíny šedé). Navržené opatření je závislé na míře rizikovosti a zóně managementu.

Pro dodatečnou stabilizaci dřevní hmoty na podobných lokalitách byl navržen kotevní vak, který napodobuje funkci kořenového balu a lze s ním manipulovat i bez použití mechanizace (PUV č. 21018).

Selektivní management dřevní hmoty a její právní rámec

Aplikací poznatků výzkumu do praxe bylo sestavení návrhu metodiky selektivního managementu dřevní hmoty a břehových porostů (Kožený, P., Sucharda, M., Máčka, Z., Kult, A., Balvín, P., Zapletal, J., Simon, O. Metodika pro monitoring, management a využití dřevní hmoty ve vodních tocích. Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha. 86 s. - v rámci samostatné zakázky MŽP, nyní v jednání). Metodika stanovila parametry pro posuzování stability dřevní hmoty na přirozených korytech vodních toků a rozdělila management do několika zón podle vzdálenosti od objektu na toku, který může být splavovanou dřevní hmotou ohrožen (tzv. „rizikové místo“ – viz obr. 4.2.6). Využití této metodiky se předpokládá na úsecích vodních toků, kde správce toku umožňuje výskyt dřevní hmoty v korytě. Představení a komentář k této metodice bude uveřejněn v prosincovém čísle časopisu VTEI v článku: Kožený, P., Balvín, P. Možnosti a rizika nakládání s dřevní hmotou v tocích: představení Metodiky pro monitoring, management a využití dřevní hmoty v tocích. Kromě poznatků o mobilitě dřevní hmoty byla v metodice věnována část právním aspektům ponechávání dřeva v korytech, jakož i jeho využití v revitalizacích. Autoři tak navázali na problematiku sledovanou v subprojektu od roku 2008 (Kožený a Simon, 2010).

Shrnutí a další postup

Subprojekt „Vlivy lesních ekosystémů s různým způsobem obhospodařování na kvalitu odtékající vody“ nashromáždil v uplynulých letech velké množství terénních dat, jejichž

výsledky byly publikovány v mnoha výstupech nebo využity v praxi. Přesto se zatím nepodařilo publikovat výsledky v impaktovaném časopise. Práce po skončení výzkumného záměru proto budou směřovat k uplatnění rukopisů již odeslaných do redakcí. Pozornost bude také věnována dalšímu praktickému využití technických řešení vyvinutých v rámci projektu a uplatnění a zavedení metodiky selektivního managementu dřevní hmoty do praxe údržby vodních toků.

4.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Články v recenzovaných časopisech:

- Komzák, P., Kroča, J. New faunistic records of Trichoptera (Insecta) from the Czech Republic, IV. Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae, 2011, roč. 96, č. 1, s. 189-192. ISSN 1211-8788.
- Komzák, P., Kroča, J., Bojková, J. Faunisticky zajímavé nálezy chrostíků (Insecta: Trichoptera) Moravskoslezských Beskyd. Časopis Slezského Muzea. Série A. Vědy přírodní, 2006, roč. 2006, č. 55, s. 73-76. ISSN 1211-3026.
- Kožený, P., Simon, O. Mrtvé dřevo ve vodních tocích – čas změnit zákony?. Příroda. Sborník prací z ochrany přírody, 2010, roč. 2010, č. 27, s. 5-22. ISSN 1211-3603.
- Kožený, P., Vajner, P., Žerníčková, O., Šindlar, M., Zapletal, J. Vývoj technické stabilizace dřevní hmoty v korytě Moravy v CHKO Litovelské Pomoraví. Vodní hospodářství, 2011, roč. 2011, č. 3, s. 125-129. ISSN 1211-0760.
- Kroča, J. Arcynopteryx compacta (Mac Lachlan, 1872) and Isogenus nubecula Newman, 1833 (Plecoptera, Perlodidae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic). Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010a, roč. 59, č. 2, s. 159-164. ISSN 1211-3026.
- Kroča, J. Leuctra digitata Kempny, 1899 (Plecoptera: Leuctridae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. and Podbeskydská pahorkatina Upland region of the Czech Republic. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, č. 1, s. 71-75. ISSN 1211-3026.
- Kroča, J. Leuctra quadrimaculata Kis, 1963 (Plecoptera; Leuctridae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. and Javorníky Mts. (Czech Republic). Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2011, roč. 60, č. 1, s. 57-62. ISSN 1211-3026.
- Kroča, J. The first record of Leuctra bronislawi (Plecoptera, Leuctridae) in the Czech Republic. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010b, roč. 59, č. 3, s. 198-202. ISSN 1211-3026.
- Skácelová, O., Uher, B., Kroča, J. Phytobentos of small streams in the Moravskoslezské Beskydy and Javorníky Mountains. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, 2010, č. 1, s. 81-95. ISSN 1211-3026.

Mapa s odborným obsahem:

- Mlejnková, H., Kroča, J., Fojtík, T. Organické zatížení vodních toků Moravskoslezských Beskyd - zatřídění dle mikrobiálních indikátorů organického znečištění (2006-2010). 2010, VÚV TGM, v.v.i., MŽP 9.12.2010. (3616_2999)

Výstupy s právní ochranou:

- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6. Kotevní zařízení pro stabilizaci dřevní hmoty v korytech vodních toků. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kožený, P. Int. 21018. Úřad průmyslového vlastnictví. 31.3.2010
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6. Zařízení k odběru kvantitativních vzorků makrozoobentosu na malých tocích. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J. Int. 20986. Úřad průmyslového vlastnictví. 7.4.2010.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6. Zařízení pro odchyt dospělců hmyzu v migračním koridoru. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J. Int. 21557. Úřad průmyslového vlastnictví. 19.10.2010.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6. Plovákové zařízení pro instalaci Malaiseho pastí na hladinách stojatých vod. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J. Int. 22652. Česká republika. 7.4.2011.

4.3 PODMÍNKY ZACHOVÁNÍ VÝSKYTU ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH DRUHŮ VODNÍCH A MOKŘADNÍCH ORGANISMŮ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Řešitelský tým: Ing. Karel Douda, RNDr. Jitka Svobodová, Mgr. Ondřej Simon, Ing. Věra Kladivová, Mgr. Kamila Fricová

4.3.1 Předmět řešení

Subprojekt je zaměřen na studium zvláště chráněných druhů organismů vázaných na vodní a mokřadní prostředí, jejich autekologie a biotických i abiotických faktorů charakterizujících lokality jejich výskytu. Koncepce subprojektu vychází z Národní strategie biologické rozmanitosti (Brožová 2004), konkrétně její části Vodní a mokřadní ekosystémy. Podmínky vyžadované pro konkrétní druhy (Roth 2003) obvykle převyšují v některých parametrech limity kladené na kvalitu vody v obecné ochraně vod, ale i ve smyslu velmi dobrého stavu ekosystému dle Rámcové směrnice pro vodní politiku EU (2000/60/ES). Proto je nutno tuto problematiku řešit se zvláštní pozorností a komplexním pojetím studia ekosystémů (ekologie, hydrobiologie, hydraulika, čistírenství, hydrogeologie a vodní hospodářství).

Oproti dříve běžné úzce pojaté druhové ochraně, kdy hlavním objektem zájmu byl vždy chráněný druh jako takový, se dnes prosazuje přístup využívající chráněné druhy jako tzv. deštníkové organismy (umbrella species), jejichž ochrana zajistí přetrvání celého společenstva s desítkami dalších druhů rostlin, bezobratlých a obratlovců.

Součástími výzkumu v rámci tohoto subprojektu bylo: zjišťování výskytu a rozšíření vybraných zvláště chráněných druhů, sledování změn struktury a početnosti jejich populací, dále studium životních cyklů a populační dynamiky, vlivu výkyvů faktorů prostředí na populace a interakcí s dalšími složkami ekosystému. Důraz byl kladen na vztah organismu a prostředí a na ochranu biotopu jako celku.

Jako cílové organismy byly vybrány takové druhy a skupiny, které mají klíčový význam jakožto některý z článků trofického řetězce ve vodních ekosystémech, popř. organismy s vysokým bioindikačním významem. Většinou šlo o druhy živočišné, pouze v menší míře jsme se věnovali společenstvům vodních a mokřadních rostlin.

Po celou dobu trvání subprojektu VZ byly předmětem studia velcí mlži, raci a vodní ptáci. V kratších (většinou jednoletých) etapách jsme se v rámci subprojektu zabývali i vodním hmyzem, společenstvy submersních makrofyt a společenstvy olšin. Část z těchto témat byla v dalších letech řešení VZ z kapacitních důvodů přeřazena do jiných subprojektů stejného tematického celku.

Velcí mlži nadčeledi *Unionoidea*

Sedm našich původních druhů velkých mlžů má navzájem velmi odlišné nároky na prostředí (pokrývá gradient našich vod od toků ultraoligotrofních a xenosaprobniích po toky α mezosaprobnií, (Sládeček a Sládečková 1997)) a odlišný stupeň ohrožení (od kriticky ohrožené perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) po relativně dosud běžnou škebli říční (*Anodonta anatina*). Ve všech případech se jedná o druhy početně ustupující, jejichž absence v tocích znamená narušení přirozených potravních vztahů a látkových koloběhů ekosystému. Současně jde o velmi dobré bioindikátory stavu vodního prostředí. Relativně dlouhá doba života, schopnost akumulovat v těle polutanty, úzké interakce životního cyklu s dalšími druhy organismů (vývoj probíhá přes mikroskopické larvální stádium „glochidium“,

kteří parazitují na rybích hostitelích (Watters, 2006)) a závislost na mnoha dalších faktorech prostředí (substrát dna, proudění vody, chemismus) činí z velkých mlžů ideální bioindikátory a deštníkové druhy.

Hlavním tématem v rámci „velkých mlžů“ byl výzkum faktorů, které ovlivňují výskyt mlžů a životaschopnost jejich populací. Zkoumáno bylo rozšíření mlžů ve vybraných, z hlediska ochrany přírody významných tocích, dále vliv chemismu vody a land-use povodí na výskyt a stav populací mlžů, problematika potravních zdrojů pro mlže, akumulace polutantů v jejich tělech, vztah výskytu mlžů a skladby rybí obsádky (ve spolupráci se subprojektem 3607) a především testování úspěšnosti vývoje glochidií na různých rybích hostitelích. Předmětem posledně jmenované části výzkumu byla mimo naše původní druhy i u nás nepůvodní, invazní škeble asijská (*Sinanodonta woodiana*).

Raci

Oba naše původní druhy raků (*Astacus astacus*, *Austropotamobius torrentium*) jsou živočichy zvláště chráněnými, jejichž populace v tocích ČR byly v minulosti velmi silně zredukovány. Naproti tomu druhy zavlečené, především *Orconectes limosus* svou přítomností představují pro původní druhy raků vážné nebezpečí (Mlíkovský et al. 2006).

Prvním řešeným tématem byla obsáhlá práce rešeršní, zpracovávající dosavadní poznatky o výskytu raků v ČR.

Dále probíhalo statistické zpracování dvou velkých datových sad, a to výsledků celorepublikového mapování výskytu raků organizovaného AOPK ČR a souboru dat o chemismu vody v síti profilů toků, kde by se raci mohli potenciálně vyskytovat. Cílem bylo zhodnocení vztahu výskytu našich původních druhů raků a chemismu vody. Obě datové sady byly během řešení subprojektů doplňovány, přičemž hlavním předmětem tohoto sběru dat byly lokality výskytu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Ekologii tohoto druhu pak bylo v rámci subprojektu věnováno několik dílčích studií.

Dalším studovaným tématem týkajícím se raků byla jejich migrační aktivita a schopnost raků překonávat překážky v toku. Studovány takto byly jak naše původní druhy *Austropotamobius torrentium* a *Astacus astacus*, tak introdukovaný druh *Orconectes limosus*.

V posledním roce VZ jsme se zaměřili na studium akumulace těžkých kovů v těle raků.

Výzkum raků probíhal ve spolupráci s AOPK ČR a PřFUK Praha.

Vodní ptáci

Vodní ptáci představují vrchol potravní pyramidy akvatických ekosystémů. Je mezi nimi řada druhů zvláště chráněných a jejich ochrana je rovněž podmíněna ochranou celého ekosystému. V subprojektu jsme se zaměřili na studium populací vodních ptáků na našem území zimujících. U druhů, pro které oblast ČR představuje okraj hnízdního areálu, jsou tyto zimující populace často řádově početnější, nežli populace u nás hnízdící. Ochrana zimovišť je proto z hlediska ochrany zmíněných druhů na našem území klíčová.

Výzkum vodních ptáků byl směřován na středočeské vody a realizován ve spolupráci s členy České společnosti ornitologické, především s amatérsky působícími sčítateli. Cílem bylo v první řadě zajištění pravidelného sčítání ptačích populací na síti lokalit během zimních měsíců. Lokality pokrývají souvisle úseky toků velkých středočeských řek (Labe, Vltava, Jizera, Berounka) a zahrnují i významná zimoviště na vodách stojatých (nádrž Želivka, Žehuňský rybník).

Následně proběhlo několik analýz hodnotících preferenci habitatu jednotlivými zimujícími druhy, časový průběh příletů a odletů během zimování a závislost početnosti zimujících populací na limnologických a klimatických podmínkách.

Vodní hmyz

V rámci subprojektu proběhla první část výzkumu rozšíření a ekologických nároků pošvatky druhu *Arcynopteryx compacta* v oblasti východní Moravy. Výzkum byl dokončen jako součást subprojektu 3616.

Rostlinná společenstva

Na úseku Teplé Vltavy v NP Šumava nad ÚN Lipno, se v dnových partiích toku nachází ojedinělý ekosystém, v němž dominují bohaté trsy submerzních makrofyt. Vytvářejí na mnoha místech rozsáhlé porosty, tvořené především stolístkem střídavokvětým (*Myriophyllum alterniflorum*), lakušníkem vzplývavým (*Batrachium fluitans*), hvězdošem háčkatým (*Callitriche hamulata*) a dalšími, v neposlední řadě kriticky ohroženým rdestem alpským (*Potamogeton alpinus*) (Procházka, Štech 2002, Čeřovský a kol. 1999). Porosty makrofyt poskytují úkryt i významný potravní zdroj pro mnohé vzácné živočichy, včetně kriticky ohroženého mlže perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). Ze všech složek popsaného ekosystému jsou makrofyty nejvíce vázány k podkladu a jsou tudíž nejvíce ohrožovány vodní turistikou, která je v dané lokalitě významným negativním vlivem (Chvojková a kol. 2008). Ve spolupráci se subprojektem 3615 probíhal výzkum změn společenstva makrofyt v průběhu sezony. Kromě společenstva jako celku byl speciálně studován rdest alpský (*Potamogeton alpinus*).

Mezi cenné semiakvatické biotopy, hostící množství ohrožených druhů organismů, patří mj. i olšiny. Jde o lokality s trvale vysokou hladinou podzemní vody (Ellenberg, 1996) a jsou proto výrazně ovlivňované vodním koloběhem. I díky tomu jde o společenstva, která jsou velmi silně dotčena změnami krajiny v důsledku lidské činnosti. Velké množství těchto biotopů v minulosti zaniklo nebo bylo silně degradováno (Döring-Mederake, 1990; Ellenberg, 1996). Naproti tomu olšiny mohou být i produktem sekundární sukcese při zarůstání neobhospodařovaných mokřích luk. Předmětem výzkumu byla analýza vývoje a aktuálního stavu vybrané série lokalit olšin na území ČR a hodnocení příčin jejich degradace. Výzkum probíhal ve spolupráci s ČZU Praha. Pracoviště VÚV TGM, v.v.i. řešilo zejména aplikaci metod GIS.

Postupy řešení jednotlivých témat jsou detailněji popsány v průběžných zprávách z let 2005 – 2011.

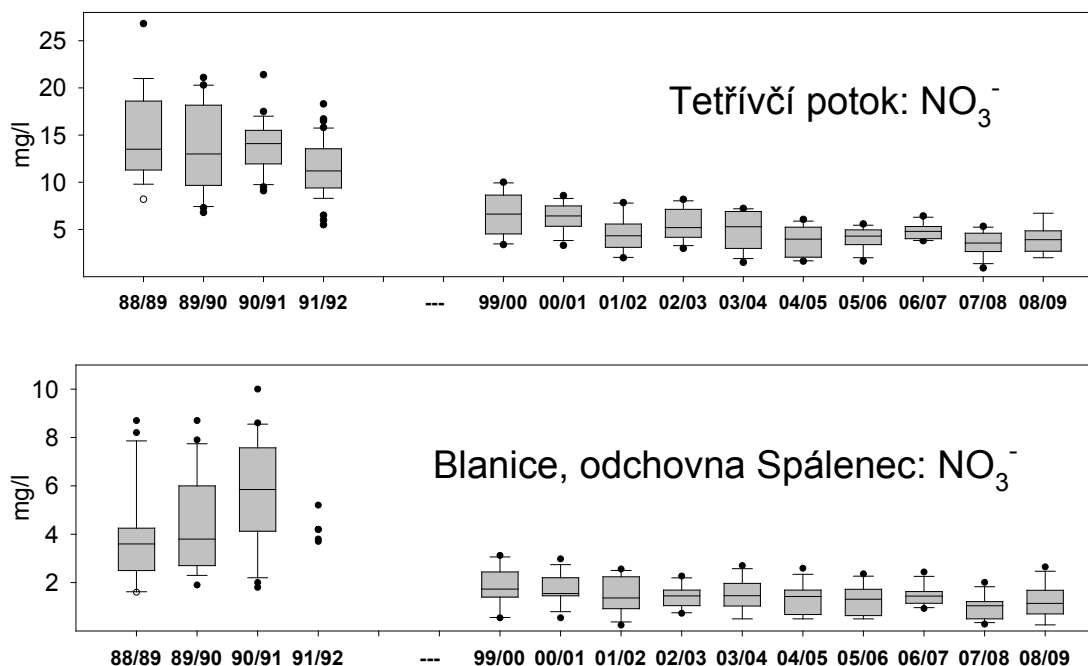
4.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Habitatové a populační charakteristiky velkých mlžů

Analýzy chemismu vody na zbytkových lokalitách perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) (Zpráva 2006) ukázaly výraznou kategorizaci těchto lokalit. U každé ze stávajících lokalit lze vysledovat množství parametrů, které ji od ostatních lokalit odlišují, a každá tedy vyžaduje individuální ochranný přístup. Výsledky shrnuje publikace (Bílý, Simon 2007). Důležitým je i fakt, že současné lokality představují samotný okraj původní ekologické niky tohoto druhu na našem území, nikoliv optimální podmínky pro druh (viz obr. 4.1.5 v kapitole 4.1).

Na základě analýzy starších časových řad bylo možno vyhodnotit trend vývoje chemismu na lokalitách. Jako velmi významný se ukázal pozitivní vliv vhodného managementu povodí

(útlum intenzivního zemědělského obhospodařování, zatravnění ploch v okolí toků apod.). Výsledky takto dosažené v povodí Blanice od roku 1991 (obr. 4.3.1) jsou signálem pro bezodkladné zahájení podobných opatření i na dalších povodích, neboť např. snížení hladiny dusičnanů ve vodě je jednou ze základních podmínek trvalé existence populace perlorodky.



Obr. 4.3.1 Změna koncentrace dusičnanů ve 2 profilech povodí Blanice v letech 1988 – 2009

Na většině lokalit se podařilo prokázat přítomnost kvalitního intersticiálu. Byla proto vyslovena hypotéza, že stávající populace perlorodky v ČR nejsou, a rozdíl od jiných evropských zemí, jeho absencí limitovány. Tuto hypotézu bude třeba v blízké budoucnosti ověřit.

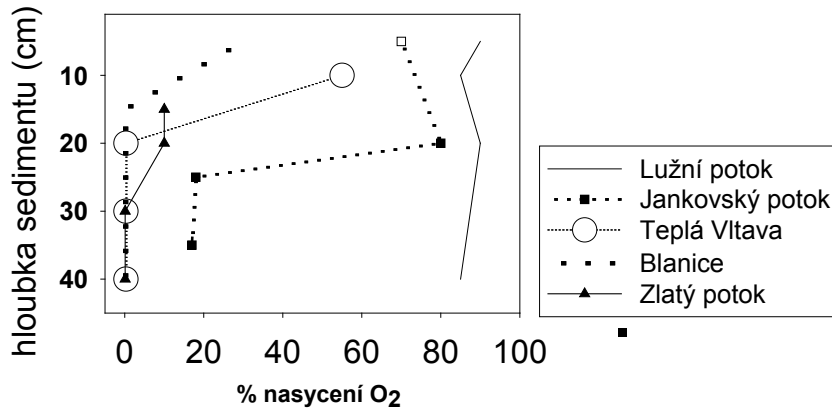
Na třech šumavských lokalitách, kde mají populace perlorodky největší pespektivy (Blanice, Zlatý potok, Teplá Vltava) proběhly ve spolupráci se subprojektem 3615 výzkumy potenciálních zdrojů potravního detritu. Jednak šlo o studium detritu z pramenišť (Zpráva 2006, Zpráva 2007), jednak (nejnověji) o přímou bioindikaci na základě přírůstků juvenilních jedinců experimentálně umístěných v tocích. Takto získaná data budou dále zpracovávána.

Na Lužním potoce, který je příkladem lokality s velmi dramatickým úbytkem populace perlorodky, byla provedena komplexní studie biotických i abiotických faktorů. Jednotlivé okruhy byly zpracovány ve formě monografie (Bílý et al. 2008). Studie ukázala, že na populaci perlorodky v dané lokalitě působí kombinace více stresorů (nevyhovující chemismus vody, nedostatečné potravní zásobení, nízká migrační aktivita rybích hostitelů). Naopak prokysličený intersticiál se ukázalo být nejkvalitnějším v rámci takto studovaných českých lokalit (obr. 4.3.2).

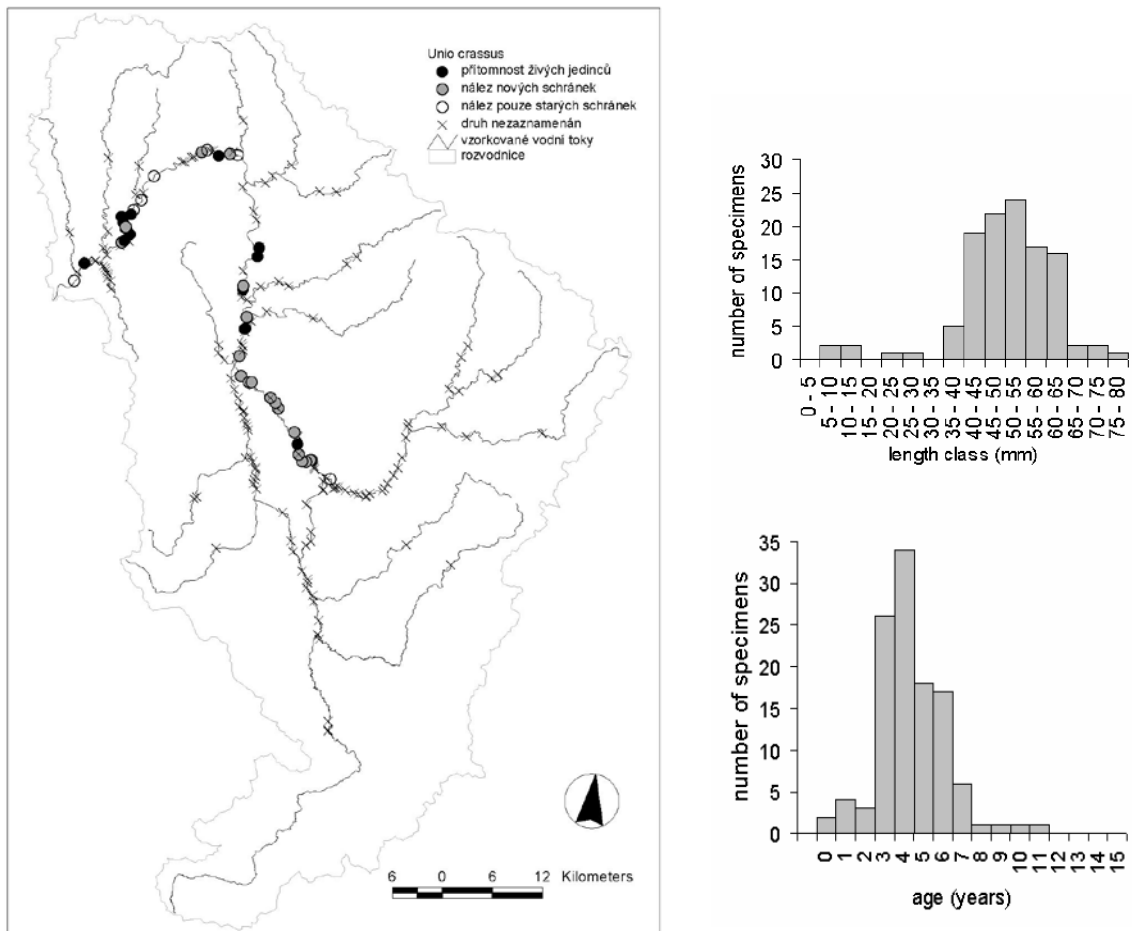
Výzkumy limitujících faktorů probíhaly i na nejproblematičtější lokalitě perlorodky říční, kterou je Jankovský potok (Zpráva 2005).

Pro další druhy mlžů přinesly důležité výsledky výzkumy v Evropsky významné lokalitě Lužnice a v úseku Vltavy na území Prahy. (Zpráva 2006, Zpráva 2007) Pro velevruba tupého (*Unio crassus*) šlo o dosud největší inventarizaci stavu populace tohoto druhu v povodí Lužnice (obr. 4.3.3). V testovaném úseku pražské Vltavy pak bylo důležitým výsledkem

zjištění přítomnosti jedné z největších známých českých populací škeble ploché (*Pseudanodonta complanata*) (odhad 10 – 50 tis. jedinců).



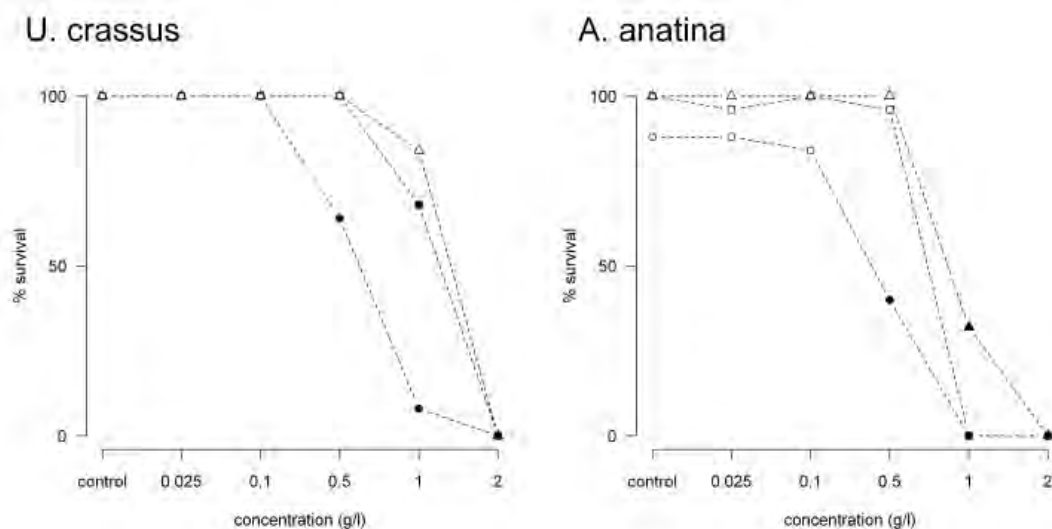
Obr. 4.3.2 Nejvyšší zjištěná hodnota nasycení O₂ v intersticiální vodě na 5 lokalitách perlorodky říční



Obr. 4.3.3 a) Výskyt velevruba tupého (*Unio crassus*) v povodí Lužnice
b) Délková a věková struktura zaznamenaných jedinců *U. crassus* na úseku Bechyně – Dobronice

Vliv polutantů na velké mlže

Zaměřili jsme se jednak na vliv dusičnanů na životaschopnost juvenilních jedinců (Zpráva 2008) jednak na akumulaci těžkých kovů ve tkáních mlžů (Zpráva 2007). Laboratorní testování akutní toxicity dusičnanového dusíku (N-NO_3^-) pro juvenilní jedince *Unio crassus* a *Anodonta anatina* ukázaly na značnou toleranci studovaných druhů vůči tomuto polutantu. V kombinaci s výsledky výzkumu závislosti výskytu těchto druhů na landuse v povodí na jakost vody (zejména s ohledem na hodnoty dusičnanů, viz Zpráva 2007) jsme dospěli k výsledku že N-NO_3^- má více indikační význam, nežli přímý negativní vliv na studované druhy (obr. 4.3.4, publikace Douda 2009). Vhodné by proto bylo v budoucnu otestovat i vliv jiných forem dusíku, zejména amoniaku, který zvláště v intersticiální vodě může nabývat vysokých hodnot.



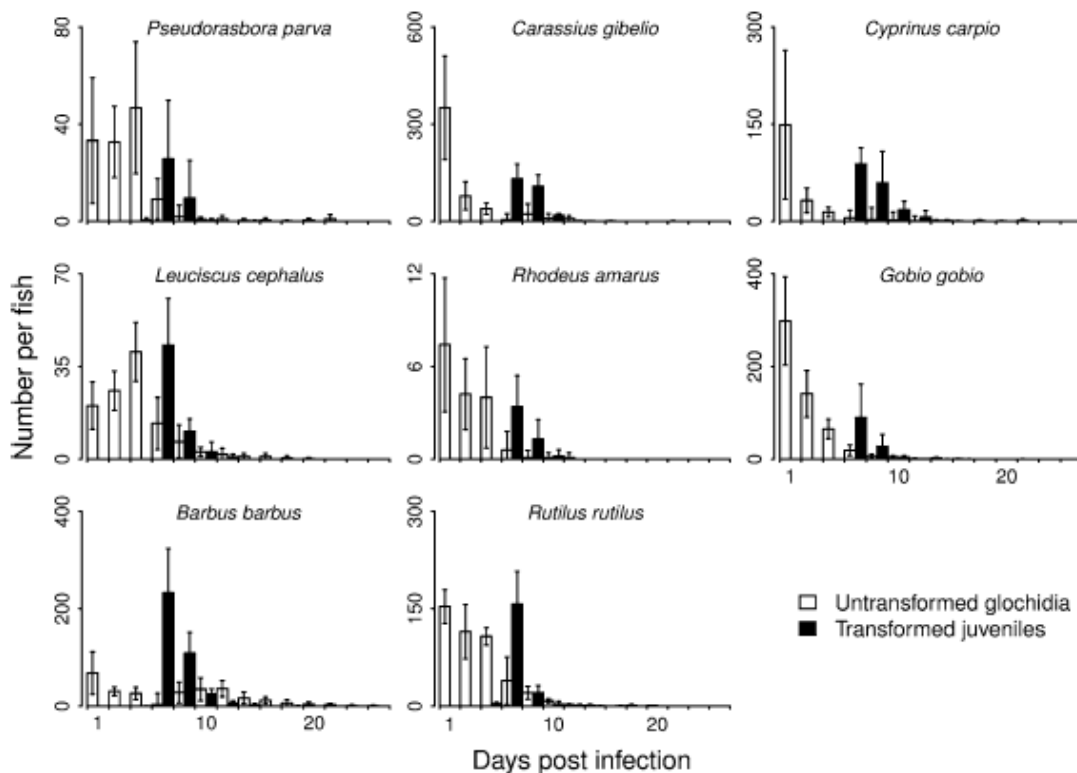
Obr. 4.3.4 Akutní (96-h) toxicita dusičnanového dusíku (N-NO_3^-) vyjádřená procentem přežívání podle různých testových ukazatelů (o, foot movement, □, valve movement, Δ, ciliary activity). Testována byla juvenilní stádia velevruba tupého a škeble říční.

Výsledky analýz kovů ukázaly, že ve svalovině mlže starého několik desítek let (*M. margaritifera*) může např. hladina kadmia dosahovat řádově vyšších hodnot, než je v těle vodních bezobratlých běžné. Studium mezidruhových rozdílů a efekt růstových charakteristik jedinců mlžů na koncentraci těžkých kovů ve tkáni velkých mlžů bylo dále testováno na druzích *Unio crassus*, *Unio pictorum*, a především *Anodonta anatina*.

Experimentální testování vývoje mlžů na hostitelských druzích ryb

Úspěšně byla zvládnuta technika získávání juvenilních jedinců mlžů z polopřirozeného odchovu (Zpráva 2008) a rovněž analýza lipidových zásob epifluorescenční metodou u fixovaných vzorků juvenilních jedinců. Byly provedeny experimenty porovnávající úspěšnost vývoje larválního stádia druhů *A. anatina*, *U. crassus* a *S. woodiana* na různých druzích ryb. Zjišťována byla úspěšnost transformace juvenilních jedinců na jednotlivých hostitelských druzích ryb v laboratorních podmínkách. Vývoj druhu *U. crassus* byl testován na celkem 27 druzích ryb. Vývoj glochidií tohoto mlže se ukázal být značně závislým na druhu hostitele. Výsledky ukazují na limitaci rozšíření tohoto druhu ve vodách ČR vlivem absence vhodných rybích hostitelů (Douda, K., Horký, P., Bílý, M. Host limitation of the thick-

shelled river mussel: Evaluation, threats, and conservation challenges – článek odeslaný k recenznímu řízení). Pro druh *S. woodiana* přinesl experiment vůbec první výsledky transformační úspěšnosti glochidií na vybrané skupině původem evropských i invazních druhů ryb (*Rhodeus sericeus*, *Cyprinus carpio*, *Gobio gobio*, *Rutilus rutilus*, *Pseudorasbora parva*, *Barbus barbus*, *Carassius auratus*) (viz obr. 4.3.5), které byly publikovány v práci Douda et al 2011.

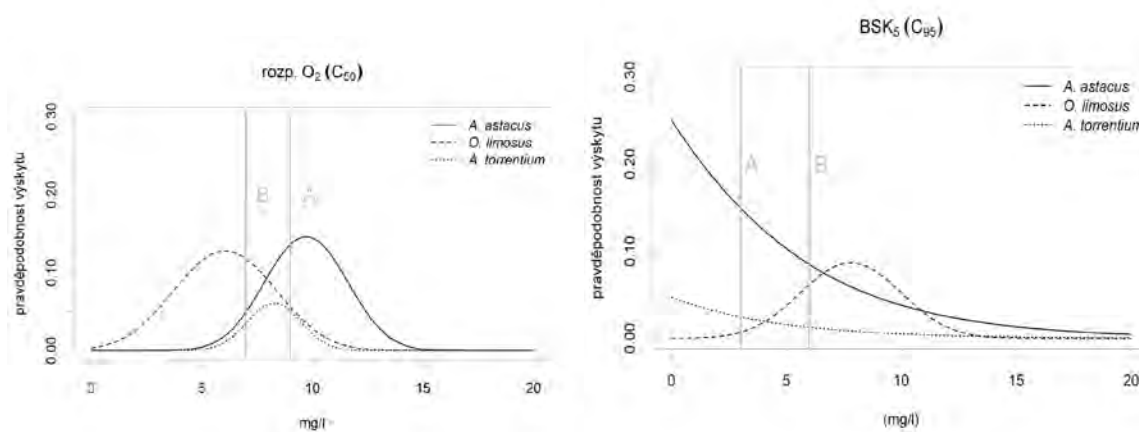


Obr. 4.3.5 Časový průběh vývoje glochidií na různých hostitelských druzích ryb. Sloupce zobrazují počet (průměr ± SD) netransformovaných glochidií (bílé sloupce) a živých juvenilních jedinců (černé sloupce) odpadlých v jednotlivých dnech po invadaci.

Habitatové a populační charakteristiky raků

Ke zpracování obsáhlých dat o výskytu raků a chemismu vody spolu s daty GIS byl ve spolupráci se subprojektem 3620 vyhotoven specializovaný software (VSTOOLS.ANJAK). S jeho pomocí se podařilo propojit celkem 116 lokalit s výskytem *A. astacus*, 19 s výskytem *A. torrentium*, 26 s výskytem *O. limosus* a 849 lokalit bez přítomnosti raků s rozsáhlou databází údajů o jakosti vody. Z dostupných parametrů o kvalitě vody jsme vybrali rozpuštěný kyslík, pH, BSK₅, volný amoniak, amonné ionty, dusitany, zinek a měď (blíže ke zpracování dat viz Zpráva 2008).

Výsledky analýz shrnuje článek Svobodová, J., Douda, K., Štambergová, M., Pícek, J., Vlach, D., Fischer, D.: Distribution of indigenous and alien crayfish according to the water quality of streams in the Czech Republic, který je ve stadiu recenzního řízení. Z výsledků mj. vyplývá, že lokality s výskytem našich původních raků vyžadují jakost vody ve vyšší kvalitě, než stanoví nařízení vlády č. 71/2003 Sb. Bylo doloženo, že v tocích s výskytem raka říčního je v průměru lepší jakost vody než v tocích, ve kterých se naši původní raci nevyskytují (obr. 4.3.6).



Obr. 4.3.6 Křivky odpovědi druhů na gradient koncentrace rozpuštěného kyslíku a BSK logistická regrese ($p < 0,05$); A, B: limity nařízení vlády č. 71/2003 Sb. pro lososové, resp. kaprové vody

Významným zjištěním je, že oba naši původní raci jsou přibližně stejně nároční na kvalitu vody. Oproti dřívějším představám tedy není otázka rozdělení nik mezi oběma druhy uspokojivě zodpovězena a další výzkum byl proto zaměřen na sledování specifických vlastností lokalit *A. torrentium*. Primárně byly testovány lokality, kde jakost vody neodpovídá nárokům pro prosperující populaci tohoto druhu, jako je např. Zákolanský potok (Svobodová 2011). Další vydané publikace o raku kamenáči viz Zpráva 2011.

Veškeré tyto poznatky o racích a jejich lokalitách byly shrnuty do knižní publikace, přibližující dosavadní poznatky o rozšíření a biologii raků v ČR (Raci v ČR), vydané ve spolupráci s AOPK (Štambergová et al., 2009).

Problematikou, jejíž význam se ukazuje jako vysoce aktuální, je akumulace těžkých kovů v tělech raků. Zatímco v případě mlžů se jedná především o vhodný biomarker pro sledování pohybu těžkých kovů v říčním toku, v případě populací raků je akumulace kovů pravděpodobně jedním z akutních nebezpečí dané chemismem vody. Dokládá to situace, která nastala na jaře roku 2011 na Padrtěsku (oblast Brd), které je zařazeno do seznamu Evropsky významných lokalit. Došlo zde k úhynu většího počtu jedinců raka říčního i raka kamenáče, přičemž rozbory tkáně raků potvrdily, že u zkoumaných jedinců došlo ke snížení respirační plochy žaber usazenými nerozpustnými sloučeninami železa, hliníku, arzénu a dalších kovů. Publikace stávajících výsledků je v tisku (Svobodová et al. 2011). Výzkum akumulace kovů nadále pokračuje.

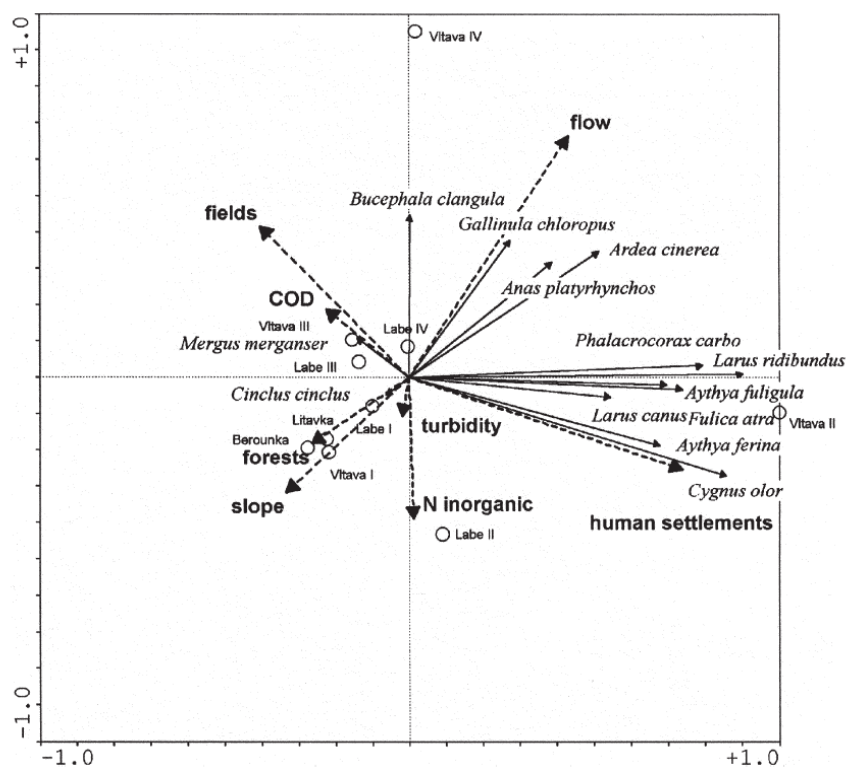
Migrační aktivita raků

Studium probíhalo jednak metodou značení raků elastomery (VIE), jednak metodou radiotelemetrie a odchyťů do vrše. Proběhly dvě tříleté studie - jednak v povodí Stroupinského potoka (Křivoklátsko, *A. astacus* a *A. torrentium*), druhá ve spolupráci s PřFUK, v povodí Pšovky (Kokořínsko, *O. limosus*) (Zprávy 2008, 2009, 2010). Data ze Pšovky byla již statisticky vyhodnocena a probíhají práce na rukopisu článku, rukopis shrnující výsledky ze Stroupinského potoka (Kadlecová, K., Bílý, M., Maciak, M. Migration abilities of co-occurring species *Astacus astacus* (Noble crayfish) and *Austropotamobius torrentium* (Stone crayfish)) byl odeslán k recenznímu řízení. Na Pšovce se ukázala jako významný jev sezónnost pohybu raka *O. limosus*, na Stroupinském potoce je nejvýznamnějším zjištěním odlišné migrační chování obou našich původních druhů raků žijících společně na této lokalitě.

Zimující populace vodních ptáků

Důležitým výsledkem analýzy preference habitatů a časoprostorové distribuce zimujících vodních ptáků na 270 km říčních toků a 31 lokalitách stojatých vod ve Středních Čechách během prvních 2 let řešení VZ je vyhodnocení pražské Vltavy jakožto nejvýznamnějšího středočeského zimoviště (obr. 4.3.7.). Výsledky byly publikovány (Bílý et al. 2008) a v návaznosti vznikl další rukopis, odeslaný recenznímu řízení do impaktovaného časopisu, zabývající se vnitrosezónní početní dynamikou jednotlivých druhů na pražském zimovišti (Mourková, J., Bílý, M., Bell, C., Bergmann, P., Šizling, A. Factors affecting wintering abundance patterns of central European water birds in Prague).

Mimoto byly výsledky sčítání vodních ptáků ve středních Čechách z jednotlivých sezón průběžně vyhodnocovány a publikovány v recenzovaném časopise, sborníku regionálního charakteru, bulletinu a popularizačním časopise. Za dobu trvání VZ bylo takovýchto článků publikováno 7 (viz Zprávy 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011).



Obr. 4.3.7 RDA diagram ilustrující prostorovou distribuci vodních ptáků na jednotlivých úsecích velkých středočeských řek a v různých typech prostředí. Úsek pražské Vltavy = „Vltava II“

Rostlinná společenstva

V roce 2008 probíhalo v rámci subprojektu sledování pokryvnosti makrofyt v 9 transektech v toku Teplé Vltavy. Měření bylo prováděno na začátku sezóny v červnu, na jejím vrcholu v srpnu a poslední sledování na konci sezóny v říjnu. Výsledky jsou obsaženy ve výstupu subprojektu 3615.

Byl hodnocen historický vývoj na 5 lokalitách olšin, s využitím analýzy historických leteckých snímků a dendrochronologie. Výsledky prokázaly především vliv změn hladiny podzemní vody, k níž v minulosti docházelo v důsledku melioračních zásahů.

Další plánované práce vycházející ze stávajících dat

Část výsledků získaných především v závěrečném roce řešení VZ bude pro publikování zpracováváno i po skončení doby trvání VZ. Jedná se zejména tato témata:

- Vyhodnocení experimentů testujících úspěšnost vývoje glochidií mlžů na nově testovaném souboru ryb, provedených v roce 2011.
- Analýza dat o akumulaci těžkých kovů v tkáních škeblí i raků doplněné o údaje z roku 2011.
- Analýza 7 letých dat (2005 – 2011) o preferenci habitatů a distribuci zimujících vodních ptáků ve středních Čechách.

4.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Bílý, M., Simon, O. Water Quality Issues in the Protection of Oligotrophic Streams with the Occurrence of Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Czech Republic. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica*, 2007, roč. 21, č. 1, s. 21—30. ISSN 0862-6529.
- Bílý, M., Simon, O., Hruška, J., Jäger, D., Hřebík, Š., Horký, P., Rulík, M., Křivánek, S. Effects of Environmental Factors on the Freshwater Pearl Mussel Population in the NPP Lužní Potok (Zinnbach). Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., 2008, 78 s., ISBN 978-80-85900-86-6.
- Bílý, M., Mourková, J., Bergmann, P. Spatial distribution and habitat preferences of wintering waterfowl in Central Bohemia. *Acta Zoologica Scientarium Hungaricae*, 2008, roč. 54, č. suppl.1, s. 95—109. ISSN 1217-8837.
- Douda, K., Vrtílek, M., Slavík, O., Reichard, M. The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biological Invasions*, 2011, roč. 2011, č. on-line, s. 0—0. ISSN 1573-1464.
- Douda, K. Effects of nitrate nitrogen pollution on Central European unionid bivalves revealed by distributional data and acute toxicity testing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2010, roč. 20, č. 2, s. 189—197. ISSN 1052-7613.
- Douda, J., Čejková, A, Douda, K., Kochánková, J. Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years. *Annals of forest science*, 2009, roč. 66, č. 712, s. 1—13. ISSN 1286-4560.
- Svobodová, J. Faktory ovlivňující raka kamenáče v Zákolanském potoce. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 4, s. 4—8. ISSN 0322-8916.
- Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E. *Raci v České republice*. Praha : AOPK ČR, 2009, 255 s., ISBN 978-80-87051-78-8.

5. ODDÍL E – PLOŠNÉ A DIFÚZNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

5.1 VLIVY ZEMĚDĚLSKY OBHOSPODAŘOVANÝCH POVODÍ NA KVALITU ODTÉKAJÍCÍ VODY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Mgr. Pavel Rosendorf

Řešitelský tým: Mgr. Daniel Fiala, RNDr. Dana Baudišová, PhD., RNDr. Alena Ansorgová, PhD., Ing. Andrea Benáková, Ivana Benáková, Mgr. Tereza Beránková (Urbanová), PhD., Zdeněk Borovička, Ing. Miroslav Farský, MVDr. Helena Galková, PhD., Ing. Anna Hrabánková, Mgr. Dagmar Jahodová, RNDr. Svatopluk Křivánek, Antonín Kříž, Ing. Jiří Kučera, RNDr. Josef Kupec, Petra Marková, Renata Mattisová, RNDr. Hana Mlejnková, Ing. Eva Mlejnská, RNDr. Michal Pavonič, Jindřich Plašil, Ing. Zdeněk Pospíšil, RNDr. Hana Prchalová, Ing. Katarína Slezáková, Mgr. Kateřina Sovová (Horáková), Šárka Šustrová, Ing. Eva Vymazalová, Ing. Hana Zámečnicková

5.1.1 Předmět řešení

Zaměření výzkumných a vývojových aktivit v subprojektu 3617 se od počátku řešení v roce 2005 soustředilo na velmi pestré spektrum typů znečištění vod, které souvisí se zemědělským hospodařením. Zemědělské hospodaření jako jeden z klíčových antropogenních vlivů v krajině významným způsobem ovlivňuje stav povrchových a podzemních vod. Vnáší do půdy a zprostředkovává i do vod široké spektrum běžných i specifických znečišťujících látek, které mohou negativně ovlivňovat jakost vod, celkový stav vodních ekosystémů a v některých případech i na vody vázané terestrické ekosystémy. Cíle výzkumu byly od počátku zaměřeny relativně široce, přesto se řešitelský tým výrazněji zaměřil zejména na popis a podrobné studium způsobu transportu a transformace znečišťujících látek a hodnocení indikátorů zemědělského znečištění různého typu v systému půda – horninové prostředí – voda (vodní ekosystém). Jedním z hlavních cílů řešení bylo posoudit skutečný vliv zemědělského hospodaření na stav vod ve srovnání s ostatními významnými antropogenními vlivy jako je komunální a průmyslové znečištění nebo zatížení vod atmosférickou depozicí.

Dalším cílem řešení bylo zobecnit výsledky získané výzkumem v pilotních povodích a vybraných oblastech pro různé typy zemědělského hospodaření a pro různé půdně klimatické podmínky na celém území České republiky. Neméně významným cílem řešení subprojektu byla také snaha získat údaje o pozadovém znečištění vod v zemědělské krajině v závislosti na půdních a hydrologických podmínkách, klimatických poměrech, převažujícím způsobu hospodaření a dalších charakteristikách studovaných oblastí. Přes výrazné zaměření řady aktivit na základní a aplikovaný výzkum, byl subprojekt orientován také tak, aby získané výsledky bylo možné využít pro potřeby analýzy významných antropogenních vlivů v Plánech oblastí povodí nebo pro potřeby implementace Nitrátové směrnice 91/676/EHS, která se jako jedna z mála směrnic Evropské unie zabývá zemědělským znečištěním vod. Již během řešení projektu se řada výsledků uplatnila při analýzách zemědělského znečištění v několika povodích na území ČR sledovaných jinými institucemi (např. povodí VN Orlík, VN Švihov), řada výsledků byla publikována v zahraničních i tuzemských odborných časopisech a prezentována na konferencích a workshopech.

Výsledkem řešení je také několik aplikovaných výsledků legislativního typu, certifikované metodiky nebo patentově chráněného výsledku.

Po provedené úvodní rešerši typů zemědělského znečištění a jejich negativního působení na stav vod v roce 2005 byly jako klíčové tematické okruhy pro další řešení vybrány: znečištění vod dusíkem, fosforem, specifickými organickými polutanty a dále mikrobiální znečištění a vlivy acidifikace na vody v zemědělských oblastech. V průběhu řešení subprojektu došlo ke dvěma zásadním úpravám řešení. První souvisela s celkovou úpravou struktury řešení výzkumného záměru v roce 2007, kdy došlo k přesunutí řešení problematiky vlivu atmosférické depozice na vody do příhodněji zaměřeného subprojektu 3618 (podle aktuálního označení) jehož hlavním řešitelem je Doc. RNDr. Z. Hrkal. Vzhledem ke krátké době řešení, po kterou byla uvedená problematika řešena v subprojektu 3617, jsou popis řešení i dosažené výsledky uvedeny u subprojektu 3618. Druhá významná změna v řešení subprojektu se týkala řešené problematiky specifických organických polutantů aplikovaných v zemědělství na jakost povrchových vod. Tento tematický okruh od počátku řešení provázely potíže související zejména s odchodem dvou klíčových osob řešitelského týmu z VÚV TGM, v.v.i. v druhém roce řešení a hledáním nového řešitele pro tento okruh. Po provedených úpravách bylo řešení výrazně redukováno a soustředilo se na dílčí studii se záchytem vybraných pesticidů v pilotních povodích za použití semipermeabilních membrán. Po několika neúspěšných pokusech o publikaci výsledků v impaktovaných časopisech bylo v roce 2009 řešení tohoto tematického okruhu utlumené a v roce 2010 již nepokračovalo. Po celou dobu řešení v letech 2005 – 2011 bylo tedy stěžejní řešení ve třech tematických okruzích, které se věnovaly znečištění vod dusíkem a fosforem a také mikrobiálnímu znečištění vod ze zemědělství.

5.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Znečištění vod dusíkem

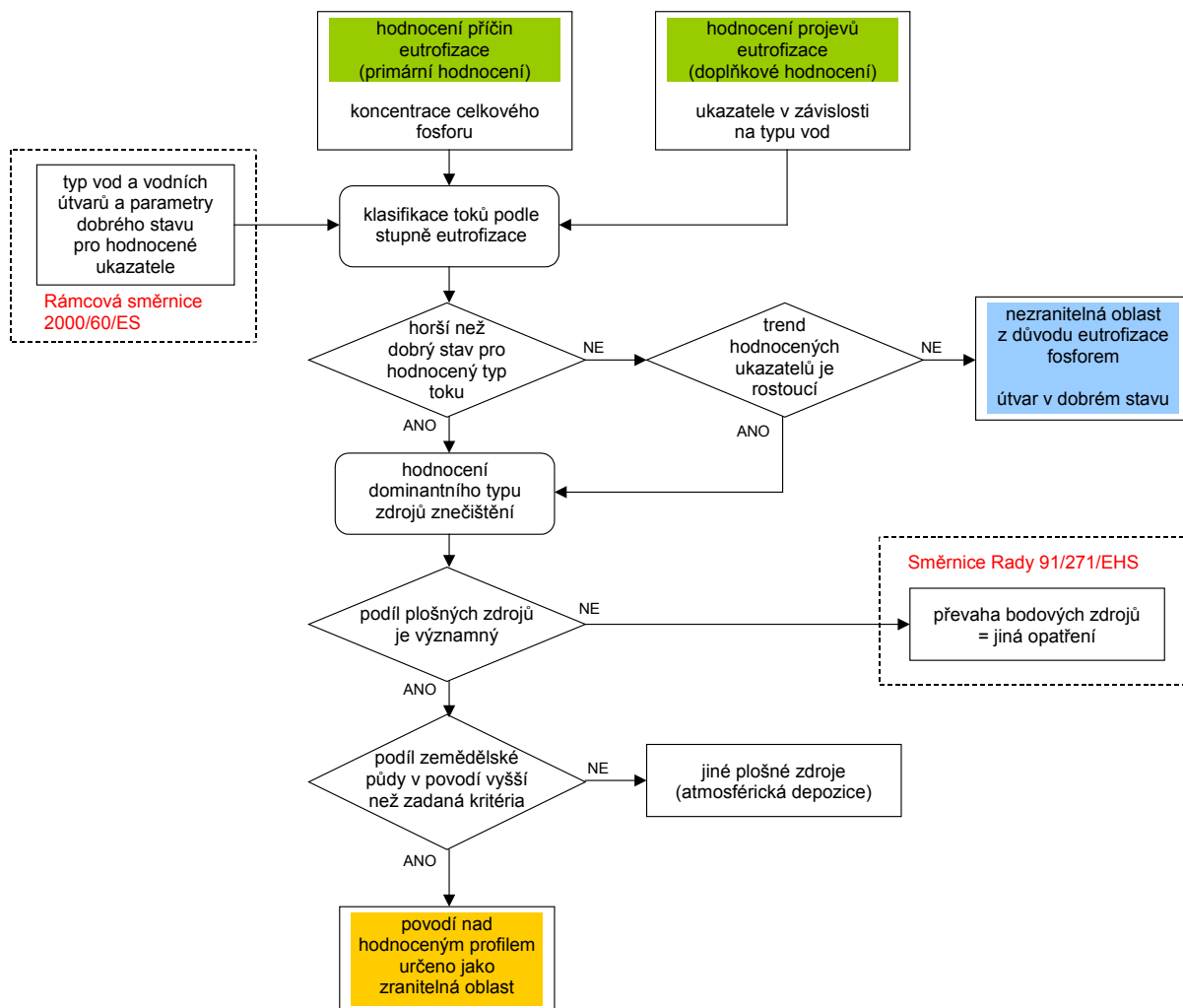
Výsledky získané v rámci řešení tematického okruhu znečištění vod dusíkem lze rozdělit na výstupy spojené s problematikou implementace Nitrátové směrnice a na výstupy, které dokumentují charakter odtoku dusíku – zejména jeho dusičnanové formy z čistě zemědělských experimentálních povodí.

Akcent na problematiku Nitrátové směrnice byl v řešení výrazněji podpořen v období, které předcházelo prvním revizím zranitelných oblastí v roce 2007. V tomto období bylo nutné výzkumnými aktivitami podpořit přípravu některých metodických postupů, které by na základě hodnocení dat z monitoringu vod byly schopné odlišit převažující původ znečištění a také dosud metodicky neřešený problém eutrofizace povrchových vod ze zemědělských zdrojů. Významným podkladem pro vyvíjené metodické postupy se stala rozsáhlá databáze koncentrací forem dusíku v profilech experimentálních povodí, měřených v měsíčním cyklu v období 2007 – 2009 (povodí byla společná i pro tematické okruhy „fosfor“ a „mikrobiální znečištění“) a také data sledování drobných toků v zemědělské krajině zajišťovaná Zemědělskou vodohospodářskou správou (ZVHS) za období 1993 – 2010. Zejména na datech z experimentálních povodí, ale také na řadě profilů sledování ZVHS, byly pro formy dusíku odvozeny charakteristické poměry mezi dusičnanovým a celkovým anorganickým dusíkem, které jsou typické pro čistě zemědělská povodí prakticky na celém území České republiky. Vyhodnocení se ukázalo jako velmi robustní a bylo možné jej uplatnit v překvapivě velkém rozpětí nalézáných koncentrací dusičnanů od desítek do stovek miligramů v litru. Toto vyhodnocení se proto stalo i jedním ze základních kamenů připravované certifikované metodiky vymezení zranitelných oblastí podle eutrofizace vod. Bylo uplatněno jako dílčí krok postupu ve fázi, kdy je třeba rozhodnout, zda znečištění v hodnoceném profilu pochází převážně ze zemědělských či bodových zdrojů (viz schéma na obr. 5.1.1).

Potřeba vytvořit metodiku hodnocení eutrofizace vod ve smyslu Nitrátové směrnice vyplynula nejen ze zkušeností s vymežováním zranitelných oblastí v roce 2003, ale především z opakovaných diskusí se zástupci Evropské komise, kteří posuzovali způsob implementace Nitrátové směrnice v České republice a poukazovali na nutnost výraznějšího zohlednění faktoru eutrofizace při vymežování a revizích zranitelných oblastí. Ačkoli je obecně známo, že ve vnitrozemských povrchových vodách je hlavním eutrofizačním činitelem přísun fosforu, Nitrátová směrnice uvádí také dusík jako významný prvek, jehož vysoké odtoky prohlubují eutrofizaci moří a v některých výjimečných případech i povrchových vod. Při přípravě metodiky jsme tedy byli postaveni před dilema, jak naplnit účel metodiky a současně připravit podklad, na jehož základě budou vymezeny takové zemědělské oblasti, které skutečně mohou negativně ovlivnit trofii našich vnitrozemských vod (pochopitelně více odtokem fosforu než dusíku). Problém eutrofizace moří spojený s přísunem dusíku se podařilo vyřešit již v samotném systému vymežování a rušení zranitelných oblastí (mimo navrženou metodiku). Zatímco iniciálním důvodem vymezení zranitelných oblastí jsou koncentrace dusičnanů překračující hodnoty 50 mg.l^{-1} (jako C95 nebo jako maximum), pro případné zrušení zranitelných oblastí je nutné, aby koncentrace dusičnanů ve vodách klesly plošně v celé oblasti pod 25 mg.l^{-1} . I přes postupné snižování koncentrací dusičnanů ve vodách pod 50 mg.l^{-1} jsou v takových oblastech nadále uplatňována opatření podle akčního programu a je tak zajištěno, že v budoucnu dojde k dalšímu snižování odtoku dusíku z území České republiky a druhotně i ke snižování rizika eutrofizace pobřežních a mořských vod.

V samotné metodice je pak problematika eutrofizace řešena již jen tam, kde zemědělské hospodaření přispívá k výraznějšímu odnosu fosforu do povrchových vod a tím spolu s ostatními zdroji prohlubuje eutrofizaci vodních toků a nádrží na území ČR. Významným vedlejším efektem postupu zpracovaného v metodice je, že umožňuje odlišit i oblasti, kde k eutrofizaci vod přispívají převážně bodové komunální zdroje znečištění a kde je tedy nutné přijmout přednostně opatření podle směrnice o čištění městských odpadních vod 91/271/EHS nebo komplexněji zaměřené Rámcové směrnice 2000/60/ES pro vodní politiku ES. Je třeba uvést, že základní principy certifikované metodiky byly uplatněny již při revizích zranitelných oblastí v roce 2007, kompletní metodika a všechny její kroky byly použity až při dalších revizích v roce 2011. Ukázka způsobu vyhodnocení monitorovacích profilů podle certifikované metodiky v pilotním povodí Trnavy je na obrázku 5.1.2.

Díky velmi dobře založené síti experimentálních povodí, která byla sledována v měsíčním kroku v období 2007 – 2009, se nám podařilo získat unikátní data o odtoku anorganických forem dusíku v povodích reprezentujících hlavní půdní typy na území ČR. Cenné na tomto sledování je, že zahrnuje celé spektrum hlavních typů půd s tím, že povodí jsou lokalizována po celém území ČR. Většina pracovišť, která řeší podobnou problematiku, se zaměřuje na intenzivní sledování několika málo povodí a výsledky jsou sice cenné z pohledu lokálního, neumožňují však zobecnění na typově jiná území. Z našich sledování mimo jiné vyplynulo, že na většině území ČR převažuje charakteristický odtok dusíku ze zemědělských ploch s maximem v jarním a méně často i podzimním období a s minimem v letním období. Tomuto charakteru odtoku odpovídají i zjišťované koncentrace. Bylo však dokumentováno, že v některých zemědělských oblastech, které leží v hydrogeologických strukturách s hlubokým oběhem (pánve, křídové usazeniny) je charakter odtoku a zejména průběh koncentrací zcela jiný. Typické je zejména snižování koncentrací dusíku při zvýšeném průtoku, které je pravděpodobně způsobeno ředěním podzemních vod s vyšším podílem dusíku. Dalším velmi zajímavým zjištěním je, že bez ohledu na způsob hospodaření se vyšší koncentrace dusičnanů pravidelně vyskytují na půdních typech typických kambizemí a naopak významně nižší koncentrace byly nalézány na luvizemích a celkem očekávané i na dystrických kambizemích.



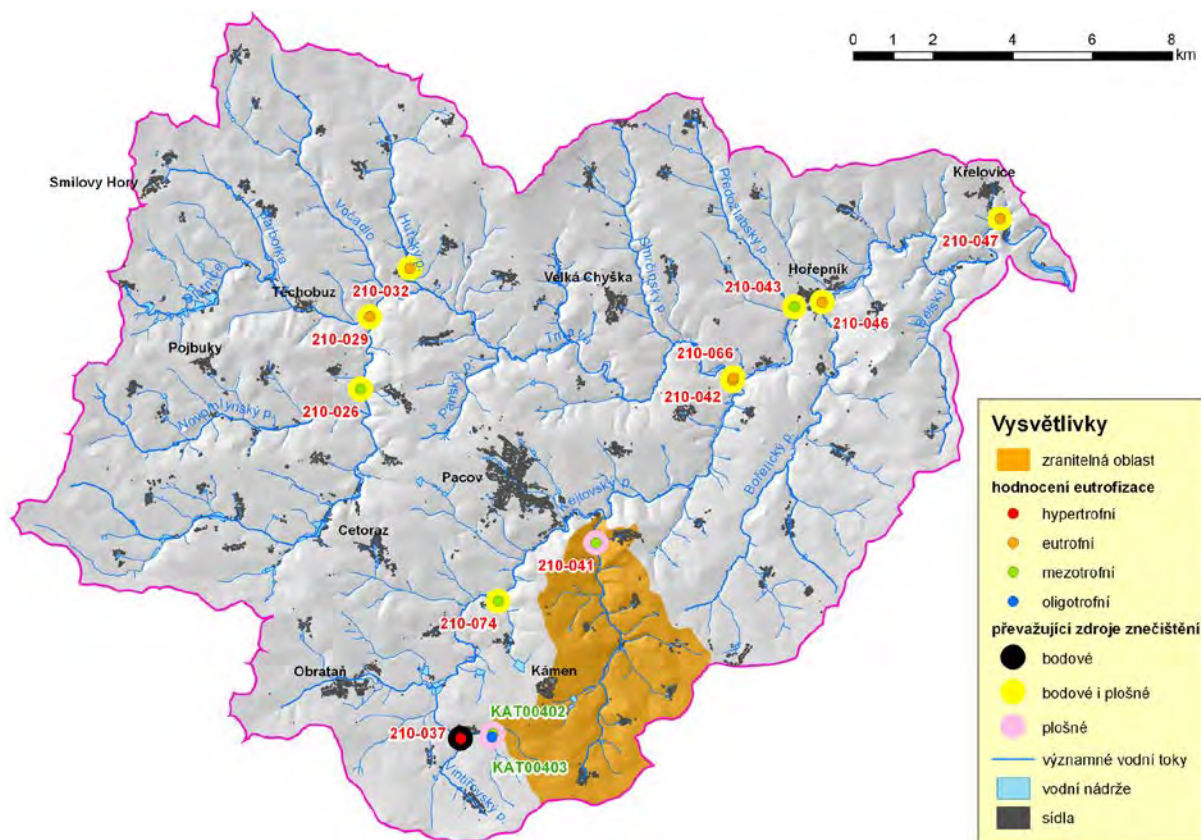
Obr. 5.1.1 Obecné schéma postupu vymezení zranitelných oblastí z důvodu eutrofizace povrchových vod ve smyslu Nitrátové směrnice uplatněné v certifikované metodice.

Z hodnocení látkových odtoků dusíku také vyplývá, že přes vysoké koncentrace dusičnanů v řadě pilotních povodí je celoroční specifický odtok překvapivě nízký a dosahuje ve většině případů hodnot do $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok. Opět je pravidlem, že vyšší hodnoty jsou nalézány v povodích s převahou kyselých variety typických kambizemí. Z hodnocení tak mimo jiné vyplývá, že z pohledu výskytu vysokých koncentrací dusičnanů i celkově vysokých látkových odtoků jsou nejrizikovější oblasti s výrazným zastoupením kyselých případně i některých typických kambizemí, které se vyskytují zejména ve středních polohách a v podhůří na celém území ČR.

Znečištění vod fosforem

Výsledky získané v rámci tematického okruhu znečištění vod fosforem jednoznačně, ve třech rovinách a v různých měřítcích prokazují, že zemědělská půda není v současnosti v ČR významným chronickým zdrojem fosforu a zjevně tedy není hlavní příčinou eutrofizace našich vod. Tento kategorický výrok nicméně neobsahuje hodnocení vlivu eroze (akutní stavy). Během velmi krátkých epizod dochází k odnosu bezesporu značných množství fosforu. Jejich dopad na eutrofizaci vodních ekosystémů je ale třeba podrobit dalšímu výzkumu, včetně základního. Ten se však neobejde bez diametrálně jiného organizačního

přístupu, přístrojového vybavení a finančního zajištění, než bylo k dispozici v hodnoceném úkolu.

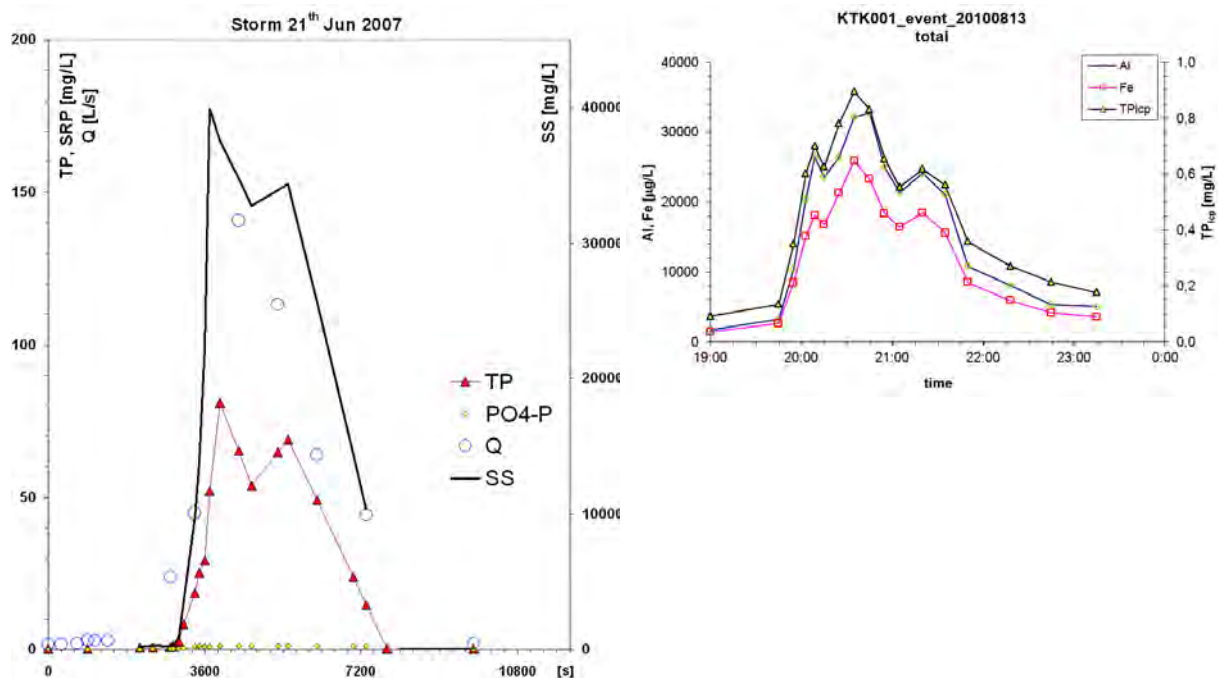


Obr. 5.1.2 Souhrn hodnocení eutrofizace ve vybraných profilech v povodí Trnavy podle společného hodnocení příčin a projevů eutrofizace a převažujících zdrojů znečištění a výsledné vymezení zranitelných oblastí podle eutrofizace vod (zdroj dat: VÚV TGM, v.v.i., ZVHS, ČÚZK).

Konceptuálně byl předmětem celého řešení v letech 2005 – 2011 popis tří hlavních os variability odnosu fosforu z výhradně zemědělských povodí, tj. variability prostorové, časové a průtokové a to v plném rozsahu potřebných měřítek. V měřítku makro a mikropovodí (prostor), v měřítku meziročním, sezónním a diurnálním (čas) a v měřítku základního a erozního odtoku (průtok). Díky tomuto rámci vznikla v ČR unikátní databáze, která je pevným výchozím bodem jak pro řízení vodního hospodářství, tak pro další výzkumné práce. Její důležitost tkví zejména v posunu popisu hlavních zdrojů fosforu v kontextu současné ČR. Před rokem 2005 bylo nahlíženo na zemědělskou půdu jako na hlavní (popř. potenciálně největší) zdroj fosforu podezřelý z eutrofizace vod. Dnes se výzkumníci i vodohospodáři obeznámení s našimi výsledky mohou zaměřit jinam resp. mnohem ostřeji.

Pro pochopení hodnoty a významu výsledků získaných v důsledku krátkodobé průtokové variability je nutné se vrátit k základům řešení. V roce 2005 byl postulován koncepční základ projektu zakládající se na předchozích „postupech a výsledcích projektu VaV Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR, zpracovávaného v letech 1998–2002“ (Metodika SBP/14, 2005). První ze tří položených otázek zněla: „jaký podíl fosforu v erozním smyvu je přímo nebo zprostředkovaně uplatněn při eutrofizaci vod“? Odpověď se po nabytých zkušenostech při řešení subprojektu jeví (i při zvážení dostupných prostředků) jako zcela nedosažitelná. Následující Metodika sice zúžila záběr a chtěla sledovat pouze

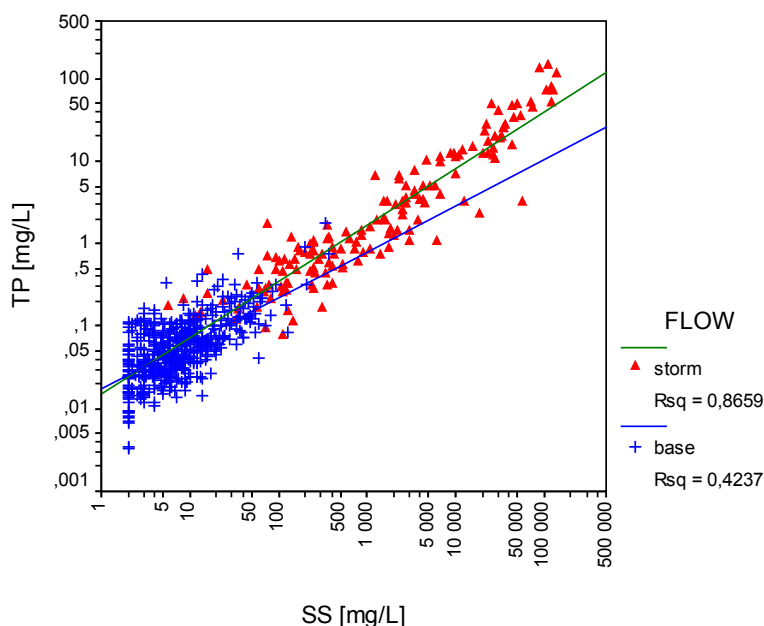
„mimoerozní odtok fosforu ze zemědělských půd“ v široké škále podmínek, ale ambice na následné sledování „cca 10 pilotních povodí, s cílem získat informace o podílu odtoku fosforu erozním a mimoerozním smyvem a jeho efektu na eutrofizaci tekoucích a stojatých vod v povodích“ zůstala (Metodika SBP/14, 2006). Pro srovnání: v Evropě probíhá v současnosti v tomto ohledu nejrozsáhlejší program v Irsku. Kolegové z Teagasc sledují 6 povodí o ploše shodné s tehdy zamýšlenými v ČR. Jen investiční náklady vysoko přesáhly 0,5 M€, nehledě ke čtyřletému pokrytí 15 členů mezinárodního vědeckého týmu. V našem tematickém okruhu se nám s podstatně omezenějšími prostředky a po vynaložení značného úsilí, opakovaných pokusech a s využitím několika alternativních postupů podařilo získat cenná primární data o erozním odtoku fosforu. Prvním způsobem byla instalace pasivních lapačů vlastní konstrukce. Dále jsme do sledování erozních událostí zapojili externí vzorkaře (3) bydlící v těsné blízkosti profilů. A také jsme podnikli několik nárazových výjezdů (4) na nejbližší povodí nebo do povodí, kde meteorologický radar indikoval intenzivní srážky. Ve výsledku jsme náhodně zachytili podstatnou část jedné výrazné vlny erozního odtoku (obr. 5.1.3a), cíleně pouze jednu menší vlnu po slabém dešti (obr. 5.1.3b) a hlavně uvedených 172 vzorků z lapačů (obr. 5.1.4).



Obr. 5.1.3 Koncentrace celkového fosforu (TP), rozpuštěného reaktivního fosforu (SRP), nerozpuštěných látek (SS) spolu s průtokem (Q) při 2 h 46 min trvající erozní epizodě zachycené v povodí Lhoteckého potoka v červnu 2007 (vlevo) a při 3 h 30 min dlouhé epizodě na Lhotském potoce v srpnu 2010 (vpravo)

Tyto kusé informace nás neopravňují ke stejné kategorickému výroku o roční bilanci, podílu a tedy ani o vlivu erozního fosforu. Získanými výsledky nicméně potvrzujeme z literatury známý fakt shrnutý do zkratky 90:10:1 (90 % ročního odnosu fosforu pochází z 10 % plochy povodí a je emitováno během 1 % času). V nejlépe dokumentovaném případě Lhoteckého potoka jsme kvantifikovali epizodu z června 2007 jako srovnatelnou s odnosem fosforu realizovaným při základním odtoku během tří let. Ke srovnatelným odhadům jsme dospěli i v povodí Vintířovského potoka na Vysočině. Hodnověrná celoroční kvantifikace odnosů odehrávajících se v rozsahu minut až několika hodin po příčinné srážce zjevně není bez automatických vzorkovačů dosažitelná, resp. následné odhady jsou zatíženy řádovou chybou. Kontinuální měření průtoku v 5 až 10 minutovém intervalu se ukazuje jako zcela nezbytné. Kvalitativní stránka epizodických odnosů je velmi dobře patrná ze srovnání vzorků odebraných v měsíčních intervalech se vzorky z lapačů (obr. 5.1.4). Během erozního odtoku

dosahují koncentrace fosforu až o čtyři řády vyšších hodnot. V rámci diskuse zastáváme názor, že drtivá většina fosforu z erozního odtoku může v nádržích položených po proudu mít jak pozitivní tak i negativní dopad na projevy eutrofizace. Příčinou vedle značného přísunu erozního fosforu a disperze populací, může být neoddělitelné zastínění, ochlazení a rozmíchání vodního sloupce, tedy značné zhoršení podmínek pro fyziologický rozvoj planktonních řas a sinic nebo i jejich vypláchnutí z nádrže. Partikulovaný fosfor může navíc ještě během sedimentace adsorbovat rozpuštěný reaktivní fosfor (SRP) z okolní vody. To vše záleží ale na konkrétní situaci. V ekosystému jezer a nádrží se v zásadě tyto velmi krátké epizody projevují spíše jako „katastrofy“ na dlouhodobém pozadí pozvolné „sukcese“.

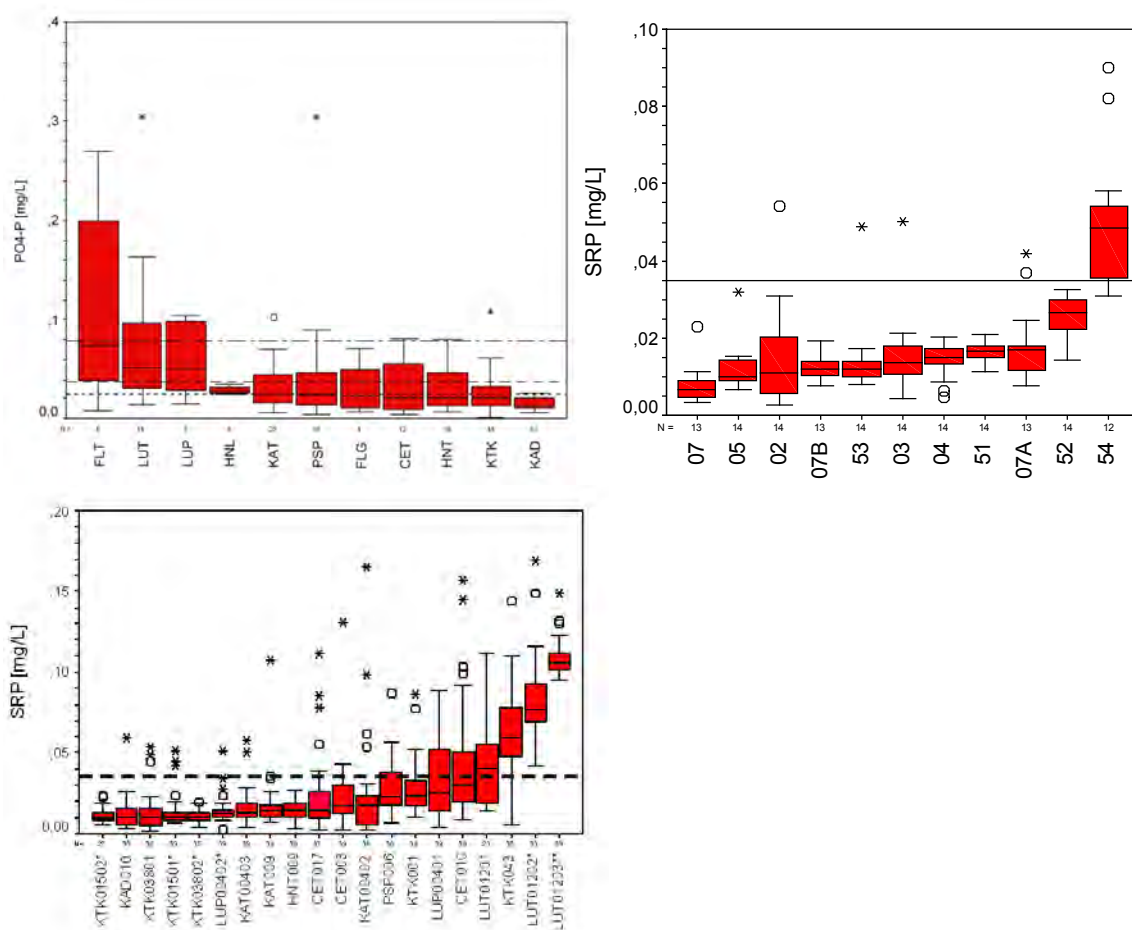


Obr. 5.1.4 Koncentrace celkového fosforu (TP), a nerozpuštěných látek (SS) charakterizující základní (+) a epizodní (▲) odtok resp. odtok z měsíčních odběrů a pasivních lapačů za sledované období.

Prostorová variabilita odnosu fosforu za podmínek základního odtoku byla charakterizována ve dvou odlišných měřítcích: na úrovni makropovodí a v mikropovodí. Ve vegetační sezóně 2006 (květen – srpen) jsme provedli celorepublikový screening výhradně zemědělských povodí. Koncentrace SRP i celkového fosforu (TP) hlavních půdních typů byly s výjimkou typických kambizemí nižší než medián $0,024 \text{ mg.l}^{-1}$ celého souboru dat. U minoritních půdních typů tomu bylo naopak (obr. 5.1.5a). Při podrobném průzkumu 11 profilů v mikropovodí na typické kambizemi v roce 2009 byl pouze jediný nad limitem $0,035 \text{ mg.l}^{-1}$ (obr. 5.1.5b). Obdobně nízké koncentrace byly naměřeny v drtivé většině (16 z 20) profilů sledovaných během tříletí 2007 – 2009. Přitom tři z nadlimitních profilů se nalézají ve shodném povodí, jedná se o potok, meliorační výust' a pramen (obr. 5.1.5c).

Časová variabilita odnosu fosforu za podmínek základního odtoku byla změřena jednak na úrovni meziroční variability, dále v rozsahu sezonality a nakonec na úrovni diurnálních změn. Meziroční srovnání ukázalo nezbytnost uvažovat o exportních koeficientech jednotlivých kategorií land-use jakožto o pravděpodobnostním rozmezí hodnot a nikoli o konstantě. Odhady specifického ročního odnosu fosforu z 19 profilů sledovaných ve všech třech letech se i za podmínek základního odtoku pohybovaly v 10 násobném rozmezí $0,36 - 41 \text{ kg.km}^{-2}.\text{rok}^{-1}$. Sezónní průběhy koncentrací potvrdily původní apriorní předpoklad o maximech během vegetační sezóny, ale také se ukázala závislost na hydrologickém průběhu roku. Sušší léto způsobuje vyšší koncentrace TP i SRP oproti vlhkému. V tomto období navíc koncentrace SRP často, byť mírně přesahují limit eutrofních vod $0,035 \text{ mg.l}^{-1}$

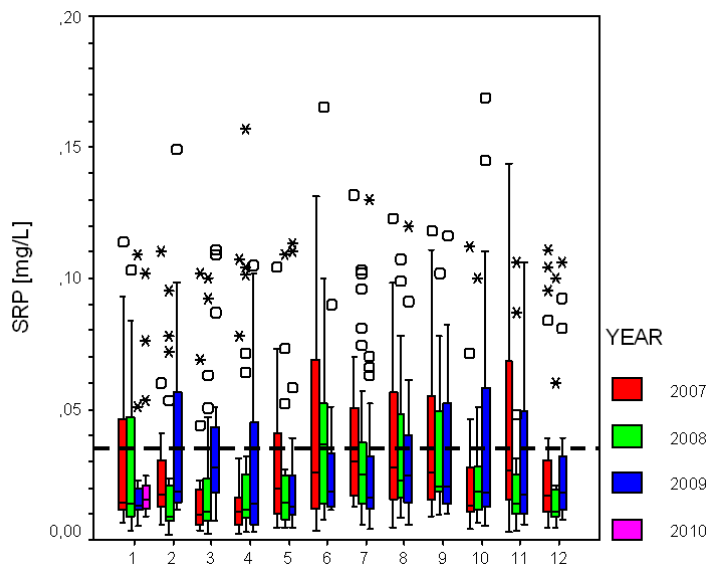
uváděný v literatuře jako BAP – bioavailable phosphorus (obr. 5.1.6). V kombinaci s průtokem je markantní maximum odnosů během přechodu zima-jaro, kdy je maximální saturace půdního profilu a minimum během jara, kdy je nejrychlejší příjem fosforu ať bentickými nebo planktonními primárními producenty. Diurnální variabilita byla měřena v nejvíce podezřelých fázích freeze-thaw cyklu. Silné oscilace koncentrací TP až ve výši trojnásobku byly zaznamenány během posledních dnů zamrzlé půdy (obr. 5.1.7), ale jen slabý šum během prvních silných mrazů. Naopak při zmíněném jarním propadu koncentrací SRP nebyly žádné diurnální oscilace zaznamenány, takže příjem živin zřejmě není v populacích řas a sinic synchronizován. Naměřené oscilace jednak zcela jasně ukazují na zdroj jemných jílových partikulí, ale také na riziko systematické chyby v měření, protože vzorkaři málokdy odebírají mezi 19 až 8 hodinou, kdy jsou v toku minimální až průměrné koncentrace.



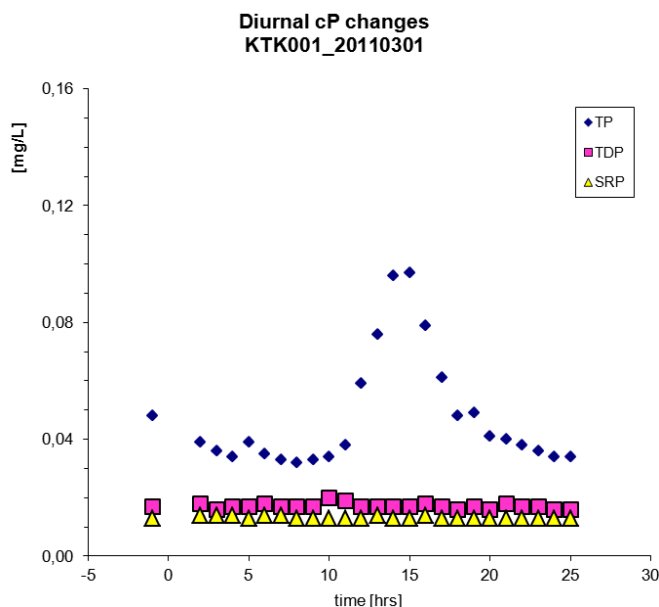
Obr. 5.1.5 Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (SRP) a) na 158 profilech hlavních půdních typů ČR (2006) – vlevo nahoře; b) na 11 profilech v mikropovodí Vintířovského potoka (2009) – vpravo nahoře; c) na 20 profilech hlavních půdních typů ČR (2007 – 2009) – vlevo dole.

Za velmi zásadní přínos výzkumu považujeme zaměření na sledování výhradně zemědělských povodí bez jakéhokoliv vlivu bodových zdrojů. Tím se sice značně zmenšila plocha povodí vhodných ke sledování, ale oproti všem monitorovacím programům jako první v ČR můžeme směle hovořit o měření ryze plošných zdrojů. Zkušenosti s „prvním domem“ resp. „první vesnicí“ jsou nadevší pochybnost důkazem, že z hodnot násobně vyšších koncentrací (drtivá většina profilů ZVHS a téměř všechny profily bývalé státní sítě, dnes podniky Povodí, s.p.) nelze usuzovat na odnosy ze zemědělských ploch během základního odtoku. Tuto kategorickou podmínku jsme poprvé prezentovali na mezinárodní konferenci NE FRIEND v Brně v roce 2007. Za dva roky poté (konference Orlík 2009) jsme zjistili, že při

výběru odběrových míst se začalo toutéž podmínkou řídit i naše nejlepší limnologické pracoviště AV ČR v Českých Budějovicích, čímž poprvé opustilo metody odhadování podílů podle různých více či méně přímých parametrů. Přáním řešitelů je, aby tato podmínka při sledování zemědělského znečištění byla akceptována i kolegy, kteří se zemědělským znečištěním zabývají okrajově a mají tendenci se držet dávno vyvrácených schémat a představ o zemědělském znečištění.



Obr. 5.1.6 Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (SRP) na 20 profilech hlavních půdních typů ČR (2007 – 2009)



Obr. 5.1.7 Diurnální oscilace koncentrace celkového fosforu na Lhotském potoce během periody posledních mrazových dní (1. březen 2011)

Z metodického pohledu sledování zemědělského znečištění bylo zásadní zavedení měření průtoků včetně kompletní instrumentace (Cippolettiho přelivy, přímá metoda ve čtyřech rozsazích a měření hydrometrickou vrtulí, v případě přívalu bylo nutné dopočítat nejvyšší průtoky pomocí Manningovy rovnice – spolupráce dr. Mattas). Tím jsme kromě mezi limnology běžného srovnání koncentrací, umožnil i přímé hodnocení odnosů, přinejmenším

okamžitých, čímž lze spolehlivě srovnávat meziroční i sezónní variabilitu i vzdálená povodí vč. různých klimatických oblastí. Vývoj pasivních lapačů je v podmínkách limitovaných finančních zdrojů samostatnou kapitolou. V roce 2007 jsme navrhli první provedení, které se ukázalo za zvláště nepříznivých, ale reálných podmínek nespolehlivým. Proto jsme jej vylepšili do funkční podoby. Technické řešení je ekonomicky vysoce efektivní a spolehlivě splnilo svoji očekávanou roli a bylo uplatněno jako užitečný vzor. Další nově vynalezený princip časově integrujícího vzorkování v současné době čeká na uznání ÚPV.

Značným vývojem musela projít i chemická analýza. Ve spolupráci s laboratoří jsme zajistili snížení dolní meze detekce SRP na úroveň 0,005 mg.l⁻¹. Po dosažení horního limitu spektroskopické metody s molybdenanovou modří jsme namísto méně přesného ředění vzorku využili metodu ICP-OES, která zajistila stanovitelnost i nejvyšších koncentrací v erozních odtocích a současné stanovení vazebných partnerů fosforu, tj. Al, Fe, Mn, Ca a Mg. Filtrací sady vzorků přímo v terénu jsme ověřili stabilitu nefiltrovaných vzorků během transportu. Neblahým důsledkem analytické preciznosti bylo „odhalení“ nově vybudovaných dálnic zasahujících do tří původně „čistých“ povodí (stanovení chloridů během tání sněhu). Tolik k metodologickým vylepšením. Po stránce vodohospodářské považujeme za největší úspěch značné zúžení diskuse o „vinících“ podezřelých z hlavní role v eutrofizaci vod. Protože na úrovni ČR zatím nikdo systematicky neregistruje erozní podíl fosforu na zatížení vod, tak může být v současné debatě o rozhodujících zdrojích fosforu hlavní pozornost zaměřena na malé obce bez čištění a intenzivně obhospodařované rybníky.

V řeči čísel lze aktivity v tematickém okruhu shrnout takto: během 186 odběrových dní jsme odebrali 1 342 prostých vzorků a 172 vzorků pasivními lapači. Podařilo se zachytit dvě odtokové epizody. Pro registraci diurnálních změn bylo během tří 24 hodinových kampaní odebráno dalších 80 vzorků. Zhruba 600 vzorků jsme zajistili pro mikrobiologické rozborů v tematickém okruhu zaměřeném na mikrobiální zemědělské znečištění. Obrazně řečeno jsme v rámci sledování odnosu fosforu ze zemědělských povodí objeli Zeměkouli po rovníku více než dvakrát. Řeč čísel však nechce zastínit kvalitu, ale shrnout co nejstručněji značný objem terénních prací.

Do konce roku nebo po skončení výzkumného záměru bude dokončen funkční vzorek nového odběrového zařízení ve dvou kusech, jednak pro prezentační účely případným zájemcům o licenci a jeden na terénní testy. Pro rok 2012 je naplánována účast na dvou domácích fórech (Vodárenská Biologie a konferenci Limnologické společnosti). Do impaktovaného časopisu bude umístěn nejméně jeden další článek (sezonalita 2007 – 2009). V současné době probíhá diskuse o obsahu a rozsahu předpokládané kapitoly chystané knihy Catchment Science, CAB International, Wexford, GB s editorem (P. Haygarth, Lancaster Univ.), její vydání se plánuje koncem roku 2012. Nevyužity zatím zůstaly poznatky o vlivu odbahňování potoků na koncentrace P v toku a ne plně byly objasněny příčiny vysokých koncentrací celkového fosforu na jihomoravských sprašových černozemích. Nadále je třeba pokračovat ve statistickém zpracovávání získaných výsledků a hodnocení charakteristik povodí v prostředí GIS.

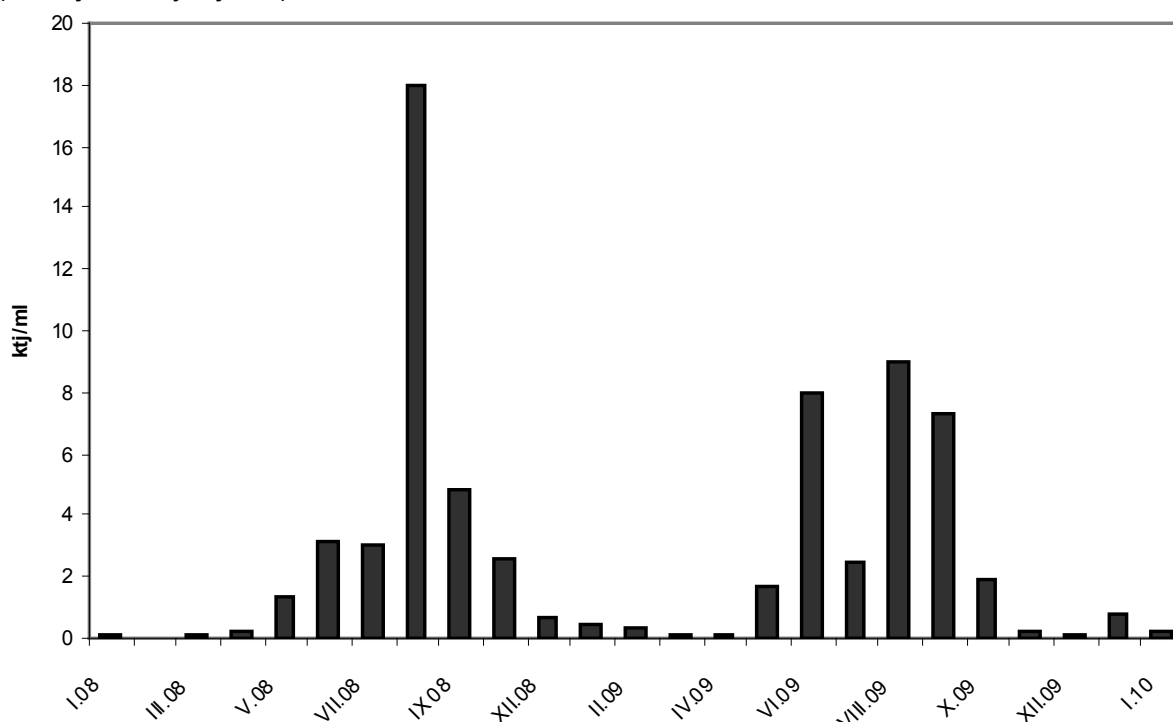
Mikrobiální znečištění vod

Řešení problematiky mikrobiálního znečištění povrchových vod pocházející ze zemědělství bylo rozděleno do dvou základních tematických okruhů – a to: (1) výzkum míry mikrobiální kontaminace toků v zemědělských oblastech (včetně oblastí pastvin) a ověření případné možnosti odlišení znečištění komunálního a zemědělského původu na základě výsledků studia izolovaných enterokoků, (2) hygienická rizika spojená s intenzivním hospodařením na rybnících.

Mikrobiální kontaminace toků v zemědělských oblastech:

Cílem práce bylo zjistit míru mikrobiální kontaminace vod a její specifika v malých tocích, protékajících zemědělskými oblastmi. Pilotně bylo testováno více než 200 profilů, a výběr byl postupně zužován. Nejpodrobněji bylo provedeno dvouleté sledování toků v 11 oblastech celého území ČR, z každého profilu bylo provedeno 8 až 26 odběrů. Byly stanoveny fekální koliformní bakterie, *Escherichia coli* a enterokoky standardizovanými metodami a ze šesti vybraných lokalit byly během roku izolovány kmeny enterokoků, které byly rozřazeny do taxonomických skupin. U vybraných kmenů byla stanovena antibiotická rezistence. Dále byla sledována rychlost vymírání různých druhů enterokoků ve vodním prostředí (modelové experimenty, inkubace mikrokosmů při 15°C).

Výsledky mikrobiální kontaminace v tocích v zemědělských oblastech vykazovaly velké, až několika řádové sezónní rozdíly (minimum v zimním, maximum v letním období) a zároveň byla zaznamenána korelace vyšší mikrobiální kontaminace v souvislosti se srážkovými epizodami. V oblastech pastvin (severní Morava, Pošumaví) byla situace obdobná (významná korelace se srážkami a sezónní výskyt znečištění). Myxobakterie, které byly dříve považovány za významný indikátor zemědělského znečištění, byly detekovány jen málo (max. jednotky $\text{ktj}\cdot\text{ml}^{-1}$).



Obr. 5.1.8 Příklad sezónního výskytu intestinálních enterokoků v lokalitě levostranný přítok Žehuňského potoka (leden 2008 až leden 2010)

Celkově byl zjištěn vyšší počet enterokoků než fekálních koliformních bakterií, což je typické pro zemědělské znečištění, neboť ve střevním traktu teplokrevných živočichů se na rozdíl od člověka vyskytuje víc enterokoků než fekálních koliformních bakterií. Většina identifikovaných kmenů patřila ke druhům spojeným s rostlinnými zbytky (*E. mundtii*, *E. casseliflavus* atd.), byly detekovány i streptokoky spojené s teplokrevnými živočichy (*S. equinus* nebo *S. bovis*). Druhy *E. faecalis* a *E. faecium* spojené s fekálním znečištěním humánního původu byly detekovány v mnohem menší míře (12 – 25 %), než je tomu u vod se znečištěním komunálního původu (v průměru 41 %). Výsledky antibiotické rezistence potvrdily výskyt rezistentních a multirezistentních kmenů. Více než devadesát procent kmenů bylo rezistentních na penicilin. Byla rovněž zjištěna výrazná rezistence k vankomycinu.

Z toků byly izolovány kmeny i rezistentní k tetracyklinu a erytromycinu, nebyl zachycen žádný kmen rezistentní k vysokým dávkám streptomycinu.

Rychlost eliminace enterokoků z vodního prostředí nezávisí příliš na příslušnosti k vlastnímu druhu nebo na fyziologickém stavu konkrétního bakteriálního kmene, ale závisí jednoznačně na výskytu dalších přítomných organismů a mikroorganismů (kultivovatelné mikroorganismy, celkové počty bakterií, biologický obraz), které napomáhají eliminaci alochtonních enterokoků.

Hygienická rizika spojená s intenzivním hospodařením na rybnících:

Cílem řešení bylo studium vlivu rybářského hospodaření na mikrobiální znečištění vod v rybnících a recipientech. Práce byly prováděny v navazujících etapách, které zahrnovaly různé typy rybářského hospodaření, odlišné klimatické oblasti, kombinace více typů znečištění, různá odběrová místa a matrice.

Zhodnocení mikrobiálního znečištění vod a souvisejících hygienických rizik v rámci subprojektu zahrnovalo následující aktivity: a) vliv aplikace kejdy do rybochovných rybníků (sledování na rybnících Českomoravské vysočiny; b) vliv komunálního znečištění přinášeného do rybníků; c) míra znečištění rybníků bez ohledu na jejich využití, vč. kontrolních rybníků bez chovu ryb; d) vliv aplikace chlěvské mrvy do rybochovných rybníků (sledování na rybnících na jižní Moravě); e) průzkum kontaminace sedimentů; f) přežívání fekálních indikátorů v kejdě; g) znečištění na přítocích a odtocích a h) vliv chovu vodní drůbeže.

Výsledky této dlouhodobé studie ukázaly rozdíly v mikrobiální kvalitě rybníků v závislosti na jejich využívání. Odlišnost probíhajících procesů byla závislá na množství živin a jejich poměru, průběhu potravního cyklu a environmentálních podmínkách. Dále bylo zjištěno, že: a) absolutní počty mikroorganismů byly v rybochovných rybnících proti očekávání nízké; b) počty heterotrofních bakterií se podle předpokladu po aplikaci organických hnojiv díky přísunu lehce degradovatelných organických látek a bakteriálního inokula zvýšily; c) sporadicky byly cca 3 – 4 měsíce po aplikaci kejdy zjištěny extrémně vysoké hodnoty fekálních indikátorů v hnojených rybnících, které by mohly představovat zdravotní riziko při koupání, přímá souvislost s aplikací statkových hnojiv však nebyla prokázána; d) při identifikaci enterokoků z kejdy i rybníků byla zjištěna převaha kmenů *E. faecalis*, *E. faecium* a *E. hirae*; e) enterokoky přežívaly v kejdě déle než 2 roky; f) individuální hodnoty přesahovaly limity povolené pro koupací vody ve více než 30 % v nehnojených rybnících, ve více než 50 % v hnojených rybnících a ve více než 80 % v rybnících s více zdroji znečištění (komunální, vodní drůbež); g) rybníky ovlivněné jinými vlivy než organickým hnojením, především komunálním znečištěním nebo kombinací více zdrojů patřily mezi nejvíce problematické; h) přítoky a sedimenty rybníků nebyly prokázány coby rezervoáry fekálních bakterií; i) nebyl prokázán výskyt patogenů (*Salmonella*, *E.coli* O157) v rybnících, kejdě ani v sedimentech; j) jakost vody na přítocích a odtocích prokázala, že rybníky fungují jako účinné biologické rybníky pro odstranění znečištění.

Bylo prokázáno, že správné a přiměřené organické hnojení pomáhá regulovat probíhající procesy a s nimi jakost vody v rybnících a nezpůsobuje významné zhoršení mikrobiální kvality vody, tj. nepředstavuje ani prokazatelné akutní zdravotní riziko při jejich rekreačním využití v letním období.

5.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Hrabánková, A., Prchalová, H., Rosendorf, P. Návrh revidovaného vymezení zranitelných oblastí podle nařízení vlády č.103/2003 Sb. VTEI, příloha Vodní hospodářství 6/2007, 2007, roč. 2007, č. 2, s. 1-3. ISSN 0322-8916.

- Hrabánková, A., Prchalová, H., Rosendorf, P. Návrh Nařízení vlády č. 219/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č.103/2003Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv,
- Rosendorf, P., Fiala, D. Metodika vymezování zranitelných oblastí podle eutrofizace vod. 2011, Ministerstvo životního prostředí.
- VÚV T.G.M.,v.v.i.. Pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin. Původce vzoru: Fiala Daniel, Rosendorf Pavel. Int. 19465. Úřad průmyslového vlastnictví. 30.9.2008.
- Fiala, D., Rosendorf, P. Pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin. VTEI - příloha Vodního hospodářství č. 2/2010, 2010, roč. 52, č. 1, s. 17—19. ISSN 0322-8916.
- Fiala, D., Rosendorf, P. Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlík a její eutrofizace. Vodní Hospodářství, 2010, roč. 60, č. 7, s. 199—202. ISSN 1211-0760.
- Beránková, T. Přístup k hodnocení náchylnosti zemědělských povodí ke ztrátám fosforu z půdy do vody. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 7/2010, s. 182—184. ISSN 1211-0760.
- Beránková, T., Vogel, R. M., Fiala, D. and Rosendorf, P. Estimation of phosphorus loads with sparse data for agricultural watersheds in the Czech Republic. Hydrological Sciences Journal, 2010, roč. 55, č. 8, s. 1417—1426. ISSN 0262-6667.
- Beránková, T. Managing non-point source phosphorus - a literature review. Journal of Landscape Studies, 2011, roč. 4, č. 1, s. 45—57. ISSN 1802-4416.
- Badurová, J., Mojžíšková, H. Vliv pastvin na povodí. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.10/2009, 2009, roč. 51, č. 5, s. 14—16. ISSN 0322-8916.
- Baudišová, D. Microbial pollution of water from agriculture. Plant, Soil and Environment, 2009, roč. 55, č. 10, s. 429—435. ISSN 1214-1178.
- Baudišová, D., Benáková, I. Mikrobiální znečištění toků v zemědělských oblastech. VTEI-vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 6/2010, s. 18—20. ISSN 0322-8916.
- Mlejnková, H., Horáková, K. Vliv aplikace statkových hnojiv na fekální znečištění rybníků. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.6/2009, 2009, roč. 51, č. 3, s. 11—14. ISSN 0322-8916.

5.2 VÝVOJ KOMPLEXNÍHO KONCEPTUÁLNÍHO MODELU PRO ŘEŠENÍ VLIVŮ A DOPADŮ ANTROPOGENNÍ ČINNOSTI NA PODZEMNÍ VODY V INTERAKCI S POVRCHOVÝMI EKOSYSTÉMY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal

Řešitelský tým: RNDr. Hana Prchalová, Ing. Marie Kozlová, Ing. Anna Hrabánková, RNDr. Eva Novotná, RNDr. Josef Datel, Ph.D.

5.2.1 Předmět řešení

Práce subprojektu byly po celou dobu trvání projektu zaměřeny na řešení dvou typů cílů: i.) kvalitativních a ii.) kvantitativních.

- i.) Prvním cílem bylo posouzení vlivu horninového prostředí na formování výsledného chemismu podzemních vod v území postižených antropogenní činností v oblasti Krušných hor, Krkonoš a Jizerských hor a jejich vzájemné srovnání.
- ii.) Paralelně s touto aktivitou pokračoval monitoring časoprostorových změn hladin podzemní vody na experimentálním povodí Na Lizu a povodí Uhlířská v Jizerských horách. Ve spolupráci se zahraničními partnerskými pracovišti byl vyvinutý a publikovaný konceptuální model postupně aplikován na zahraničních lokalitách, s klimaticky a geologicky odlišnými podmínkami. Práce v letošním roce směřovaly ve shrnutí poznatků.

Metodická část subprojektu je zaměřena na návrhy postupů při implementaci směrnice o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršením stavu s přihlédnutím k doporučeným postupům podle směrných dokumentů.

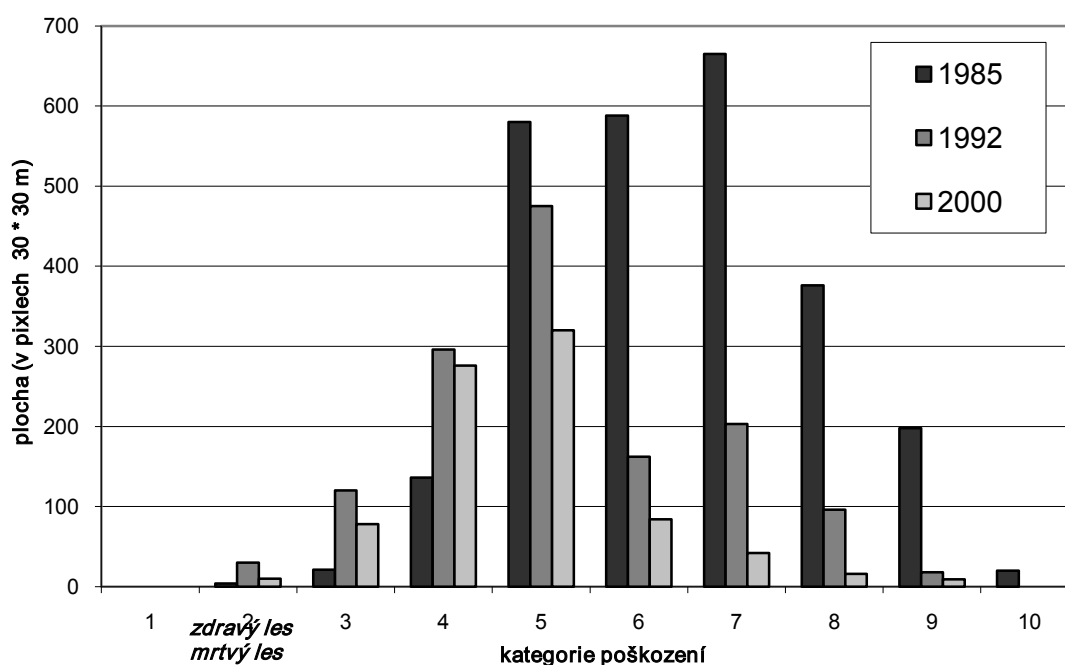
5.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Posouzení vlivu horninového prostředí na formování výsledného chemismu podzemních vod

Jedním z nejvýznamnějších indikátorů kvality ovzduší je zdravotní stav lesa. Problémy kyselé atmosférické depozice ve střední Evropě se dostaly do podvědomí nejširší veřejnosti teprve v polovině osmdesátých let, kdy v důsledku acidifikace vymřely stovky hektarů lesa. Tato ekologická katastrofa však zasáhla všechny složky životního prostředí, významným způsobem i hydrosféru. Nejprve se acidifikace negativně projevila na jakosti povrchových vod a s určitým zpožděním i na degradaci kvality podzemních vod. Odlesnění a následná rekultivace zasažených ploch novými druhy lesa byla s jakostí odtékajících vod v úzké souvislosti. Z výsledků na malých experimentálních povodích vyplynul fakt, že přítomnost lesa, především pak jehličnatého, může jakost podzemních vod v oblastech postižených kyselou atmosférickou depozicí zhoršovat. Tyto výsledky se však až doposud opíraly jen o závěry detailních studií, disponujících sice velmi přesnými informacemi, nejčastěji ale jen z velmi omezené plochy řádově několika hektarů.

Jaká je úloha lesa v procesu acidifikace podzemních vod v regionálním měřítku? Je les obětí, nebo jednou z příčin okyselování vod? To byly otázky, které si kladla za úkol tato dílčí část projektu řešená ve třech pilotních regionech, z nichž každé představovalo specifický konceptuální model vývoje jakosti podzemní vody – Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše.

Tvorba jakosti podzemní vody je komplikovaný proces. Kyselé srážkové vody přicházejí nejprve do kontaktu s vegetačním pokryvem a poté s půdním a horninovým prostředím. Doba a tím i intenzita působení jednotlivých jevů je značně variabilní - závisí na vydatnosti srážkové činnosti, hustotě vegetace, morfologii terénu, litologii a propustnosti hornin. Pro posouzení úlohy jednotlivých faktorů bylo proto nutno vybrat území, která disponovala velkým množstvím kvalitních dat. Data, které měl řešitelský tým k dispozici ve formě databáze, propojené na Geografický informační systém, pokrývala období od roku 1956 až po současnost. Jako podklad pro analýzu kvalitativních i kvantitativních změn lesního pokryvu sloužily mapy defoliace a mortality jehličnatých porostů, které z družicových snímků Landsat-TM/ETM zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů. Interpretace využívá desetistupňovou škálu hodnocení imisního poškození jehličnanů s dělením po 10 % a stanovuje průměrnou defoliaci jehličnaté dřeviny v porostu. Kategorie 1 představuje zcela zdravý lesní porost, kategorie 10 mrtvý les. Do zpracování byly využity série snímkování z let, které umožnily velmi detailní rozbor nejen změn plošného zastoupení lesa v jednotlivých povodích, ale i posouzení jejich zdravotního stavu. Data o vývoji atmosférické depozice poskytl z valné části monitorovací program České geologické služby GEOMON.



Obr. 5.2.1. Ukázka vývoje zdravotní stavu smrkového lesa na experimentálním povodí č. 22 v Krušných horách v průběhu let 1985 – 2000

Metodika studia vzájemného působení lesa a jakosti podzemních vod v prostředí s intenzivní atmosférickou depozicí vycházela z kombinace detailní analýzy různých faktorů ovlivňujících jakost podzemních vod. Toto studium sice vycházelo z údajů malých experimentálních povodí, jejichž počet a víceméně pravidelné rozmístění umožnilo regionální interpretaci výsledků. Základem práce byla síť povodí, vytvořená z Digital Elevation Model s gridem 50x50 metrů pomocí programu ARCVIEW 3D Analyst, která představovala infiltrační oblast sledovaných pramenů. Do zpracování byly vybrány jen takové pramenní vývěry, které disponovaly sérií hydrochemických dat od 60 let minulého století a současně informacemi o charakteru a zdravotního stavu lesa.

Všechny prameny odvodňovaly mělký přípovrchový kolektor zvětralin a rozpojení puklin metamorfovaných a vyvřelých hornin s mocností maximálně do 30 metrů. Díky tomu byla hydrogeologická rozvodnice totožná s rozvodnicí hydrologickou, definovanou morfologicky.

Pro každé povodí byla vytvořena databáze údajů, charakterizující faktory, které se podílejí na formování jakosti podzemní vody, resp. ovlivňují její změny. Jednalo se o převládající litologii povodí (informace z map měřítka 1:50 000), morfologické údaje (nadmožská výška pramene a vrcholové části povodí), plocha povodí a dále charakteristiky vývoje vegetačního pokryvu.

Takto sestavený soubor modelových povodí zahrnoval všechny typy prostředí, se kterými se v Krušných horách setkáváme – povodí od úpatí hor bez větších změn na vegetaci, až po vrcholové partie, kde zásahy byly velmi radikální.

Shromážděná data umožnila syntézu, vzájemné srovnání vývoje chemického složení v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších ve vztahu k lesnímu pokryvu. Tento výstup byl publikován jako samostatná kapitola v knize K. Voudouris (ed.), *Water Quality /Book 2. Intech, Rijeka 2011.*

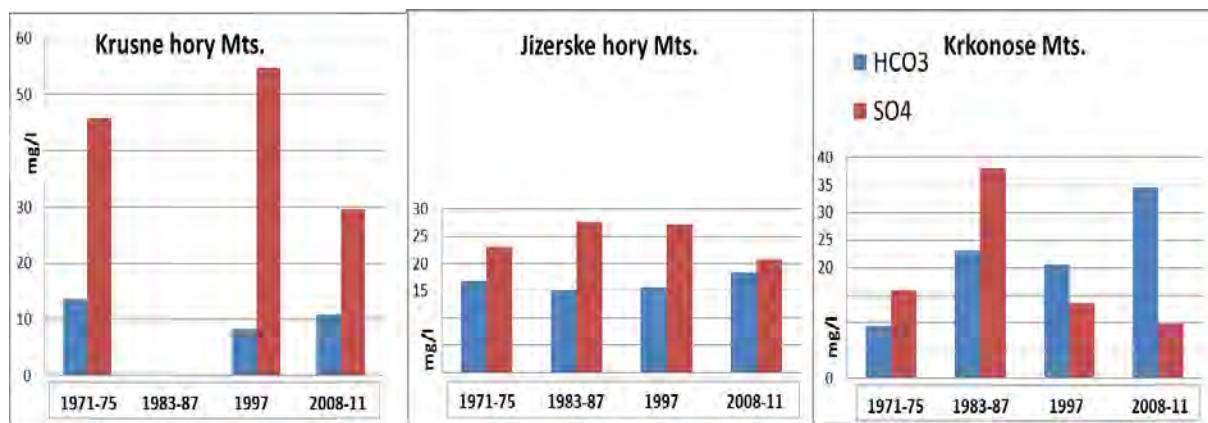
Chemické složení podzemních vod Krušných hor dokládá nejvyšší postižení acidifikací ze všech tří srovnávaných oblastí. Po celou dobu monitoringu převládají nízko mineralizované vody typu Ca - SO₄, HCO₃. Z Krušných hor bohužel nejsou k dispozici regionální data z monitoringu jakosti podzemních vod v osmdesátých letech. Sedmdesátá léta však jasně dokumentují až řádový rozdíl průměrného pH podzemních Krušných hor a Jizerských hor a Krkonoš. V devadesátých letech zůstávaly obsahy síranů více než pětinašobné oproti složce HCO₃⁻. Zřetelný pokles obsahů síranů je registrován až u nejnovějších analýz, nicméně sírany i nadále zůstávají dominantní složkou.

Z výsledků monitoringu vyplývá, že v Jizerských horách převládají podobné nízko mineralizované vody chemického typu Ca - SO₄, HCO₃, s jakými jsme se setkali v Krušných horách. Z dlouhodobého hlediska je chemické složení podzemních vod vcelku stabilní. Přesto ale u některých složek, především těch, které jsou indikátory acidifikace, je zřetelný vývojový trend. Prameny odvodňují mělkou přívodní zónu krystalinika, kde doba kontaktu vody s horninovým prostředím je krátká a výsledný chemismus je proto značně ovlivňován jakostí srážkových vod. S ohledem na pokles atmosférické depozice v důsledku ekologické politiky státu proto není překvapivý pokles koncentrací síranů z 33 mg.l⁻¹ v sedmdesátých letech na 21 mg.l⁻¹ v současnosti. Stejný trend zaznamenávají i dusičnany, které klesly z 14 mg.l⁻¹ v sedmdesátých letech na dnešní úroveň 4 mg.l⁻¹. Tyto hodnoty se již blíží úrovni přirozeného pozadí.

Podzemní vody v Krkonoších prodělaly za posledních třicet let zajímavý vývoj. V sedmdesátých až devadesátých letech dvacátého století byl charakteristický totožný chemický typ, s jakým jsme se setkávali v Krušných horách a v Jizerských horách Ca - SO₄, HCO₃. Nejnovější analýzy z let 2010 – 2011 však ukázaly tak výrazný pokles síranů, že podzemní vody lze zařadit k typu Ca - HCO₃, SO₄, v některých případech až vyhraněnému Ca - HCO₃. Tato skutečnost není nahodilým jevem, ale výsledkem dlouhodobého trendu, což naznačuje postupný nárůst HCO₃⁻ a naopak pokles síranů. Podobný poklesový trend je registrován i v případě dusičnanů, jejichž průměrné hodnoty se pohybují okolo 5 mg.l⁻¹. Ve srovnání s předchozími srovnávanými regiony vykazovaly podzemní vody v Krkonoších vždy výrazně vyšší průměrnou hodnotu pH a výrazně nižší stupeň acidifikace. Tento fakt mimo jiné dokládá skutečnost, že v průběhu dvacátého století pH na žádném sledovaném povodí nekleslo pod hodnotu 6,0 a to ani na lokalitách s nadmožskými výškami nad 1000 m n.m.

Jakost podzemních vod v jednotlivých testovacích regionech vykazovala značné prvky nehomogenity s hojnými anomáliemi. Podrobná analýza faktorů, které jakost podzemních vod v regionech postižených atmosférickou depozicí ovlivňují, prokázala významnou roli lesa. Ve většině případů byl negativní dopad depozice na jakost podzemní vody intenzivnější v oblastech pokrytých lesem. Tato skutečnost byla nejnázornější u jehličnatého, především smrkového lesa, který má výrazně větší schopnost zachycovat suchou atmosférickou depozici v podobě prachových částic a aerosolů. V lesních povodích se častěji vyskytovaly analýzy s anomálně zvýšenými koncentracemi toxického hliníku, případně i berylia. Z toho

vyplývá, že existuje i opačná vazba – nejen že les se podílí na zhoršování jakosti podzemní vody, ale špatná jakost podzemních vod zpětně ovlivňuje zdravotní stav lesa. V povodí s vysokým stupněm acidifikace se častěji vyskytoval poškozený, případně až zcela mrtvý les.



Obr. 5.2.2. Srovnání vývoje koncentrací HCO₃ a SO₄ v průběhu let 1971 – 2011 v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších horách

Posouzení citlivosti mělkého kolektoru krystalinika na probíhající klimatické změny

Hlavním cílem této dílčí části projektu bylo posouzení citlivosti mělkého kolektoru krystalinika na probíhající klimatické změny. Projekt pracoval s pracovní hypotézou, že v důsledku snížení efektivních srážek bude docházet k nerovnoměrnému poklesu hladin podzemní vody – rychlejšímu na svazích, v infiltrační oblasti a pomalejšímu v údolích, v drenážní zóně. Důsledkem tohoto jevu by proto měla být nejen prostorová, ale i časová změna transmisivity.

Druhým cílem bylo zodpovězení otázky, zdali změny v distribuci srážek se projevují jen v krátkodobých poklesech hladin podzemní vody, nebo je to signál dlouhodobého trendu. Jako nástroj pro řešení tohoto druhého, regionálního úkolu, posloužil monitorovací vrt Českého hydrometeorologického ústavu VP 1140, který sleduje bez přerušování od roku 1972 hladinu v mělké přípovrchové zóně proterozoických pararul. Je situován v nadmořské výšce 551 m.n.m. ve vzdálenosti necelých 10 km od povodí Na Lizu a jeho povodí bylo po celou dobu sledování bez přímého ovlivnění lidskou činností.

Pro potvrzení výše zmíněné teorie, ale především pro kvantifikaci předpokládaných změn byla po období třech let sledována dvě horská experimentální povodí: Hutná v Krušných horách a Na Lizu na Šumavě. Na obou povodích byly realizovány dva páry monitorovacích vrtů.

Srážky a teploty byly na povodí Na Lizu sledovány v uzávěrovém profilu, na povodí Hutná, s ohledem na velmi členitou morfologii, jak v údolích, tak i ve vrcholových partiích. Po celou dobu experimentů byly na obou povodích rovněž měřeny průtoky na vodním toku v uzávěrovém profilu povodí. Hydraulické parametry na monitorovacích vrtech byly stanoveny tří denními čerpacími zkouškami.

Ze srovnání obou povodí vyplývá, že projekt pracoval s dvěma horskými lokalitami s totožnými geologickými a hydrogeologickými podmínkami. Zásadní rozdíl spočíval v morfologii. Uzávěrový profil povodí Na Lizu leží v nadmořské výšce, která odpovídá vrcholovým partiím povodí Hutná, které má ale výrazně strmější svahy a tedy i vyšší hydraulické gradienty. Množství srážek je na obou povodích srovnatelné, ale díky vyšší nadmořské výšce převládají na povodí Na Lizu nižší teploty a proto lze předpokládat i nižší výpar. Specifický celkový odtok z obou povodí je totožný. Další rozdíl mezi oběma povodími

spočíval ve využití krajiny – zatímco povodí Na Lizu je celé zalesněné, procentuální podíl lesa na krušnohorském povodí Hutná je výrazně nižší.

Citlivost mělkého kolektoru krystalinika na snížení infiltrace byla na povodí Hutná simulována v tranzientní i stacionární formě modelové simulace. V obou případech je zadáno zmenšení infiltrace o 25% od vyhodnocené průměrné infiltrace.

V tranzientní formě simulace bylo snížení infiltrace zadáno pro období jednoho roku. Z modelového výstupu vyplývá, že na převážné části území se pokles hladin pohybuje v rozmezí 1 až 3 m. K nejmenším poklesům hladin podzemní vody do 0,5 m docházelo v drenážní oblasti podél toku Hutné, na strmých svazích dosahoval pokles hladin i 5 až 6 m a v krajních případech docházelo až k vysychání kolektoru. Plošná interpretace kolísání hladiny podzemní vody jasně dokládá význam morfologické pozice bodových odběrů podzemní vody v krystaliniku – vrty a studny v drenážních oblastech, poblíž osy údolí, budou na klimatické změny podstatně méně citlivé než v oblastech infiltrace, na svazích a poblíž rozvodnice.

Ve stacionární formě vycházela bilance množství podzemní vody v prostoru modelu při snížené infiltraci o 25 % na $15,1 \text{ l.s}^{-1}$ (ve srovnání s $20,5 \text{ l.s}^{-1}$ při průměrné srážkové infiltraci).

Výše popsaná reakce hladiny podzemní vody na intenzitu srážek svádí na první pohled k názoru, že se nejedná o dopad klimatických změn, ale že je to reakcí zvodně na krátkodobé změny srážkové činnosti. Jenže projevem klimatické změny ve střední Evropě se stává právě zmíněná sezónní nerovnoměrná distribuce srážkové činnosti, která způsobuje pokles vydatností především mělkých studní.

Z rozboru výsledků monitorovacího vrtu Českého hydrometeorologického ústavu VP 1140 vyplývá, že od roku 1976 dochází k systematickému poklesu hladiny podzemní vody. Je třeba zdůraznit, že se jedná o průměrné roční hodnoty, které zahalují sezónní variace a pokles je jen řádově v centimetrech. Takový pokles proto nemůže být příčinou vážnějších vodohospodářských problémů. Skutečným důvodem nižších vydatností je přesun srážkové činnosti z letního období do podzimních měsíců.

Dlouhodobý poklesový trend hladiny podzemní vody si však zasluhuje větší pozornost. Vysvětlením tohoto jevu není pokles srážkové činnosti, protože celkové roční srážkové úhrny za sledované období naopak stoupaly. Příčiny je nutno hledat v závěrech Kašpárkovy studie (2007), která prokázala nárůst výparu rychlostí 5 mm za rok, což by v celkové bilanci za období 1976 – 2006 znamenalo rozdíl ve výši 150 mm. V tomto případě však hovoříme jen jedné ze ztrátových složek vodní bilance – evaporaci.

Řada studií (Allen and Chapman 2001, Bosh and Hewlet 1982, McCulloch and Robinson 1993) však dokládá, že podstatně větší negativní dopad má nárůst intercepce a transpirace. Lesní pokryv představuje zhruba 1/3 území České republiky a les je dominantní především v horských pohraničních oblastech. Přitom lesní porost zachycuje obrovské množství části vodní bilance, která se tak nemůže infiltrovat. Například Calder and Newson (1980) uvádějí, že v horských oblastech Velké Británie dochází z důvodu intercepce k poklesu povrchového odtoku až o 20 %. Ještě významnější ztrátou je transpirace, která představuje spotřebu půdní vody pro růst rostlinného těla. Např. Roberts (1983) uvádí pro smíšený les v sz. Evropě hodnoty transpirace $330 \pm 35 \text{ mm}$, podobně Harding et al. (1992) stanovil pro jasan a buk transpiraci na úrovni 380 mm. Potenciální evapotranspirace pro vzrostlý hustý les však může ve středoevropských klimatických podmínkách dosahovat hodnot až okolo 700 mm (Allen and Chapman 2001).

Les je tedy fenomén, který hraje dvojí roli. Na jedné straně tlumí negativní dopad povodní, na druhé straně ale může významným způsobem akcelarovat negativní dopady klimatických změn na vodní bilanci. Především v letním období s nižšími srážkovými úhrny totiž zrychluje pokles hladiny podzemní vody.

Mírný, nicméně systematický pokles hladiny podzemní vody ve vrtu VP 1140 lze proto s největší pravděpodobností vysvětlit zvýšenou hodnotou evapotranspirace.

Výsledky monitoringu a modelových studií prokázaly značnou citlivost mělkého kolektoru krystalinika horských oblastí na snížení srážkové činnosti a infiltrace a značné rozdíly v kolísání hladiny podzemní vody v závislosti na morfologické pozici. V infiltrační oblasti a na prudkých svazích docházelo k rychlému poklesu hladiny podzemní vody blížící se 10 metrům, zatímco v drenážní zóně je obvyklý pokles jen o jednotky metrů.

Nejvýznamnější parametr, který rozhoduje o vodohospodářském významu kolektoru, transmisivita, byla až dosud vždy považována za proměnlivou v prostoru, ale stabilní v čase. Výsledky projektu prokázaly, že mocnost zvodně v infiltrační oblasti klesá výrazně rychleji než v drenážní oblasti, kde je svázána s vodním tokem. Z toho jasně vyplývá, že transmisivitu krystalinika je nutno brát jako časově proměnlivý parametr.

Eliminace negativních dopadů klimatických změn na mělký kolektor krystalinika je možná kombinací následujících opatření:

- zvýšením efektivity jímání, to znamená nahrazení bodových odběrů pomocí studní a vrtů – drény. Jedná se velmi jednoduché, ale přitom efektivní jímání podzemní vody odtékající v mělké přípovrchové zóně krystalinika, které se využívá v celé řadě lokalit. Drenáž uložená kolmo na proudnici svádí gravitací podzemní vodu do centrálních jímek a je tak schopna využít přednost krystalinika v morfologicky členitých oblastech – zvýšenou dynamiku oběhu podzemních vod vyjádřenou vysokými hodnotami odtoku podzemních přesahujících v Českém masívu až 10 l.s.km^{-2} .
- zvýšením infiltrace zpomalením povrchového odtoku. V posledních desetiletích docházelo v České republice k masové regulaci vodních toků. Cílem navrhovaných opatření je návrat k původnímu stavu, obnovení meandrů a přirozeného stavu koryt.
- snížením ztrát optimalizací složení vegetačního pokryvu. Jedná se především o omezení ztrát evapotranspirace, která u některých druhů lesa představuje zcela dominantní složku vodní bilance. V tomto případě by se jednalo o velmi komplexní řešení za úzké spolupráce vodohospodářů, hydrologů, hydrogeologů a specialistů na lesní hospodářství. Cílem by mělo být nalezení takového druhového složení lesa, které by mělo pokud možno co nejnižší hodnotu evapotranspirace. Například 45 let starý borovicový les má hodnotu evapotranspirace jen okolo 290 mm, stejně starých bříz ale 460 mm. Les by měl být udržován v optimálním stáří a hustotě – což znamená v takovém stavu, kdyby plnil svou pozitivní úlohu vyrovnávání povodí, ale přitom jeho intercepce by byla omezena na minimum.

Tento konceptuální model byl v průběhu trvání projektu aplikován a testován na zahraničních lokalitách na partnerských pracovištích – v Indickém Hyderabadu (partner BRGM), v Uzbekém povodí Kashkadarya (partner Tashkent Institute of Irrigation and Melioration) a konečně v Aquitánské pánvi (partner Université Bordeaux I). Ze všech těchto lokalit vyšly impaktové publikace.

Metodická část projektu

V metodické části byly zpracovány dvě metodiky: „Metodika hodnocení zvratu trendů polutantů v podzemních vodách pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR“ a „Metodika a obsah koncepčního modelu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR“.

- Metodika hodnocení zvratu trendů polutantů v podzemních vodách pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR:

Dokončená metodika hodnocení zvratu trendu znečišťujících látek v podzemních vodách byla doplněna o doporučení na rozšíření monitoringu pro relevantní objekty, resp. zvýšení četnosti sledování ze dvou na čtyři či ideálně pět hodnot podle daných kritérií. Zejména v případě objektů, kde byl indikován významný stoupající trend polutantu a bylo přijato adekvátní opatření ke zvratu trendu – např. sanace nebo omezení hnojení či aplikace pesticidů, je problematické zjišťovat zvrat trendu ze dvou ročních hodnot, či dokonce méně. Pět hodnot ročně je minimální počet pro prokazování zvratu trendu, neboť umožňuje použití mediánu pro stanovení a porovnávání ročních hodnot. Tento jednoduchý přístup dále umožňuje hodnocení více objektů a navíc lze zjišťovat závislosti na rocích (a regionech) s vyšší/nížší infiltrací srážkové vody. Druhou možností je statistické hodnocení trendů celé časové řady, to je však nutno používat individuálně.

Problematika přítomnosti dat pod mezí stanovitelnosti v časových řadách koncentrací znečišťujících látek by měla být řešena v prvním kroku zjištěním, zda je analytická metoda dostatečně přesná a pokud tomu tak není, neměla by se zatím přijímat žádná nadstandardní opatření, vzhledem k nedostatečné hodnověrnosti výsledků. Přesnost je v tomto případě posuzována na základě porovnání meze stanovitelnosti se stanoveným limitem (prahovou hodnotou). Doporučená hodnota meze stanovitelnosti je rovna nebo nižší než 1/3 limitu.

Pro objekty/ukazatele s více než polovinou dat pod mezí stanovitelnosti se musí použít mnohem jednodušší hodnocení – rozhoduje počet dat nad mezí (ovšem pouze za předpokladu, že se velikost meze stanovitelnosti nemění v hodnoceném období). Pokud je mez stanovitelnosti dostatečně přesná, neměla by být v hodnocených objektech po dobu rozšířeného sledování měněna, aby bylo možno výsledky porovnat.

Dále je doporučeno přidat do hodnocení objekt ze stejného útvaru, ale s nižšími koncentracemi jako referenční. Nejprve je však nutno na základě naměřených hladin podzemní vody či vydatnosti pramenu prokázat stejný nebo podobný režim hladin v referenčním a hodnoceném objektu. Porovnáním výsledků referenčního a hodnoceného objektu po jednotlivých letech je možné odlišit vliv srážek a zasakování od změny míry vnosu znečišťující látky do podzemních vod.

Při použití metody kontinuálního hodnocení trendů znečišťujících látek je využitelnost porovnání s výsledky referenčního objektu komplikovaná, proto je lepší volit porovnávání výsledků jednotlivých roků.

- Metodika a obsah koncepčního modelu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR:

Zpracování této metodiky bylo v projektu navrženo teprve v roce 2011. Podnětem k metodice byly požadavky směrných dokumentů (Guidances) pro společnou implementaci Rámcové směrnice a to hlavně Guidance document No. 26 "Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater", který byl publikován v roce 2010. Ačkoliv použití koncepčního modelu je v dokumentu spojováno hlavně s hodnocením rizikovitosti útvaru podzemních vod (tedy s charakterizací), pro českou metodiku byl zvolen mírně odlišný přístup – využití koncepčního modelu pro přehledné informace o útvarech podzemních vod pro celý proces plánování. Metodika zároveň respektuje různou úroveň podrobnosti koncepčního modelu podle přírodních charakteristik útvaru, ale zároveň podle významných vlivů v útvaru a výsledků hodnocení monitoringu, respektive stavu útvaru. Tak např. pro útvary s hydraulicky spojitým prouděním (tj. útvary v hlubokých strukturách, kde není vymezena pouze přípovrchová zóna) je požadována alespoň jednoduchá mapka směrů proudění a pro útvary podzemních vod s plochou větší než 700 km² (a zároveň bez hydraulicky spojitého proudění) hodnocení jak charakteristik, tak výsledků stavu podle pracovních jednotek. K povinným charakteristikám byla přidána informace o možném významném vlivu podzemních vod na povrchové vody i informace o oblastech s přirozeně zvýšenými koncentracemi kovů v podzemních vodách. Stejně tak informace o

významných vlivech je rozlišena podle toho, jestli byl útvar (nebo jeho část) vyhodnocena z hlediska stavu jako nevyhovující, případně podle existence dostatečného počtu sledovaných a hodnocených monitorovacích objektů.

Koncepční model tak v podstatě kromě návrhu požadovaných informací a jejich detailu podle přírodních charakteristik a výsledků hodnocení relativně jednoduchým způsobem shromažďuje všechny potřebné zjištěné informace z různých fází plánovacího cyklu a ostatních aktivit (výzkumné projekty, případové studie, výsledky modelů proudění apod.) a přehledným způsobem je vizualizuje. Zároveň však platí, že struktura koncepčního modelu by měla být přinejmenším pro další cyklus plánování revidována a upravena podle nových typů informací či nových potřeb plánování. Co se týče naplňování koncepčního modelu, vzhledem k omezeným finančním prostředkům, lze určit priority dat a doplňovat je postupně podle možností – i když by se se všemi daty, které jsou obsahem koncepčního modelu, mělo při přípravě a zpracování plánů oblastí povodí pracovat.

5.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Hrkal, Z., Kobr, M., Nedvěďová, E., Tesař, M., Vilhelm, Z. (2007): Impact of global climate change on transmissivity of shallow hard-rock aquifers.- In: Marszałek H., Chudy K. (eds), 2007: Selected hydrogeological problems of the Bohemian massif and other hardrock terrains in Europe.- Acta Universitatis Wratislaviensis No 3041, seria: Hydrogeologia, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław. pp.193 -207 ISSN 0239-6661, ISBN 978-83-229
- Bagdavadze, L., Beon, O., Hrkal, Z. Laurendon, P. Puyoo S. and Santrucek J. (2007) : Effects of groundwater exploitation on the Borjomi mineral water reservoir in Georgia Environmental Geology, July 2007, Pages 5 – 11, Springer Berlin / Heidelberg. ISSN: 0943-0105. IF 1,026.
- Jiráková, H., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Hrkal, Z., LeCoustumer, P. (2009) : Paleohydrogeology of the deep aquifers of the Northern Aquitaine Region (France), emphasis on the palaeorecharge conditions, Journal of Hydrology. Vol. 368 (2009) pp. 1–16, ISSN: 0022-1694. IF 2,305.
- Rakhmatullaev, S., Huneau, F. Kazbekov, J., LeCoustumer, P. Jumanov, J., El Oifi, B. Motelica-Heino, M. Hrkal, Z. (2010): Groundwater Resources and Management in the Amu Darya River Basin (Central Asia), Environmental Earth Sciences 59:1183–1193, Springer Berlin/Heidelberg, ISSN: 0943-0105, DOI 10.1007/s12665-009-0107-4, IF 0,557.
- Hrkal, Z., Milický, M. Tesař, M. (2009): Climate change in Central Europe and the sensitivity of the hard rock aquifer in the Bohemian Massif to decline of recharge, case study from the Bohemian Massif, Environ Earth Sci 59:703–713, Springer Berlin / Heidelberg, ISSN: 0943-0105. IF 0,557.
- Hrkal, Z., Fottová, D. Rosendorf, P. (2009): The relationship between the quality of ground waters and the forest cover in regions affected by high levels of acid atmospheric deposition – a case study of the Krušné hory Mts., Czech Republic, Polish J. of Environ. Stud. Vol. 18, No. 6 (2009), pp. 1001-1010. ISSN 1230-1485, IF 0,963.
- Dewandel, B., Perrin, J., Ahmed, S., Aulong, S., Hrkal, Z., Lachassagne, P., Samad, M. and Massuel, S. Development of a tool for managing groundwater resources in semi-arid hard rock regions: application to a rural watershed in South India. Hydrological Processes, 2010, roč. 24, č. 19, s. 2784—2797. ISSN 0885-6087.
- Vencelides, Z., Hrkal, Z., Prchalová, H. Determination of the natural background content of metals in ground waters of the Czech Republic. Applied Geochemistry, 2010, roč. 25, č. 5, s. 755—762. ISSN 0883-2927. IF 1,857.

- Jiráková, H., Huneau, F., Hrkal, Z., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P. (2010) Carbon isotopes to constrain the origin and circulation pattern of groundwater in the north-western part of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Applied Geochemistry*, roč. 25, č. 8, s. 1265—1279. ISSN 0883-2927. IF 1,857.
- Jiráková, H., Procházka, M., Dědeček, P., Kobr, M., Hrkal, Z., Huneau, F., Le Coustumer, P. (2011) Geothermal assessment in the aquifers of the north western part of the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. *Geothermics*, 40 (2011) 112–124 IF 0,667.
- Jiráková, H., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Hrkal, Z., LeCoustumer, P. (2011) Insight into palaeorecharge conditions of European deep aquifers. *Hydrogeology Journal*, 2011, 19,7. ISSN 1431-2174. IF 1,326.
- Hrkal, Z., Burda, J., Fottová, D., Hrkalová, M., Nováková, H., Novotná, E. (2011) Groundwater quality development in area suffering from long term impact of acid atmospheric deposition – the role of forest cover in Czech Republic case study (in K. Voudouris (ed.), *Water Quality /Book 2*. Intech, Rijeka 2011.
- Hrkal, Z. (2011) Climate change and water resources – challenge of our civilisation in Baba A. editor. *Climate change and its effect on water resources – Issues of national and global security*. In Baba, A., Gokmen, T., Gunduz, O., Howard. K., Friede *Climate Change and its Effects on Water Resources*. Izmir, Turkey, 1.9.2010. Spolková republika Německo: Springer, 2011, s. 35—0. ISSN 1874-6519.
- Kozlová, M., Prchalová, H. (2011) Metodika hodnocení zvratu trendů polutantů v podzemních vodách pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR.
- Prchalová, H., Vyskoč, P., Pícek, J. (2011) Metodika a obsah konceptuálního modelu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů oblastí povodí v ČR.

5.3 KOMBINOVANÉ SYSTÉMY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD V OBLASTECH S NADSTANDARDNÍMI NÁROKY NA OCHRANU VOD

Doba řešení: 2008 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Filip Wanner

Řešitelský tým: Ing. Jiří Kučera, Ing. Miroslav Váňa, Mgr. Ondřej Simon, Ing. Věra Kladivová

5.3.1 Předmět řešení

Při řešení problematiky čištění odpadních vod především z menších zdrojů znečištění jsou v některých oblastech z důvodu vyšší ochrany vod požadovány výrazně nižší odtokové koncentrace vybraných ukazatelů znečištění, než je v dané velikostní kategorii ČOV obvyklé. Nejčastějšími důvody pro stanovování přísnějších emisních limitů, než jsou dosažitelné hodnoty koncentrací při použití nejlepší dostupné technologie uvedené v příloze č. 7 nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 23/2011 Sb., je výskyt vzácných a ohrožených druhů organismů, které jsou velmi citlivé na jakost povrchových vod (např. perlorodka říční, rak kamenáč apod.) nebo skutečnost, že v tekoucích povrchových vodách sloužících jako recipient pro vypouštěné vyčištěné odpadní vody jsou již nyní překračovány ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku podle přílohy č. 3 nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

V těchto případech je nutné používat nejnovější technologie čištění odpadních vod nebo jejich vhodné kombinace. Možným příkladem těchto technologií jsou například vhodně navržené mechanicko-biologické čistírny s třetím stupněm čištění nebo dalším způsobem dočištění. V oblastech, kde ať už z ekonomických či technických důvodů není možné svádět odpadní vody na centrální čistírnu odpadních vod, je jednou z možností použití domovních čistíren odpadních vod. Ve vývoji těchto zařízení byl v posledních letech zaznamenán značný technologický pokrok a na trhu se již objevují domovní čistírny s membránovou technologií, která zaručuje velmi nízké koncentrace některých problematických odtokových parametrů.

Dlouhodobým cílem subprojektu bylo navrhnout, ověřit a metodicky popsat způsoby čištění odpadních vod, které mohou v podmínkách ČR splnit nadstandardně přísné limity požadované pro odpadní vody vypouštěné ve zvláště chráněných územích. Výše uvedená problematika byla v roce 2004 zařazena do zadání tohoto výzkumného záměru z podnětu MŽP jako reakce na absenci jednotného přístupu resortu k vypouštění odpadních vod z malých sídel a z difúzních zdrojů do vodotečí v maloplošných ZCHÚ, zvláště ohrožených částech velkoplošných chráněných území apod.

V prvních letech řešení se práce zahrnuté do tematicky širšího subprojektu 3616 (od roku 2008 subprojekt 3620) zaměřily na problematiku extenzivních technologií čištění odpadních vod. V letech 2005 – 2006 probíhala projektová příprava a následně v průběhu let 2007 – 2008 i výstavba prototypové kombinované ČOV ve Zbytinách, projektované na základě studií VÚV TGM, v.v.i. z let 2002 až 2004. Recipientem ČOV Zbytiny je řeka Blanice s největší středoevropskou populací perlorodky říční a s vysokým stupněm ochrany vodního prostředí: Biogenetická rezervace Rady Evropy, NPP, NATURA 2000 se stanovenými zvláštními imisními limity pro jakost vody.

Od roku 2008 se práce v nově vyčleněném subprojektu 3619 zaměřily na základě předchozí rešeršní práce na dva možné přístupy: třístupňové systémy založené na kombinaci osvědčených technologií a využití dosud komerčně nedostupných technologií. Na

prototypové kombinované ČOV Zbytiny byla ověřována účinnost a provozní náročnost čištění a dočišťování vyčištěných odpadních vod v nízkozatěžovaných biologických rybnících. Naopak od řešení problematiky možnosti využití membránových technologií v domovních ČOV bylo v roce 2010 po dohodě s garantem výzkumného záměru upuštěno.

5.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Jako vhodná lokalita pro ověření účinnosti dočišťování již vyčištěných odpadních vod v biologických dočišťovacích rybnících byla vybrána obec Zbytiny se zhruba 200 obyvateli, která se nachází v CHKO Šumava. Pro čištění splaškových vod zde byla postavena zcela nová čistírna odpadních vod (ČOV) pro 450 ekvivalentních obyvatel s návrhovým průtokem $Q_{24} 67,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Čistírna byla uvedena do provozu v listopadu 2008.

Čistírna je vybavena mechanickým předčištěním skládající se z válcového síta (jemné česle) pro sběr shrabků a lapáku písku. Biologická část ČOV se skládá ze dvou paralelních linek, přičemž lze nastavit nátok jen do jedné z nich. Každá biologická linka se skládá z anoxické části, která je promíchávána 2 hrubobublinnými aeračními elementy. Oxická část je od anoxické zóny oddělena přepážkou a dodávku vzduchu zajišťuje 15 jemnobublinných aeračních elementů. Separaci kalu zajišťují dvě vestavěné dosazovací nádrže v oxické zóně. Za odtokem z dosazovacích nádrží je umístěn bubnový mikrosítový filtr, který má zabránit případným únikům kalu a eventuálně vylepšit odtokové parametry ČOV.

Vyčištěná odpadní voda je vedena pro dočištění na dva sériově řazené biologické dočišťovací rybníky umístěné za ČOV. Tyto nádrže jsou určeny nejenom k dočištění, ale v případě nečekané odstávky ČOV mohou posloužit k samotnému čištění odpadních vod z obce. Maximální objem obou nádrží je přes $15\,000 \text{ m}^3$ a doba zdržení vypouštěné odpadní vody v nádržích dosahuje několika měsíců. Před uvedením ČOV do provozu byly oba biologické rybníky napuštěny čistou vodou z recipientu Zbytinského potoka kanalizací speciálně k tomuto účelu zbudovanou, v současné době je jejich jediným přítokem (kromě dešťových srážek a případných průsaků podzemních vod) vypouštěná odpadní voda z ČOV. Údaje biologických dočišťovacích rybnících jsou uvedeny v tabulce 5.3.1.

Tab. 5.3.1 Údaje o vybudovaných biologických rybnících

	Biologický rybník 1	Biologický rybník 2	Celkem
Plocha	2393 m ²	7041 m ²	9434 m ²
Užitný objem	2868 m ³	7287 m ³	10 155 m ³
Retenční objem	1467 m ³	3520 m ³	4987 m ³
Celkový objem	4335 m ³	10 807 m ³	15 142 m ³
Výška hladiny při užitném objemu	75 cm	115 cm	
Výška hladiny při retenčním objemu	125 cm	165 cm	

Lokalita Zbytiny byla navštěvována v pravidelných měsíčních intervalech od listopadu 2008 až do srpna 2011. Během této doby bylo odebráno celkem 31 dvouhodinových směsných vzorků (typ A podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.) v profilech: přítok na ČOV, odtok z ČOV a odtok z druhého biologického rybníka do recipientu Zbytinský potok pro stanovení základních chemických ukazatelů. Dále byly ve spolupráci se subprojektem 3609 odebírány vzorky pro mikrobiologický rozbor (výsledky a výstupy viz subprojekt 3609) a dále vzorky pro stanovení kvantitativního a kvalitativního složení fyto a zooplanktonu v obou biologických rybnících.

Souhrnné výsledky provedených analýz chemických ukazatelů znečištění jsou uvedeny v tabulkách 5.3.2 až 5.3.4. V tabulce 5.3.5 je pak uvedena průměrná účinnost čištění za celé

sledované období. Předložené souhrnné výsledky ukazují, že největší přínos nízkozatěžovaných biologických rybníků při dočišťování vyčištěných odpadních vod vypouštěných z ČOV byl zaznamenán pro parametr celkový fosfor. Celková účinnost systému pro odstraňování celkového fosforu se pohybovala na úrovni 95 %, přičemž průměrná účinnost samotné ČOV se dlouhodobě držela jen okolo 64 %. Také pro parametr celkový dusík byla zjištěna dobrá účinnost biologických rybníků a to zejména díky významnému odstranění amoniakálního dusíku a částečnému odbourání dusičnanového dusíku. Celková účinnost systému pro odstranění celkového dusíku byla pod hranicí 80 %, přičemž účinnost samotné ČOV byla stejně jako v případě celkového fosforu jen na úrovni 64 %.

Za hlavní procesy podílející se na snižování nutrientů lze v tomto případě považovat akumulaci v sedimentech a inkorporaci do biomasy. I z tohoto důvodu byl zjištěn významný rozdíl odstraňování dusíku a fosforu mezi zimním a letním (neboli nevegetačním a vegetačním obdobím). V letním období docházelo k pravidelnému rozvoji fytoplanktonu, který pro svůj růst využívá právě dusík a fosfor, což vedlo i k vyšší účinnosti odstraňování. Ve vegetačním období byly rovněž pravidelně zaznamenávány vysoké koncentrace rozpuštěného kyslíku, které díky probíhajícímu procesu fotosyntézy překračovaly hodnotu i 20 mg.l⁻¹. Aerobní podmínky však jsou v obou rybnících zachovány v průběhu celého roku. Při podrobném měření byl rozpuštěný kyslík naměřen v celém profilu obou biologických nádrží, a to jak u hladiny, tak i u dna a i v zimním období pod vrstvou ledu.

Naopak pro organické znečištění vyjádřené parametry CHSK_{Cr} a BSK₅ byla vysledována výrazně nižší účinnost dočištění v biologických rybnících, která v případě BSK₅ a nerozpuštěných látek byla často i záporná. Tato skutečnost byla dána především velice nízkými a současně poměrně stabilními hodnotami ve vyčištěné odpadní vodě vypouštěné z ČOV. Zároveň díky vysokým koncentracím nutrientů docházelo především v letních měsících k cyklickému rozvoji a potlačování fytoplanktonu, což se projevilo i zvýšenými koncentracemi CHSK_{Cr}, BSK₅ a následně i NL v letním období.

Tab. 5.3.2 Sumarizované výsledky ukazatelů znečištění za období 11/2008 – 08/2011 v profilu Přítok na ČOV

	CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	NL105 (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	Norg. (mg.l ⁻¹)	Ncelk. (mg.l ⁻¹)	Pcelk. (mg.l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)
min	265	94	44	13,00	0,10	7,95	32,00	3,70	2,11
medián	503	235	190	43,20	0,31	23,50	67,30	7,61	5,10
průměr	544	258	195	46,82	0,90	23,90	71,97	8,04	5,42
max	1420	510	460	98,60	4,98	41,90	131,00	14,00	10,50
směr. odch.	211	104	76	17,87	1,06	8,08	22,90	2,24	1,95

Tab. 5.3.3 Sumarizované výsledky ukazatelů znečištění za období 11/2008 – 08/2011 v profilu Odtok z ČOV

	CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	NL105 (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	Norg. (mg.l ⁻¹)	Ncelk. (mg.l ⁻¹)	Pcelk. (mg.l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)
min	16,5	3,0	2,0	0,09	0,10	0,05	10,60	0,11	0,05
medián	38,0	3,7	4,0	0,60	20,30	0,89	22,40	2,71	2,46
průměr	45,0	6,0	7,8	4,33	20,55	1,21	26,02	2,89	2,64
max	178,0	51,0	58,0	34,80	39,00	5,64	42,10	6,74	6,32
směr. odch.	27,52	8,56	11,01	7,91	10,64	1,18	8,15	1,32	1,26

Tab. 5.3.4 Sumarizované výsledky ukazatelů znečištění za období 11/2008 – 08/2011 v profilu Odtok z 2 biologického rybníka do recipientu

	CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	NL105 (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	Norg. (mg.l ⁻¹)	Ncelk. (mg.l ⁻¹)	Pcelk. (mg.l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)
min	16,0	3,0	2,0	0,05	0,50	0,05	5,27	0,11	0,03
medián	26,0	3,8	7,6	0,18	13,10	1,27	14,80	0,31	0,20
průměr	34,0	5,6	13,4	0,33	13,51	1,38	15,34	0,38	0,27
max	103,0	19,0	69,0	1,85	33,90	4,68	34,90	0,89	0,84
směr. odch.	17,75	3,71	14,36	0,42	8,17	1,06	7,49	0,23	0,24

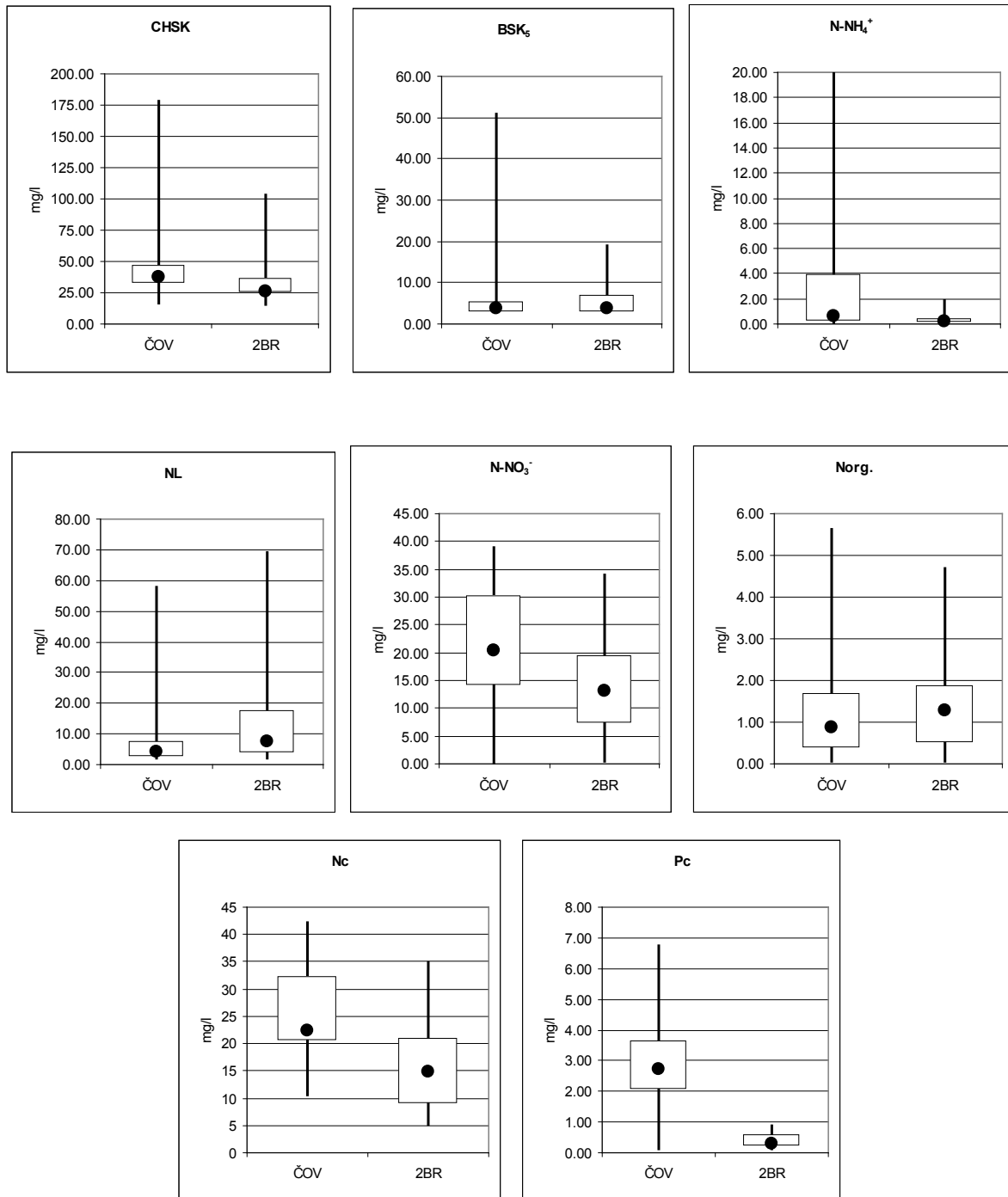
Tab. 5.3.5 Průměrná účinnost čištění ve sledovaných profilech za období 11/2008 – 08/2011

Profil	CHSK _{Cr} (%)	BSK ₅ (%)	NL105 (%)	N-NH ₄ ⁺ (%)	Norg. (%)	Ncelk. (%)	Pcelk. (%)	P- PO ₄ ³⁻ (%)
Přítok na ČOV – Odtok z ČOV	91,72	97,69	95,97	90,75	94,94	63,85	64,10	51,37
Přítok na ČOV – Odtok z 2 BR do recipientu	93,76	97,83	93,11	99,31	94,23	78,69	95,28	95,06

Pro názornější prezentaci a srovnání odtokových koncentrací z profilu odtok z ČOV a odtok z druhého biologického rybníka byly sestaveny krabicové grafy 5.3.1 a 5.3.2. Černý bod značí medián, obdélník označuje dolní a horní kvartil a svislá čára je pak spojnicí minimální a maximální naměřené hodnoty. Z grafu 5.3.1 je patrná nejenom výše vyjmenovaná účinnost dočišťování, zároveň ale ukazuje jinou vlastnost biologických dočišťovacích rybníků. Tou je schopnost ochránit recipient v případě nenadálých poruch na ČOV spojené s rapidním zhoršením všech odtokových parametrů ve vypouštěné odpadní vodě. Během sledování došlo v jednom případě k takovéto situaci, kdy např. byla naměřena hodnota CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV 178 mg.l⁻¹. Biologické rybníky byly schopny tuto mimořádnou situaci částečně zmírnit, když na odtoku do recipientu byla naměřena hodnota CHSK_{Cr} okolo 100 mg.l⁻¹. V případě ostatních parametrů pak nedošlo na odtoku z biologických rybníků k nikterak rapidnímu zvýšení koncentrací.

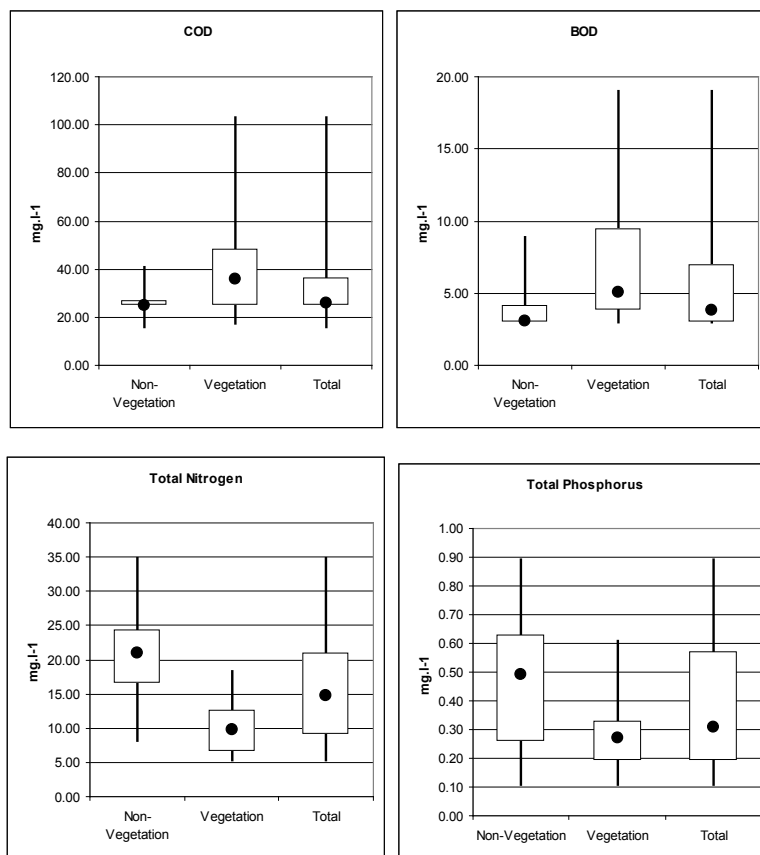
Sezónní rozdíl účinnosti čištění pro jednotlivé parametry jsou patrné z grafu 5.3.2. Za povšimnutí stojí především nízké koncentrace CHSK_{Cr} s malým rozptylem během zimního období.

Ze zkušeností získaných během tříletého sledování ČOV Zbytiny s biologickými dočišťovacími rybníky vyplývá, že kombinace malé mechanicko-biologické ČOV s nízkozatěžovanými biologickými rybníky je přínosem pro celkovou kvalitu vypouštěných odpadních vod. Byla prokázána schopnost biologických dočišťovacích rybníků snížit dopady zhoršené účinnosti čištění odpadních vod způsobené havarijní situací na ČOV. Současně byl prokázán dlouhodobý přínos biologických dočišťovacích rybníků na celkovou účinnost čištění i při řádné funkci ČOV a to především pro parametry celkový dusík a celkový fosfor. Technologie dočišťování vyčištěných odpadních vod v biologických rybnících je vhodná především v těch případech, kdy je v první řadě kladen důraz na maximální ochranu recipientu a jeho minimální ovlivnění vyčištěnou odpadní vodou.



Graf 5.3.1 Krabicový graf jednotlivých ukazatelů znečištění na odtoku z ČOV a na odtoku z druhého biologického rybníka do recipientu.

Z grafu 5.3.1 jsou patrné dlouhodobé nízké a především stabilní odtokové koncentrace pro celkový fosfor a zejména pro amoniakální dusík.



Graf 5.3.2 Krabicový graf jednotlivých ukazatelů znečištění na odtoku z druhého biologického rybníka do recipientu v závislosti na ročním období.

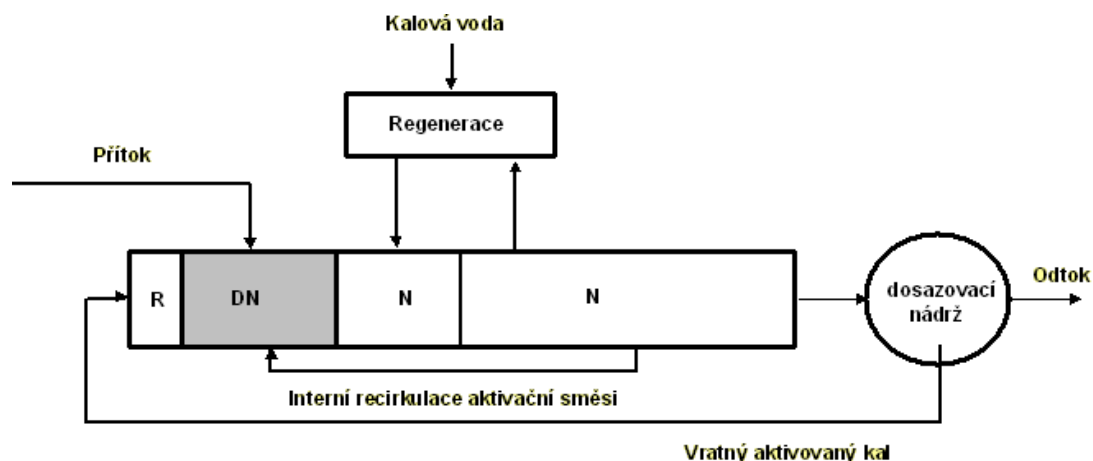
Přehled moderních čistírenských technologií

Subprojekt 3619 se významnou částí období řešení věnoval v souladu se schválenými metodikami na jednotlivé roky praktickému ověřování možnosti dočišťování vyčištěných odpadních vod vypouštěných z mechanicko biologické ČOV v nízkozatěžovaných biologických rybnících. Přes prokázané dobré výsledky není tato technologie univerzálním řešením pro čištění odpadních vod v celé České republice a pro všechny velikostní kategorie.

Pro čištění odpadních vod z měst a obcí hraje nezastupitelnou úlohu technologie biologického čištění odpadních vod založené na principu aktivace. I tato technologie zaznamenala v posledním období výrazných změn a úprav. Samotný princip biologického čištění sice zůstává nezměněn, liší se však různými doplněními a novými přístupy k čistícímu procesu, které významným způsobem zvyšují dosahovanou účinnost čištění odpadních vod, požadovanou stále se zpříšňující legislativou. Jednoduché biologické čistírny o jednom reaktoru, kde se z odpadní vody eliminovala pouze organická složka, byly či jsou nahrazovány složitějšími mnohareaktorovými aktivačními systémy schopnými biologickou cestou odstraňovat i nutrienty dusík a fosfor. Níže je uveden výčet možných úprav a doplnění technologie aktivační ČOV, které vyznaným způsobem zlepšují účinnost čištění odpadních vod.

In situ bioaugmentace nitrifikace

Transformace amoniakálního dusíku na dusičnanový dusík v aktivaci zajišťují nitrifikační bakterie. Jejich zastoupení v biocenóze aktivovaného kalu se ale pohybuje pouze od 1 – 3%. To je dáno především jejich menší růstovou rychlostí ve srovnání s dominantními organotrofními bakteriemi. Tradičním způsobem kompenzace nízké růstové rychlosti nitrifikačních bakterií je zvyšování stáří kalu, což ovšem vede k snižování aktivity organotrofních bakterií a v konečném důsledku k potřebě větších objemů aktivačních nádrží. Alternativou pro zvýšení podílu nitrifikačních bakterií v aktivovaném kalu je zařazení in situ bioaugmentace nitrifikace, viz obrázek 5.3.1. Princip této metody spočívá ve zvýšení podílu nitrifikačních bakterií v aktivovaném kalu. Kultivace nitrifikačních bakterií probíhá v oddělené části regenerace, do které je zaveden zdroj obsahující dusíkaté látky, nejlépe kalová voda z odvodnění aktivovaného kalu. Aktivační směs je poté přečerpána zpět do aktivace. Tato metoda byla úspěšně aplikována např. na ÚČOV Praha, ČOV Ústí nad Labem a i jiných ČOV. Při správném návrhu ČOV s in situ bioaugmentace nitrifikace se snižují potřebné objemy aktivačních nádrží až o 40% a zároveň přináší úsporu provozních nákladů až o 10%. Pro ČR s velkým zastoupením ČOV na principu R-D-N je velice perspektivní toto doplnění stávajících ČOV.



Obr. 5.3.1 Schéma In situ bioaugmentace nitrifikace

DEPHANOX

Je zřejmé, že kultivační podmínky pro organotrofní a nitrifikační bakterie jsou rozdílné, což vede k problémům zajistit společně odstraňování organického znečištění a oxidaci amoniakálního dusíku na dusičnanový dusík. Proto byla navržena technologie DEPHANOX (DENitrification and PHosphate accumulation in ANOXic conditions), kde nitrifikační stupeň je umístěn separátně. Odpadní voda přitéká do anaerobní zóny, kde dochází k uvolnění fosforečnanů z Poly-P bakterií a zároveň většina organického substrátu je sorbována do vloček aktivovaného kalu. Usazovací nádrž odseparuje aktivovaný kal s organickým substrátem od supernatantu s vysokou koncentrací amoniakálního dusíku. Tento supernatant je následně přečerpán do biofilmového reaktoru, kde dochází k nitrifikaci s mnohem menší ztrátou organického substrátu než v klasické aktivaci. Aktivovaný kal je pak veden rovnou do anoxické zóny, do které je zaveden i odtok z biofilmového reaktoru. Zde dochází k redukci dusičnanového dusíku na plynný dusík a zároveň Poly-P bakterie akumulují do svých buněk fosforečnany. Následná oxická zóna slouží k dočištění a regeneraci Poly-P bakterií. Výhodou takového uspořádání je zajištění nitrifikace bez ztrát

organického substrátu pro následnou denitrifikaci a znovuzavedení biologického odbourávání fosforu. To bylo v posledních letech pro potřeby nitrifikace v klasickém schématu biologického stupně ve většině případů odstraněno a nahrazeno chemickým srážením, což vede ke zvýšení provozních nákladů o srážecí činidla. Přes nesporné výhody v odstraňování nutrietů tato technologie v ČR nebyla doposud ověřena, a ani není známo, že by se ČOV na principu této technologie v nejbližší době budovala.

Řízení provozu ČOV

S rozvojem nutrientových sond schopných online měřit koncentrace různých forem dusíku v aktivaci se ukazuje možnost efektivněji řídit procesy nitrifikace a denitrifikace. Byly popsány možnosti řízení aktivačního procesu pomocí nutrientových sond na příkladu optimalizace procesu odstraňování dusíkatého znečištění na městské ČOV typu oběhová aktivace. Řada provozovatelů těchto ČOV byla nucena přejít ze simultánního procesu nitrifikace – denitrifikace na proces přerušované aerace, kdy časy provzdušňování byly zadávány na základě dlouhodobých zkušeností technologa. On-line měření rozpuštěného kyslíku, amoniakálního a dusičnanového dusíku nově umožňují mnohem lépe střídat fáze nitrifikace a denitrifikace, kdy řídicí systém je tyto fáze schopen změnit na základě aktuálních koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění. Systém je tak mnohem lépe schopen zareagovat na aktuální složení přitékající odpadní vody a především zabráňuje chodu takzvaně na prázdno (např. kdy probíhá aerace, ačkoliv již veškerý amoniakální dusík byl zoxidován na dusičnanovou formu). Na všech ČOV typu oběhová aktivace zavedení tohoto systému znamenalo snížení koncentrací celkového dusíku na odtoku z ČOV a stabilnější plnění předepsaných emisních limitů. Tento systém řízení lze plně doporučit pro všechny ČOV typu oběhová aktivace, které jsou v ČR poměrně rozšířenou technologií.

Aplikace kyslíku pro čištění odpadních vod

Jednou ze zásadních podmínek pro správnou funkci čistírny odpadních vod je dostatečné provzdušňování oxických zón. Koncentrace rozpuštěného kyslíku by v těchto zónách neměla poklesnout pod 2 mg.l^{-1} , jinak hrozí zhoršení odstraňování organického znečištění a především zastavení procesu nitrifikace. Zvláště v letním období může být problém dosáhnout této požadované koncentrace díky menší rozpustnosti kyslíku v aktivační směsi za vyšších teplot. Klasickou metodou zajištění oxických podmínek v aktivační nádrži je dodávka atmosférického vzduchu přes jemnobublinné aerační elementy. Jinou možností je nahradit atmosférický vzduch čistým kyslíkem. Při takovéto aeraci je zajištěno, že všechny mikroorganismy ve vložce aktivovaného kalu jsou dostatečně zásobeny kyslíkem a zapojují se do procesu odbourávání organického znečištění. Díky tomu je možno dosáhnout až o 40% nižší produkci přebytečného kalu. Zároveň se vytvářejí větší a kompaktnější vložky aktivovaného kalu, díky čemuž má aktivovaný kal lepší separační vlastnosti. Všechny tyto výhody jsou ale zapláceny vyššími provozními náklady na aeraci oxických zón. V případech velkých výkyvů látkového zatížení ČOV se jako rozumný kompromis jeví používat kyslíkovou aeraci pouze v případech, kdy by díky nátoky odpadní vody nebylo možné udržet požadovanou koncentraci kyslíku v aktivaci klasickou aerací atmosférickým vzduchem.

Membránové technologie

Jednou ze zásadních fází biologického čištění odpadních vod je separace aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody. Špatná separace může vést až k úniku aktivovaného kalu do odtoku, což výrazně zhorší kvalitu vyčištěné odpadní vody. V čistírenské praxi stále častěji nahrazují klasické dosazovací nádrže membránové technologie. Jejich výhodou je především úspora místa pro dosazovací nádrže a především separační vlastnosti aktivovaného kalu nezávisí na jeho charakteru. Systém je rovněž možné provozovat při

daleko větších koncentracích aktivovaného kalu. Tuto technologii je možné použít pro všechny velikostní kategorie ČOV. Membránové technologie se obvykle pohybují v oblasti mikrofiltrace až ultrafiltrace. Díky tomu dochází při separaci aktivovaného kalu k odstraňování veškerých nerozpuštěných látek, ale i bakterií a virů. Tato skutečnost dává možnost takto vyčištěnou odpadní vodu opětovně využít jako vodu užitkovou, k rekultivacím apod. Nevýhodou této technologie je pak postupné zanášení membrán a jejich nutná regenerace a zároveň nižší životnost (udává se 7 až 10 let). V ČR panuje k této technologii do těchto chvil obecně nedůvěra a tato technologie se navrhuje jen v ojedinělých a výjimečných případech. Nejčastěji se poukazuje na nízkou životnost membrán, které ale představují poměrně vysokou část investičních nákladů. Vzhledem k tomu, že se naprostá většina ČOV staví za pomoci dotací, může být pro majitele a provozovatele ČOV tato výměna do budoucna velkým finančním problémem. Pokud bude i nadále jediným způsobem nakládání s vyčištěnou odpadní vodou její vypouštění do povrchových toků, v ojedinělých případech pak do podzemních vod, není v ekonomických podmínkách ČR výrazné rozšíření této technologie v nejbližší budoucnosti reálné. Na řadě odborných konferencí je totiž poukazováno, že zbavovat se takto kvalitně vyčištěné odpadní vody jejím prostým vypouštěním je ekonomicky nerozumné.

Membránové technologie mají ovšem velký potenciál pro čištění odpadních vod určených k opětovnému využití. Již dnes se ve světě pomalu upouští od pojmu „wastewater“, neboť voda i ve znečištěném stavu je stále důležitou a nenahraditelnou surovinou. Tento termín se postupně nahrazuje výrazy jako „water reuse, water reclamation, water recycling“. Již dnes existuje ve světě řada příkladů opětovného využití odpadních vod, například v Namibii, Kalifornii, Austrálii, Barceloně a v neposlední řadě v Singapuru, kde se vyčištěná odpadní voda stává de facto zdrojem pro vodárenská zařízení upravujících vodu odebíranou k pitným účelům! Přestože situace v ČR není v současné době v tomto ohledu nijak dramatická, je vhodné se na případné nepříznivé období sucha připravit. Do budoucna je nanejvýš žádoucí nachystat se po všech stránkách na možnost opětovného využití vyčištěných odpadních vod nebo zachycených srážkových vod a jejího následného využití. V obou případech budou hrát membránové technologie nezastupitelnou roli, jelikož mají potenciál zajistit vyčištění těchto vod na požadovanou kvalitu. Současně je ale nutné legislativně definovat pojem znovu využití odpadní vody a definovat její minimální požadované složení.

Post-denitrifikace

Pro úspěšné odstranění dusíkatého znečištění je nutné zajistit proces nitrifikace a na něj navazující proces denitrifikace. Zatímco proces nitrifikace je obvykle poměrně stabilní a prakticky závisí jen na době a intenzitě aerace, proces denitrifikace je ovlivněn celou řadou faktorů. Největším omezením procesu denitrifikace je chybějící snadno rozložitelný substrát, který ke své činnosti denitrifikační bakterie vyžadují. V řadě případů je nutné dokonce tento substrát zajistit externím dávkováním. Novou možností se jeví proces post-denitrifikace. Jde o denitrifikaci aplikovanou na odtoku z dosazovacích nádrží. Výhody procesu post-denitrifikace jsou na několika úrovních: Jde o kompaktní jednotku, která je tak vhodná i pro ČOV s omezeným prostorem pro další výstavbu. Velkou výhodou je také snížení provozních nákladů na dávkování externího substrátu. Post-denitrifikace obecně je totiž charakteristická tím, že reakce je specifická. Vzhledem k tomu že nitrifikovaná voda odtékající z dosazovacích nádrží je už separovaná od většiny mikroorganismů, tedy i organotrofních, dávkovaný substrát je specificky využit na denitrifikaci. Není tedy nutné jeho dávkování ve vysokém přebytku tak, jak je nezbytné při dávkování do denitrifikační zóny v klasické aktivaci, kde je spotřebován i jinými než cílovými mikroorganismy.

Tato technologie byla instalována a současně době úspěšně provozována na ČOV Hradec Králové, kde díky zavedení této technologie je ČOV dlouhodobě schopna plnit požadovaný emisní limit pro celkový dusík 10 mg.l⁻¹.

5.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Wanner, F. Možnosti použití špičkových technologií čištění odpadních vod v územích se zvláštními požadavky na ochranu jakosti vod. Čistírenské listy, příloha Vodního hospodářství, 2009, roč. 59, č. 5, s. 1-3. ISSN 1211-0760.
- Wanner F. Možnosti použití kombinovaných způsobů čištění odpadních vod. Vodní Hospodářství, 2010, roč. 60, č. 3, s. 66-68. ISSN 1211-0760.

5.4 EXTENZÍVNÍ METODY ČIŠTĚNÍ VOD A JEJICH ÚČINNOST

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2006: *Mgr. Lada Felberová-Stejskalová*
2007: *Ing. Jiří Kučera*
2008 – 2011: *Ing. Eva Mlejnská*

Řešitelský tým: *Mgr. Pavel Eckhardt, Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., Ing. Filip Wanner, Ing. Miroslav Váňa*

5.4.1 Předmět řešení

Výzkumné aktivity byly v subprojektu 3620 od počátku řešení v roce 2005 zaměřeny na extenzivní technologie čištění používané běžně v České republice a na možnosti, jak tyto technologie lépe využít, zvýšit jejich účinnost čištění nebo omezit problémy spojené s jejich využíváním. Výzkum probíhal na biologických nádržích, horizontálně protékajících kořenových čistírnách a na zemních filtrech. Nejprve byla zpracována podrobná literární rešerše možností nakládání s odpadními vodami ze samot a velmi malých sídel a rešerše možností užití extenzivních technologií jako čistírenských zařízení, tato literární rešerše byla během celé doby řešení doplňována o nové poznatky zahraničních i tuzemských výzkumných pracovišť. Dále byl proveden průzkum lokalit potenciálně vhodných k podrobným měřením v dalších letech řešení, po kterém následoval výběr vhodných lokalit pro další sledování. Vybráno bylo šest biologických nádrží, šest kořenových čistíren a tři zemní filtry.

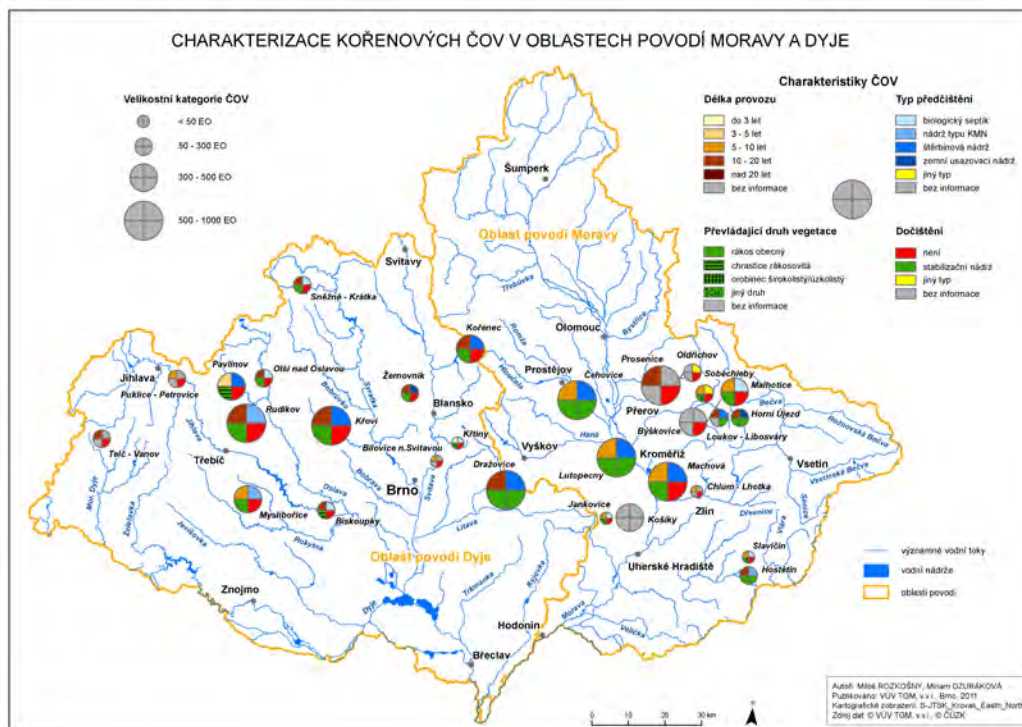
Poté bylo zahájeno pravidelné měsíční sledování vybraných lokalit. Kořenové čistírny a zemní filtry byly sledovány dva roky, biologické nádrže tři roky. Po ukončení sledování následovalo podrobné vyhodnocení naměřených dat. Tato data byla zahrnuta do celé řady publikačních výstupů. Byly vyhodnoceny nejen účinnosti čištění jednotlivých systémů, ale proběhlo i porovnání odstraňování dusíku v kořenových čistírnách a zemních filtrech, byly vyhodnoceny účinnosti čištění jednotlivých usazovacích nádrží, které jsou součástí mechanického předčištění, byly porovnány účinnosti čištění kořenových čistíren ve vegetačním a nevegetačním období, stejným způsobem byly vyhodnoceny i účinnosti čištění biologických nádrží ve vegetačním a nevegetačním období atd.

Vedle tohoto základního výzkumu byla pozornost věnována mnoha dalším specifickým problematikám s extenzivními technologiemi spojeným. Ke zkoumaným specifickým problematikám patřil zejména vznik sekundárního znečištění v dočišťovacích biologických nádržích, analýza průběhu a odzkoušení metod odstranění kolmatace náplně zemních filtrů a kořenových čistíren nebo sledování a vyhodnocení vlivu vypouštěných vyčištěných odpadních vod na různě vodné recipienty. U vybraných kořenových čistíren byly práce zaměřeny také na měření bilance vody v systému, popis proudění a úbytku znečištění v kořenových polích a byly zkoumány možnosti zefektivnění eliminace amoniakálního dusíku. Výzkum výparu a evapotranspirace z kořenových polí probíhal na modelových filtrech i na reálné lokalitě. Výsledky těchto výzkumů byly opět využity k přípravě řady publikačních výstupů.

V průběhu řešení subprojektu došlo k jedné zásadní úpravě řešení. Tato úprava souvisela s celkovou úpravou struktury řešení výzkumného záměru v roce 2007, kdy došlo k přesunutí řešení problematiky „Vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních“ do nově vzniklého subprojektu 3621 (podle aktuálního označení) jehož hlavním řešitelem je Ing. Kateřina Poláková. Vzhledem ke krátké době řešení, po kterou byla uvedená problematika řešena v subprojektu 3620, jsou popis řešení i dosažené výsledky uvedeny u subprojektu 3621.

5.4.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Během celé doby řešení projektu byl aktualizován a doplňován seznam lokalit s extenzivními čistírnami odpadních vod. Podrobněji byla zpracována data pro lokality s kořenovými čistírnami. Část byla později využita k vytvoření mapového výstupu (viz obr. 5.4.1).



Obr. 5.4.1 Charakterizace kořenových ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje

Účinnost čištění

Prvním hlavním cílem subprojektu 3620 bylo vyhodnotit průměrné účinnosti čištění jednotlivých extenzivních technologií využívaných k čištění odpadních vod z malých obcí a tím posoudit jejich vhodnost pro tyto lokality. Zkušenosti z průzkumu vybraných lokalit i výsledky laboratorních rozborů ukazují, že všechny tři technologie lze použít, protože účinnost čištění pro nerozpuštěné látky a organické znečištění je vysoká a srovnatelná s účinnostmi čištění klasických mechanicko-biologických čistíren odpadních vod. Nehodí se ale tam, kde jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu vyčištěné vody, zejména pokud je požadováno zvýšené odstraňování nutrientů. Zejména kořenové čistírny vykazují nízké účinnosti čištění amoniakálního dusíku, který je v přítékající odpadní vodě převládající formou výskytu. To je dáno anaerobními podmínkami, které v kořenových čistírnách panují, proto nedochází k nitrifikaci amoniakálního dusíku. Extenzivní čistírny nejsou primárně navrhovány ani za účelem snížení koncentrace fosforu, ale mohou jeho odtokové množství výrazně snížit. Pro dosažení vyšších účinností odstraňování fosforu by bylo nutné použít např. speciální sorpční médium nebo srážení fosforu. Výsledky shrnuje tabulka 5.4.1.

Mechanické předčištění

Během výzkumu extenzivních způsobů čištění se ukázalo, že řádná funkce mechanického předčištění je nutným předpokladem pro dlouhodobý provoz navazujícího biologického stupně, zejména u kořenových čistíren a zemních filtrů. Z vyhodnocených vyplývá, že vyšší účinnost odstranění nerozpuštěných látek je zpravidla doprovázena vyšším úbytkem $CHSK_{Cr}$.

i BSK₅. To odpovídá předpokladu, protože významná část organického znečištění se ve vodě vyskytuje v nerozpuštěné formě. Odstranění fosforu závisí spíše na oxidačně redukčních podmínkách v mechanickém stupni než na původní formě výskytu. Odstranění dusíku je způsobeno zpravidla pouze denitrifikací případně přítomných dusičnanů v anoxických podmínkách, odstranění amoniakálního dusíku se nedá očekávat a ani k němu významně nedochází.

Tab. 5.4.1 Přehled celkových průměrných účinností čištění v letech 2006 – 2007

		NL ₁₀₅ (%)	CHSK _{Cr} (%)	BSK ₅ (%)	N-NO ₃ ⁻ (%)	N-NO ₂ ⁻ (%)	N-NH ₄ ⁺ (%)	N _{anorg.} (%)	N _{org.} (%)	P _c (%)
ZF	Ládví	92,4	80,1	91,0	-263	-40,5	47,4	13,3	84,6	30,7
	Tachov	92,9	90,5	95,6	-897	-126	67,1	46,7	91,0	68,6
	Vyskytná	77,2	75,3	84,1	-186	54,8	1,9	-9,6	69,8	41,6
	průměr	87,5	82,0	90,2	-449	-37,3	38,8	16,8	81,8	47,0
KČOV	Sv. Jan	96,1	88,4	93,0	90,4	97,6	0,1	4,0	84,6	8,6
	Tachov	98,2	83,8	86,5	84,1	86,2	8,2	11,5	91,9	39,2
	Žernovník	80,0	79,3	92,9	62,7	-13,1	25,5	27,4	90,9	16,9
	Olší	83,4	59,4	92,9	42,7	88,6	65,1	54,6	63,5	22,8
	Myslbořice	94,0	84,9	89,7	59,2	42,7	-16,1	-8,8	92,8	29,7
	průměr	90,3	79,2	91,0	67,8	60,4	16,5	17,7	84,8	23,4
BN s předč.	Malonty	56,2	51,4	74,9	59,7	53,8	5,7	16,4	32,7	24,5
	SMPL	80,0	68,1	89,1	13,9	-0,2	42,7	40,0	69,4	40,7
	Č. Rudolec	-71,9	2,6	58,8	28,1	19,2	52,1	45,1	16,2	45,4
	průměr	21,4	40,7	74,3	33,9	24,3	33,5	33,8	39,4	36,8
BN bez předč.	Kobylice	50,0	45,7	74,2	31,6	-88,4	76,9	70,8	43,7	65,7
	Nesměň	-1,6	19,9	35,6	63,1	65,5	42,4	47,7	32,7	39,6
	Soběnov	68,5	37,8	49,1	83,6	65,7	7,6	26,3	50,1	17,9
	průměr	39,0	34,4	53,00	59,4	14,3	42,3	48,3	42,2	40,4

Sledování změn vlastností filtračních materiálů

Během výzkumu kořenových čistíren byla pozornost věnována také sledování změn vlastností filtračních materiálů, zejména pórovitosti a propustnosti. Opakovaně byly provedeny odběry vzorků materiálu filtrační náplně z různých míst (nátoková zóna, střed pole, odtoková zóna) a z více transektů podél kořenových polí kořenových čistíren Dražovice, Myslibořice a Olší nad Oslavou. Ve vzorcích filtrační náplně byly stanoveny vybrané charakteristiky jako měrná a objemová hmotnost, pórovitost, podíl kalu v materiálu, sušina kalu a byly připraveny vzorky na stanovení zrnitostní křivky. Získané údaje pak byly doplněny podrobnými rozbory obsahu kalu ve filtrační náplni několika dalších kořenových čistíren, jež byly získány v rámci literární rešerše a spolupráce s ÚVHK Fakulty stavební VUT v Brně. Ze získaných dat byly připraveny sady hodnot pórovitosti celé filtrační náplně a následně byly počítány změny hodnot rychlostní konstanty úbytku organického znečištění a znečištění amoniakálním dusíkem. Výsledky analýz potvrdily předpokládaný gradient míry změn v propustnosti a pórovitosti ve směru od nátokových zón po zóny odtokové. Větší část sledovaných filtračních kořenových polí, kde se nevyskytly kritické problémy s kolmatací, vykazovala pouze menší změny hodnot a ty byly blízké návrhovému, a to i po deseti letech provozu. Ve vertikálním směru byly zjištěny rozdíly mezi svrchní vrstvou obohacenou o zbytky biomasy a zbytkem profilu.

Dále byly identifikovány hlavní příčiny kolmatace filtračních kořenových polí a zemních filtrů. Rozsah kolmatace závisí především na množství těchto látek v přítékající odpadní vodě, zrnitostním složení porézního filtračního prostředí, jeho struktuře a textuře, vegetačním krytu a jeho kořenovém systému, době provozu zařízení apod. Příčinou kolmatace bývá nejčastěji buď nevhodně řešený dešťový oddělovač (propouštějící neúnosně vysoké průtoky odpadních vod na mechanický stupeň čištění, který je nezvládá), nebo špatná konstrukce či provozování usazovací nádrže (nahromaděný kal v usazovacím prostoru vyhnívá a vzplývá, a dostává se tak až přímo do filtračního lože). Příčinou může být také nevhodně zvolený materiál filtračního prostředí vegetační kořenové čistírny, či biologická kolmatace z předřazené biologické nádrže a rozdělovacího příkopu. U přetížených filtračních kořenových polí byly zjištěny projevy kolmatace, mimo zjištěného vysokého podílu kalu ve filtračních materiálech (5 – 10 %, ale i hodnoty vyšší) byl hlavním projevem výskyt povrchového proudění vody přes ucpanou zónu. Navazující výzkum se zaměřil na ověření možností biologického čištění zakolmatovaných materiálů. Výsledky jsou uvedeny v následující části textu.

Biologické čištění zakolmatovaného filtračního lože

Na lokalitě zemní filtr Ládví došlo vlivem nesprávné funkce mechanického předčištění k zakolmatování filtrační náplně a tím k výraznému zhoršení účinnosti čištění a snížení množství čištěných odpadních vod. Na tomto zakolmatovaném zemním filtru byla použita alternativní metoda vyčištění filtrační náplně, která spočívá v aplikaci biologického preparátu na bázi bakterií a enzymů. Ten rozkládá organické znečištění, které způsobuje kolmataci filtrační náplně. Provedený experiment ale bohužel nepřinesl zcela průkazné výsledky. Nadávkování preparátu sice dočasně pomohlo alespoň zčásti uvolnit zakolmatované filtrační lože a obnovit požadovanou účinnost čištění odpadních vod v zemním filtru. Zároveň ale nelze říci, že by přidáním enzymů došlo k úplnému a trvalému uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru. V tomto případě hrál zřejmě značnou roli charakter kolmatace, kdy vlivem nedostatečně funkčního mechanického předčištění došlo k ucpaní filtru i látkami, které nejsou biologicky rozložitelné. Dlouhodobé průměrné výsledky a výsledky po odstranění zakolmatování shrnuje tab. 5.4.2.

Tab. 5.4.2 Přehled účinností čištění jednotlivých ukazatelů znečištění

		CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	NL (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	N _{org.} (mg.l ⁻¹)	P _{celk.} (mg.l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)
P 2006- 2008	max	700	280	716	60,0	0,950	7,50	38,0	9,20	5,40
	min	50,0	20	22,0	3,70	0,020	0,200	4,20	0,950	0,750
	průměr	279	125	137	24,4	0,365	2,94	12,1	4,69	2,73
M 2006- 2008	max	485	203	188	51,0	1,10	6,50	28,0	7,60	5,20
	min	37,0	16	17,0	3,30	0,020	0,100	2,70	0,650	0,750
	průměr	224	92	77,2	24,7	0,194	1,03	9,68	3,99	2,62
O 2006- 2008	max	109	38	28,0	27,0	4,95	26,0	18,3	5,00	5,00
	min	12,0	0,70	1,00	0,350	0,020	3,00	0,050	1,70	1,70
	průměr	55,5	11	10,5	12,9	0,513	10,7	1,86	3,25	2,94
P 3/2010 - 10/201	max	506	320	160	42,4	2,24	8,89	19,7	5,23	3,75
	min	194	110	36	10,5	0,17	0,37	0,24	2,47	1,26
	průměr	298	155	84	17,8	0,70	4,40	8,25	3,38	1,96
M 3/2010 - 10/201	max	363	110	110	32,5	2,70	8,42	19,8	5,53	3,26
	min	152	57	27	11,3	0,02	0,10	4,02	2,65	1,52
	průměr	218	75	74	24,0	0,75	2,61	8,64	3,99	2,39

		CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	NL (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	N _{org.} (mg.l ⁻¹)	P _{celk.} (mg.l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)
O 3/2010 - 10/201	max	71	14	12	21,10	0,90	21,1	1,96	4,03	3,46
	min	25	3,0	2,0	0,09	0,02	5,71	0,19	2,21	1,83
	průměr	39	7,0	4,5	10,31	0,31	11,61	0,84	3,01	2,80

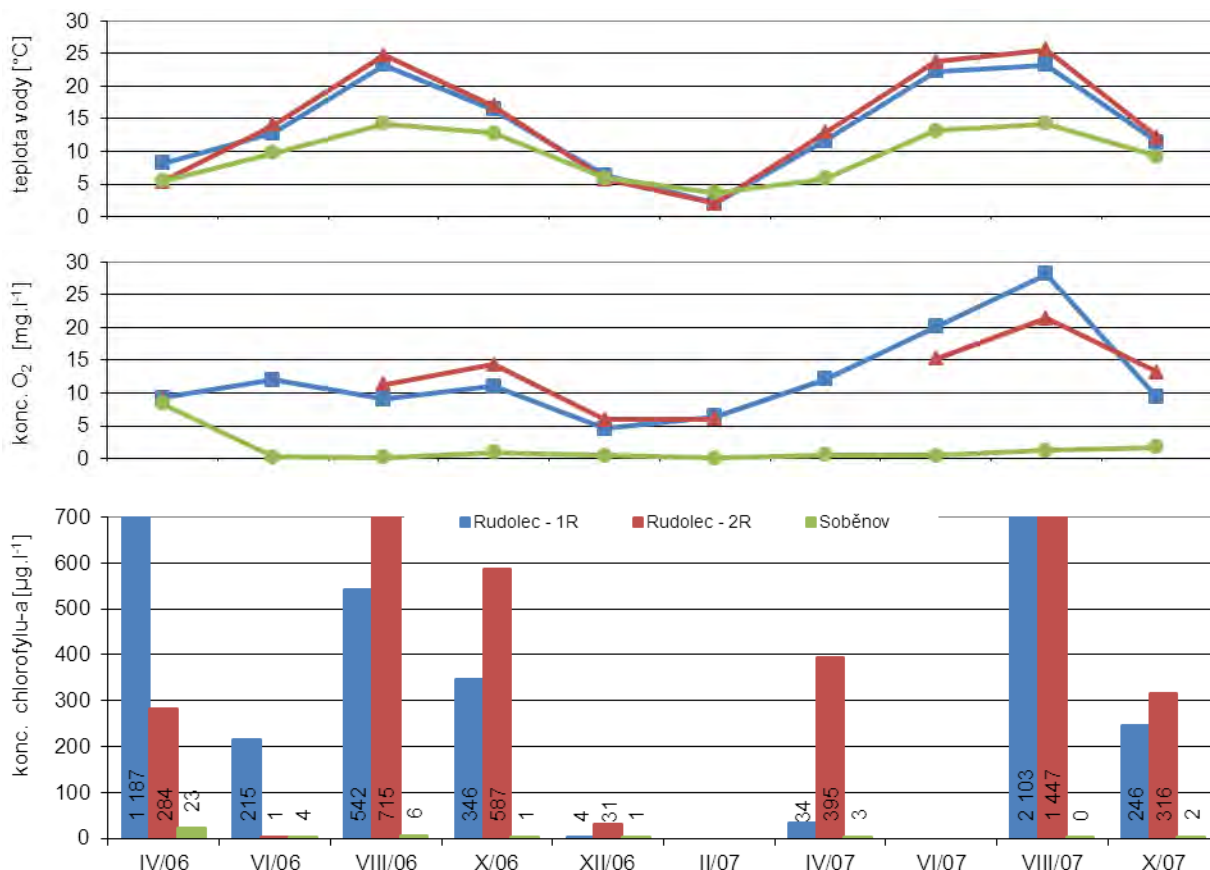
Sezónní dynamika

Vyhodnocení hydraulického zatížení jednotlivých biologických nádrží ukazuje, že nejvýznamnější vliv má především masivní tání sněhu v jarních měsících, kdy může být průtok odpadní vody mnohonásobně vyšší, než je obvyklé. Prakticky na všech lokalitách, kde bylo toto tání podchyceno, je pak i průměrné hydraulické zatížení ve vegetačním období vyšší než v období nevegetačním. Ve většině případů s rostoucím hydraulickým zatížením klesá zatížení látkové. To je způsobeno naředováním přitékajících odpadních vod balastními vodami. Ve dvou případech se projevil opačný efekt, a to u velmi málo látkově zatížených nádrží. Zde naopak s rostoucím hydraulickým zatížením rostlo i zatížení látkové, které je způsobeno vyplavováním usazených nečistot z kanalizace při vyšším průtoku odpadních vod.

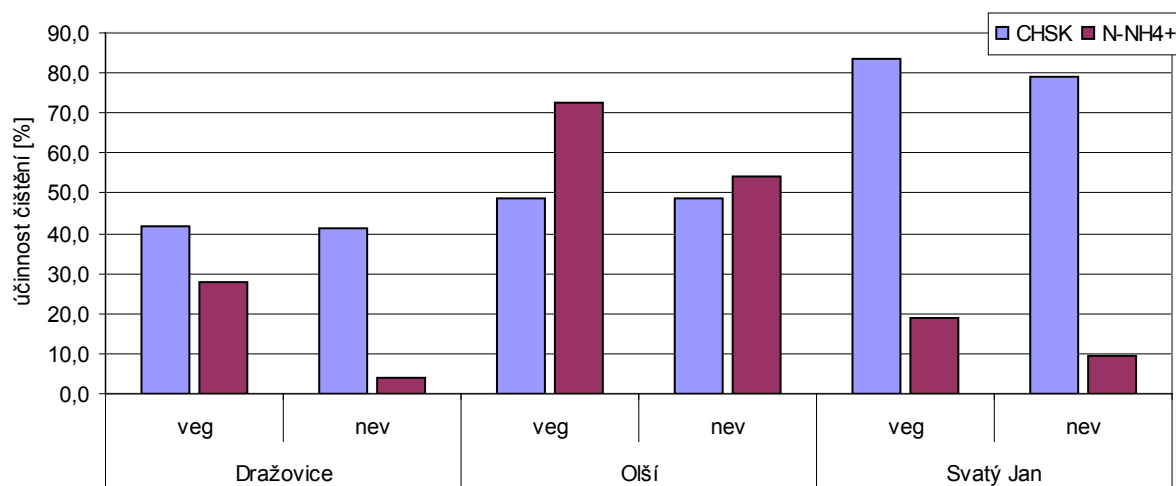
V průběhu vegetačního období dochází na většině soustav biologických nádrží k bujení fytoplanktonu (zejména zelených řas). To je velice dobře dokumentováno měřeními chlorofylu-a (viz graf 5.4.1). Rozvoj zelených řas má pak v mnoha případech za následek zhoršování kvality odpadní vody na odtoku, především v parametrech CHSK_{Cr}, BSK₅ a nerozpuštěné látky. Výsledná účinnost čištění pak může vycházet až záporná. Ale vzhledem k situaci, že na některých čistírnách přitéká velmi zředěná odpadní voda, nejsou koncentrace znečištění na odtoku významně vysoké. Průměrné hodnoty bez problému splňují emisní standardy uvedené v příloze č. 1 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění. Analýzou dat bylo potvrzeno, že v klimatických podmínkách ČR je nutno počítat se zhoršením účinnosti čištění biologických nádrží pro organické znečištění ve vegetačním období, a to v případech, kdy v nich dochází k nadměrnému bujení fytoplanktonu. Pro amoniakální dusík je naopak nutné počítat s nižší účinností čištění odpadních vod v nevegetačním období, protože účinnost odstraňování amoniakálního dusíku je závislá na teplotě odpadní vody.

Průběh hydraulického zatížení sledovaných kořenových čistíren indikuje rozdíly mezi vegetačním a nevegetačním obdobím. Výrazně vyšší maxima byla dosažena během nevegetačních období na dvou kořenových čistírnách. Tato skutečnost opět souvisela s obdobím tání sněhu a vyšších srážkových úhrnů během dvouletí, v němž probíhalo sledování.

Analýzou dat bylo potvrzeno, že v klimatických podmínkách ČR je možno počítat s vyhovujícím čistícím účinkem pro organické znečištění a nerozpuštěné látky i v nevegetačním období. Naopak u amoniakálního dusíku je nutné počítat se zhoršením účinnosti čištění během nevegetačního období (viz graf 5.4.2). Řešením tohoto problému u větších ČOV, kde je požadováno určité stabilní čištění také pro amoniakální dusík, je doplnění kořenové čistírny o dočišťovací biologickou nádrž, biofiltr nebo použít kombinované systémy čištění.



Graf 5.4.1 Kolísání teploty, koncentrace rozpuštěného kyslíku a koncentrace chlorofylu-a během roku na lokalitách Rudolec a Soběnov

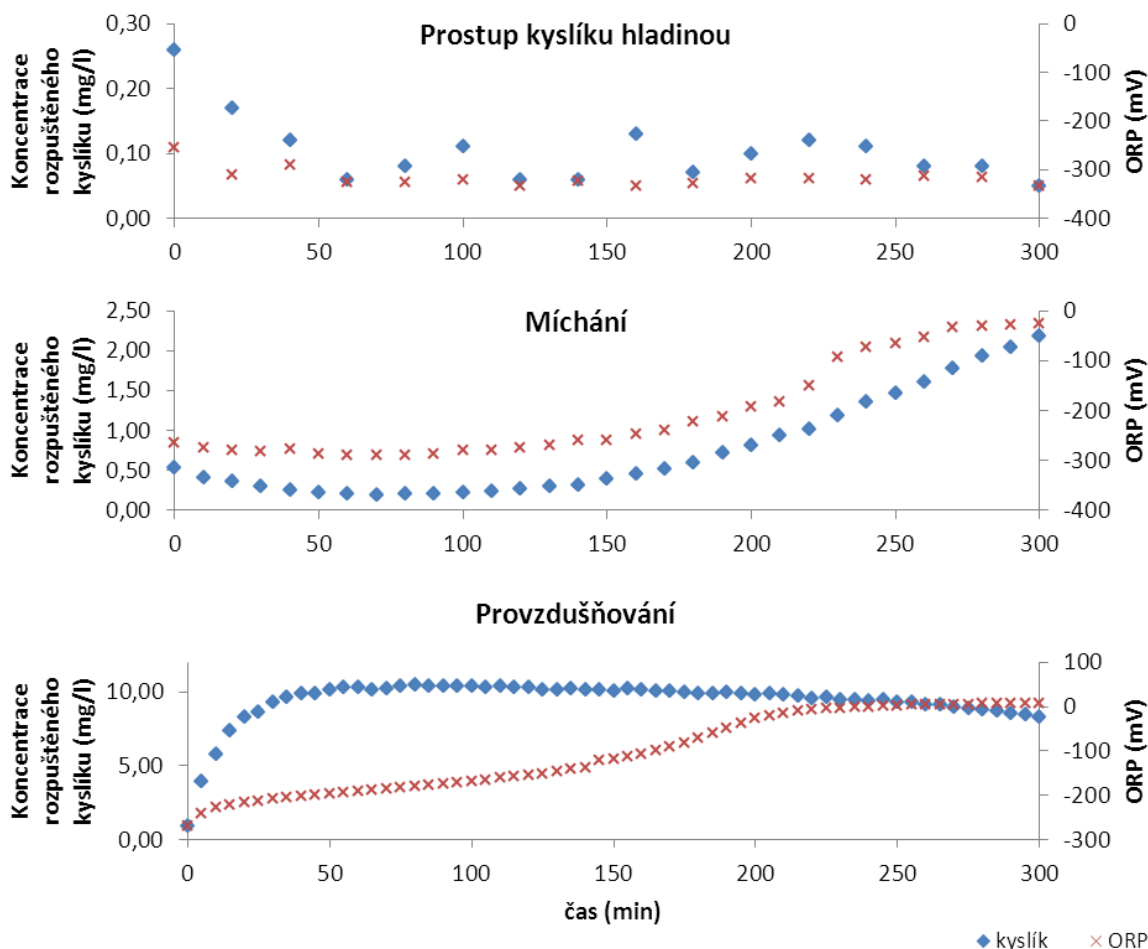


Graf 5.4.2 Rozdíl v účinnostech čištění během vegetačního (veg) a nevegetačního (nev) období na vybraných lokalitách pro parametry CHSK a amoniakální dusík

Anaerobní podmínky

Z dat naměřených v kořenových čistírnách byly odvozeny zatěžovací parametry, za kterých kořenová pole přecházejí do anaerobních podmínek. Vyčerpání kyslíku a přechod do anaerobie byl zjištěn u všech sledovaných kořenových čistíren, kde na 1 EO připadá plocha

menší než 15 m², což je trojnásobek běžně doporučené návrhové hodnoty. Na vybrané lokalitě Mořina byl proveden i podrobný výzkum dopadu vypouštěných vyčištěných odpadních vod v anaerobních podmínkách na recipient. Vedle terénního měření proběhla i série laboratorních pokusů s odpadní vodou v anaerobních podmínkách, kde byly zkoumány jednotlivé mechanismy přestupu kyslíku do vody. Naměřené výsledky ukazují, že přestup kyslíku hladinou během celé doby trvání pokusu neprobíhal. Naopak nejrychleji dochází ke zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku i ORP při provzdušňování systému, i když i pouhým mícháním u dna dochází k postupnému nárůstu koncentrace rozpuštěného kyslíku i ORP (viz graf 5.4.3).



Graf 5.4.3 Koncentrace rozpuštěného kyslíku a ORP při prostupu hladinou, míchání a provzdušňování ze série laboratorních pokusů

Vliv vypouštění odpadních vod na stav recipientu

Byly vybrány tři soustavy biologických nádrží (Český Rudolec, Soběnov a Malonty), které reprezentují rozdílné průtoky vyčištěné odpadní vody. Z těchto čistíren odtéká vyčištěná odpadní voda do různých vodních recipientů, a také kvalita vody v těchto recipientech je různá. Z provedených měření bylo zjištěno, že vybrané lokality reprezentují různý stupeň ovlivnění recipientu odtokem z ČOV, který mění kvalitu toku i okolního prostředí v řádu stovek metrů.

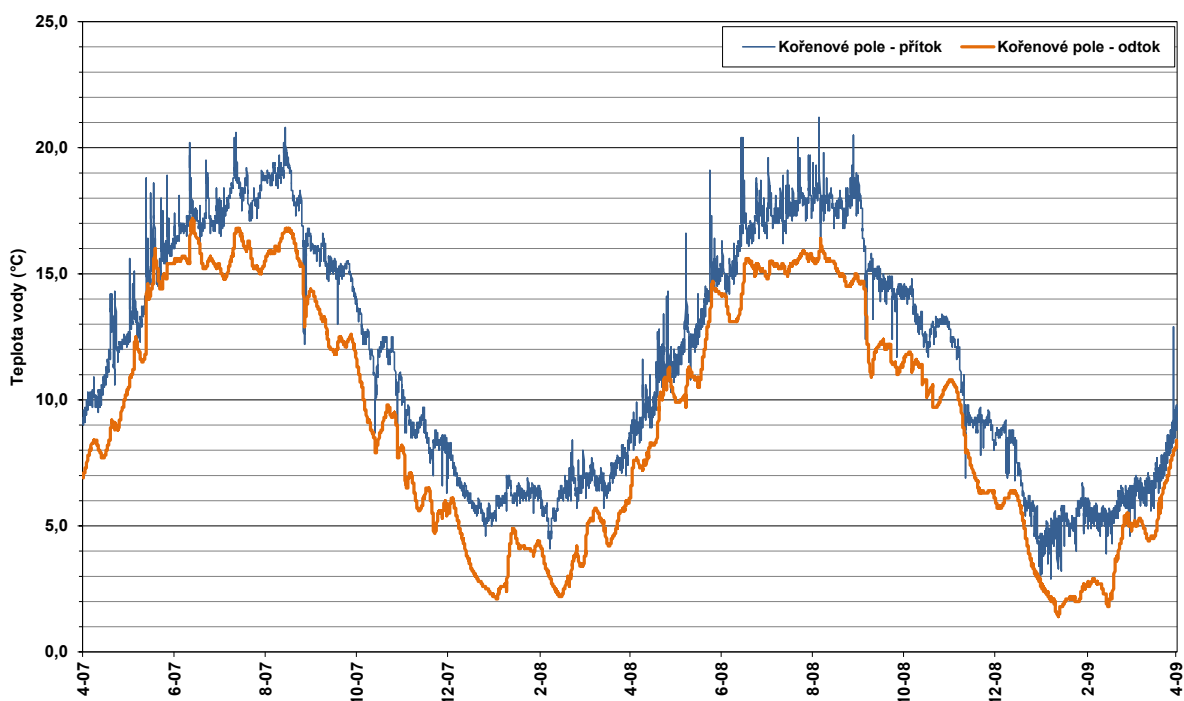
Vzhledem k velkému rozsahu této problematiky probíhalo další podrobné sledování na lokalitě Soběnov a Mořina, kde se odtékající odpadní vody nacházejí v anaerobních podmínkách. Byl proveden i podrobný hydrobiologický průzkum na obou lokalitách. Míra ovlivnění toku na lokalitě Mořina závisí značně na průtoku vody v recipientu, na průtoku

vyčištěné odpadní vody, na povětrnostních podmínkách, na charakteru koryta apod. Z naměřených dat je patrné, že v bezprostřední blízkosti výpusti dochází k prudkému poklesu koncentrace kyslíku a ORP.

Změny ve sledovaných hydrobiologických ukazatelích (fyto-bentos, makrozoobentos) nad a pod výpustí z kořenové ČOV dokládají, že zaústění vyčištěné odpadní vody v anaerobních podmínkách do mírně znečištěného drobného vodního toku vede k naprosté degradaci společenstev fyto-bentosu i makrozoobentosu a masivnímu rozvoji bakteriálních nárostů. Tento negativní antropogenní vliv potlačuje samočisticí schopnost toku natolik, že ani v nejnižším sledovaném profilu (po cca 300 m) nedošlo k regeneraci těchto společenstev.

Výpar z kořenových polí, vodní a teplotní bilance

Problematika výzkumu kořenových čistíren odpadních vod byla v průběhu řešení doplněna i o měření teploty vody při průtoku kořenovými poli, jelikož je jedním z parametrů, které ovlivňují čistící procesy. Měření teploty odpadní vody a teploty vzduchu probíhalo nárazově při odběrech vzorků odpadních vod na sledovaných čistírnách v období monitoringu 2006 – 2008. V roce 2006 bylo spouštěno kontinuální měření teploty vody na přítoku a na odtoku z jednoho kořenového pole ČOV Dražovice. Toto pole má obvyklé návrhové parametry (obdélníkový tvar, šířka nátoku cca 0,15 m.1EO⁻¹, hloubka filtrační náplně 0,6 až 0,8 m, filtrační materiál jemnozrný štěrk) a v roce 2000 při uvedení do provozu bylo osázeno porostem rákosu obecného. Porost nebyl v období 2000 – 2010 kosen. Měření bylo zajištěno osazením hladinoměrů s čidlem pro měření teploty vody. V grafu 5.4.4 je zobrazen záznam teploty vody na přítoku a na odtoku z tohoto pole v období duben 2007 až duben 2009. Je patrné, že v průběhu roku se rozdíl v teplotě vody mezi přítokem a odtokem obvykle pohybuje v rozmezí 2 až 3 °C.



Graf 5.4.4 Kolísání teploty vody v kořenovém poli ČOV Dražovice – období duben 2007 až duben 2009

Teplota vody dosahuje na přítoku nejvyšších hodnot v letních měsících (červen – září), a to až 18 °C s nárazově se vyskytujícími hodnotami 20 a 21 °C. Na odtoku byly nejvyšší měřené hodnoty blízké 17 °C. Nejnižší hodnoty dosahuje teplota vody od poloviny prosince do března a na přítoku leží pod 5 °C. Nejnižší hodnoty na odtoku jsou cca 2 °C. Obdobné výsledky poskytla i nárazová měření na zbývajících čistírnách. Získané výsledky byly využity při výpočtech hodnot konstant úbytku znečištění ve filtračních kořenových polích a hodnocení čistícího účinku těchto čistíren a činitelů, které účinek ovlivňují.

Souběžně s měřením teploty vody probíhalo na daném filtračním kořenovém poli kontinuální měření změn hladiny vody na osazených měrných přelivech, opět pomocí tlakových hladinoměrných čidel. Cílem bylo zjistit bilanci vody a získat informace o podílu výparu na této bilanci. Měrné přelivy byly osazeny v roce 2006. Průběžně během měřícího období byla prováděna přímá měření průtoku vody pro kalibraci záznamů z osazených čidel. Získány byly měrné křivky závislosti průtoku na výšce hladiny vody na přelivech $Q = f(h)$. Cílem bylo získat data průtočného množství vody na přítoku do filtračního kořenového pole větší plochy (v tomto případě 1 300 m²) a také na odtoku z pole. Během zimních období byla nepřímo ověřována těsnost hydroizolační fólie. Pro výpočty bilance vody byly získány údaje z nejbližších srážkoměrných stanic. Vodní bilance byla sledována i pro modely filtračních kořenových polí v areálu Fakulty stavební VUT v Brně, která byla osázena porostem chrastice rákosovité či rákosu obecného, tedy dvou nejčastěji využívaných rostlin na kořenových čistírnách. Z výsledků bilance vody byla počítána evapotranspirace z porostů mokřadních rostlin. Začátek transpirace vody rostlinami rákosu a chrastice (evapotranspirace) je, podle aktuálních klimatických podmínek, v průběhu měsíce dubna. Nejnižší měřené hodnoty se pohybovaly okolo 2 mm.d⁻¹. Nejvyšší zjištěné hodnoty evapotranspirace na provozovaném kořenovém poli se pohybují okolo 7 mm.d⁻¹. Tomu odpovídá podíl na aktuální vodní bilanci až 14 %. V teplých letních dnech, kdy i teplota odpadní vody ve filtračním prostředí překračuje 15 °C, se transpirace porostu rákosu pohybuje v hodnotách 5 – 10 mm.d⁻¹ při maximálním výparu. Podle měření je dlouhodobý podíl evapotranspirace z kořenových polí na vodní bilanci čistírny cca 5 % při zahrnutí množství vody na přítoku, množství vody na odtoku a srážek.

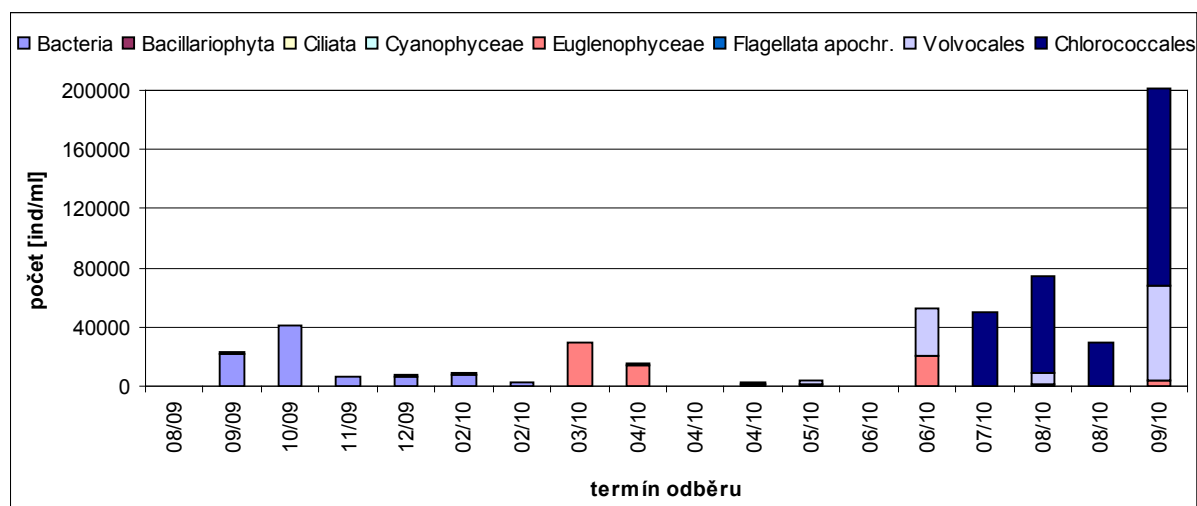
U modelů filtračních kořenových polí osazených porosty rákosu obecného, nebo chrastice rákosovité byl zjištěn začátek evapotranspirace ke konci měsíce března a konec během měsíce listopadu, a to opět v závislosti na aktuálních klimatických podmínkách. Bylo zjištěno, že se zmenšující se plochou porostu je evapotranspirace vyšší. Byly vypočítány následující hodnoty evapotranspirace: 3 až 10 mm.d⁻¹, v případě menších modelů se starším porostem rákosu až k hodnotám 15 a 17 mm.d⁻¹. Z výsledků měření a výpočtů vodní bilance a evapotranspirace vyplývá, že mokřadní rostliny mají vysokou transpirační schopnost, která závisí na druhu, stáří, vlastnostech porostu a na klimatických činitelích. Pro dosažení maxima transpirace musí být mokřadní rostliny řádně zakořenělé a plně vyspělé a porost musí být dostatečně zapojený a zásobený živinami (což není v případě ploch pro čištění odpadních vod problém).

Výsledky šetření byly porovnány s vybranými dostupnými údaji některých našich autorů. Podle Čížkové et al. (2003) hodnoty evapotranspirace na velkých plochách dosahují nejvyšších hodnot 5 až 7 mm za den. Uvedený autorský kolektiv uvádí, že na malých lyzimetrech plochy 1 m² mohou hodnoty evapotranspirace vystoupat až na 13 mm za den. Hodnoty výparu uvedené v literatuře (Příbáň, 1998) se pohybují v rozmezí 1,4 – 11,4 mm za den pro rákos obecný a v rozmezí 3,2 – 5,7 mm za den pro orobinec. Podle předběžných výsledků je patrné, že hodnoty spočtené pro reálné filtrační kořenové pole osázené plně zapojeným porostem rákosu obecného, jsou nižší. Průměrné hodnoty zjištěné naším výzkumem odpovídají hodnotám uvedeným výše, tj. v průměru 5 – 10 mm za den z plně zapojeného porostu makrofyt (rákos, orobinec, chrastice) během vegetačního období zhruba od května do září.

Dočišťovací stabilizační nádrže

Jelikož celá řada extenzivních čistíren odpadních vod, zejména pro obce nad 500 EO byla v České republice realizována jako kombinace objektů mechanického předčištění – filtračních kořenových polí a dočišťovací stabilizační nádrže, byl výzkum v rámci subprojektu 3620 zaměřen i na sledování a hodnocení čistícího účinku těchto nádrží. Byly ověřovány také vybrané návrhové parametry (např. plocha v hladině na 1 EO, hydraulické a látkové zatížení). Zjištěné poznatky ukazují, že při dodržení návrhových parametrů mají tyto nádrže příznivý vliv na snížení odtoku dusíku a fosforu z čistíren.

V letech 2009 a 2010 byly podrobně sledovány změny ve společenstvu fytoplanktonu dočišťovací nádrže ČOV Dražovice (interval 2 x měsíčně) a doplňkově v případě nádrže ČOV Hostětín. V nádrži ČOV Dražovice docházelo během vegetační sezóny k intenzivnímu rozvoji fytoplanktonu, zřejmě proto, že hladina nebyla postupně zcela pokryta biomasou plovoucích makrofyt, jak bylo obvyklé v dřívějších letech, kdy norná stěna na odtoku udržovala vodní hladinu poměrně klidnou a tím byly nastaveny vhodné podmínky pro výskyt těchto makrofyt. Cílem sledování bylo získat přehled o všech organismech, a to pokud možno na všech trofických úrovních (producenti, konzumenti, destruenti). Odebírány byly prostorově slévané vzorky. Biologický rozbor ukázal v období duben až srpen jasnou dominanci bičíkatých zelených řas řádu *Volvocales* – *Chlamydomonas cf. obovata*, v průběhu září nastává ústup bičíkatých zelených řas ve prospěch fototrofních bakterií *Chromatium okenii*. Mezi organismy s výskytem po celou dobu zkoumání patřili zástupci řádu *Euglenales*, sinic *Phormidium sp.*, ojediněle se vyskytovali zástupci rozsivek. Vývoj biocenózy dočišťovací nádrže je zobrazen v grafu 5.4.5. Popsaná situace se také projevila v čistícím procesu probíhajícícm v dočišťovací nádrži. Prakticky během celé vegetační sezóny byly zajištěny příznivější kyslíkové poměry a poměry pH než v předchozích letech, kdy se postupně vytvořila souvislá vrstva plovoucích makrofyt. Tato období byla spojena také s poměrně dobrým čistícím účinkem pro odstranění dusíku (účinnost čištění až cca 50 %), oproti obdobím nevegetačním.



Graf 5.4.5 Biocenóza dočišťovací nádrže ČOV Dražovice

Výsledky výzkumných prací provedených při řešení subprojektu 3620 během hlavního komplexního sledování vybraných extenzivních ČOV, ale i výsledky dosažené při řešení specifických problematik spojených s navrhováním, realizací a provozem čistíren založených na tzv. extenzivních technologiích, byly průběžně publikovány. Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů je uveden v následující kapitole.

5.4.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Felberová, L. Zimní provoz biologických nádrží. VTEI, příloha Vodního hospodářství, 2006, roč. 48, č. 3, s. 13-14. ISSN 0322-8916.
- Felberová, L., Kučera, J., Mlejnská, E. Experience in non-conventional wastewater treatment techniques used in the Czech Republic. Water Science and Technology, 2007, Vol. 56, No. 5, pp. 146–156. ISSN 0273-1223.
- Mlejnská, E., Wanner, F. Porovnání čistícího účinku zemního filtru a kořenové čistírny. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 1, s. 3-4. ISSN 1211-0760.
- Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D., Váňa, M., Wanner, F., Kučera, J. Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Praha: VAMB - Ing. Vladimír Vicherek, 2009, 120 s., ISBN 978-80-85900-92-7.
- Váňa, M., Hamza, M., Kučera, J., Mlejnská, E. Průběh samočištění anaerobních odpadních vod po vypuštění do recipientu. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 8/2009, 2009, roč. 51, č. 4, s. 4-7. ISSN 0322-8916.
- Rozkošný, M. Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands. Vymazal, J. (ed.) Springer Science+Business Media B.V 2010. [Kap] Efficiency of Wastewater Treatment Constructed Wetlands during Non-Vegetation Season in the Czech Republic. ISBN 978-90-481-9584-8.
- Rozkošný, M., Křiška, M., Šálek, J. Možnosti využití přírodních způsobů čištění odpadních vod a posouzení vlivu předčištění. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 5/2010, s. 116-121. ISSN 1211-0760.
- Wanner, F., Mlejnská, E. Uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru in-situ aplikací enzymů. VTEI, příloha Vodního Hospodářství 12/2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 15-18. ISSN 0322-8916.
- Rozkošný, M., Mlejnská, E. Porovnání účinnosti čištění kořenových čistíren odpadních vod ve vegetačním a nevegetačním období. VTEI, 2010, roč. 52, č. 3/2010, s. 10-13. ISSN 0322-8916.
- Rozkošný, M. Procesy čištění odpadních vod ve filtračních kořenových polích. VTEI, příloha Vodního hospodářství, 2011, roč. 53, č. 4, s. 16-20. ISSN 0322-8916.
- Mlejnská, E. Porovnání účinnosti čištění biologických nádrží ve vegetačním a nevegetačním období. VTEI, příloha Vodního hospodářství, 2011, roč. 53, č. 4, s. 10-13. ISSN 0322-8916.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i.. Přenosné měřidlo výšky hladiny vody na trojúhelníkovém přelivu. Užité vzor. Původce vzoru: Rozkošný, M. Int. 22561. Úřad průmyslového vlastnictví. 10.12.2010.
- Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i.. Vzorkovač smyvu a průsaku. Užité vzor. Původce vzoru: Rozkošný, M., Sova, J.. Int. 22772. Úřad průmyslového vlastnictví. 8.12.2010.
- Rozkošný, M., Dzuráková, M. Charakterizace kořenových ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje; Kořenové ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje - dlouhodobá účinnost pro základní sledované ukazatele znečištění; Kořenové ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje - dlouhodobá účinnost pro doplňkové sledované ukazatele znečištění. 2011. Specializovaná mapa s odborným obsahem.

5.5 VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PŘES PŮDNÍ VRSTVY DO VOD PODZEMNÍCH

<i>Doba řešení:</i>	<i>2005 – 2009: Vsakování předčištěných odpadních vod a dešťových vod v malých sídlech</i> <i>2010 – 2011: Vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních</i>
<i>Hlavní řešitel:</i>	<i>2005 – 2007: Mgr. Lada Felberová-Stejskalová</i> <i>2007 – 2009: Mgr. Pavel Eckhardt</i> <i>2010 – 2011: Ing. Kateřina Poláková</i>
<i>Řešitelský tým:</i>	<i>Ing. Gabriela Hoffmannová, Mgr. Halka Slavíková, Ing. Martin Kozma, Ing. Kateřina Poláková, Mgr. Pavel Eckhardt</i>

5.5.1 Předmět řešení

V letech 2005 až 2007 byla problematika vsakování vyčištěných odpadních vod součástí subprojektu č. 3616 s názvem „Možnosti využití extenzivních způsobů zlepšování kvality vod ke snížení znečištění povodí“. Cílem řešení problematiky vsakování odpadních vod v tomto období bylo posouzení efektu různých extenzivních a netypických způsobů čištění nebo využití odpadních vod z malých zdrojů, vyhodnocení možnosti ochrany citlivých recipientů před vlivy z plošných a difúzních zdrojů znečištění, dále také ověření možnosti ochrany povrchových vod se zvláštními zájmy ochrany přírody řízeným vypouštěním vyčištěných odpadních vod do povodí (např. vsakováním vyčištěných odpadních vod do vod podzemních ve vhodném místě a za dodržení zákonných omezení). Zvláštní pozornost byla věnována použití stabilizačních nádrží k čištění odpadních vod. Způsob řešení spočíval v terénních měřeních, vyhodnocení stavu, návrzích řešení v konkrétních lokalitách a jejich zobecnění.

V roce 2006 byla v rámci subprojektu 3616 provedena rešerše postupů vsakování odpadních vod a způsobů hodnocení vlivu vsakování na podzemní vody, včetně analýzy probíhajících procesů. V rámci výběru míst, vhodných pro sledování vsakovacích procesů, byla vybrána první, horská lokalita Měděnec, na které bylo zahájeno pravidelné dlouhodobé sledování dopadů vsakování odpadních vod do vod podzemních. V roce 2007 byla pro potřeby dlouhodobého sledování vybrána další, tentokrát nížinná lokalita – Horní Beřkovice pod Řípem.

Od roku 2008 byla v rámci restrukturalizace VZ jako celku problematika vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních (vsakování) vyčleněna do samostatného subprojektu 3621. V roce 2008 pokračovalo sledování vsakování odpadních vod do horninového prostředí na obou lokalitách a byla vytipována třetí lokalita s odlišnými přírodními poměry – osada Řevničov – nádraží v okrese Rakovník. Do úkolu byla zahrnuta též problematika výzkumu v oblasti vsakování dešťových vod ze zpevněných povrchů, důležitá mj. z hlediska zadržování vod v krajině.

V roce 2009 bylo cílem řešení posouzení dopadů vsakování přečištěných odpadních vod do horninového prostředí, a to jak z obecného hlediska, tak na konkrétních vybraných lokalitách.

Cílem řešení v roce 2010 bylo připravit návrh znění metodického pokynu, zaměřeného na „vyjádření osoby s odbornou způsobilostí“. Text stanovil rozsah a náležitosti hydrogeologického posudku jako nedílného podkladu při procesu rozhodování o povolení vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 38 odst. (7) vodního zákona. Text metodického pokynu byl plánován jako výstup typu certifikovaná metodika.

Cílem pro rok 2011 byla především finalizace procesu certifikace metodiky a doplnění tohoto výstupu o odborné mapy jako doplňkového nástroje pro zpracování vyjádření osob s odbornou způsobilostí v souladu s připravovaným metodickým pokynem odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Na základě analýzy dostupných mapových podkladů byly v roce 2011 vytvořeny mapové podklady, rámcově definující oblasti, ve kterých vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních z hlediska přírodních poměrů a dalších omezujících podmínek nelze povolit, resp. oblasti, ve kterých je tento způsob vypouštění odpadních vod při dodržení zákonných podmínek a v souladu s metodickým pokynem teoreticky přípustný.

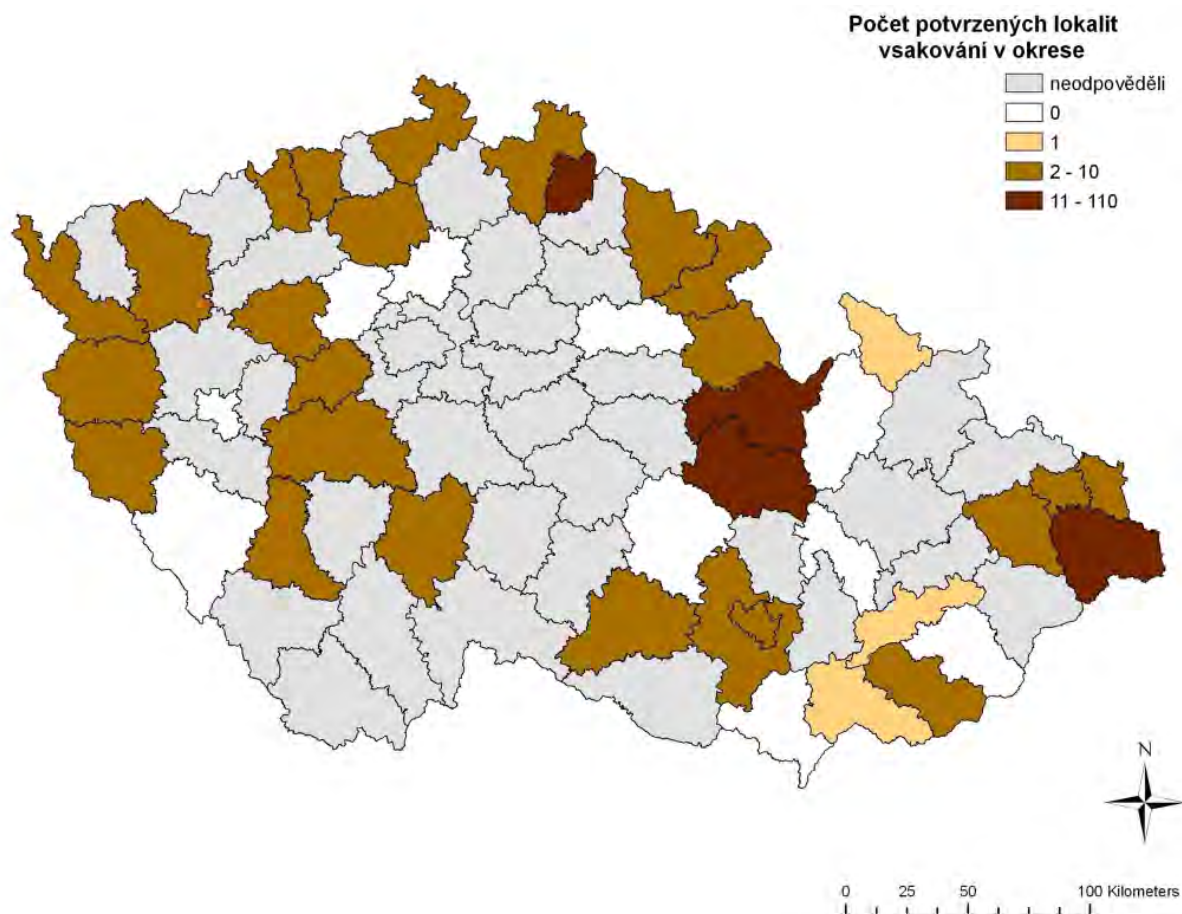
Dalším cílem pro rok 2011 byl odběr kontrolních vzorků, resp. prověření kvality podzemních vod na několika lokalitách, vybraných z databáze archivovaných vyjádření osob s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, s cílem zmonitorovat stav a případně identifikovat možné dopady vypouštění odpadních vod podle § 38 odst. (7) vodního zákona.

5.5.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Vsakování odpadních vod do horninového prostředí může mít opodstatnění u rozptýlené zástavby, kde není ekonomické centrální čištění odpadních vod, či tam, kde není v dosahu vhodný recipient nebo není vhodné odpadní vody vypouštět do vod povrchových přímo (např. u vod oligotrofních s výskytem citlivých vodních organismů). V rámci výzkumu v této oblasti bylo provedeno dotazníkové šetření, byly zhotoveny rešerše odborných podkladů a provedeno sledování na třech lokalitách, na kterých dochází ke vsakování předčištěných odpadních vod do horninového prostředí. V závěrečných letech řešení byl zpracován metodický pokyn, jehož cílem bylo sjednotit obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v hydrogeologii k možnosti vypouštět odpadní vody přes půdní vrstvy do vod podzemních, a jako pomůcka při zpracovávání takových vyjádření byly vypracovány dvě mapy s odborným obsahem spolu s internetovou prezentací obou mapových podkladů. Výsledky prací ukázaly, že vsakování může být – s přihlédnutím ke zcela původnímu cíli subprojektu - ke kvalitě povrchových vod významně šetrnější, než obvyklé přímé vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních (vsakování)

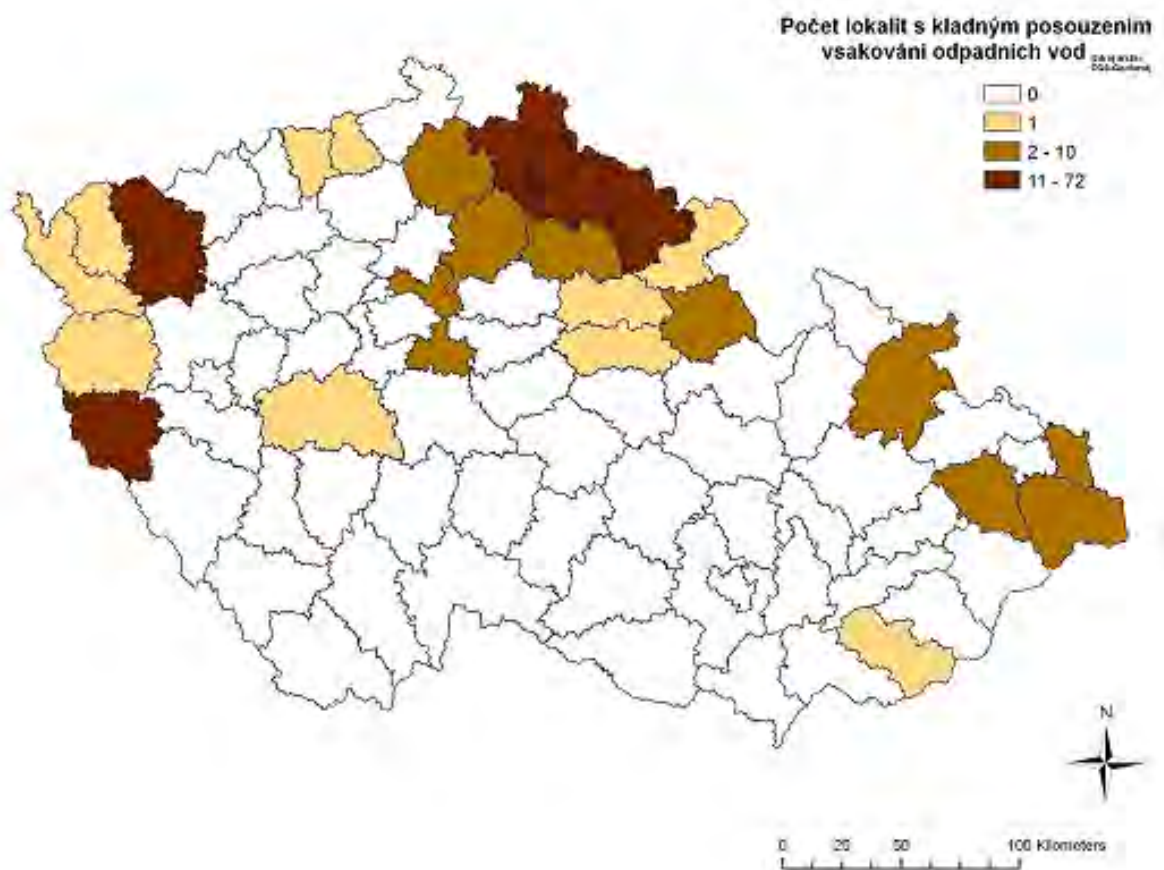
V roce 2005 byl pro usnadnění dalšího roku řešení zpracován orientační přehled situace prostřednictvím dotazníkové akce směřované na vodoprávní úřady obcí s rozšířenou působností. Osloveno bylo elektronickou formou všech 205 vodoprávních úřadů obcí s rozšířenou působností, návratnost činila 26 % (53 odpovědí). Povolení byla většinou udělena k vypouštění odpadních vod z jednotlivých rodinných domů, ojediněle bylo v minulosti povoleno i vsakování vyčištěných odpadních vod z celé obce či její části. Přes skutečnost, že větší část vodoprávních úřadů neodpověděla, byly touto cestou podchyceny řádově stovky lokalit. Ze zjištěných údajů vyplynul zcela nejednotný přístup vodoprávních úřadů k povolování vypouštění odpadních vod do vod podzemních (vsakování). Rozdíly nespočívaly primárně v odlišných hydrogeologických podmínkách, ale v nejednotných výkladech a názorech odpovědných úředníků na tento způsob vypouštění odpadních vod. Podrobné informace o výsledcích dotazníkového šetření byly uvedeny ve stručné rešerši na téma „Vypouštění odpadních vod do vod podzemních – úvod do problematiky a zhodnocení současného stavu“. V roce 2008 byly získané výsledky v rámci aktualizace a doplnění rešerše zpracovány do mapky, znázorněné na obrázku 5.5.1.



Obr. 5.5.1 Počty lokalit vsakování odpadních vod potvrzených úřady obcí s rozšířenou působností

V roce 2006 byla v rámci subprojektu 3616 provedena rešerše postupů vsakování odpadních vod a způsobů hodnocení vlivu vsakování na podzemní vody, včetně analýzy probíhajících procesů. Z rešeršních prací vyplynulo, že vzhledem k možné rizikovosti vsakování odpadních vod na kvalitu vod podzemních je především při posuzování možnosti použití tohoto způsobu vypouštění odpadních vod nutno důkladně zhodnotit konkrétní míru dopadu kontaminovaných podzemních vod na člověka a ekosystémy zejména ve směru proudění od místa vsakování. Míra rizika závisí na konkrétních vlastnostech vsakované odpadní vody a horninového prostředí a z nich vyplývající nutné velikosti reaktivní zóny, v níž probíhá proces přirozené atenuace, potřebné pro přítomné kontaminanty. Nezanedbatelná je také úloha monitoringu stavu kontaminace a procesů přirozené atenuace v nesaturované zóně i zóně saturace. V následujících letech byly poznatky uvedené v rešerši průběžně aktualizovány.

V rámci aktualizace a doplnění rešerše z roku 2005 byly v roce 2008 zpracovány informace získané v archivu ČGS - GEOFONDu. Pro povolení vsakování je třeba kladné vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v hydrogeologii. I přes skutečnost, že ve většině případů neexistuje povinnost tato posouzení v uvedené instituci archivovat, bylo zde dohledáno přes 200 lokalit s kladným posouzením vsakování odpadních vod (z let 1999 až 2008). Rozmístění těchto lokalit znázorňuje mapka na obrázku 5.5.2.



Obr. 5.5.2 Rozmístění lokalit vsakování podle údajů archivu ČGS – GEOFOND

Na problematiku vsakování bylo upozorněno článkem v čísle 4/2008 recenzovaného dvouměsíčníku VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, pojednávajícím o výsledcích vsakování odpadních vod do horninového prostředí z lokality Měděnec.

Od roku 2006 bylo postupně zahájeno sledování vsakování odpadních vod na celkem třech lokalitách, a to v horské obci Měděnec, nížinné obci Horní Beřkovice pod Řípem a v části obce Řevničov. Jedná se o lokality pravidelného dlouhodobého vsakování většího množství předčištěných komunálních odpadních vod (z celé obce či její části), jejich dopad na okolí je tak zřetelnější, než u běžného vsakování malých množství odpadních vod z individuálních objektů. Sledovány byly zejména hlavní kontaminanty komunálních odpadních vod, jako formy dusíku a fosforu, $CHSK_{Cr}$, obsah chloridů a vybraných bakterií. Sledování bylo rozšířeno o screeningový monitoring dalších skupin znečišťujících látek, jako jsou těžké uhlovodíky či kovy.

Byla potvrzena velmi významná redukce znečištění hlavních kontaminantů odpadních vod vlivem procesů doprovázejících vsakování odpadních vod do horninového prostředí. Vybrané specifické organické látky ani kovy se v sledovaných vodách lokalit ve významném množství nevyskytují. Výsledky terénních měření a laboratorních analýz ze tří studovaných lokalit doložily vysokou účinnost odbourávání makrosložek kontaminace v rámci průchodu vod horninovým prostředím. Mezi jednotlivými sledovanými lokalitami byly však zjištěny značné rozdíly. Příznivější je situace na horské lokalitě Měděnec (oproti lokalitě Horní Beřkovice), a to zejména vlivem nižšího množství vsakovávaných vod, vyšších srážkových úhrnů v oblasti, nižší kontaminace požadových podzemních vod a méně intenzivního zemědělského hospodaření v oblasti pod lokalitou vsakování. V případě lokality Řevničov

jsou vsakovaná množství odpadních vod nižší než v uváděných předchozích dvou lokalitách, nebyl zjištěn významnější vliv na blízký tok Klíčava.

Zhodnocení dosavadních výsledků sledování vybraných lokalit vsakování bylo uveřejněno formou článku v čísle 10/2010 recenzovaného časopisu VTEI.

V letních měsících roku 2011 proběhly na lokalitách Horní Beřkovic a Měděnec další odběry vzorků a jejich analýzy. Jejich vyhodnocení bylo provedeno formou samostatné přílohy Zprávy 2011. Sledováním byla opět potvrzena velmi významná redukce znečištění hlavních kontaminantů odpadních vod vlivem procesů doprovázejících vsakování odpadních vod do horninového prostředí. Výsledky terénních měření a laboratorních analýz z obou studovaných lokalit doložily vysokou účinnost odbourávání makrosložek kontaminace v rámci průchodu vod horninovým prostředím.

Na podporu řešení problematiky vsakování rovněž probíhala průběžná aktualizace databáze archivovaných vyjádření osob s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních na území celé České republiky. Zdrojem posuzovaných lokalit jsou mj. odborné práce uložené v archivu České geologické služby – GEOFONDu. V současnosti je evidováno 897 takových archivovaných vyjádření (hydrogeologických posudků), resp. lokalit. Část lokalit z databáze byla v terénu prověřena, byl u nich zjišťován reálný stav realizace vypouštění odpadních vod.

Vsakování dešťových vod ze zpevněných povrchů

Od roku 2008 do nyní již samostatného subprojektu 3621 byla nově zahrnutá problematika výzkumu v oblasti vsakování dešťových vod ze zpevněných povrchů. Vsakování dešťových vod je jedním z možných řešení hospodárného nakládání s dešťovými vodami. Hlavními cíli takového hospodaření jsou zpomalení srážko-odtokových procesů v povodí, snížení odtokového objemu a průtokových špiček v kanalizaci a obnova podzemní vody.

Práce byla započata zpracováním rešerše, která se pokusila objektivně shrnout a popsat tuto problematiku z více pohledů. Poukázala jak na důvody proč vsakovat dešťové vody a výhody takového řešení, tak i možná negativa, která by při návrhu vsakování neměla být opomenuta a podceňena. Byly zde uvedeny hlavní zdroje znečištění srážkových vod i průměrné koncentrace znečišťujících látek v dešťových vodách v závislosti na typu povrchu, ze kterého odtékají. Byly popsány i některé procesy přirozeného odstraňování polutantů při infiltraci. Prostor byl věnován přehledu legislativního rámce platného pro oblast srážkových vod (zejména zákon o vodách, zákon o vodovodech a kanalizacích, stavební zákon, Plán hlavních povodí). V rešerši byly uvedeny příklady základních vsakovacích technik a zařízení a hlavní zásady postupu při návrhu způsobu vsakování dešťových vod. Z textu vyplynulo, že je v první řadě nutné posoudit přípustnost vsakování z hlediska hydrogeologických poměrů, stavu nenasycených půdních horizontů a zranitelnosti podzemních vod. Z bilance mezi dešťovým odtokem a propustností podloží je pak stanovován typ a dimenzována velikost vsakovacího objektu.

V roce 2009 byly vytipovány případné lokality vhodné pro sledování vsakování dešťových vod. Pro sledování a hodnocení kvality vod z dešťových kanalizací byly vybrány tři lokality na území menší obce Hostivice u Prahy. Ve všech případech jde o nově vybudovanou zástavbu se striktně oddílnou kanalizací. O výběru lokalit rozhodla mj. dostupnost území, možnost sledovat úseky dešťové kanalizace s různým charakterem zástavby, souhlas a aktivní spolupráce provozovatele kanalizace. Ve vybraných lokalitách jsou dešťové vody sváděny do retenčních nádrží, kde je velmi dobře možné vzorkovat průběh kvality vody během srážkové události. Vybrané lokality představovaly rozličné typy zástavby, jako skladovací a obchodní areál, zástavba bytových domů a zástavba rodinných domků. Byl zahájen výzkum kvality těchto vod, spočívající mj. v terénním měření a analýzách vod.

Na základě rozhodnutí garanta projektu však bylo od řešení problematiky vsakování dešťových vod v následujících letech ustoupeno.

Certifikovaná metodika

Cílem řešení v roce 2010 bylo připravit návrh znění certifikované metodiky - metodického pokynu zaměřeného na „vyjádření osoby s odbornou způsobilostí“, které je nezbytným podkladem v rozhodovacím procesu o povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 38 odst. 7 vodního zákona. Určení rozsahu a náležitostí tohoto vyjádření a doporučených způsobů posuzování bylo připraveno ve spolupráci VÚV TGM, v.v.i a externích odborníků, zejména hydrogeologů.

Počátkem roku 2011 byl návrh certifikované metodiky „Metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovujícího povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona“ oponován (Ing. Veronika Jáglová z VRV, a.s. a RNDr. Svatopluk Šeda z OHGS, s.r.o.), dopracován na základě připomínek oponentů a v březnu 2011 předán MŽP jako certifikačnímu orgánu k zahájení certifikačního řízení, které bylo stvrzeno 26.5.2011.

S obsahem certifikované metodiky byla veřejnost seznámena prostřednictvím článku, který byl uveřejněn v čísle 5/2011 časopisu VTEI.

Specializované mapové vrstvy

V souladu s obsahem povinné osnovy vyjádření s odbornou způsobilostí podle obsahu výše uvedené certifikované metodiky, resp. připravovaného metodického pokynu MŽP, byl vytvořen seznam limitů, které musí být zohledněny při vypracování vyjádření ke vsakování odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních.

Tyto limity byly rozděleny do dvou kategorií, a to na limity, které znemožňují nebo omezují výstavbu vsakovacího prvku jako součásti domovní čistírny odpadních vod, a na limity, které znemožňují nebo omezují možnost vyjádření kladného stanoviska na základě výsledků konceptuálního modelu vypouštění (resp. předpokládané lokalizace oblastí vstupu vsakované odpadní vody do vody podzemní).

Byla provedena analýza mapových podkladů a nad vybranými dostupnými mapovými vrstvami byly provedeny GIS analýzy, jejichž výsledky jsou obsaženy ve dvou specializovaných mapách s odborným obsahem. Těmito mapami jsou:

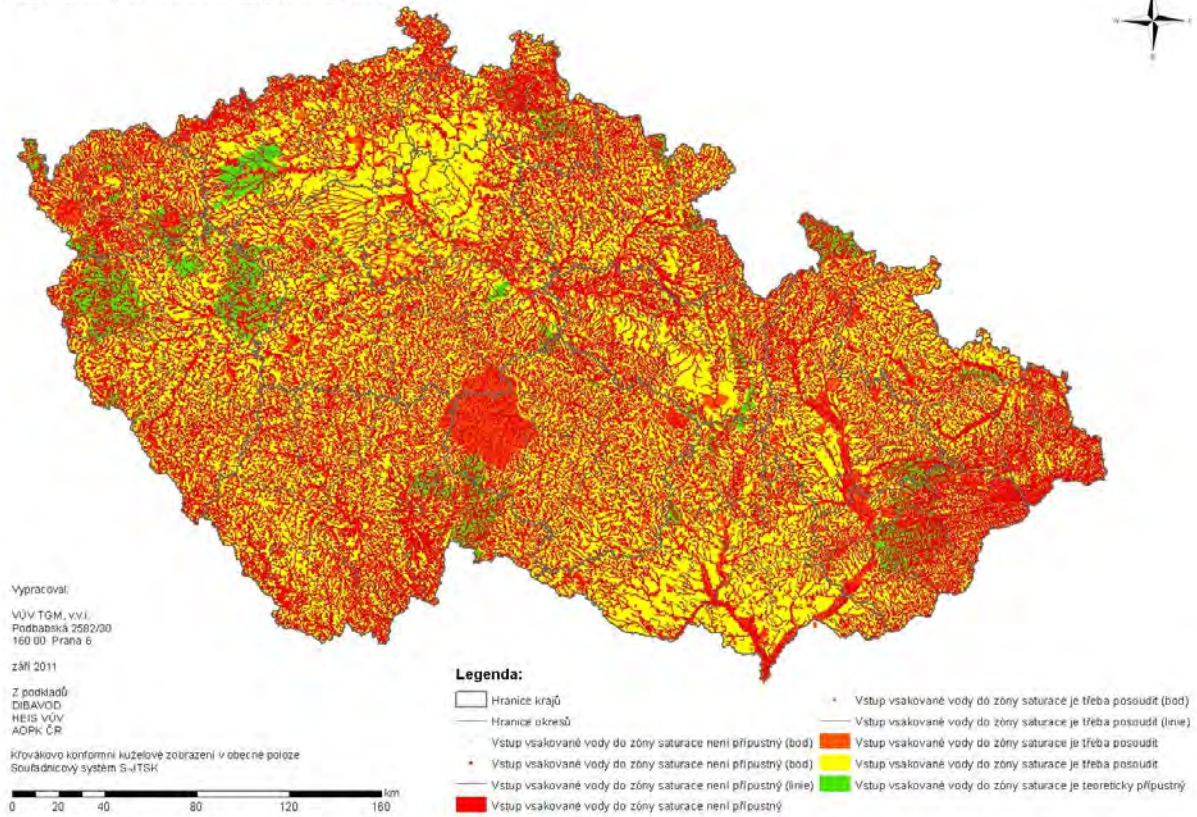
- Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku a
- Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace.

První mapa souvisí s lokalizací samotného vsakovacího prvku jako součásti čistírny odpadních vod a na základě barevného klíče (princip semaforu) vymezuje následující oblasti:

- umístění vsakovacího prvku je v posuzované lokalitě teoreticky přípustné (zelená),
- pro umístění vsakovacího prvku se v posuzované lokalitě vyskytují limitující okolnosti, které je nutné individuálně posoudit (žlutá a oranžová – podle závažnosti daného limitu), a
- umístění vsakovacího prvku v posuzované lokalitě není přípustné (červená).

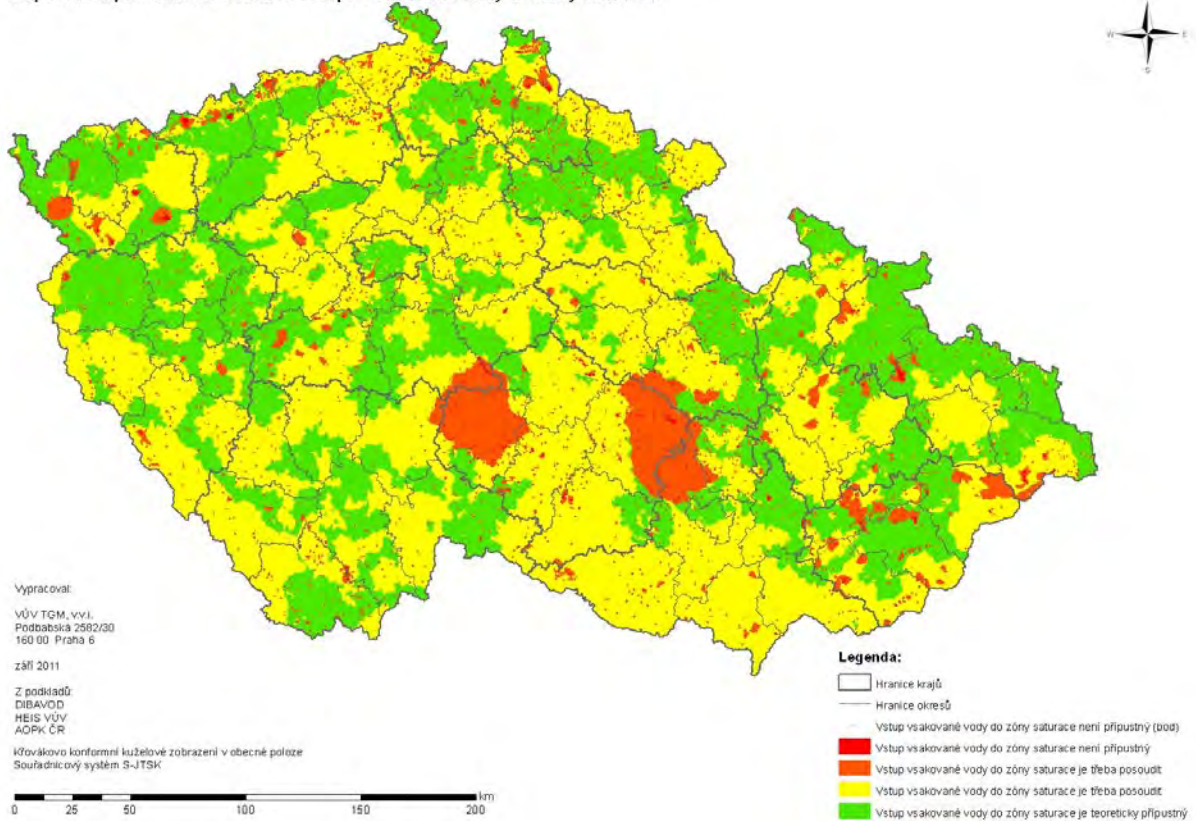
Náhled obsahu mapy, kategorizující území ČR podle vhodnosti umístění vsakovacího prvku, ukazuje obrázek 5.5.3.

Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku



Obr. 5.5.3 Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku

Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace



Obr. 5.5.4 Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace

Druhá mapa (viz obrázek 5.5.4) souvisí s lokalizací oblastí, ve kterých dle výsledků konceptuálního modelu dochází ke vstupu vsakované vody do zóny saturace, a na základě barevného klíče (princip semaforu) vymezuje následující oblasti:

- vstup vsakované odpadní vody do zóny saturace je v posuzované lokalitě teoreticky přípustný (zelená),
- v místě vstupu vsakované vody do zóny saturace se vyskytují limitující okolnosti, které je nutné individuálně posoudit (žlutá a oranžová – podle závažnosti daného limitu), a
- vstup vsakované vody do zóny saturace v posuzované lokalitě není přípustný (červená).

Obě výše uvedené základní mapy byly zpracovány v měřítku 1 : 1 250 000 (velikost obrázku A3). Pro obě základní mapy byly zpracovány mapy pracovní se zobrazením v měřítku 1 : 750 000 (velikost obrázku A1), jako podklad je použita rastrová vrstva Základní vodohospodářské mapy (ZVM 50) a zobrazení jednotlivých kategorií limitů je transparentní.

Pro usnadnění práce s oběma mapovými výstupy byl vypracován doprovodný text pro práci s mapovými podklady.

Všechny dokumenty jsou dostupné ke stažení na stránkách projektu na internetové adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/mapyvsakovaniodpadnichvod>. Náhled internetové stránky je uveden na obrázku 5.5.5).

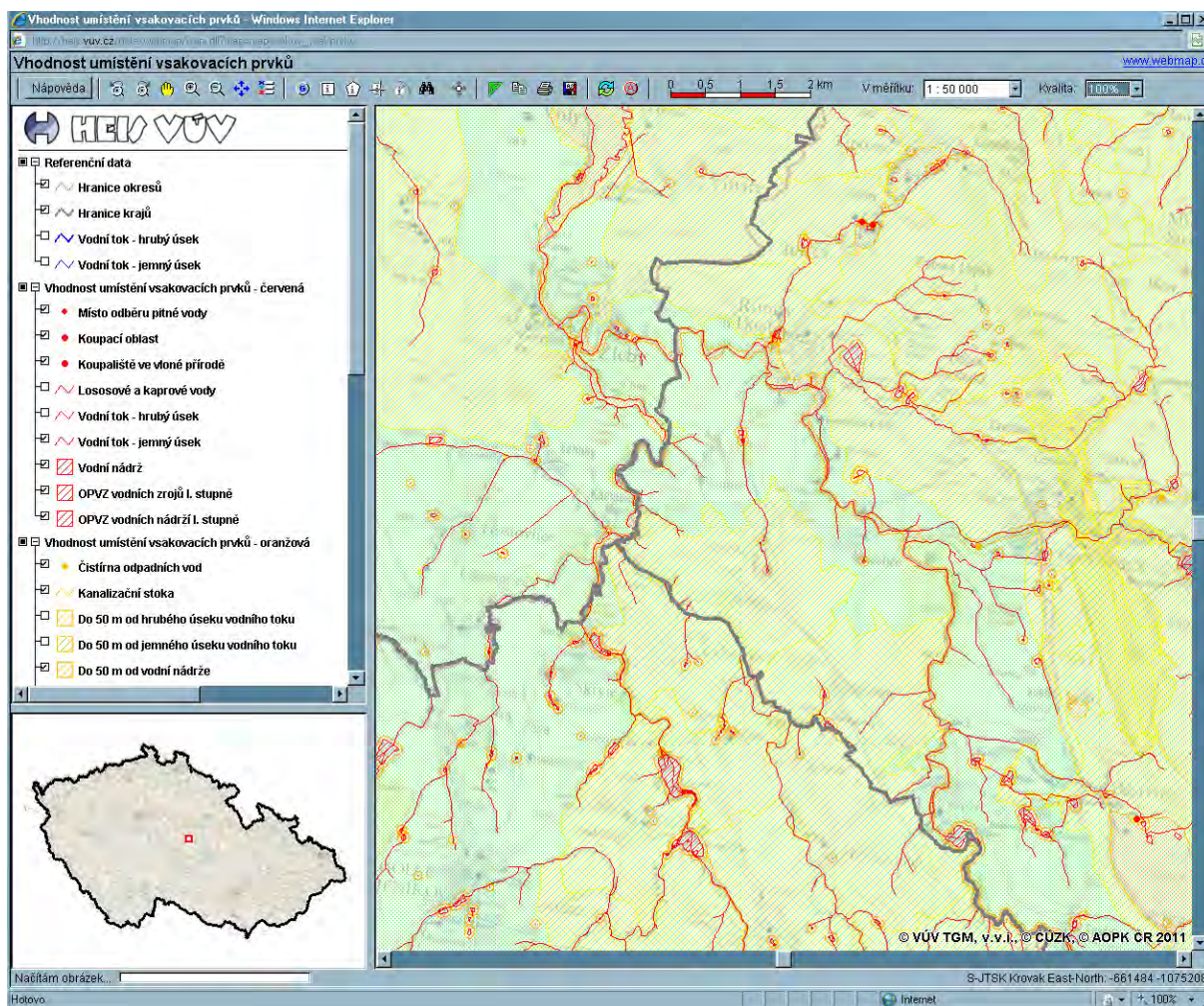
The screenshot shows a web page titled "MAPY LIMITŮ VSAKOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD" from the HEIS VUV system. The page includes a navigation menu on the left with links like "Úvodní stránka", "O těchto stránkách", "Mapy limitů vsakování", "Kontakty", and "Nápověda k online prohlížení dat". The main content area features a table of interactive maps and a section for downloading overview maps.

Zobrazit	Interaktivní mapy	Aktualizace
	Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku	11.10.2011
	Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace	11.10.2011

Zobrazit	Přehledové mapy, doplňkový text	Aktualizace
	Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku (1 : 1 250 000, formát JPG, velikost A3)	11.10.2011
	Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku (1 : 1 250 000, formát PNG, velikost A3)	11.10.2011
	Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku (1 : 750 000, formát JPG, velikost A1)	11.10.2011
	Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku (1 : 750 000, formát PNG, velikost A1)	11.10.2011
	Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace (1 : 1 250 000, formát JPG, velikost A3)	11.10.2011
	Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace (1 : 1 250 000, formát PNG, velikost A3)	11.10.2011
	Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace (1 : 750 000, formát JPG, velikost A1)	11.10.2011
	Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace (1 : 750 000, formát PNG, velikost A1)	11.10.2011
	Doplňkový text pro práci se specializovanými mapovými vrstvami ke vsakování odpadních vod do vod podzemních včetně pracovních a interaktivních map	11.10.2011

Obr. 5.5.5 Stránka internetové prezentace projektu se soubory ke stažení a vstupy do online aplikace prohlížení obou map

Obě pracovní mapy jsou rovněž umístěny jako interaktivní mapy v měřítku až 1 : 50 000 na téže internetové adrese (viz obrázek 5.5.6).



Obr. 5.5.6 Náhled on-line aplikace prohlížení obou map při zobrazení v měřítku 1 : 50 000

Při interaktivním prohlížení lze zapínat (zobrazovat) nebo vypínat jednotlivé vrstvy, nebo také celé skupiny vrstev. Rozdělení vrstev se řídí barevným roztříděním podle závažnosti limitů (červená – oranžová – žlutá – zelená). Zároveň je možné zjišťovat, jaké konkrétní limity se vyskytují na posuzované lokalitě. Pro zjištění výskytu zvolených limitů na posuzované lokalitě je třeba vybrat příslušnou vrstvu, případně vrstvy nebo celé skupiny vrstev (pomocí klávesy CTRL), kliknout na ikonu a následně kliknout na konkrétní místo v mapě. V novém okně se zobrazí seznam vybraných vrstev, přičemž po kliknutí na název vrstvy se zobrazí údaj Ano/Ne.

5.5.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Eckhardt, P., Kučera, J. Vsakování odpadních vod - ano či ne?. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2008, 2008, roč. 50, č. 2, s. 3—5. ISSN 0322-8916.
- Eckhardt, P., Poláková, K. Vliv vsakování předčištěných odpadních vod na povrchové vody. VTEI – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5, s. 9—12. ISSN 0322-8916. Příloha Vodního hospodářství č. 10/2010.

- Poláková, K., Eckhardt, P. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona. 2010, Ministerstvo životního prostředí, 26.5.2011.
- Poláková, K., Eckhardt, P. Povinná osnova vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5/2011, s. 11—15. ISSN 0322-8916.
- Poláková, K., Eckhardt, P. Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku. 2011.
- Poláková, K., Eckhardt, P. Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace. 2011.

6. ODDÍL F – LEGISLATIVNÍ NÁSTROJE, BILANČNÍ, PREDIKČNÍ, HODNOTÍCÍ A INFORMAČNÍ SYSTÉMY

6.1 VÝVOJ OBECNĚ BILANČNÍCH A OPERATIVNĚ PREDIKČNÍCH A HODNOTÍCÍCH SYSTÉMŮ ZAMĚŘENÝCH NA PŘEHLED NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DOSAŽENÝCH VÝSTUPŮ PODPORUJÍCÍ VÝKON VEŘEJNÉ A STÁTNÍ SPRÁVY

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Petr Vyskoč

Řešitelský tým: Ing. Jiří Pícek, Ing. Václav Zeman, RNDr. Hana Prchalová, Mgr. Pavel Rosendorf, Ing. Arnošt Kult, Ing. Pavel Richter, Mgr. Silvie Semerádová, RNDr. Renata Filippi, Ing. Marie Kozlová, Ing. Tomáš Mičaník, Ing. Alena Kristová, Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Anna Hrabánková, Ing. Tomáš Fojtík, Mgr. Dan Fiala, Mgr. Erika Procházková, Mgr. Tereza Beránková, Ing. Pavel Balvín, Ing. Magdalena Karberová, Ing. Milena Forejtníková, Ing. Ladislav Kašpárek, Ing. Pavel Horák, dt. Jaroslava Vítová

6.1.1 Předmět řešení

Podle rámcové směrnice pro vodní politiku EU (2000/60/ES) je nutné zpracovávat plány oblastí povodí, ve kterých mají být mimo jiné definovány významné vodohospodářské problémy a navrženy a realizovány programy opatření vedoucí k dosažení dobrého stavu útvarů povrchových a podzemních vod. K tomu je nutné na celém území ČR pravidelně vyhodnocovat dopady antropogenních vlivů. Cílem řešení subprojektu bylo vytvořit vhodné nástroje, umožňující kvantifikaci těchto dopadů a následné posouzení možnosti dosažení stanovených environmentálních cílů. V rámci subprojektu byly zpracovávány metodické postupy a vyvíjeny výpočetní nástroje využitelné v celostátním rozsahu při predikci stavu vod, pro zpracování návrhů opatření a jejich posouzení a pro vydávání vodoprávních rozhodnutí.

6.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Nejvýznamnějšími výsledky řešení subprojektu byly výstupy týkající se podpory veřejné správy při implementaci rámcové směrnice pro vodní politiku EU a souvisejícího reportingu, problematiky vodohospodářské bilance množství povrchových a podzemních vod, problematiky hodnocení jakosti povrchových vod a problematiky kombinovaného přístupu ke stanovování emisních limitů a související problematiky hodnocení významu dopadu jednotlivých typů zdrojů znečištění (domácnosti, průmysl, zemědělství, doprava apod.) na jakost povrchových vod.

Výstupy mají charakter metodických postupů a software (analýzy, vyhodnocení a publikace dat). Při tvorbě výstupů typu software, zejména v oblasti modelování chování vodohospodářských soustav, řešitelé subprojektu 3622 úzce spolupracovali s řešiteli subprojektu 3623. V subprojektu 3622 bylo řešení zaměřeno na etapu týkající se koncepčního charakteru (určení funkčních požadavků, organizace vstupních a výstupních dat, specifikace uživatelského rozhraní), subprojekt 3623 byl zaměřen na etapu konstrukce

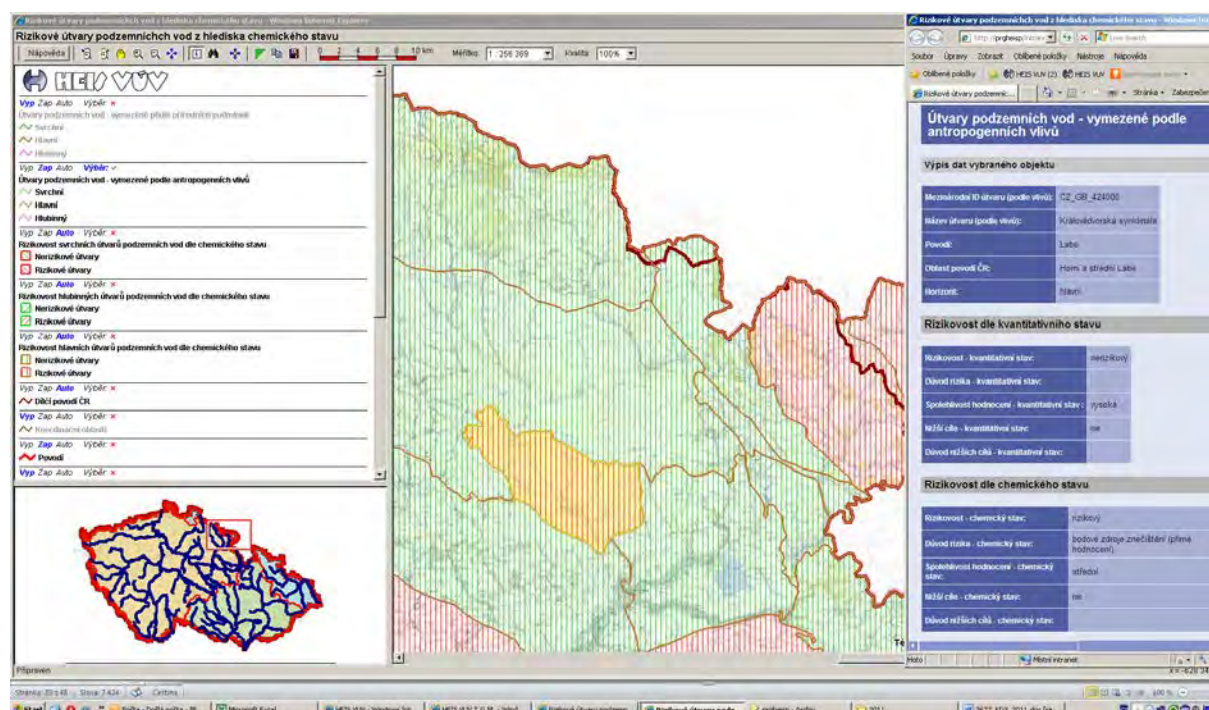
programového vybavení. V oblasti hodnocení jakosti povrchových vod řešitelé subprojektu 3622 spolupracovali s řešiteli subprojektu 3625.

Nástroje pro podporu implementace rámcové směrnice a reportingu

V období let 2005 až 2007 byl subprojekt výrazně zaměřen na podporu veřejné správy v souvislosti s přípravou 1. plánů oblastí povodí.

Formou internetového portálu byly veřejně zpřístupněny výsledky přípravných prací plánování, tj. zejména charakterizace oblastí povodí ČR (včetně vymezení vodních útvarů) a návrh programů monitoringu. Příslušné aplikace umožnily přístup do geodatabáze údajů za celou ČR formou interaktivních map, tabulek a grafů. Jako součást podpory plánování a reportingu Evropské komisi byl rovněž zpracován internetový portál zpřístupňující vodoprávním úřadům údaje týkající se nakládání s nebezpečnými látkami a jejich vypouštěním odpadními vodami. Uživatelem portálu jsou orgány veřejné správy.

Uvedené výstupy jsou dostupné prostřednictvím Hydroekologického informačního systému VÚV TGM, v.v.i. (<http://heis.vuv.cz>, sekce Databáze>Projekty VÚV)



Obr. 6.1.1 Interaktivní mapa: Riziko dosažení environmentálních cílů u útvarů podzemních vod

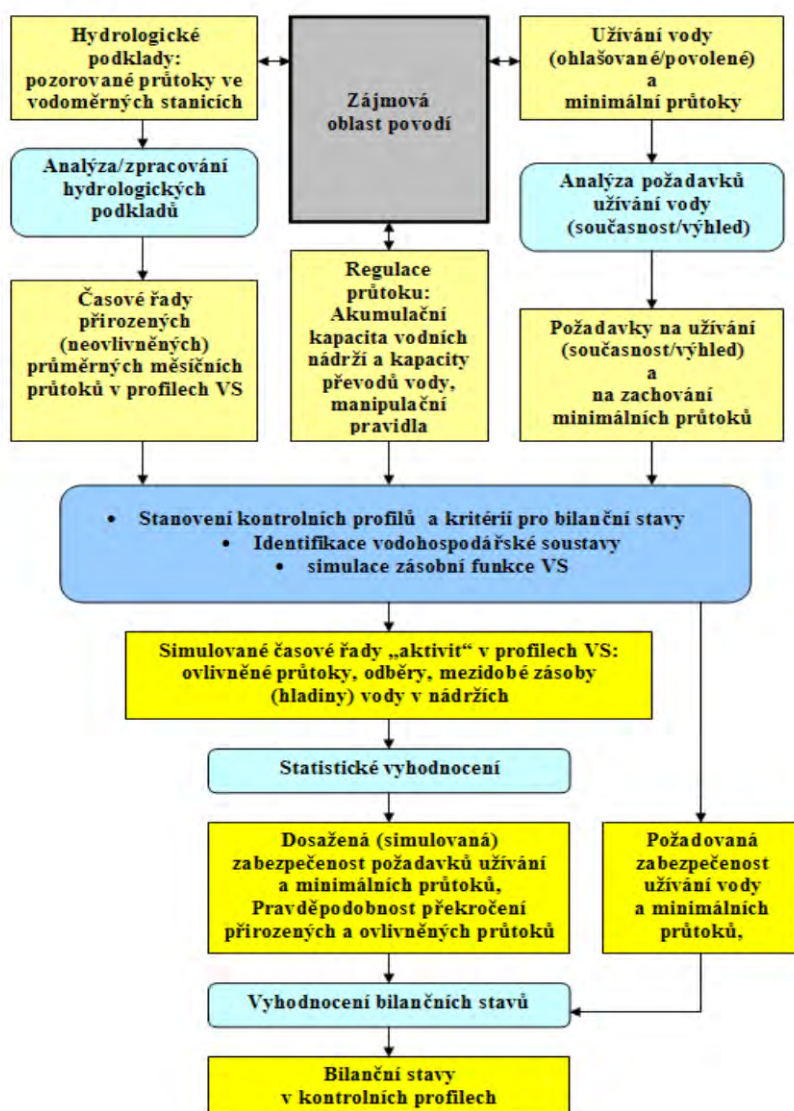
Vodohospodářská bilance současného a výhledového stavu množství povrchových a podzemních vod

Jedním z nástrojů vhodných pro plánování v oblasti vod je vodní bilance. Účel a postupy sestavení vodohospodářské bilance (jako složky vodní bilance) specifikuje vodní zákon a vyhláška č. 431/2001 Sb. Cílem řešení bylo upravit bilanční postupy tak, aby vyhověly požadavkům vyplývajícím z implementace rámcové směrnice a plánování, a zároveň poskytnout pro tyto postupy vhodné metodické a technické (výpočetní) nástroje.

Vodohospodářská bilance **množství povrchových vod** je v navrhovaném pojetí chápána jako složka vodní bilance, jejíž hodnocení se provádí ve vybraných bilančních profilech (např. ve vodoměrných stanicích), v profilech požadavků na užívání vod a v profilech/lokalitych reprezentujících vodní útvary/chráněná území. Účelem je porovnání

požadavků na odběry povrchové vody, na vypouštění odpadních vod, na režim průtoků požadovaných pro dosažení dobrého ekologického stavu vodních útvarů a na režim hladin, požadovaný některými druhy užívání vody (využití vodní energie, rekreace, plavba) s kapacitou zdrojů z hlediska množství vody. Bilance tak poskytuje podklady pro plány oblastí povodí i z hlediska plánování rozvoje vody. Pro zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu je proto navržena a aplikována metoda simulačního modelování, konkrétněji aplikace popisného statického simulačního modelu zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Bilanční stav je vyhodnocován v kontrolních profilech (bilanční profily, závěrné profily vodních útvarů) a v profilech s významnými požadavky na užívání vody (např. v profilech, kde jsou požadavky na užívání zajišťovány aktivní regulací průtoků). Jako ukazatel pro posouzení požadavků na užívání vody a zajištění minimálních průtoků v bilančních profilech je navržena zabezpečenost podle trvání p_t (viz ČSN 75 2405). Definovány jsou tři bilanční stavy: aktivní, vyvážený/nejistý a pasivní.

Pro podporu aplikace metodiky byl v rámci výzkumného záměru ve spolupráci subprojektů 3622 a 3623 rovněž vytvořen simulační model zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Model (programové vybavení) a jeho využití je podrobněji popsán v subprojektu 3622.



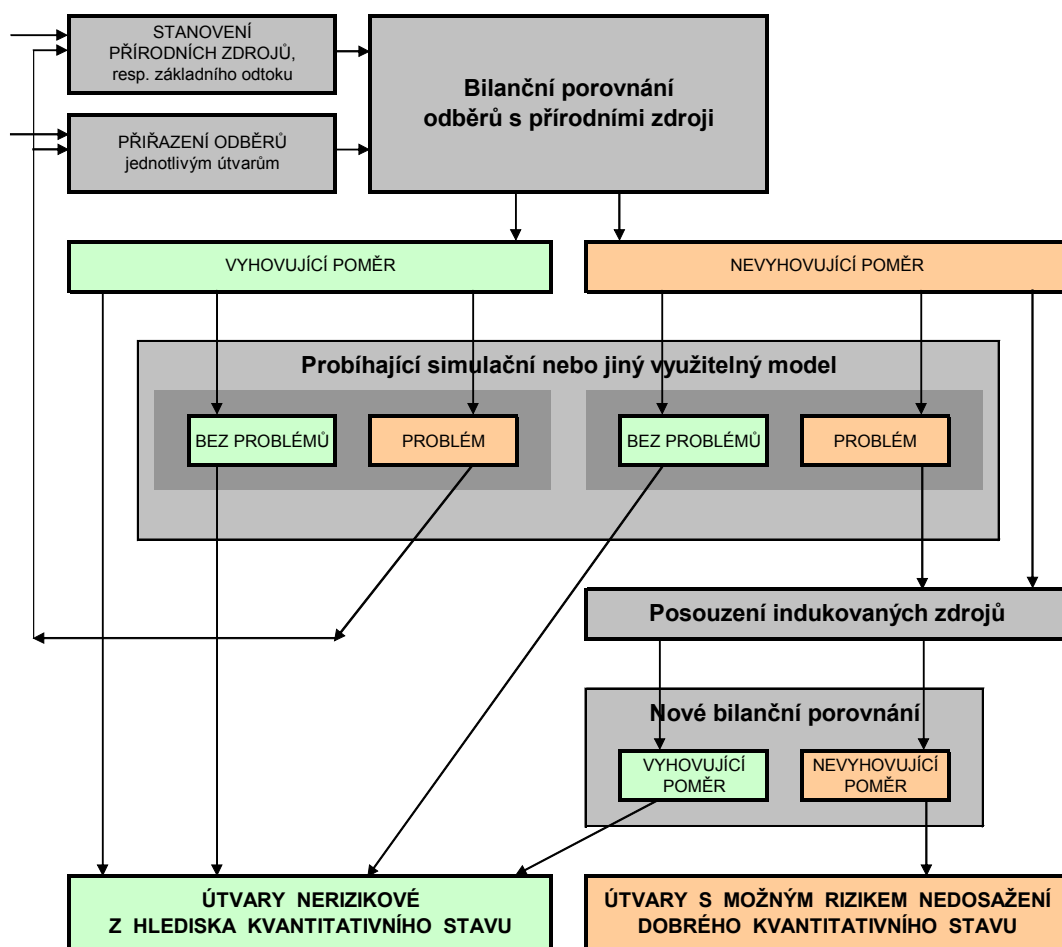
Obr. 6.1.2 Schéma postupu zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod hodnocení vlivu odběrů podzemních vod na kvantitativní stav kvartérního útvaru podzemních vod

Principem hodnocení **množství podzemních vod** je bilancování odběrů podzemních vod s přírodními zdroji podzemních vod. Pro zjišťování současného stavu slouží porovnávání uskutečňovaných odběrů podzemních vod s přírodními zdroji, výhledovému stavu odpovídají naopak předpokládané odběry podzemních vod a jistou vypovídací hodnotu mají také povolená množství odběrů.

Kromě porovnávání odběrů podzemních vod s dlouhodobými průměry přírodních zdrojů jsou pro bilanci využity i roční hodnoty přírodních zdrojů, které mohou poukazovat na určité trendy, a zejména jejich minima, jež vypovídají spolu s povolenými a výhledovými odběry podzemních vod, popř. s maximálními ročními odběry podzemních vod o možné nejnejpříznivější situaci.

Pro výsledný bilanční poměr odběrů podzemních vod vůči přírodním zdrojům podzemních vod byly určeny kritické meze, odstupňované podle spolehlivosti dat o přírodních zdrojích. Zároveň platí, že aby byl rajon předběžně označen jako rizikový nebo potenciálně rizikový, musí být kritická mez překročena u poměru pro přírodní zdroje se zabezpečeností 50 nebo 80 %. Naopak samotné překročení kritické meze bilančního poměru pro zabezpečenost 95 % je považováno pouze za orientační, bez velké jistoty vzhledem k menší spolehlivosti stanovení hodnot přírodních zdrojů v krajních oblastech definičního oboru.

Uvedené metodické postupy (a simulační model zásobní funkce vodohospodářské soustavy) byly aplikovány při zpracování vodohospodářské bilance množství povrchových a podzemních vod v dílčích povodích Dolní Vltavy, Berounky, Horní Vltavy v letech 2006 až 2011. Výsledky bilančního hodnocení byly dále využity v rámci zpracování plánů povodí.

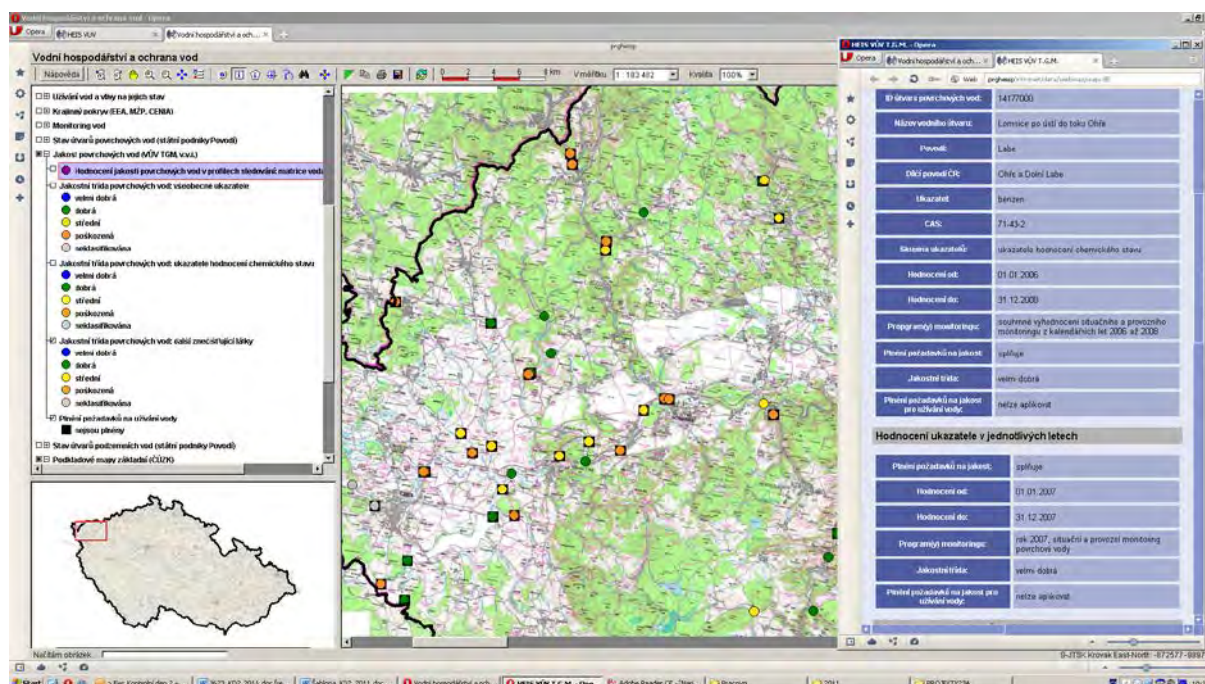


Obr. 6.1.3 Schéma procesu hodnocení vlivu odběrů podzemních vod na kvantitativní stav kvartérního útvaru podzemních vod

Hodnocení jakosti povrchových vod v profilech jejího sledování

Cílem řešení problematiky bylo vytvořit nástroje pro vyhodnocení jakosti povrchových vod v profilech jejího sledování vzhledem k plnění požadavků určených nařízením vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění, a pro zpřístupnění výsledků hodnocení odborné i širší veřejnosti na příslušném internetovém portálu. Řešení proběhlo v několika krocích:

V úvodní etapě byla navržena a založena příslušná geodatabáze (zohledňuje datovou strukturu HEIS VÚV a strukturu publikace dat souvisejících evidencí ISVS-VODA) a struktura portálu pro zveřejnění výstupů hodnocení. Z údajů situačního a provozního monitoringu (data státních podniků Povodí, VÚV TGM, v.v.i. a ZVHS poskytnutá ČHMÚ z IS ARROW) byly vybrány profily, kde v letech 2006 až 2008 byly monitorovány ukazatele uvedené v novelizovaném nařízení vlády č. 61/2003 Sb., a které zároveň mají jednoznačnou územní identifikaci (souřadnice, vodní tok, ČHP). U těchto profilů byla určena poloha vzhledem k hydrologickým úsekům říční sítě vedené v DIBAVOD tak, aby mohl být pomocí strukturálního modelu vodních toků a povodí určen vztah profilů k úsekům toků či místům s přísnějšími požadavky na užívání vod. V profilech sledování jakosti byly z časových řad sledovaných hodnot ukazatelů vyhodnoceny potřebné roční statistické charakteristiky. Tyto charakteristiky byly posouzeny vzhledem k jejich přípustným hodnotám uvedeným v nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění (normy environmentální kvality, obecné požadavky a požadavky pro užívání vody). V dalším kroku byl každý profil a v něm sledovaný ukazatel klasifikován do jakostní třídy podle kritérií uvedených ve vyhlášce č. 98/2011 Sb. Výsledky klasifikace tříd byly dále (pro potřeby zpracování přehledových map) agregovány na úroveň skupin ukazatelů (všeobecné ukazatele, ukazatele pro vyhodnocení chemického stavu a další syntetické a nesyntetické znečišťující látky). Pro hodnocené ukazatele byla rovněž zpracována statistika počtu profilů vyhovujících/nevyhovujících požadavkům na jakost a klasifikovaných v jednotlivých jakostních třídách. Výsledky hodnocení jakosti (geodatabáze a informační stránky) byly zpřístupněny na portálu, dostupném v rámci HEIS VÚV na adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/vyhodnocenijakostipov>. Údaje jsou dostupné formou interaktivních a přehledových map a datových sad ke stažení ve formátu SHP a TXT. Portál je veřejně přístupný, předpokládanými uživateli jsou zejména vodoprávní úřady pro potřeby své rozhodovací činnosti (povolování a vypouštění odpadních vod).

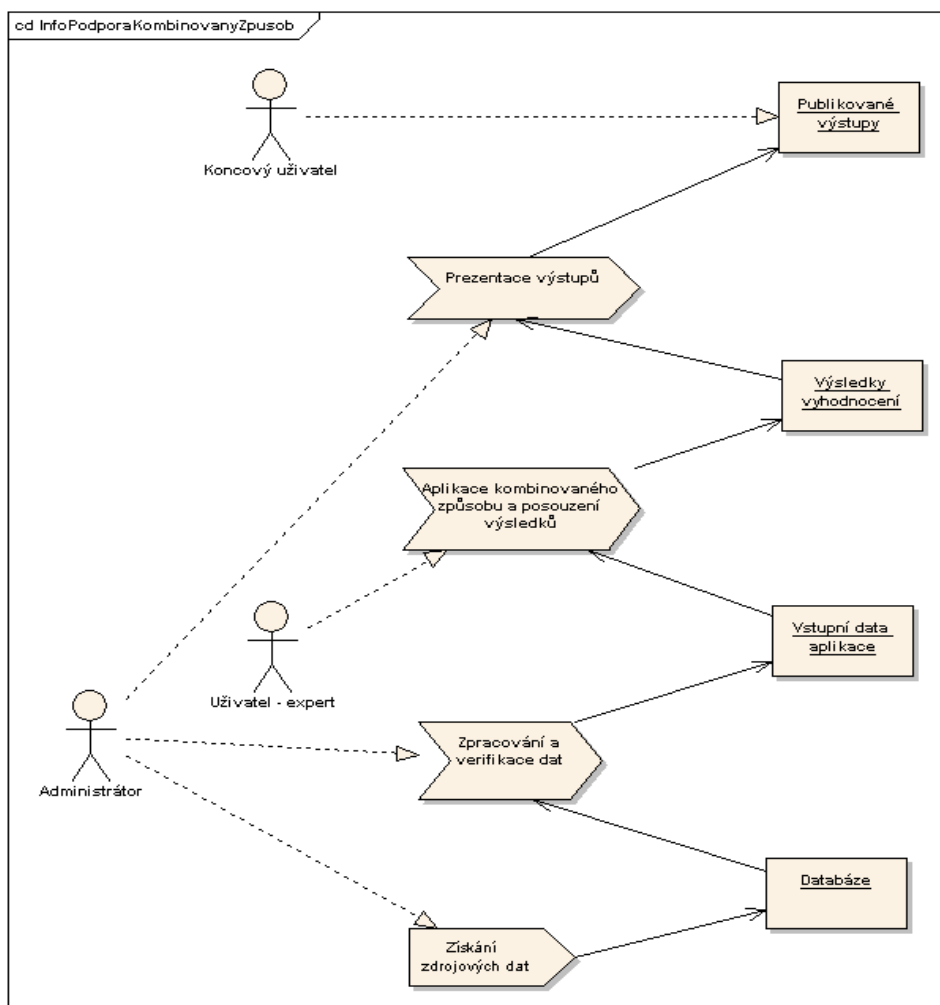


Obr. 6.1.4 Interaktivní mapa na portálu pro publikaci výsledků vyhodnocení jakosti povrchových vod v profilech sledování

Informační podpora aplikace kombinovaného přístupu při stanovování emisních limitů

Rámcová směrnice stanovuje, že vodní politika Společenství má být založena na sdruženém/kombinovaném přístupu, stanovením hodnot emisních limitů a norem environmentální kvality. Kombinovaný přístup při stanovování emisních limitů definuje nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění. Postup vodoprávních úřadů při stanovení emisních limitů „kombinovaným přístupem“ je, včetně podrobných výpočetních postupů, popsán příslušným metodickým pokynem MŽP.

Práce subprojektu byly zaměřeny na zpracování vhodných nástrojů informační podpory pro jeho aplikaci. Kromě zpracování programového vybavení pro aplikaci v metodickém pokynu uvedených výpočetních postupů, byla dále předmětem prací analýza relevantních datových zdrojů a integrace disponibilních (a formálně korektních dat) do účelové databáze programu a zpracování výpočtu za celé území ČR pro výhledové scénáře, tj. posouzení plnění požadavků na jakost povrchových vod (a) při aplikaci emisních standardů a (b) při aplikaci nejlepších dostupných technologií u bodových zdrojů znečištění a následná publikace výsledků v prostředí internetu. Portál informační podpory je veřejně přístupný v rámci HEIS VÚV na adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/kombinovanyzpusob>. Aplikace modelující jakost vod pro výhledové scénáře byla vyvinuta ve spolupráci subprojektů 3622 a 3623. Model (programové vybavení) je podrobněji popsán v subprojektu 3622. Uživatelé uvedených výstupů jsou zejména vodoprávní úřady (kraje a obce s rozšířenou působností).



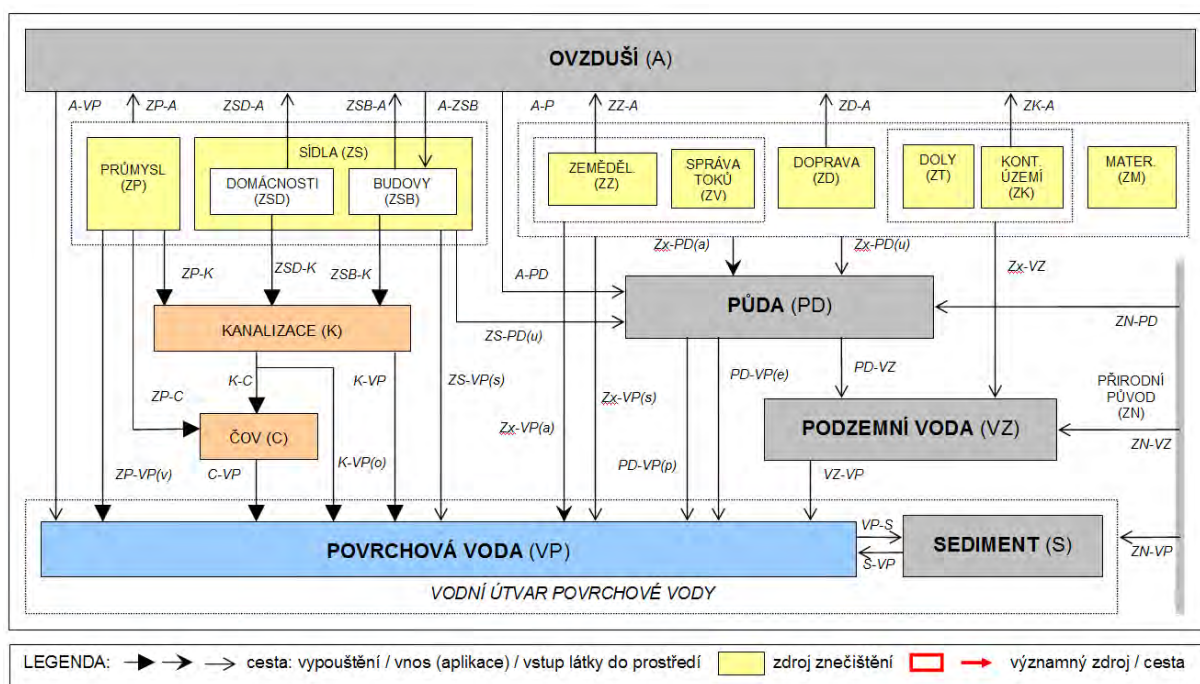
Obr. 6.1.5 Schéma zajištění informační podpory aplikace kombinovaného přístupu při stanovování emisních limitů.

Metodické postupy ocenění významnosti jednotlivých typů zdrojů znečištění s ohledem na aplikaci imisně-emisního přístupu

Cílem řešení problematiky bylo zpracovat rámcovou metodiku pro vyhodnocení významu (podílu) jednotlivých typů zdrojů znečištění a souvisejících lidských činností na nepříznivé jakosti povrchových vod (tj. neplnění požadovaných limitů na jakost vod ve vodních tocích a nádržích). Metodika je cílově určena státním podnikům Povodí pro jejich činnosti týkající se plánování a návrhu opatření ke snížení dopadu nepříznivých vlivů na stav vod.

Metodika je rozdělena do tří základních částí: První část se zabývá identifikací potenciálních zdrojů znečištění ve vazbě na lidskou činnost (např. podle ekonomické činnosti s využitím klasifikace NACE nebo krajinného pokryvu podle klasifikace Corine Land Cover) a cest (atmosférická depozice, vstupy látky do půdy a horninového prostředí, odvádění a čištění odpadních vod, apod.), kterými se znečišťující látky dostávají do vodního prostředí, (2) popisu chování látek v příslušném prostředí a konečně (3) postupu při vyhodnocení podílu (typů) zdrojů znečištění na vstupu znečišťující látky do povrchových vod (vodního útvaru) na základě využití dat z dostupných celostátních databází, včetně případného doplnění chybějících údajů o emisích podle dalších charakteristik zdrojů znečištění. Postupy kombinují využití údajů o vstupech znečištění s údaji z monitoringu složek životního prostředí (atmosférická depozice, půda, podzemní a povrchové vody). Navržené postupy hodnocení vycházejí z metodických a výzkumných materiálů a databází zpracovaných jak na evropské (např. směrné dokumenty pro implementaci rámcové směrnice, projekt SOCOPSE, databáze E-PRTR), tak na tuzemské úrovni.

Metodika je cílově určena státním podnikům Povodí pro jejich činnosti týkající se plánování a zpracování návrhů opatření ke snížení dopadu nepříznivých vlivů na stav vod. Její využití se předpokládá při přípravě plánů povodí pro 2. cyklus plánování (tj. v letech 2013 až 2015).



Obr. 6.1.6 Schéma zdrojů znečištění, složek prostředí a cest, kterými se znečišťující látky dostávají do povrchových vod

6.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Vyskoč, P., Filippi, R. Rámcová směrnice pro vodní politiku v ČR - charakterizace oblastí povodí ČR. Prototyp. VÚV TGM, 2005.
- Vyskoč, P., Kristová, A. Průmyslové bodové zdroje znečištění - nebezpečné látky. prototyp. 2005, VÚV TGM.
- Zeman, V. Vodní bilance a Rámcová směrnice pro vodní politiku EU. Vodohospodářské a technicko-ekonomické informace, 2006, roč. 48, č. 1, s. 15-17. ISSN 0322-8916.
- Vyskoč, P., Prchalová, H., Rosendorf, P., Fiala, D., Fojtík, T. et al. Vodní útvary v ČR. Prototyp. VÚV TGM, v.v.i., 2007.
- Prchalová, H., Šnajberková, M., Hrabánková, A. Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství podzemních vod. Uplatněná metodika. VÚV TGM, v.v.i., 2008.
- Vyskoč, P., Zeman, V. Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod. Uplatněná metodika. VÚV TGM, v.v.i., 2008.
- Pícek, J., Vyskoč, P., Zeman, V. Simulační model množství povrchových vod: zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Autorizovaný software. VÚV TGM, v.v.i., 2008.
- Pícek, J., Vyskoč, P., Rosendorf, P. Simulační model vodohospodářské bilance jakosti povrchových vod. VÚV TGM, v.v.i., 2009.
- Vyskoč, P., Pícek, J., Semerádová, S. Aplikace pro stanovení emisních limitů kombinovaným způsobem. VÚV TGM., v.v.i., 2009.
- Vyskoč, P., Pícek, J., Semerádová, S. Internetový portál – Informační podpora stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. VÚV TGM, v.v.i., 2010. <<http://heis.vuv.cz/projekty/kombinovanyzpusob>>
- Vyskoč, P., Richter, P., Mičaník, T., Filippi, R. Internetový portál pro publikaci výsledků vyhodnocení jakosti povrchových vod v profilech sledování. VÚV TGM, v.v.i., 2011. <<http://heis.vuv.cz/projekty/vyhodnocenijakostipov>>
- Prchalová, H., Rosendorf, P., Vyskoč, P., Kult, A., Kristová, A., Mičaník, T. Metodické postupy pro ocenění významnosti jednotlivých typů zdrojů znečištění s ohledem na aplikaci emisně-emisního přístupu v oblasti ochrany vod. VÚV TGM, v.v.i., 2011

Poznámka: Některé z výše uvedených dosažených výstupů byly zpracovány jako společný výstup subprojektu 3622 a 3623.

6.2 VÝVOJ A APLIKACE INFORMAČNÍCH NÁSTROJŮ NUTNÝCH PRO ČINNOSTI SOUVISEJÍCÍ S PLÁNOVÁNÍM V OBLASTI VOD

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Jiří Pícek

Řešitelský tým: Ing. Jiří Dlabal, Ing. Petr Vyskoč, Mgr. Erika Procházková, Mgr. Silvie Semerádová, Ing. Václav Zeman, Ing. Pavel Richter, Ing. Arnošt Kult, Ing. Jan Brabec, Mgr. Pavel Rosendorf, Ing. Anna Hrabánková, RNDr. Hana Prchalová, RNDr. Jitka Svobodová, Ing. Marie Kozlová

6.2.1 Předmět řešení

Náplň subprojektu byla po celou dobu řešení výzkumného záměru zaměřena na problematiku vývoje a realizace informačních nástrojů (software) zaměřených na plánování v oblasti vod a činnosti s ním související.

Cílem prací byl vývoj a zejména následná realizace a aplikace informačních nástrojů (software) zajišťujících informační zabezpečení řešení odborné vodohospodářské problematiky především v oblasti hospodaření s vodou a vodními zdroji a dále také vývoj a realizace databázových nástrojů a nástrojů pro zpřístupnění (publikaci) dat a informací v prostředí sítě internet.

V rámci řešení výzkumného záměru tak byly realizovány jak nástroje publikační a prezentační (internetové aplikace), tak zejména výpočetní nástroje pro hodnocení množství a jakosti vod. Velký důraz pak byl kladen na využití realizovaných nástrojů v praxi - nástroje byly postupně ověřovány a následně uváděny do vodohospodářské praxe, a to jak využitím ve VÚV TGM, v.v.i., tak také jejich zpřístupněním externím uživatelům.

Celé řešení probíhalo v přímé spolupráci s řešiteli řady dalších subprojektů výzkumného záměru, kteří se podíleli zejména na odborné vodohospodářské (tedy „neinformatické“) části řešení. V informatické části řešení pak probíhala průběžná spolupráce zejména s řešiteli subprojektu 3622 (viz kap. 6.1).

6.2.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

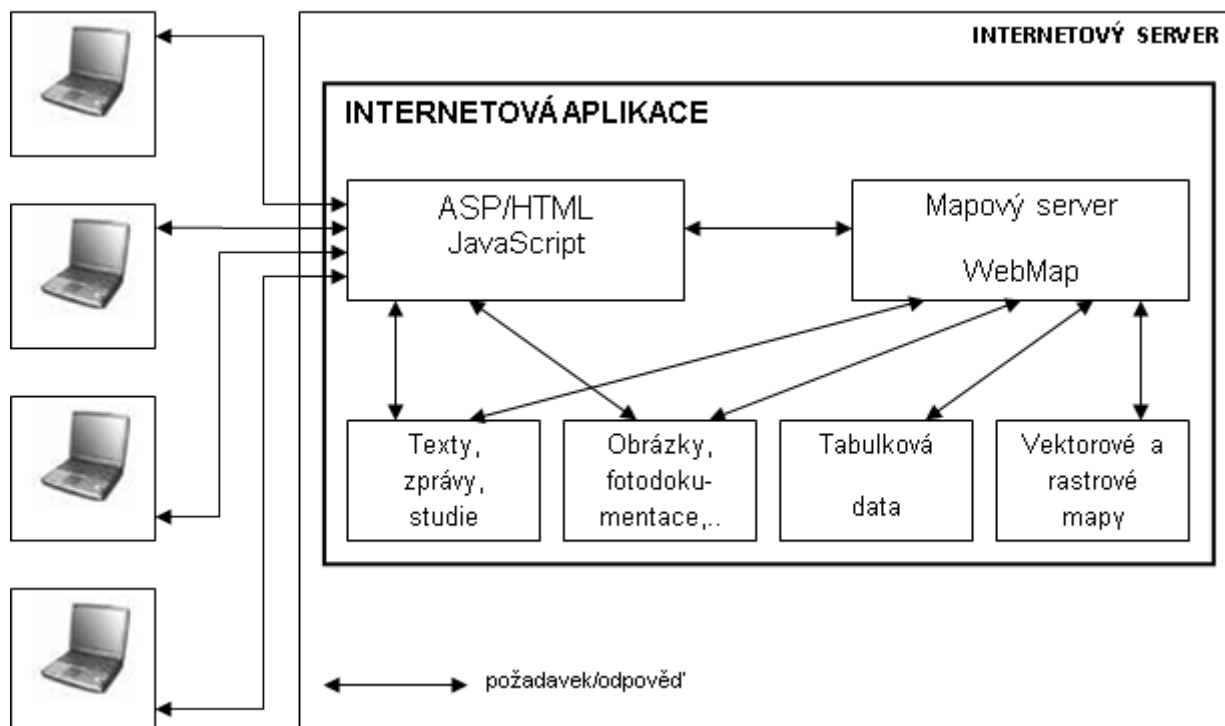
Realizované nástroje lze rozdělit do dvou tematických skupin, a to na nástroje publikační a prezentační, a na nástroje výpočetní.

Publikační a prezentační nástroje (internetové aplikace)

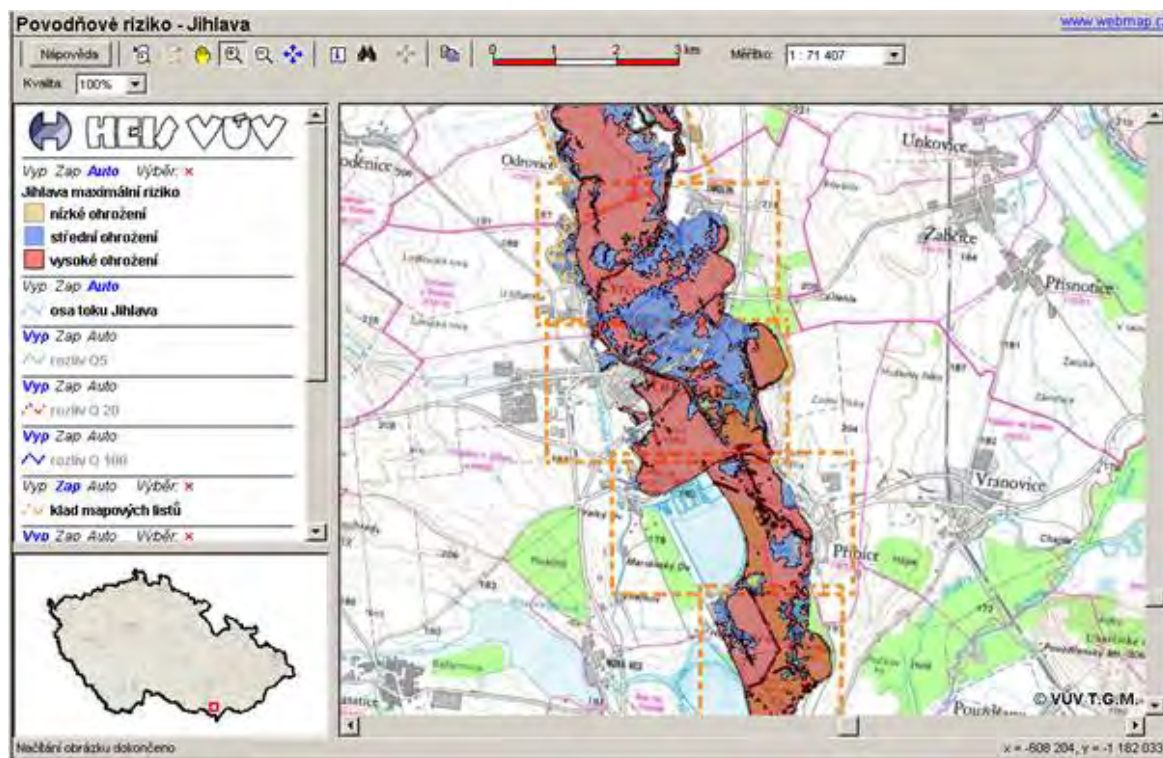
V rámci řešení subprojektu byly realizovány publikační nástroje v podobě internetových aplikací, jež vznikly na základě potřeby zpřístupnění výstupů výzkumných projektů a aktivit realizovaných VÚV TGM, v.v.i.

Realizované internetové aplikace (viz také přehled dosažených výstupů uvedený níže) mají podobu internetových portálů (stránek). Pro jejich realizaci byly použity systémové nástroje v podobě prostředků a technologií IIS (internetové služby serverů s operačními systémy firmy Microsoft), HTML (Hypertext Markup Language), ASP (Active Server Pages), CSS (Cascading Style Sheets) Java (JavaScript a JavaApplet) a WebMap (mapový server, včetně interních pokročilých nástrojů pro tvorbu šablon a integrovaného výrazového kalkulátoru). Realizované internetové aplikace kombinují možnosti publikace informací prostřednictvím statických prvků (informační texty, obrázky, soubory ke stažení) s interaktivními nástroji pro

publikaci dat (data, výsledky vyhodnocení atp. publikované prostřednictvím interaktivních map).



Obr. 6.2.1 Schematické znázornění předávání požadavku/odpovědi mezi uživatelem a aplikací a jednotlivými komponentami internetových aplikací.



Obr. 6.2.2 Ukázka uživatelského rozhraní a zobrazení dat z interaktivní aplikace internetové databáze „Mapa povodňového rizika – Jihlava“.

Výpočetní nástroje (aplikace a modely)

V rámci řešení subprojektu byla dále postupně realizována skupina nástrojů pro řešení vodohospodářských úloh zaměřených na množství a jakost povrchových vod. Základní motivací pro jejich vývoj byla potřeba vytvoření flexibilního systému, který by umožňoval uživatelsky jednoduché provádění poměrně složitých, avšak přesně specifikovaných vodohospodářských výpočtů v rozsáhlých povodích, který by ale zároveň v případě potřeby umožnil provádění i jiných než předem definovaných úloh, a to buďto prostou změnou konfigurace nástrojů již realizovaných (např. změnou parametrů volání), nebo jejich doplněním o nové části.

Ze dvou zvažovaných variant řešení (postavení systému na již existujícím komerčním základě nebo vývoj systému vlastního) byla zvolena varianta vlastního vývoje. Základním argumentem pro zahájení vývoje vlastních nástrojů (aplikací) byla zejména možnost přizpůsobit je na míru jak potřebám jejich budoucích uživatelů, tak také v praxi používaným (dostupným) datům.

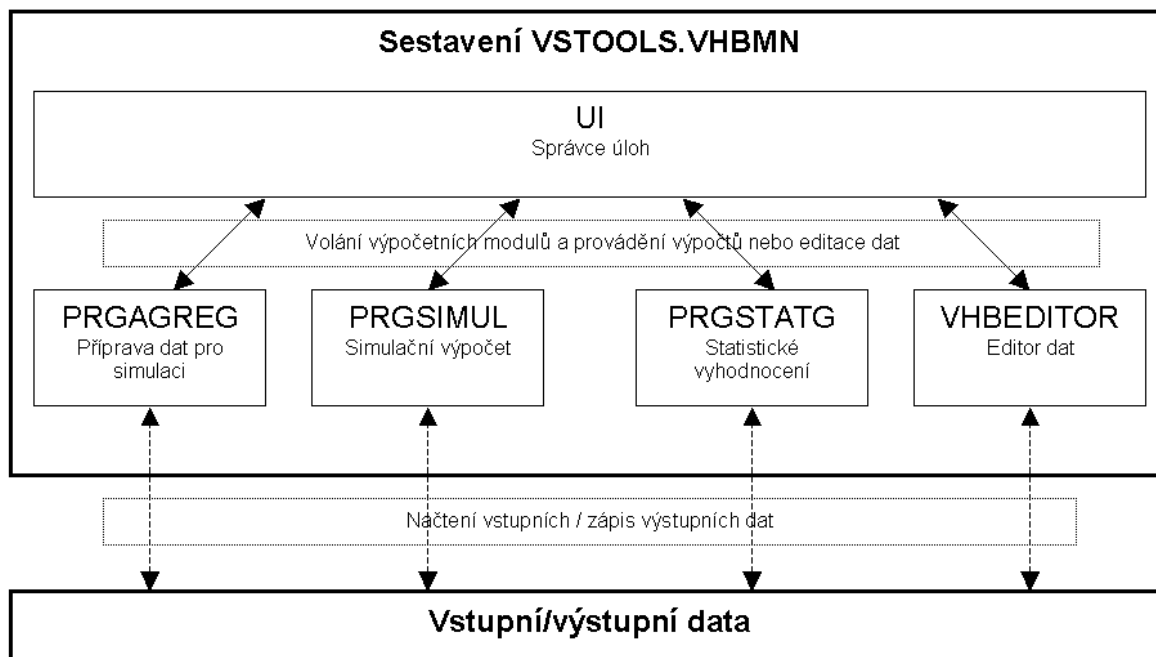
Realizace byla zahájena nejprve vývojem prvků pro úlohy simulačního modelování množství povrchových vod. Na ně následně navázal vývoj složek pro modelování jakosti vod, a to postupně ve třech různých variantách (tři různé typy úloh).

Jak již bylo zmíněno, jedním ze základních požadavků na vyvíjený systém nástrojů byla flexibilita (zejména z pohledu možnosti budoucího přizpůsobení novým potřebám). Dalšími požadavky byly zejména uživatelská přívětivost a jednoduchost provádění výpočtů, snadný uživatelský přístup k datům bez potřeby dalších (externích) nástrojů, vhodná vizualizace výstupů a v neposlední řadě pak přizpůsobení se datové základně (tedy orientace na fakticky existující a použitelná data se současnou minimalizací požadavků na jejich různé transformace).

S ohledem na uvedené požadavky byla zvolena forma modulárního systému. Systém je tak tvořen samostatnými aplikacemi (moduly), které lze bez jakýchkoli omezení používat individuálně (mají své plnohodnotné uživatelské rozhraní), lze je však spojit do podoby komplexní aplikace, tzv. sestavení (modelu).

Postupně byly realizovány následující samostatné výpočetní aplikace (moduly):

- PRGAGREG je aplikace zaměřená na obecné analýzy objektů a jevů vázaných na říční síť. Aplikace obsahuje nástroje pro analýzy říční sítě, lokalizaci profilů na říční síť (funkce lokalizace profilů pracuje s využitím GIS vrstev v exportních formátech MapInfo Professional), dále pro identifikaci jejich vzájemných vazeb a provádění dalších vybraných výpočtů, jako jsou např. stanovení agregovaných hodnot požadavků na užívání vody, výpočet celkových ploch povodí k profilům apod.
- PRGSIMUL je aplikace provádějící simulační výpočet množství povrchových vod. Jde o simulační výpočty zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Aplikace pracuje v měsíčním nebo denním časovém kroku.
- PRGSIJAK je aplikace provádějící simulační výpočty jakosti povrchových vod v měsíčním časovém kroku.
- PRGANJAK je zvláštní aplikací vzniklou na specifický požadavek uživatele. Umožňuje provádět přepočty ukazatelů (tzv. transformací) mezi dvěma různými sítěmi profilů na společné říční síti.
- PRGKOMJAK je výpočetní aplikace pro provedení hodnocení jakosti povrchových vod kombinovaným způsobem (viz dále).
- PRGSTATG je aplikace pro zpracování „surových“ výstupních dat připravených výše uvedenými aplikacemi do podoby statistických charakteristik a grafů, kterými jsou



Obr. 6.2.4 Funkční schéma sestavení simulačního modelu množství povrchových vod (sestavení VSTOOLS.VHBMN).

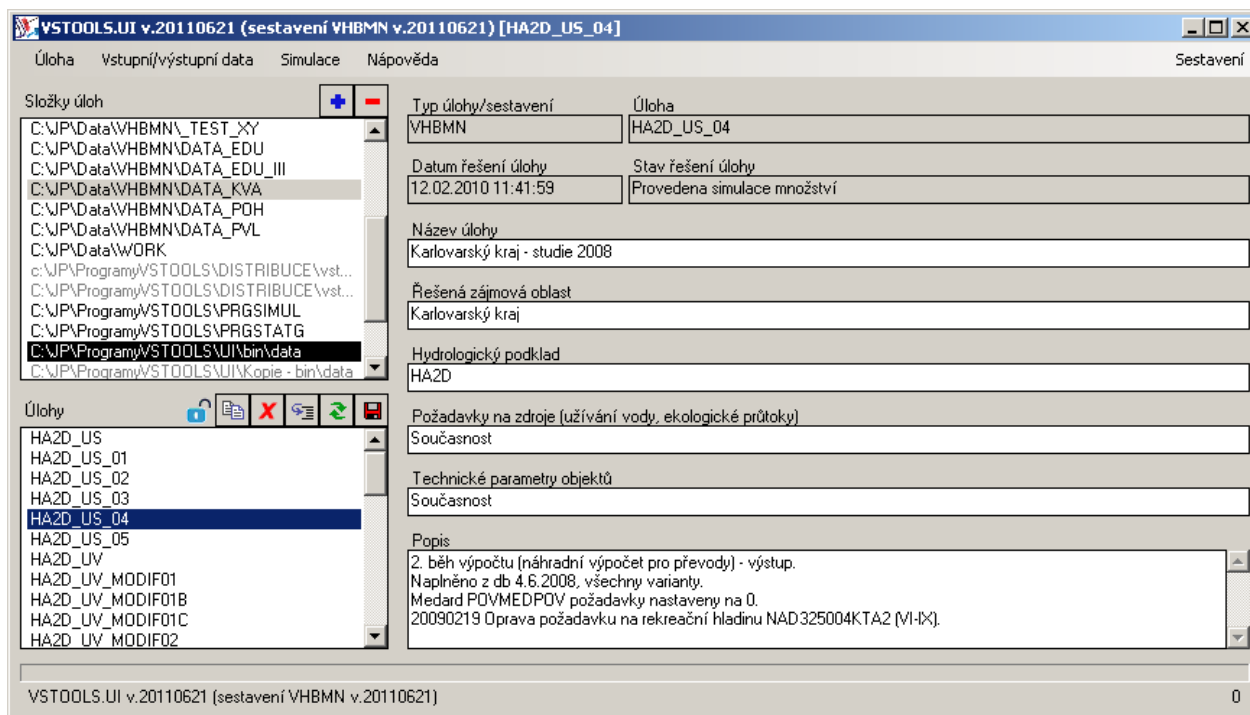
Postupně byla realizována čtyři takováto sestavení (modely):

- Simulační model množství povrchových vod - zásobní funkce vodohospodářské soustavy (označovaný jako sestavení VSTOOLS.VHBMN).
- Simulační model jakosti povrchových vod (označovaný jako sestavení VSTOOLS.SIJAK).
- Analýzy jakostních ukazatelů - transformace ukazatelů (označovaný jako sestavení VSTOOLS.ANJAK).
- Stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem (označovaný jako sestavení VSTOOLS.KOMJAK).

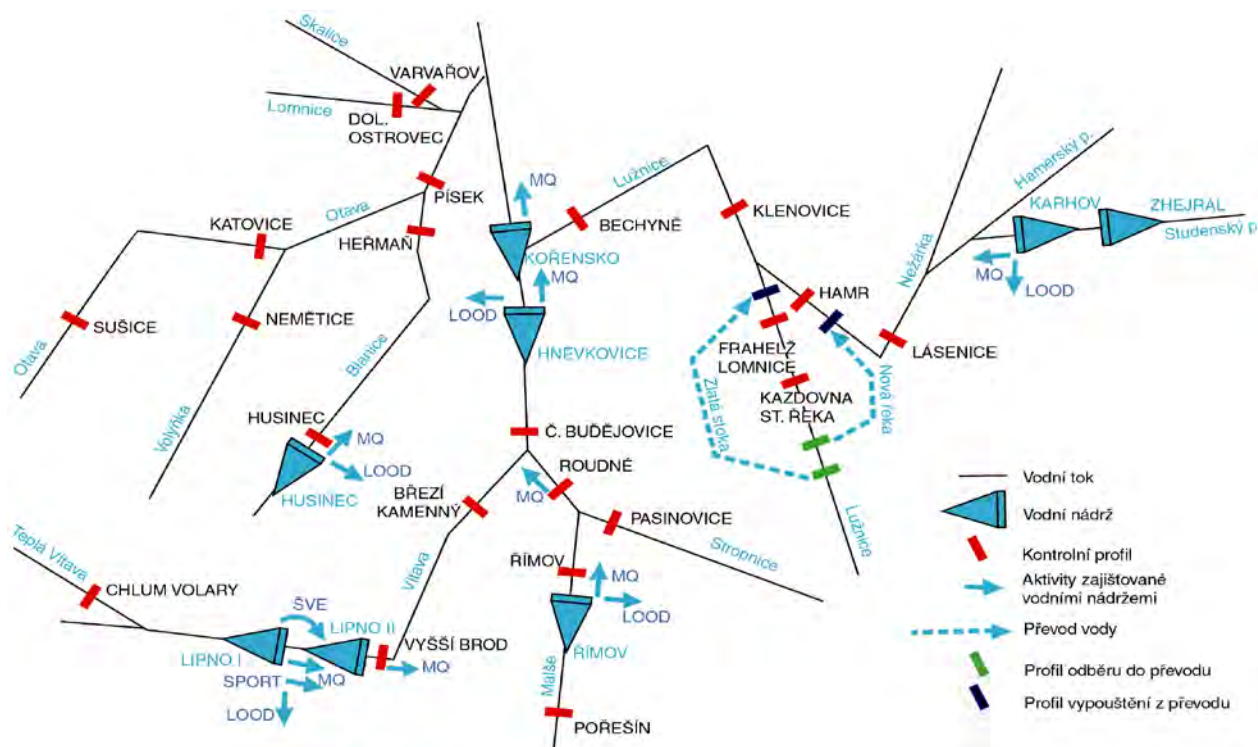
Simulační model množství povrchových vod – zásobní funkce

Realizovaný simulační model množství povrchových vod je určen k provádění simulačních výpočtů zásobní funkce vodohospodářské soustavy v měsíčním časovém kroku. Slouží zejména k posouzení zabezpečení požadavků na užívání vody a minimální průtoky vzhledem k dostupným kapacitám vodních zdrojů. Na základě vstupních dat, kterými jsou zejména požadavky na užívání vody, časové řady přirozených průměrných měsíčních průtoků, popis říční sítě, lokalizace profilů, parametry vodních nádrží a převodů vody, popis manipulačních pravidel atp., je provedena simulace chování vodohospodářské soustavy v časové řadě o délce dané délkou vstupních průtokových řad.

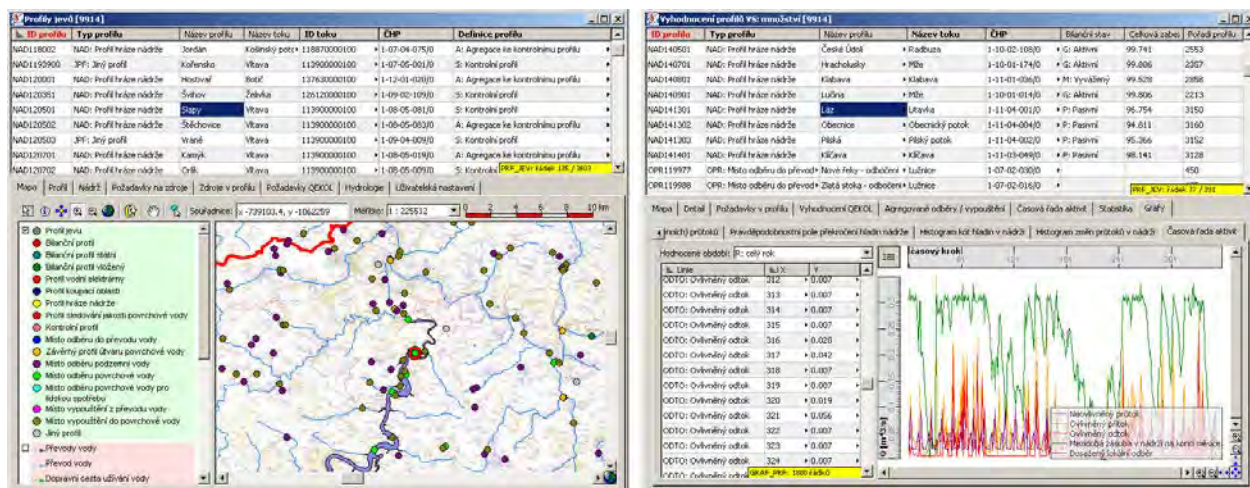
Výsledkem simulačního výpočtu jsou pak časové řady hodnot aktivit v profilech soustavy (tj. časové řady hodnot simulovaných průtoků v jednotlivých profilech, zásob vody v nádržích, plnění požadavků na užívání vody atd.) a dále statistické vyhodnocení těchto údajů v podobě vyhodnocení plnění požadavků, výpočtu zabezpečení simulovaných požadavků, statistického vyhodnocení délek poruchových období a hloubek poruch, výpočet čar překročení průměrných měsíčních průtoků, výpočet histogramů rozdělení hladin v nádržích, histogramů ovlivnění průtoků nádržemi atd.



Obr. 6.2.5 Ukázka uživatelského rozhraní sestavení - simulačního modelu množství povrchových vod.



Obr. 6.2.6 Ukázka definice prvků vodohospodářské soustavy simulačního modelu množství povrchových vod (na obrázku ukázka definice části povodí Vltavy).



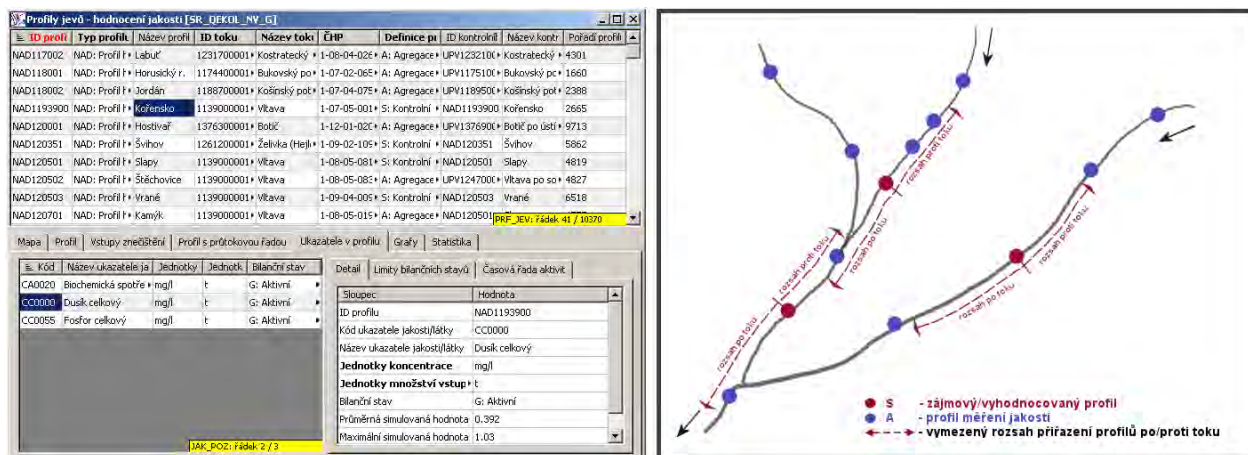
Obr. 6.2.7 Zobrazení prvků vodohospodářské soustavy (na obrázku vlevo) a ukázka detailu výsledků simulačního výpočtu pro vybraný profil (na obrázku vpravo) v prostředí editoru simulačního modelu množství povrchových vod.

Model je, jak již jeho název napovídá, modelem simulačním, popisným (provádí simulaci chování vodohospodářské soustavy za předem specifikovaných podmínek), nicméně jej lze použít i pro řešení jednodušších úloh optimalizačního charakteru. Jde například o úlohy typu určení disponibilních rezerv průtoků v profilu pro vodohospodářské využití, stanovení vhodné velikosti zásobního prostoru nádrže, stanovení nebo úpravy jednoduchých manipulačních pravidel, atp., kdy lze požadovaných výsledků snadno dosáhnout opakovaným použitím modelu s různými variantami zadání požadavku.

Jelikož simulační model množství povrchových vod vznikl jako první z vyvíjených nástrojů, je jeho dosavadní využití v praxi nejrozsáhlejší. Byl již opakovaně použit např. při výpočtech vodohospodářské bilance současného stavu množství povrchových vod v povodí Vltavy v letech 2006 až 2011 a při zpracování celé řady vodohospodářských studií, jako byly například studie posouzení zabezpečení požadavků na odběry vody a minimální průtoky v povodí Labe, posouzení dopadů klimatické změny na hospodaření s vodou v povodí Labe a Vltavy, studie posuzující výhledový stav potřeb a zdrojů vody v Karlovarském kraji nebo studie výhledového stavu potřeb a zdrojů vody v povodí Ohře a Dolního Labe. Dalším významným příkladem využití modelu v praxi je jeho použití pro zpracování série vodohospodářských studií zaměřených na posouzení možností odběrů vody pro uvažované rozšíření jaderných elektráren Temelín a Dukovany v letech 2008 až 2011.

Simulační model jakosti povrchových vod

Simulační model jakosti povrchových vod je určen k modelování šíření znečišťujících látek ve vodních tocích. Na základě vstupních dat popisujících strukturu říční sítě (včetně potřebných charakteristik dílčích úseků toků), průtokových řad, identifikace míst a hodnot vstupů znečištění atp. je simulováno šíření (transport, odbourávání) znečišťujících látek ve vodních tocích a vodních nádržích. Model umožňuje aplikovat na různé znečišťující látky různé vztahy popisující odbourávání znečištění ve vodních tocích/nádržích s volitelným zadáváním parametrů jak pro jednotlivé jakostní ukazatele, tak i pro samostatné dílčí úseky toků nebo nádrže. Výsledky výpočtů jsou zaznamenávány a vyhodnocovány v tzv. kontrolních profilech, v nichž jsou porovnávány simulované (modelované) hodnoty znečištění s povolenými hodnotami. Model byl již úspěšně použit při vyhodnocení vodohospodářské bilance současného stavu jakosti povrchových vod v povodí Vltavy.



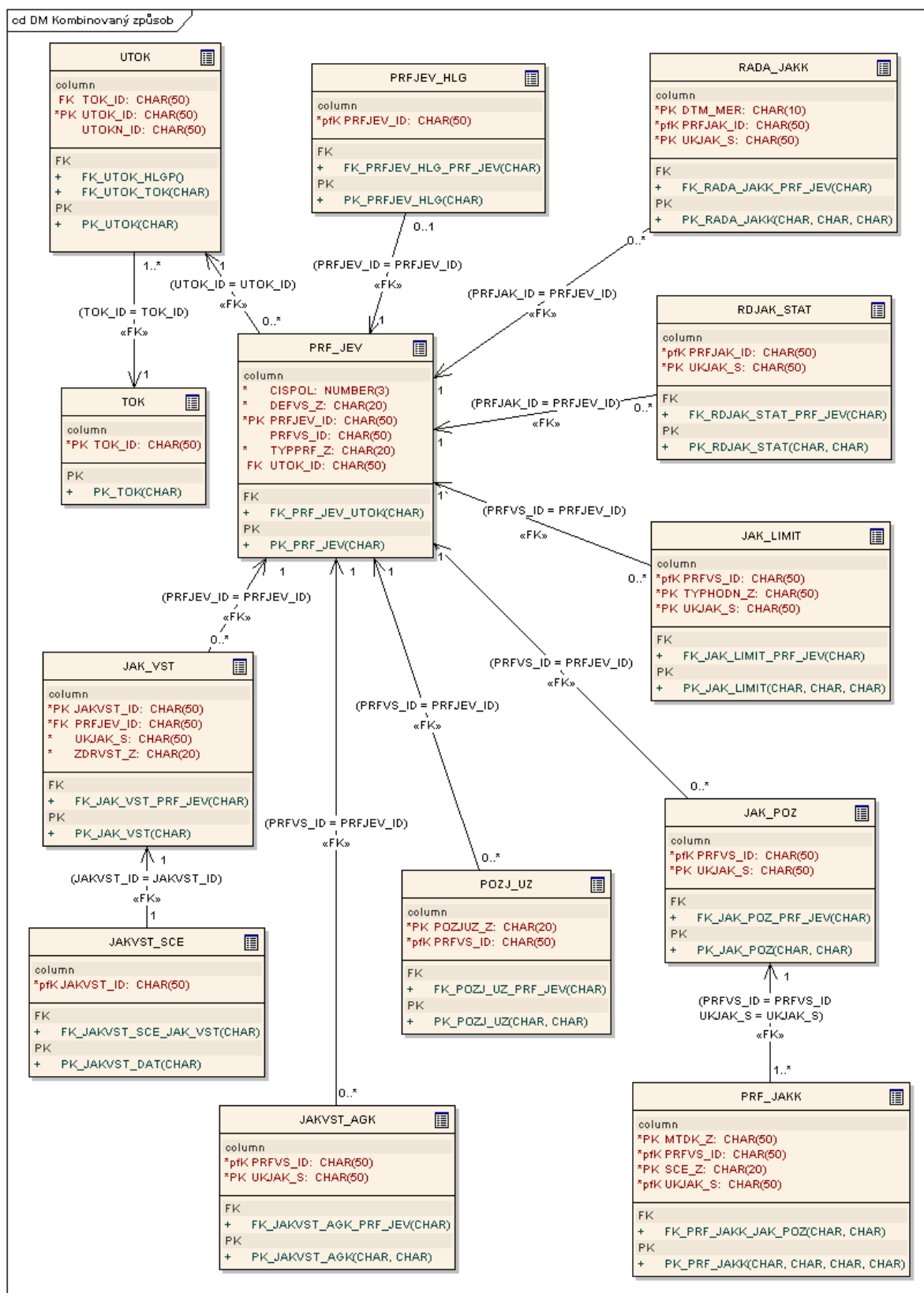
Obr. 6.2.8 Ukázka zobrazení výsledků simulačního výpočtu jakosti povrchových vod (vlevo) a schematické zobrazení základního principu funkce transformačních výpočtů ukazatelů jakosti – identifikace relevantních profilů (vpravo).

Analýzy jakostních ukazatelů – transformace ukazatelů

Tato aplikace vznikla na konkrétní požadavek řešení poměrně specifického (i když zcela jistě nikoli ojedinělého) problému, kterým je neexistence naměřených hodnot ukazatelů jakosti v zájmových profilech. Úkolem aplikace je provedení transformace známých ukazatelů jakosti z jedné sítě profilů (profily monitorování jakosti) do druhé sítě profilů, v níž data o jakosti nejsou k dispozici, a to zejména za podmínek, kdy není prakticky možné použít metody typu simulačního modelování nebo doplňování dat účelovým monitoringem (typicky velké množství profilů na malých tocích). Transformace ukazatelů mezi dvěma sítěmi profilů se provádí identifikací relevantních profilů s daty a následným matematickým (statistickým) přepočtem těchto dat do zájmového profilu. Podmínkou pro provedení výpočtu je tak pouze informace o naměřené koncentraci dané látky a správná identifikace profilů na říční síti. Pro provedení transformace (přepočtu) hodnot ukazatelů je k dispozici celá řada volitelných parametrů umožňujících dosažení co nejpřesnějších (nejvěrohodnějších) výsledků, jako jsou různé volby vymezující podmínky zahrnutí nalezených sousedních profilů, jejich váhu, různé možnosti vyhodnocení s ohledem na různou četnost měřených dat v profilech apod.

Stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem

Aplikace pro stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem byla vyvinuta jako nástroj pro podporu procesů vodoprávního rozhodování. Aplikace do maximální možné míry automatizuje výpočetní postup stanovený Metodickým pokynem odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Aplikace je, včetně nezbytných vstupních dat, dostupná na internetovém portálu Informační podpory stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem (<http://heis.vuv.cz/projekty/kombinovanyzpůsob>) a je určena zejména pro využití vodoprávními úřady. Aplikace provádí na základě vstupních dat (údaje o současných a plánovaných vstupech znečištění, data z monitoringu, popis říční sítě a hydrologické charakteristiky, požadavky na jakost atp.) vyhodnocení podle algoritmu popsaného uvedeným metodickým pokynem, jehož výsledkem je vyhodnocení plnění požadavků na jakost povrchových vod ve stanovených kontrolních profilech, a to jak pro současný, tak i pro tzv. výhledový stav (současnost vs. posuzovaná změna, kterou může být např. nový zdroj znečištění nebo změna parametrů zdroje stávajícího).



Obr. 6.2.9 Každý z nástrojů (modelů) využívá pro uložení dat relevantní část společného datového modelu. Na obrázku je zobrazena část datového modelu používaná pro uložení vstupních, výstupních a referenčních dat při hodnocení jakosti kombinovým způsobem.

6.2.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Výstupy vznikající v rámci subprojektu vychází z charakteru řešené problematiky. Z ní vyplývá tematické směřování výstupů zejména na oblast software. Obecně jde o internetové nástroje a o nástroje analytického a výpočetního charakteru (software, programové nástroje pro analýzy, zpracování, transformace, vyhodnocení dat, modelování apod.).

Pozn.: Část zde uváděných výstupů vznikla v úzké spolupráci se subprojektem 3622, jejich uvedení u obou subprojektů není duplicitou, jde o společné výstupy.

- Pícek, J., Vyskoč, P., Rosendorf, P., Svobodová, J. Nástroje pro hodnocení množství a jakosti vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5, s. 15—19. ISSN 0322-8916.
- Vyskoč, P., Pícek, J., Semerádová, S. Internetový portál - Informační podpora stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. 2010, VÚV TGM, v.v.i.
- Vyskoč, P., Pícek, J., Semerádová, S. Aplikace pro stanovení emisních limitů kombinovaným způsobem. 2009, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Vyskoč, P., Rosendorf, P. Simulační model vodohospodářské bilance jakosti povrchových vod. 2009, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Vyskoč, P., Zeman, V. Simulační model množství povrchových vod: zásobní funkce vodohospodářské soustavy. 2008.
- Pícek, J., Vyskoč, P. PRGAGREG - Nástroje pro analýzy říční sítě a objektů na říční síti. 2008, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Svobodová, J. PRGANJAK - Analýzy sítí profilů a ukazatelů na vodních tocích. 2008, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Vyskoč, P. PRGSIMUL - Vodohospodářská bilance množství povrchových vod, simulační výpočty. 2008, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Vyskoč, P. PRGSTATG - Statistické vyhodnocení a grafy vodohospodářských dat. 2008, VÚV TGM, v.v.i.
- Pícek, J., Vyskoč, P. UI - Univerzální správce úloh, řízení výpočtů a editace dat. 2008, VÚV TGM, v.v.i.
- Dlabal, J., Pícek, J., Drbal, K., Štěpánková, P., Dzuráková, M. Mapa povodňového rizika - Jihlava (interaktivní aplikace). specializované mapy s odborným obsahem. 2007, VÚV TGM, v.v.i.
- Dlabal, J., Pícek, J., Kupec, J., Šunka, Z., Dzuráková, M. Projekt Morava IV (interaktivní aplikace). autorizovaný software. 2007, VÚV TGM, v.v.i.
- Procházková, E., Pícek, J., Rozkošný, M., Dzuráková, M. Mapování krajiny a biotopů v povodí vybraných revitalizovaných vodních toků (interaktivní aplikace). specializované mapy s odborným obsahem. 2007, VÚV TGM, v.v.i.
- Procházková, E., Dlabal, J., Pícek, J. Bodové zdroje znečištění, čištění a vypouštění odpadních vod. autorizovaný software. 2006, VÚV TGM.
- Pícek, J., Dlabal, J. Hydrogeologická rajonizace 2005. autorizovaný software. 2006, VÚV TGM.

6.3 VÝVOJ A APLIKACE POSTUPŮ S VYUŽITÍM TECHNOLOGIÍ GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ VE VAZBĚ NA DIGITÁLNÍ BÁZI VODOHOSPODÁŘSKÝCH DAT

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: 2005 – 2008: Ing. Aleš Zbořil
2009 – 2011: Ing. Kateřina Uhlířová

Řešitelský tým: Ing. Tomáš Fojtík, Ing. Michael Jakš, Ing. Viktor Levitus, Ing. Marcela Makovcová, Ing. Hana Nováková, Ph.D., Judita Härtelová

6.3.1 Předmět řešení

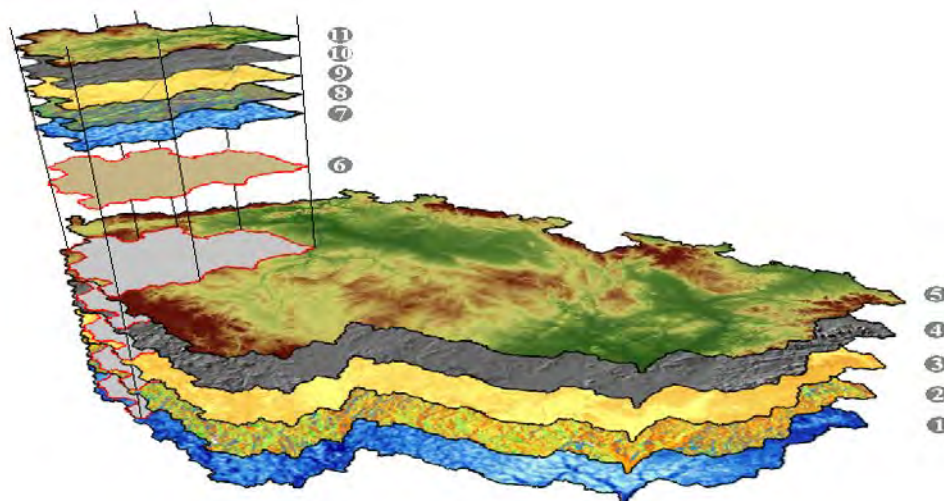
Subprojekt v celém kontextu doby svého řešení reflektoval technologický vývoj, který lze v této oblasti charakterizovat až jako překotný. Problematiku řešení lze rámcově rozdělit na dva související bloky prací. V první části, kterou lze zhruba časově ohraničit rokem 2006 až 2008, se hlavní náplní stalo zúročení možností nástrojů technologií geografických informačních systémů a datových sad vodohospodářské tematiky v tomto případě zastoupené digitální bází vodohospodářských dat. Výsledkem pak kromě technologických postupů byla publikace zaměřená na zpracování charakteristik vodních toků a příslušných hydrologicky vymezených povodí (2006). V tomto roce byly provedeny práce na definování objektivních podmínek vymezení hydrologického členění a tvorba metodických postupů za účelem určení příslušného hydrologického povodí v libovolném místě modelu říční sítě a návrh metodických postupů zpracování a aktualizace hraničních vodních toků podmiňujících charakterizaci vodních toků a povodí v ČR. Tyto poznatky byly následně aplikovány při samotném zpracování úkolů MŽP. Rok 2007 svým zaměřením reflektoval potřebu nutných technologických změn zpracování kartografických výstupů vyplývající z přechodu Zeměměřického úřadu od dosavadních klasických postupů k digitální kartografii, založené na základní bázi geografických dat s parametry přesnosti 1 : 10 000. Zároveň byla věnována pozornost možnosti prezentovat a sdílet kartografické výstupy v prostředí internetu. Rok 2008 je svým zaměřením již průnikový s druhým blokem (částí) prací, řešených za celou dobu tohoto subprojektu. Kromě úspěšného ověření digitální kartografie a efektivních metod geografických informačních systémů v podobě kartografických děl Základní vodohospodářské mapy se jedná o zahájení prací související v ČR novou technologií leteckého laserového skenování a následné aplikace v praxi. V letech 2009 až 2011 byla této progresivní technologii věnována mimořádná pozornost s významnými výsledky především na poli využitelnost dat v oblasti příbřežních zón jako podkladu pro stanovení záplavových území, vyhodnocování identifikace příčných překážek na vodních tocích, upřesnění trajektorií vodních toků a rozvodnic.

6.3.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Zaměření výzkumných a vývojových aktivit v subprojektu 3624 se od počátku řešení soustředilo na aplikaci postupů v prostředí geografických informačních technologií zaměřené na tvorbu, zpracování a publikaci digitální báze vodohospodářských dat. V následujících odstavcích jsou podle témat stručně prezentovány cíle výzkumu, řešení a dosažené výsledky.

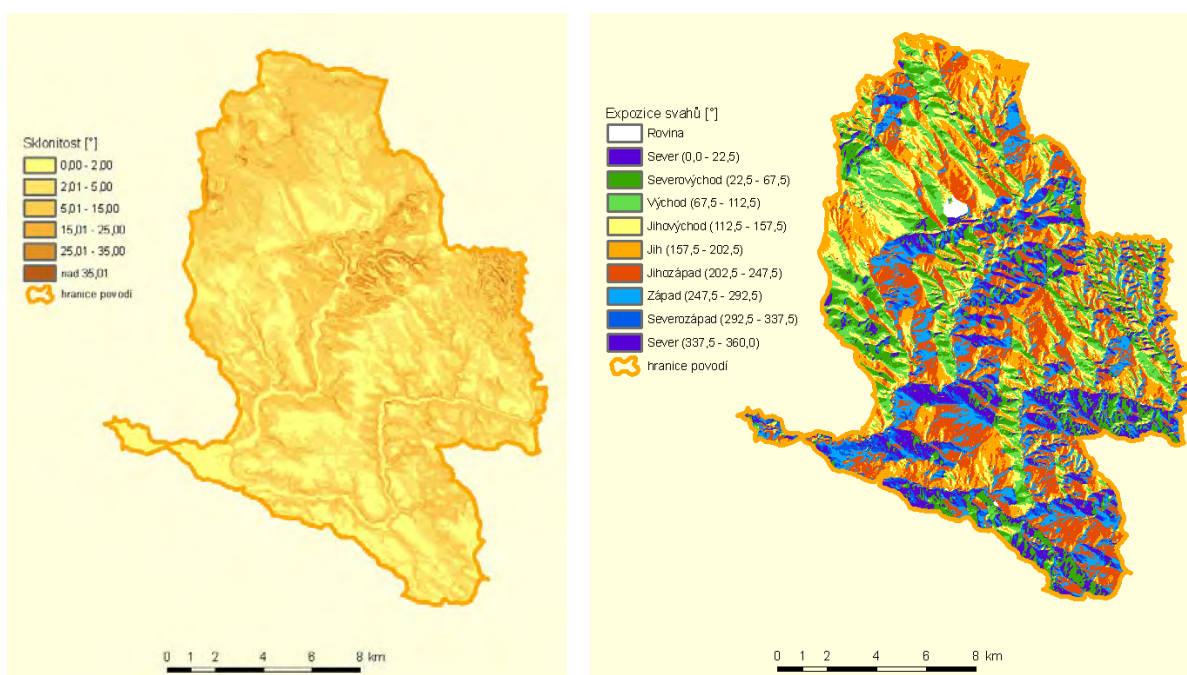
Analytické metody datových sad

Byly vytvořeny technologické postupy efektivního získávání charakteristik vodních toků a příslušných hydrologicky vymezených povodí. Jednalo se například o sklonitostní poměry, expozici svahů, hustotu říční sítě, podélné profily toků. Metody byly aplikovány na toky s délkou větší než 40 km.



Obr. 6.3.1 Charakteristiky vodních toků a jejich povodí – jednotlivé výstupy

V souvislosti s identifikací hydrologických povodí pro jednotlivé toky byly definovány objektivní podmínky vymezení hydrologického členění s cílem určení příslušného povodí v libovolném místě modelu říční sítě. S tím souvisela i problematika efektivního zpracování a aktualizace hraničních vodních toků podmiňujících charakterizaci vodních toků a povodí v ČR. Nedílnou součástí bylo i zpracování výškopisných dat ZABAGED® a DMR-F, jejich porovnání a možnosti dalšího využití. Všechny výsledky pak byly zúročeny v publikaci „Charakteristiky vodních toků a povodí ČR“ (obr. 6.3.1, 6.3.2).



Obr. 6.3.2 Charakteristiky vodních toků a jejich povodí (vlevo sklonitost, vpravo expozice)

Kromě výstupů vztahujícím se k charakteristikám vodních toků byla v této práci posuzována dostupnost geografická data potřebná v řešení problematiky prevence před povodňovými škodami nebo plánování větších vodohospodářských staveb. Prakticky šlo o posouzení vhodnosti mapového podkladu pro zakreslení rozlivů vodních toků při n-letých vodách, zakreslení linie skutečné maximální záplavy, obvodu nádrže nebo polderu do mapového díla. Výsledky práce je možné dekomponovat do tří následujících tematických okruhů.

1. Kvantifikace rozdílů ve výškopisu mezi ZABAGED a DMR_F.

Ze statistických tabulek pro vrstvy výškového rozdílu mezi těmito dvěma datovými sadami je zřejmé, že z celoplošného hlediska je rozdíl mezi rastrovým podkladem ze ZABAGED® a rastrovým podkladem z DMR_F téměř zanedbatelný (průměrná odchylka je vždy menší než 10 cm). To znamená, že oba podklady jsou stejně vhodné např. pro výpočet objemu zadržené vody.

2. Zakreslení rozlivů při n-letých vodách a skutečné záplavy na mapový podklad.

Pro zakreslení výše zmiňovaných vodohospodářských charakteristik jsou mimořádně důležitá korektní výškopisná data. Ta jsou nejkvalitnější v datových sadách vytvořených podle metodiky tvorby DMR_F. Tato data jsou však k dispozici pouze na toku Moravy, Bečvy a části Blanice.

Na podkladě kvantifikace a vizualizace rozdílů mezi vrstvami vytvořenými z dat ZABAGED® a DMR_F je možno považovat mapová díla vytvořená z podkladu ZABAGED® za dostatečná a vhodná pro zakreslení výše zmiňovaných vodohospodářských charakteristik. Důležitým předpokladem je však respektování výškopisu, který je zobrazen vrstevnicemi.

3. Data DMR_F.

Originální zdrojová data jsou ve formátu DGN a obsahují body a hrany. Hrany jsou dekomponovány na horní a dolní hranu a tyto obě poté ještě na hranu dobře nebo špatně viditelnou. Tato dekompozice není z vodohospodářského hlediska vhodná, a proto byly tabulky atributů na podkladě ortofotomapy a rastrové základní mapy 1:10000 transformovány podle požadavků datového modelu DMR_F (nádrže, vodí toky jako jedna linie, vodí toky jako dvě linie, hrany, podélné stavby na toku). Z vrstvy hrany jsou vynechány mosty a další příčné stavby, které model reliéfu nevhodně zkreslují.

Kartografie ve vodním hospodářství

V roce 2007 byla zaměřena pozornost na tvorbu technologických procesů a pravidel vytvářejících kartografickou prezentaci z digitální báze vodohospodářských dat. Jedná se především o Základní vodohospodářskou mapu ať už ve formě tiskových výstupů nebo ve formě internetovské aplikace. V souvislosti s digitální kartografií byla řešena problematika:

- revize, návrh a definice parametrů kartografických symbolů VH objektů,
- pravidla zobrazení symbolů v měřítkových řadách,
- metodika řešení kartografických konfliktů,
- pravidla a pokyny zpracování sestavitelských originálů.

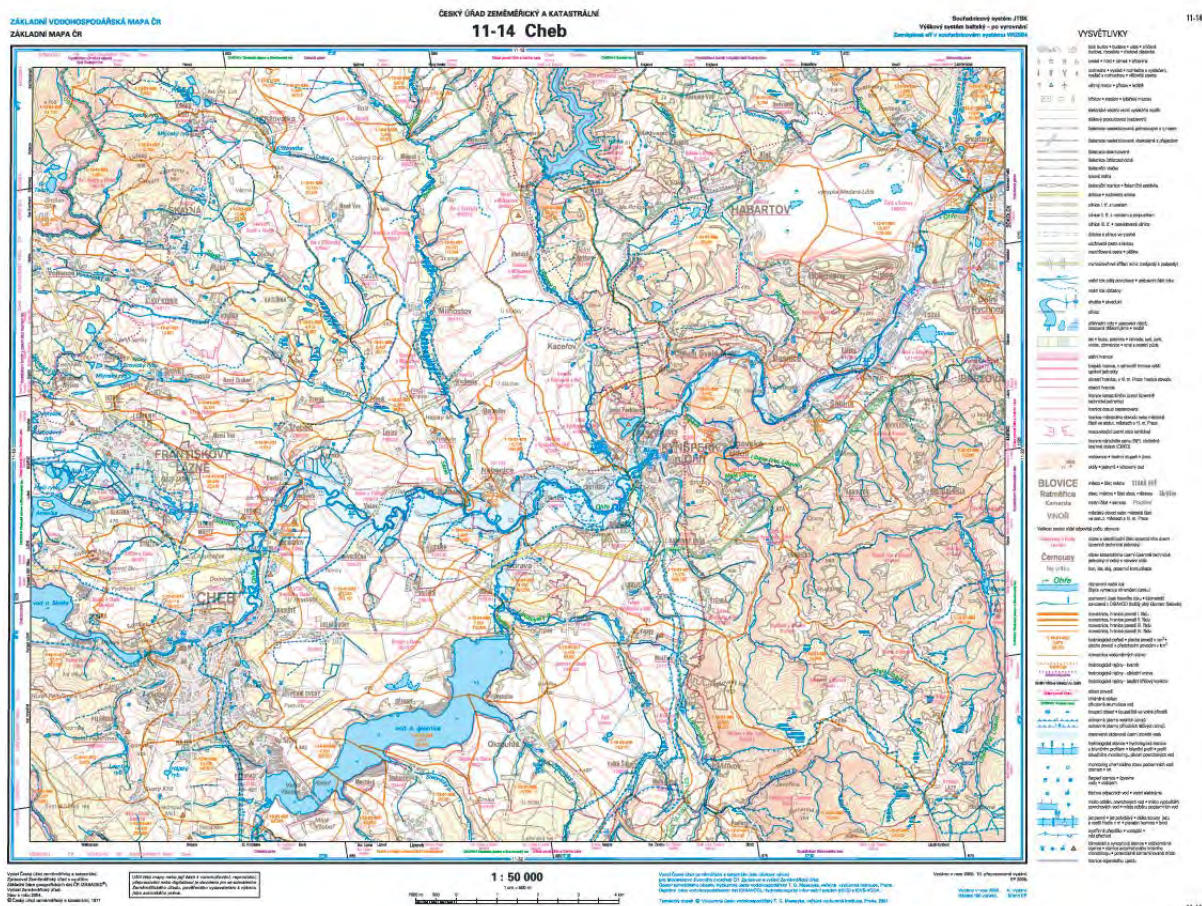
První část prací byla věnována rešerši historie vydávání Základní vodohospodářské mapy 1:50 000, hodnocení obsahu, technologie zpracování a konečného produktu, návrhu aplikací nových technologií s využitím DIBAVOD jako jediného datového zdroje pro zobrazení tematického vodohospodářského obsahu mapy. Jako základní prostředí distribuce mapových děl a vodohospodářsky významných dat bylo zvoleno internetové prostředí.

Datově a technologicky byla realizována internetovská aplikace s poměrně úzkou funkcionalitou, ale s významným vodohospodářským obsahem - mapy záplavových území 1 : 10 000 a internetová prohlížečka záplavových území na WWW adrese: <http://www.dibavod.cz/22/mapa-zaplavovych-uzemi-1:10-000.html>. (Obr. 6.3.3)

The screenshot displays the web application interface for flood zones. At the top, the logo of VUV TGM and the department name 'Oddělení geografických informačních systémů a kartografie' are visible, along with the date 'pondělí 31. října 2011'. A navigation menu includes 'o nás', 'aktuality', 'projekty', and 'IC'. Below this, a secondary menu lists 'DIBAVOD', 'ZVM 1:50 000', 'MZÚ 1:10 000', 'Mapy rizik', 'Charakteristiky toků a povodí ČR', 'Voda v krajině', 'Využití dat LLS', and 'Aktualizace vodních útvarů'. The main content area is titled 'Prohlížečka záplavových území' and features a central map of the Czech Republic with various flood zones highlighted in different colors. To the left of the map, there are several panels: 'o projektu' (project overview), 'přihlášení uživatele' (user login), 'výběr z aktualit' (news selection), 'download' (download options), and 'zajímavé odkazy' (interesting links). To the right of the map, there are panels for 'záplavová území' (flood zones) with a legend, 'pohyb v mapovém výřezu' (map movement), and 'posun mapy' (map movement controls). At the bottom of the map area, a note states: 'V aplikaci jsou použita data DIBAVOD a podkladová data © ČÚZK. Data DIBAVOD - záplavová území jsou aktuální ke dni 16.4.2009.' The footer contains copyright information: '© 2011 Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce - Odbor ochrany vod a informatiky - Oddělení GIS Podbabská 30/2582, Praha 6, 160 00'.

Obr. 6.3.3 Webová prohlížečka záplavových území

Přestože jsou aktuálním trendem prezentace a práce s mapami v prostředí internetu, byla věnována maximální pozornost procesům souvisejícím s klasickým tiskovým výstupem s respektováním všech kartografických pravidel. Ověření technologických postupů bylo realizováno ve formě tisku Základní vodohospodářské mapy 1 : 50 000 a zároveň byly zobrazeny dosažené výsledky výzkumu (obr. 6.3.4). Mezi hlavní dosažené výsledky lze zařadit ověřenou technologii tvorby Základní vodohospodářské mapy v digitálním prostředí s přímou vazbou na tvorbu státních mapových děl v gesci Zeměměřického úřadu. Bohužel vzhledem k nedostatečným finančním zdrojům není ani na konci roku 2011 rozběhnuta technologická linka tisku státního mapového díla za oblast voda.



Obr. 6.3.4 Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000 vytvořena digitální technologií

Dálkový průzkum v procesech aktualizace a tvorby digitální báze vodohospodářských dat

Letecké laserové skenování (dále LLS) patří k nejmodernějším technologiím pro pořizování prostorových geografických dat. Díky hustotě bodů, jejich přesnosti a probíhajícímu výškopisnému mapování ČR (2009 – 2012) se pravděpodobně produkty LLS stanou v nejbližší době jedním ze základních výškopisných podkladů.

Data z laserscanu v sobě zahrnují velké množství informací využitelných v mnoha disciplínách. Od roku 2008 se řešení zaměřilo výhradně na využitelnost dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství. Do té doby se v České republice tato metoda používala v ojedinělých případech zejména jako výškopisný podklad pro 2D hydrodynamické modelování. V souvislosti s realizací nového výškopisného mapování území České republiky metodou LLS v Českém úřadu zeměměřickém a katastrálním (2009 – 2012) vznikla na pracovišti Oddělení geografických informačních systémů a kartografie myšlenka aplikace nových výškopisných dat pro účely zpřesnění a zkvalitnění informačních systémů v oblasti vodního hospodářství České republiky.

Hlavními oblastmi výzkumu v období 2009 – 2011 bylo:

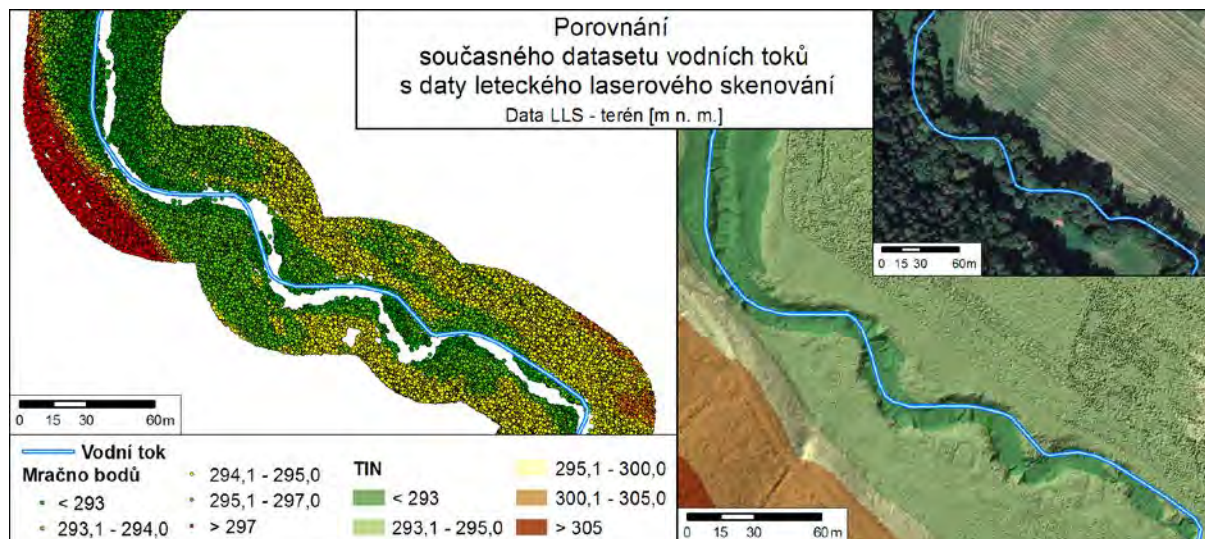
1. Polohopis trajektorie vodních toků
 - a. analýza přesnosti polohopisu stávajících dat vodních toků (DIBAVOD) porovnáním s reliéfem vygenerovaným z dat LLS;

- b. analýza možnosti automatizovaného postupu generování os vodních toků z dat LLS včetně vhodné kombinace se stávajícími daty DIBAVOD (zatrubnění, umělé kanály, občasné vodní toky).
2. Využitelnost dat v oblasti příbřežních zón jako podkladu pro stanovení záplavových území.
 - a. analýza přesnosti porovnáním s geodetickými daty;
 - b. porovnání s ostatními výškopisnými podklady;
 - c. řešení pro vodní toky různého charakteru.
3. Možnosti zpřesnění rozvodnic
 - a. stanovení rozvodnic a ploch povodí toků IV. řádu;
 - b. porovnání se stávajícími daty, včetně ověření v terénu;
4. Identifikace příčných překážek v korytě vodního toku
 - a. vytvoření skriptu pro automatickou identifikaci příčných překážek z dat LLS;
 - b. ověření údajných překážek nalezených z dat LLS v terénu a definování možných chyb při uvedeném postupu;
 - c. porovnání s dostupnými daty;
 - d. aplikování metody na tocích různého charakteru.
5. porovnání s dostupnými výškopisnými daty. Zaměřit se na kartometrické vyhodnocování výstupů z laserového snímání a porovnáním těchto výstupů s topografickými výstupy státní mapovací služby. Zjistit vliv využití území.

Za období řešení se postupně zpřesňovala zpracovávaná data a rozšiřoval se plošný i tematický záběr výzkumu. Na prvním území v okolí Dobrušky (47 km²) byly v roce 2009 zpracovány zkušební sady dat. Od roku 2010 byl výzkum soustředěn na data v téměř konečné podobě na lokalitách Polabí (okolí Nymburka) a Jičínska (600 km²). V tomto rozsahu byly předmětem řešení toky v délce necelých 100 km. Řešení obsahovalo podrobné analýzy se statistickým vyhodnocením. Hlavním prostředkem pro zpracování úloh byl ArcGIS Desktop.

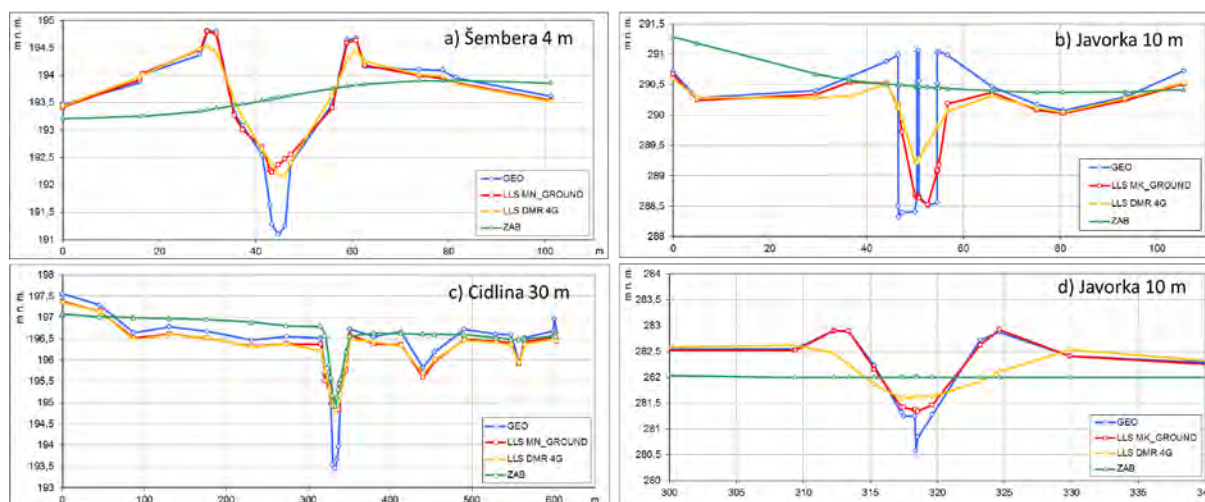
Souhrn řešení a poznatků pro jednotlivé tematické okruhy je:

1. Rozdíly ve vedení trasy os vodních toků ZABAGED a koryty viditelnými v terénu LLS byly zřetelné po vytvoření stínovaného reliéfu z dat LLS (obr. 6.3.5). Analyzováno bylo téměř 300 km toků. Maximální vzdálenost byla 36 m. Průměrná hodnota rozdílu v poloze os byla 1,44 m u koryt nad 4 m šířky a 1,81 m u koryt menších. Procentní zařazení úseků vodních toků s rostoucí vzdáleností prudce klesá. Největší část os stávajících toků je vedena ve vzdálenosti do 1 m od přesnější osy koryta, v případě menších koryt do 3 m. Data LLS umožňují zpřesnit trasu toků zejména v místech, která nejsou ve snímcích patrná (např. v případě toku v zalesněném území, či toku s hustou doprovodnou vegetací), nebo v místech, která jsou kvůli nedostatečnému rozlišení nebo vadě snímku nečitelná. Úkolem pro další výzkum je vytvoření automatického programového nástroje pro vytýčení os vodních toků. Tato úloha je velmi komplexní a náročná. Pro její vyřešení bude nezbytná spolupráce s odborníky z dalších oborů.



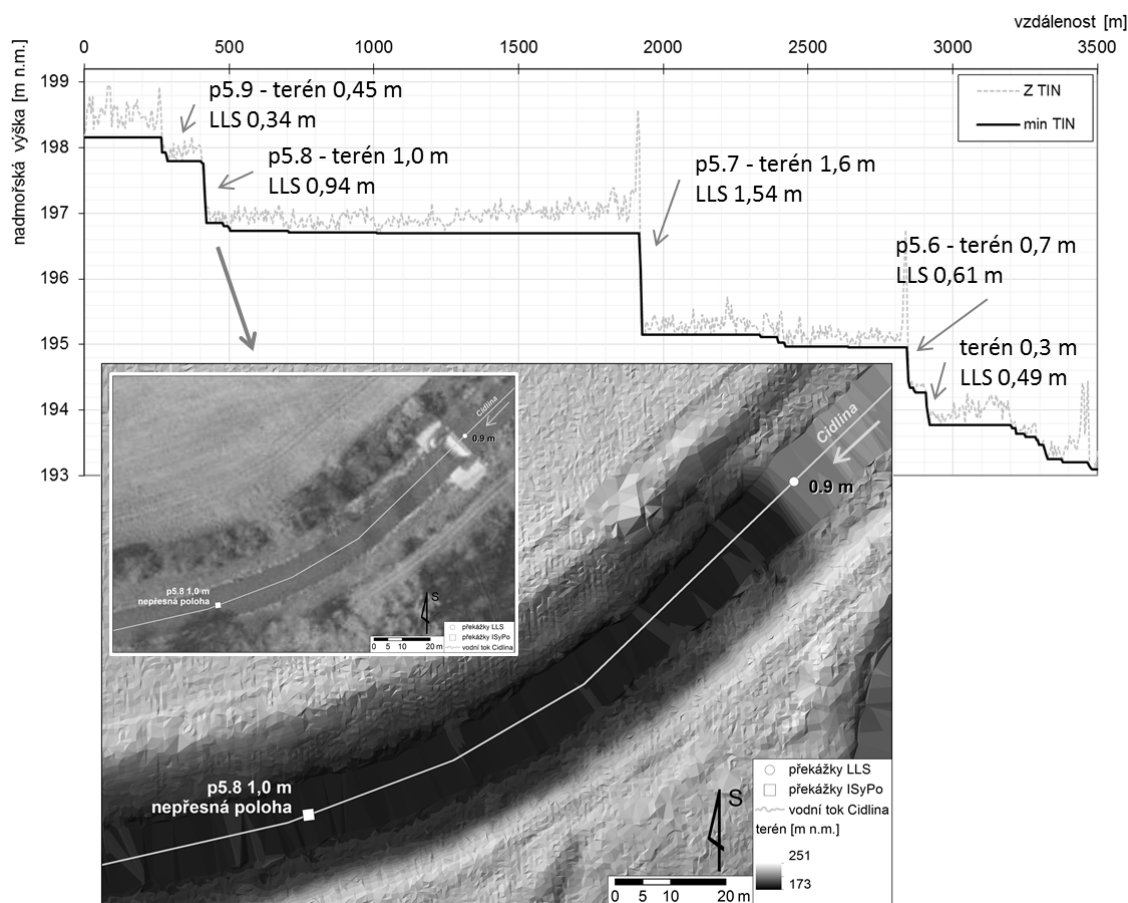
Obr. 6.3.5 Porovnání současného datasetu vodních toků s daty a terénem LLS

2. Tento úkol se zaměřuje na detailní analýzu přesnosti vstupních výškopisných dat pro vymezení záplavových území a následné doporučení. Testovány byly 2 produkty LLS v různé fázi zpracování a podrobnosti. K porovnání základních charakteristik výškopisných dat byla současně použita data fotogrammetrického měření, geodetického zaměření a zdokonalený výškopis ZABAGED®. Testování dat proběhlo v 384 příčných profilech (více než 90 km toku) pro určení záplavového území úseků Výrovky, Šembery, Víkavy, dolní části Cidliny, Javoroky a Dědiny. Z charakteru metody snímání terénu vyplývá rozdílné chování dat LLS v korytech vodních toků a v inundacích. V příčných profilech v inundacích byly při porovnání dat DMR 5G s geodetickým zaměřením zjištěny poměrně malé odchylky ve výškách. Průměrný rozdíl dat byl 6 cm se směrodatnou odchylkou 21 cm. V korytech vodních toků byly vypočtené rozdíly výšek několikanásobně větší, a proto je potřeba výškopis v korytě doplnit přesnějšími daty. V případě DMR 4G byly výsledky podobné, ale ke značnému zkreslení tvaru reliéfu dochází i v okolí břehové hrany. Charakteristické příčné profily ukazuje obr. 6.3.6. Produkt DMR 4G je vždy potřeba doplnit kvalitnějšími daty ve větším rozsahu – např. geodetickým zaměřením s delším přesahem do nivy (o cca 5 m) a s případným doměřením terénních zlomů v otevřené krajině. S výše popisovanými limity mohou produkty LLS nahradit či doplnit doposud používané metody při zachování požadované přesnosti.



Obr. 6.3.6 Ukázka příčných profilů s využitím různých výškopisných podkladů pro vymezení záplavových území

3. Z důvodů zpracování i dostupnosti se jako nejvhodnějším vstupem pro tuto úlohu jeví méně podrobný z produktů LLS – DMR 4G. Ten má také vyšší prostorovou i výškovou přesnost než podklady, z kterých byla vytvářena stávající vrstva rozvodnic. Proto podrobněji zohledňuje sklonitost terénu, zejména v rovinatém území. Nový model zaznamenává i některé lokální terénní nerovnosti, jako jsou silniční příkopy či valy na březích vodních toků. Rozdíly ve vedení rozvodnic jsou patrné především v místech, kde je povrchový odtok ovlivněn přesnějšími sklonitostními poměry anebo je usměrňován některým ze zmíněných liniových objektů. Data DMR 4G by mohla být použita v automatickém procesu vytýčení hranice povodí v případě lokalit s jednoduchými hydrologickými poměry. Ve složitějších případech by sloužila jako pomocná vrstva pro manuální vykreslení. Pro detailnější řešení by se mohl použít zředěný DMR 5G.
4. Při řešení způsobu identifikace příčných překážek bylo celkem analyzováno 7 úseků vodních toků o celkové délce téměř 100 km. Na tocích by se podle databáze ISyPo mělo nacházet 57 objektů ve dně, u kterých byla v rámci terénního průzkumu změřena poloha GPS a spád hladin. Součástí řešení bylo vytvoření skriptu pro automatické nalezení překážek pro použití v prostředí ArcGIS Desktop. Výsledkem postupu je soubor bodů označujících lokality, kde je pravděpodobný výskyt překážky. V rámci vyhodnocení byla porovnána poloha a spád objektů. Průměrný rozdíl pro překážky LLS je cca 3,5 m. Průměrná odchylka v případě objektů ISyPo je 21 m. Z porovnání výšek změřených v terénu a odvozených z dat LLS vyplývá, že v 80 % případů je rozdíl do 15 % z výšky překážky. Byla definována omezení metody. Porovnáním všech pozorovaných objektů s vyhlazenými podélnými profily bylo zjištěno, že v datech LLS lze s dobrým výsledkem identifikovat jezy a stupně, které mají rozdíl hladin větší než 0,4 m.



Obr. 6.3.7 Příklad využití metody identifikace příčných překážek

5. Oba produkty LLS byly porovnány s dostupnými výškopisnými daty (fotogrammetrie, ZABAGED[®], geodetická data, a byly statisticky vyhodnoceny. Ukázalo se, že k největšímu zpřesnění dojde v zalesněném území.

Výzkum dat LLS prokázal smysluplnost zpřesnění digitálního modelu terénu, který je používán jako podklad pro vytváření datových sad s vodohospodářskou tematikou. Data mohou být využita pro přesnější vytyčení trasy os vodních toků, revizi vrstvy rozvodnic, pro identifikaci příčných překážek a jako podklad při zpracování záplavových území v inundaci. Výsledky by měly být využitelné pro různé vodohospodářské instituce.

Předmět a závěry výzkumu byly prezentovány formou odborných článků, mapovými výstupy a prezentacemi na konferencích.

6.3.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

Publikace a články v odborných časopisech:

- Linhartová, I., Zbořil, A. Charakteristiky vodních toků a povodí ČR. Praha: VÚV T.G. Masaryka, 2006, 150 s., ISBN 80–85900–62.
- Uhlířová, K., Nováková Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – rozvodnice a osy vodních toků. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, č. 6, s. 0–0. ISSN 0322–8916.
- Uhlířová, K., Nováková, H. Využití dat leteckého laserového skenování v příbřežních zónách jako podklad pro stanovení záplavových území, Vodní hospodářství, 2011, roč. 2011, č. 12, s. 0–0. ISSN 1211-0760.
- Uhlířová, K., Nováková, H. Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – identifikace příčných překážek v korytě vodního toku. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, č., s. 0–0. ISSN 0322–8916.
- Uhlířová, K., Nováková, H. Suitability of nationwide airborne laser scanning data for flood inundation modelling – podáno do impaktovaného periodika.

Mapy s odborným obsahem:

- Zbořil, A. 01-34 Rolava. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-11 Aš. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-12 Kraslice. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-13 Hazlov. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-14 Cheb. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-32 Lázně Kynžvart. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 11-34 Tachov. 2008, VÚV T.G.M.
- Zbořil, A. 21-12 Rozvadov. 2008, VÚV T.G.M.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-6. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-7. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.

- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-8. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-9. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-6. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-7. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Uhlířová, K., Zbořil, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-8. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., bez-omezení.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Cidlina. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha10, 10010, 0.0.0000.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Javorka. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha10, 10010, 0.0.0000.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Labe. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha10, 10010, 0.0.0000.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Šembera, Výrovka, Vlka. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha10, 10010, 0.0.0000.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková Využití dat laserového laserového skenování pro vymezení povodí IV. řádu - S_030. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha10, 10010, 0.0.0000.
- Kateřina Uhlířová, Hana Nováková „Využití dat leteckého laserového skenování v příbřežních zónách jako podklad pro stanovení záplavových území“ Vodní hospodářství 11/2011.
- Uhlířová, Nováková, Využití dat LLS pro identifikaci příčných překážek na vodních tocích.

6.4 VÝVOJ A APLIKACE VHODNÝCH TECHNICKÝCH NÁSTROJŮ NUTNÝCH PRO ZHODNOCENÍ VLIVU EMISÍ NA CHEMICKÝ STAV POVRCHOVÝCH VOD A VÝVOJ SYSTÉMŮ JEHO HODNOCENÍ

Doba řešení: 2005 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Tomáš Mičaník

Řešitelský tým: Mgr. Tomáš Luzar, Ing. Jiří Šajer, Ing. František Sýkora, Ing. Vladimír Šlouf, Ing. Alena Kristová, Ing. Zdeněk Pospíšil, Ing. Miroslav Váňa, Ing. Filip Wanner, Vojtěch Mrázek, Ing. Petr Vyskoč, RNDr. Renáta Filippi, Ing. Pavel Richter, Ing. Ivana Truxová, Ing. Lucie Cséri, Mgr. David Chrastina, Monika Kadlčíková, Ing. Marie Kalinová, Ing. Magdalena Karberová, Ing. Robert Kořínek, Ing. Pavlína Krečmerová, Ing. Jiří Kučera, RNDr. Josef Kupec, Mgr. Jana Latková, Ing. Ivan Nesměrák, CSc., RNDr. Michal Pavonič, Ing. Lucie Schönbauerová, Radim Kabeláč, Ing. Eugen Sikora, Ph.D., Ing. Jan Belda, Mgr. Tomáš Luzar, Ing. Filip Wanner

6.4.1 Předmět řešení

Předmětem řešení subprojektu byl výzkum a zdokonalování systému hodnocení vzájemného vztahu vlivu emisí ze zdrojů znečištění a chemického stavu povrchových vod. Výzkum se týkal široké škály ukazatelů, především látek nebezpečných pro hydrosféru a jejím prostřednictvím i pro člověka, mikrobiálního znečištění a radioaktivity. Dále byly vyvíjeny nástroje hodnocení a postupy včetně jejich ověřování aplikacemi v lokálním nebo celorepublikovém měřítku s ohledem na vývoj komunitární legislativy. Vývoj technických nástrojů byl zastoupen především vývojem, ověřováním a kalibrací pasívních vzorkovačů vod. Řešení vybraných aspektů mikrobiálního znečištění odpadních vod a povrchových vod a znečištění povrchových vod, říčních sedimentů a vybraných ucelených povodí radioaktivními látkami v rámci restrukturalizace VZ jako celku bylo od roku 2008 vyděleno do samostatných subprojektů a nebudou dále prezentovány v této části. Přesto byla náplň řešení tohoto subprojektu dosti široká. Zaměřila se na následující oblasti:

Screening vybraných prioritních látek v odpadních vodách

V první polovině trvání výzkumného záměru byla věnována pozornost ověřování emisí vybraných nebezpečných látek pro vodní prostředí, jejichž sledování na národní úrovni nebylo obvyklé, a pro které byly zároveň komunitární legislativou stanoveny nebo připravovány normy environmentální kvality. S ohledem na vydání strategického dokumentu EK „Strategie Společenství týkající se rtuti“ (Sdělení Komise, 2005) byla nejprve věnována pozornost vybraným průmyslovým odvětvím, pro které byly nově nařízením vlády č. 61/2003 Sb. stanoveny mezní hodnoty pro vypouštění rtuti odpadními vodami. Konkrétně se jednalo o elektrárny spalující uhlí, výrobu papíru a výrobu oceli. Ověřeno bylo vypouštění rtuti z 28 provozoven. Na tyto práce navázalo ověření vypouštění tzv. prioritních látek v oblasti vodní politiky ES, jejichž seznam byl poprvé zveřejněn Rozhodnutím Evropského parlamentu a Rady č. 2455/2001/ES. Na základě kolekce dostupných dat o emisích prioritních látek (především z Registru průmyslových zdrojů znečištění) bylo pasportizováno a ověřeno vypouštění celkem 75 průmyslových podniků vybraných odvětví na území celé ČR. Poslední skupinou ověřovaných subjektů se staly všechny komunální zdroje znečištění

s objemem vypouštěných odpadních vod nad 4 mil. m³ za rok (30 MěČOV). V roce 2008 byly získané výsledky souhrnně vyhodnoceny a tím bylo řešení této problematiky ukončeno.

Systémy hodnocení emisí a jakosti povrchových vod tekoucích

Znalost vztahu mezi změnou emisí a změnou chemického stavu povrchových vod je důležitou součástí rozhodovacího procesu v ochraně vod. Technicko-legislativní změny v systému ochrany vod posilují imisní princip ochrany vod k dosažení dobrého stavu povrchových vod a zpětně kontrolovat účinnost realizovaných opatření vyhodnocením stavu toku. Tyto principy vyvolávají potřebu disponovat dobrými nástroji pro hodnocení stavu a trendů. Jedním ze stěžejních problémů je interpretace hodnot pod mezí stanovitelnosti. Problém byl řešen ze dvou hledisek: jednak jak nakládat s vlastní hodnotou pod mezí stanovitelnosti (MS), a dále jak nakládat s hodnotami pod MS z hlediska jejich četnosti v souboru hodnocených dat. Byl např. testován látkový odtok profilem s využitím několika přístupů.

Po zveřejnění směrnic Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES a 2009/90/ES bylo provedeno první vyhodnocení jakosti povrchových vod s ohledem na plnění norem environmentální kvality (NEK) pro prioritní látky. V posledním roce řešení VZ bylo po schválení novely nařízení vlády č. 61/2003 Sb. provedeno obdobně vyhodnocení jakosti povrchových vod ke všem mezním hodnotám NEK nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Modelování jakosti povrchových vod tekoucích

Účelem řešení bylo najít a ověřit vhodný, snadno dostupný modelovací nástroj jakosti povrchových vod tekoucích, který by byl méně náročný na potřebu vstupních dat než běžně používaný model QUAL 2E nebo MIKE 11 a přesto predikoval s přijatelnou nepřesností průběh koncentrací základních parametrů znečištění (BSK₅, CHSK_{Cr}, P_{celk.}, N-NH₄, apod.) v podélném profilu toku. Na základě provedené rešerše byl vybrán model DESERT (Decision Support System for Evaluating River Basin Strategies), verze 1.1., který byl vyvinut Institute for Applied System Analysis, Luxemburg, Austria a Institute for Water and Environmental Problems, Barnaul, Russia. Model byl testován a kalibrován na vybraných tocích povodí Odry (Lučina, dolní Odra).

Vývoj systémů pasívního vzorkování vod

Semipermeabilní membrány slouží ke kontinuální expozici vybranými organickými polutanty z vodního prostředí. Polutanty zachycené v membráně lze po ukončení její expozice získat extrakcí a extrakt analyzovat. Výsledek analýzy poskytuje obraz o průměrném organickém znečištění monitorovaného prostředí po celou dobu expozice. Ve VÚV TGM, v.v.i. byly vyvinuty membrány vlastní konstrukce, jejichž výrobní cena byla nesrovnatelně nižší oproti komerčně dostupným membránám dováženým do ČR ze zahraničí.

Hlavním cílem řešení bylo vypracování uceleného systému pro monitoring organických mikropolutantů ve vodách pomocí ekonomicky dostupných semipermeabilních membrán plněných trioleinem (SMPT), včetně metodiky kalibrace, umožňující získání přepočítávacích koeficientů pro stanovované polutanty tak, aby bylo možno z naměřených hodnot v SMPT stanovit (kvalifikovaně odhadnout) průměrnou hodnotu koncentrace těchto polutantů v monitorované vodě. U řady sloučenin, jejichž rozdělovací koeficient triolein/voda dosahuje hodnoty 104 a více umožňuje tento způsob vzorkování i snížení meze jejich stanovitelnosti. Testováno bylo 56 organických látek a 4 kovy.

Kromě membrán plněných trioletem byla testována možnost použití membrán silikonových (bez náplně), PE membrán naplněných silikonovým olejem a také iontoměničů (směsi aneXu

a katexu). V roce 2010 se tým zabývající vývojem nízkonákladových membrán zúčastnil interkalibračního testování pasivních vzorkovačů na řece Rhône (Francie) společně se 17 dalšími evropskými státy.

Vývoj a aplikace postupů sledování emisí do vod

Vývoj byl zaměřen na aktuální problémy vzorkování odpadních vod a kontinuálního sledování celkového organického znečištění z vypouštěného z komunálních a vybraných průmyslových zdrojů znečištění. Řešena byla problematika vzorkování malých komunálních ČOV využívajících technologie SBR reaktorů (Sequencing batch reactors), kdy odpadní vody z ČOV jsou vypouštěny diskontinuálně. Do té doby neexistovala metodika, která by jednotně upravovala vzorkování odpadních vod pro potřebu kontroly vodoprávním úřadem a pro vyhodnocení podle podmínek daných nařízením vlády č. 61/2003 Sb. Dále to byla problematika vzorkování těžkých organických látek (TOL), tj. rozdílu mezi bodovým a slévaným typem odběru. S ohledem na postupné zavádění monitorování celkového organického uhlíku (TOC) v odpadních vodách byla zkoumána možnost kontinuálního sledování tohoto ukazatele z důvodu schopnosti operativního řízení a optimalizace technologického procesu čištění odpadních vod. Testování sond se souběžným vzorkováním a analyzováním jakosti odpadních vod proběhlo na několika čistírnách odpadních vod (přítok, odtok) o velikosti 14 – 58 tis. EO.

Vývoj postupů pro vymezení mísicích zón

Článek 16 směrnice 2000/60/ES stanovuje strategii omezování chemického znečišťování vod. Jako první krok této strategie byl přijat seznam tzv. prioritních látek (rozhodnutím č. 2455/2001/ES) určující 33 látek prioritního zájmu. V souladu s čl. 16, odst. 7 směrnice Rada ministrů pro životní prostředí ES dosáhla v roce 2007 politické shody k návrhu směrnice „o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky a o změně směrnice 2000/60/ES“. Tato směrnice 2008/105/ES stanovuje normy environmentální kvality (NEK) pro všech 33 prioritních látek v povrchových vodách NEK jsou vyjádřeny jako roční průměrné hodnoty (ochrana proti chronickým účinkům) a jako maximální nepřekročitelné hodnoty (ochrana proti akutním účinkům na vodní organismy). Nová směrnice umožňuje členským státům vymezení tzv. přechodné oblasti překračování nebo-li mísicí zóny, tj. úseky toků, kde mohou být NEK překračovány. Pokud se členský stát rozhodne mísicí zóny vymezení, je pak jeho povinností popsat Komisi přístup a metody, jakým byly tyto zóny určeny. Ustanovení týkající se mísicích zón byly transponovány do národního právního řádu vyhláškou č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod (§ 6).

Po provedení rešerše problematiky na počátku řešení byl experimentálně ověřován průběh mísicí zóny (MZ) na mnoha typech broditelných a několika typech nebroditelných toků po celé ČR (např. Labe, Bílina, Ploučnice, Jizera, Ostravice, Opava, Bohumínská Stružka, Bečva) měřením konduktivity nebo stanovením vybraných ukazatelů znečištění (PAU, Cd) v příčném i podélném profilu toků. Souběžně s tím byl vyvíjen model pro vymezení MZ. Ten původně vycházel z holandského imisního testu (HIT), byl však kompletně přepracován a modifikován do tzv. českého imisního testu (CIT). V posledním roce řešení byla vypracována metodika pro vymezení MZ, která by měla být do konce roku podstoupena k certifikaci OOV MŽP.

Studium kinetiky sorpce na přírodní materiály

Vzhledem k tomu, že říční sediment představuje významný receptor možného znečištění, je zapotřebí detailně studovat sorpční a distribuční procesy probíhající ve vodním prostředí. Účelem provedených experimentů bylo studovat kinetiku a míru sorpce na vybraných typech

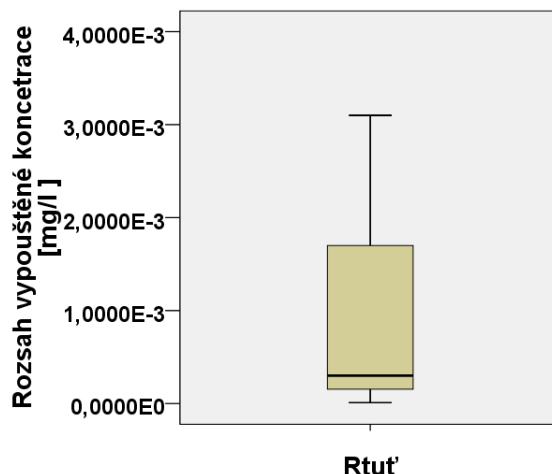
pevných matric včetně říčního sedimentu. Podmínky experimentu se měly přibližovat přírodním podmínkám, charakteristických pro odtokové poměry za intenzivních srážek (obsahem NL, turbulentním prouděním, délkou expozice). Pro testy byly vybrány mastek, kaolín, rašelina a říční sediment (profil Odra-Petřkovice v silně antropogenně ovlivněné oblasti).

Modelové vzorky byly připraveny tak, že do redestilované vody byla navážena příslušná pevná matrice tak, aby obsah NL činil 50 mg.l^{-1} , resp. 500 mg.l^{-1} a kontaminant v takovém množství, aby výsledná koncentrace modelového roztoku činila $50 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ (Cd nebo Hg) nebo $1,5 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ PAU. Hodnota pH připravených modelových roztoků byla upravena na hodnotu 7 až 8. Po té bylo provedeno odstředění vzorků při 3500 ot.min^{-1} a laboratorní analýza vodné části.

6.4.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Screening vybraných prioritních látek v odpadních vodách

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v Příloze č. 1, Části C nově specifikovalo mezní hodnoty vypouštění zvláště nebezpečných závadných látek odpadními voda z vyjmenovaných druhů výroby, čímž byly transponovány požadavky tzv. dceřiných směrnic směrnice 76/474/EHS. Pasportizací vybraných podniků energetického, hutního a papírenského průmyslu v roce 2005 bylo zjištěno, že vypouštění rtuti bylo upraveno vodoprávním povolením jen v ojedinělých případech. Screening obsahu rtuti v odpadních vodách podkračoval platné emisní standardy, ale v ojedinělých případech byla emise do povrchových vod významná (energetika, hutní průmysl), zvláště pokud vylo vypouštění charakteristické vysokým objemem vypouštěných odpadních vod ($C_{\text{max}} \text{ Hg } 3 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$).

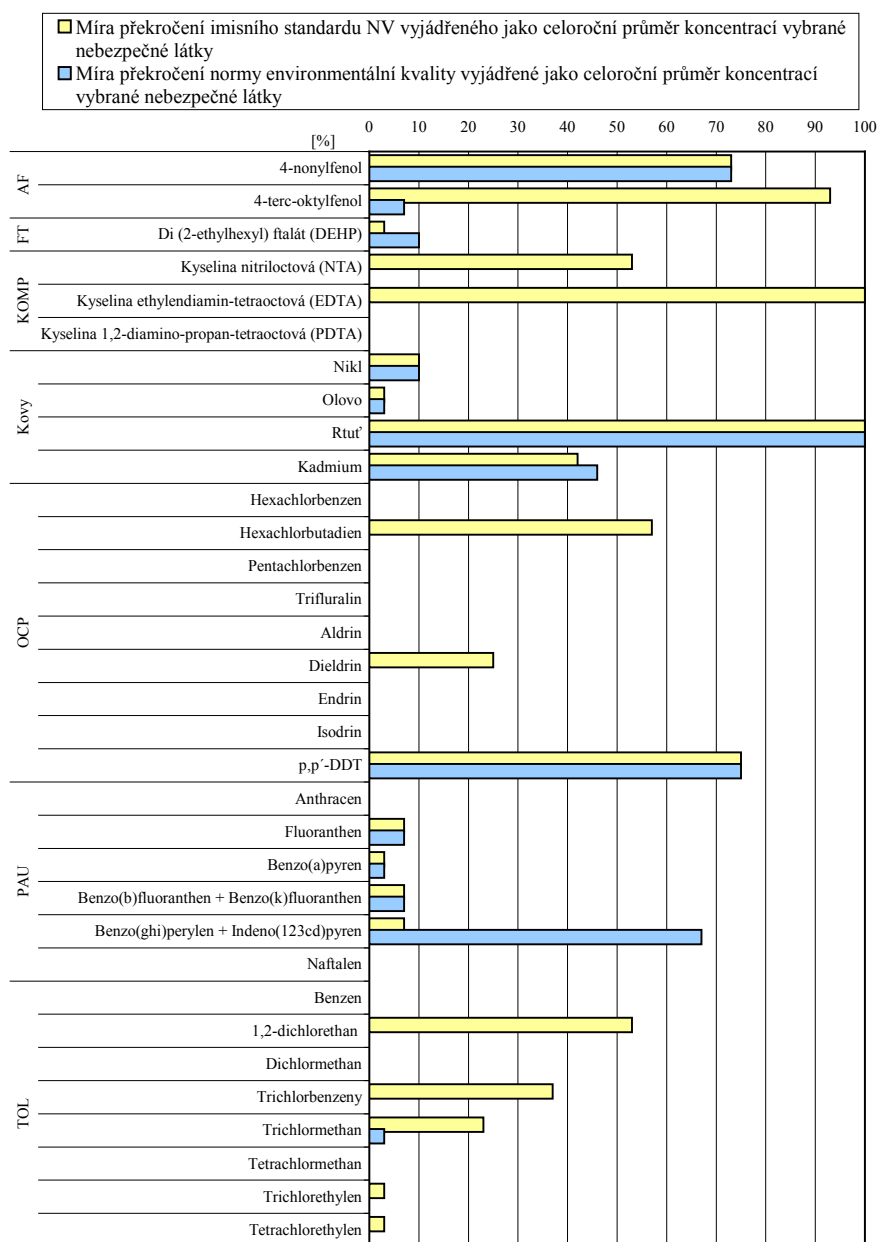


Graf 6.4.1 Charakteristika vypouštění rtuti odpadními vodami z relevantních výroby průmyslu

V roce 2006 bylo ověřeno vypouštění prioritních látek v odpadních vodách 72 průmyslových podniků. Výběr ověřovaných ukazatelů znečištění byl realizován s ohledem na výrobní zaměření a spektrum vyráběných nebo používaných látek. Ojediněle byl zjištěn významný obsah antracenu (chemický průmysl), niklu (použití jako katalyzátoru organických výroby, elektropokovování), olova (použití třaskavin při výrobě patron airbagů), oktylfenolů (výroba nátěrových hmot). Trvale významná byla přítomnost DEHP v odpadních vodách z chemického průmyslu (výroba PVC), z výroby nátěrových hmot a při používání emulgátorů, a nonylfenolů (aplikace nátěrových hmot, výroba a použití přípravků spotřební chemie). U cca 30 % podniků používajících organická chlorovaná rozpouštědla k odmašťování nebo

v organické syntéze, byly naměřeny významné obsahy perchlorethylenu, trichlorethylenu, méně často pak chloroformu a dichlormethanu. Během poslední dekády se množství používaných chlorovaných rozpouštědel systematicky snižuje. Určitý podíl emisí do vod představují staré ekologické zátěže.

V roce 2007 byly prioritní látky ověřovány v komunálních odpadních vodách z 33 nejvýznamnějších ČOV v ČR s vypouštěním na d 4 mil. m³.rok⁻¹. Vzhledem k vysokému objemu vypouštěných odpadních vod jsou koncentrace přesahující NEK vždy významné. Nejvýznamnější je vypouštění nonylfenolů (72 % ČOV) a vybraných PAU (indeno-c,d-pyren, benzo-g,h,i-perylen). Významná vychází i emise rtuti a kadmia (100 %, resp. 46 % ČOV), reálná situace však může být zcela odlišná, protože meze stanovitelnosti pro tyto zpoplatněné ukazatele jsou dle pasportů vyplněných provozovateli ve většině případů nedostačující vzhledem k limitním hodnotám NEK.



Obr. 6.4.1 Míra překročení imisních standardů NV č. 61/2003 Sb. a norem environmentální kvality dle směrnice 2008/11/ES v odpadních vodách z 30 největších komunálních ČOV

Od roku 2008 bylo řešení této problematiky rozhodnutím garanta VZ utlumeno. Problematika alkylfenolů tak nemohla být dále dořešena. Chováním alkylfenolů v čistírenském procesu se však podrobně zabýval subprojekt 3612.

Systémy hodnocení emisí a jakosti povrchových vod tekoucích

V počátku řešení VZ bylo prováděno hodnocení chemického stavu (směrnice 2008/105/ES byla v procesu přípravy) povrchových vod podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. a podle ČSN 75 7221 se zaměřením na kritické profily (lokality). Jakmile vešly ve známost připravované normy environmentální kvality a způsob hodnocení (roční aritmetický průměr, maxima), byl prováděn rozbor způsobu hodnocení (v té době se na národní úrovni podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. hodnotilo podle koncentrace C_{90} (imisní standardy)). Bylo prováděno orientační hodnocení, ze kterého vyplynulo, že bude potřeba daleko větší pozornost věnovat hodnotám pod mezí stanovitelnosti tak, aby byl zajištěn jednotný přístup.

V ČR byla intuitivně přijata zásada nahrazovat při měření jakosti vody v tocích hodnoty pod mezí stanovitelnosti polovinou této hodnoty a počítat aritmetický průměr pouze v případě, že hodnot pod mezí stanovitelnosti je méně než polovina naměřených hodnot. Tato zásada a možnost vypočítávat průměr i při 90 % hodnot pod mezí stanovitelnosti podle návrhu směrnice Komise (později schválená směrnice 2009/90/ES) byly prověřeny na souborech s Pearsonovým rozdělením III. typu a log-normálním rozdělením s různými koeficienty variace. Analýza ukázala, že systém náhrady hodnot pod mezí stanovitelnosti je složitý a že náhrada hodnotou rovnou polovině meze stanovitelnosti je přijatelná zhruba do 50 % hodnot pod touto mezí. V takovém případě je odchylka vypočteného průměru nebo směrodatné odchylky od správné hodnoty v přijatelných mezích. (Nesměrák, I. K problematice náhrad hodnot pod mezí stanovitelnosti při chemických analýzách a monitorování stavu vod, 2009)

V posledních dvou letech řešení bylo ve spolupráci se subprojektem 3622 provedeno první vyhodnocení jakosti povrchových vod podle NEK pro prioritní látky a podle novelizovaného nařízení vlády č. 61/2003 Sb. (novelou č. 23/2011 Sb.) pro ostatní znečišťující látky. Hodnoceno bylo období let 2006 až 2008. Zdrojem dat hodnocení byly údaje z programů situačního a provozního monitoringu povrchových vod VÚV TGM, v.v.i., státních podniků Povodí a ZVHS. Údaje poskytl ČHMÚ z IS ARROW. Přitom bylo třeba se metodicky vypořádat s přístupem k NEK pro kadmium, které jsou stanoveny s ohledem na tvrdost vody, a ukazateli, jejichž mez stanovitelnosti je vyšší než 30 % NEK (podmínka směrnice 2009/90/ES). Zvolená kritéria pro určení spolehlivosti vyhodnocení jsou uvedena v následující tabulce 6.4.1.

Tab. 6.4.1 Kritéria pro určení spolehlivosti vyhodnocení jakosti povrchových vod

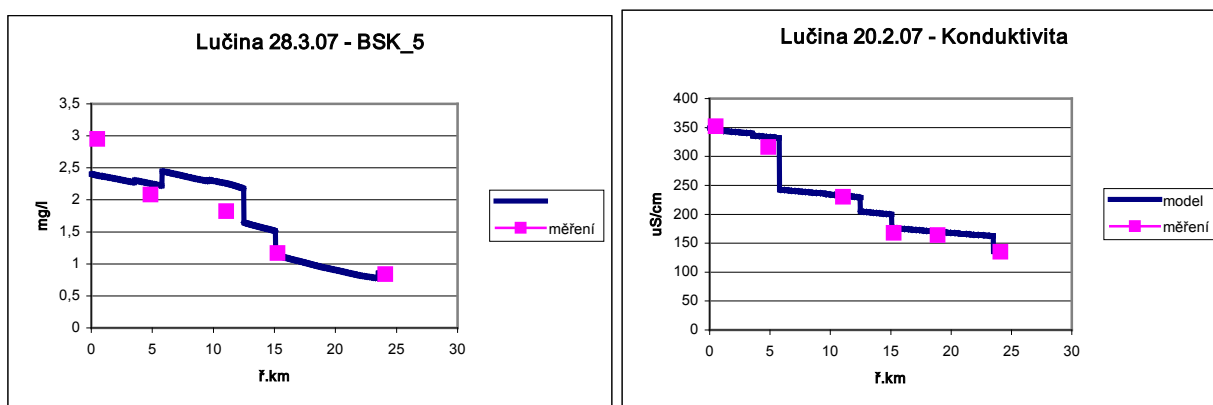
	Všechna měření pod MS	Část měření pod MS	Žádné měření pod MS
	Spolehlivost vyhodnocení		
MS ≤ 30% NEK	vysoká	vysoká	vysoká
MS ≤ NEK a > 30 % NEK	střední	střední	vysoká
MS > NEK	nízká	při více než 50% měření nad MS střední, v ostatních případech nízká	vysoká

Kromě článku v recenzované příloze VTEI v roce 2011 (viz výstupy) jsou výsledky hodnocení přístupny na internetovém portálu HEIS VÚV formou datových sad a map v elektronickém formátu (PNG), pro potřeby tisku dostupné na příslušném internetovém portálu na adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/vyhodnocenijakostipov>. Vyhodnocení bylo provedeno pro 40 prioritních látek, 53 dalších znečišťujících látek (uvedených v nařízení vlády č. 23/2011 Sb.) a 18 všeobecných ukazatelů. Vyhodnocení je cenným výstupem přístupným široké odborné veřejnosti v době, kdy není ještě dostupné hodnocení prostřednictvím IS ARROW.

Modelování jakosti povrchových vod tekoucích

Pro modelování jakosti povrchových vod softwarem DESERT byly vybrány tyto ukazatele: konduktivita, $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , dusík dusičnanový, dusitanový a amoniakální. Model je stacionární a simuluje změny koncentrací v hydrologických uzlech, objemové změny látek vlivem chemických či biochemických procesů a nárůst koncentrace vlivem difúzního znečištění. Stav prací je popsán zvláště pro model toku Lučiny (od hráze ÚN Žermanice po ústí do řeky Ostravice) a zvláště pro model toku Odry skrze Ostravskou aglomeraci (od Profilu Polanka po hranici s Polskem).

V roce 2009 bylo dokončeno vzorkování pro model řeky Lučiny. Data z let 2008 a 2009 byla použita ke kalibraci modelu, starší data z roku 2007 k jeho validaci. Kalibrace modelu se potýkala s problémy, souvisejícími se skutečností, že podobně malé toky nebývají modelovány, a vymykají se tudíž běžným charakteristikám. Tyto toky jsou variabilní, nezachytitelné difúzní vlivy v nich hrají významnou roli atd. Hodnota amoniakálního dusíku například v některých případech velmi rychle klesala, což bylo nutné v modelu zohlednit. Dále bylo nutno speciálně pro tento model vyřešit situaci, kdy odpadní voda z průmyslové ČOV vykazovala zdánlivě nižší hodnotu BSK_5 , než se později projevila v recipientu. Zvláštní charakteristikou řešení tohoto úkolu bylo použití plynule se měnících rychlostních koeficientů pro modelované jevy. Výsledky řešení byly připraveny k publikování formou odborného článku.



Graf 6.4.2 Ukázka kalibrace modelu DESERT v podélném profilu řeky Lučiny

Vývoj systémů pasivního vzorkování vod

Hlavním cílem řešení bylo vypracování uceleného systému pro pasivní monitoring organických mikropolutantů ve vodách pomocí ekonomicky dostupných semipermeabilních membrán plněných trioleinem, včetně metodiky kalibrace umožňující získání přepočítávacích koeficientů pro stanovované polutanty tak, aby bylo možno z naměřených hodnot v membráně stanovit (kvalifikovaně odhadnout) průměrnou hodnotu koncentrace těchto polutantů v monitorované vodě. U řady sloučenin, jejichž rozdělovací koeficient triolein/voda

dosahuje hodnoty 104 a více, umožňuje tento způsob vzorkování i snížení meze jejich stanovitelnosti.

Nízkonákladové semipermeabilní membrány byly vyrobeny se stejnými parametry jako komerční SPMD; ploché trubice z polyethylenu nízké hustoty (LDPE) bez přísad, o délce 1000 mm jsou plněny trioleinem v množství 1 ml (0,91 g). Byla zhotovena kalibrační aparatura simulující expozici membrán v tekoucí znečištěné vodě. Kalibrací byla ověřena nejvhodnější doba expozice membrán – 4 týdny (28 dní). Po praktických zkušenostech s aplikací membrán v terénu byl optimalizován systém fixace membrán v toku. (viz obr. 6.4.2). Počet testovaných organických látek za dobu řešení dosáhl 56 (PCB, OCP, PAU, OPP).



Obr. 6.4.2 Držáky membrán

V průběhu řešení byly pro pasivní monitoring testovány další materiály: folie ze silikonové pryže, silikonový olej (pro záchyt polárnějších polutantů), a iontoměničové pryskyřice (pro záchyt kovů). Z výsledků vyplynulo, že silikonové membrány jsou plně funkční, oproti membránám plněným trioleinem však zachycují v daném časovém intervalu menší množství polutantů.

Z výsledků vyplývá, že nízkonákladové membrány vyvinuté ve VÚV TGM, v.v.i. mohou bez problému konkurovat komerčním SPMD. Rozšíření škály vzorkovaných polutantů o chlorované pesticidy chlorothalonil a dichlobenil je diskutabilní vzhledem k nízkým koncentracím těchto látek nalezeným v obou druzích membrán (VÚV a komerčních SPMD). Při testu schopnosti sorbovat organofosforové pesticidy bylo v obou druzích membrán nalezeno ze škály devatenácti pesticidů pouze 8 sloučenin. Co se týče vyhodnocení úspěšnosti účasti na interkalibračním testování pasivních vzorkovačů ve Francii (PAU) lze konstatovat, že žádné hodnoty s výjimkou fluoranthenu naměřené naší laboratoří nebyly odlehle, tj. nevybočovaly z množiny hodnot většiny účastníků, a lze tedy naši účast v mezinárodním porovnání hodnotit jako úspěšnou. Konkrétní hodnoty výsledků bohužel organizátor neposkytl, navíc ve výsledcích nejsou rozlišeny nejruznější použité druhy pasivních vzorkovačů.

Originální komerční SPMD stojí asi 50 USD + 250 až 350 USD za držák a koš pro umístění do terénu (viz oficiální web <http://www.est-lab.com>). Při nákupu v ČR přes obchodníka je cena jedné SPMD asi 1900 Kč. Náklady na výrobu jedné nízkonákladové membrány činí přibližně 120 Kč. Velice nízká cena semipermeabilních membrán vyvinutých ve VUV TGM, v.v.i. oproti originálním SPMD umožňuje jejich masovější použití v terénu.

Vývoj a aplikace postupů sledování emisí do vod

V počátečním období řešení byl řešen problém reprezentativnosti vzorkování vypouštěných odpadních vod z SBR reaktorů. Vzorkování na sebe navazujících cyklů na několika lokalitách prokázalo významné rozdíly mezi jednotlivými cykly vypouštění, a to jak mezi jednotlivými reaktory, tak poměrně překvapivě i mezi jednotlivými vypouštěcími cykly stejného reaktoru. Rozdíly byly nejvýraznější u amoniakálního dusíku, jehož odtoková koncentrace významně záleží na aktuálním látkovém zatížení reaktoru a době zdržení (délce cyklu). Na základě těchto poznatků byl na místo standardního dvouhodinového vzorku (typ A) navržen vzorek vzniklý smísením dílčích vzorků stejného objemu odebraných ve stanoveném časovém kroku po celou dobu jedné fáze vypouštění. Pro větší čistírny, u kterých právní předpisy (nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění a další předpisy) požadují 24hodinový vzorek vzniklý smísením 12 dílčích vzorků stejného objemu odebraných v intervalu 2 hodin, je třeba u čistíren s přerušovaným provozem požadovat směsný vzorek vzniklý smísením vzorků odebraných během všech vypouštěcích fází během jednoho dne. Výsledkem řešení bylo zpracování metodického postupu pro vzorkování čistíren odpadních vod s přerušovaným provozem (viz výstupy Kučera, J., 2008).

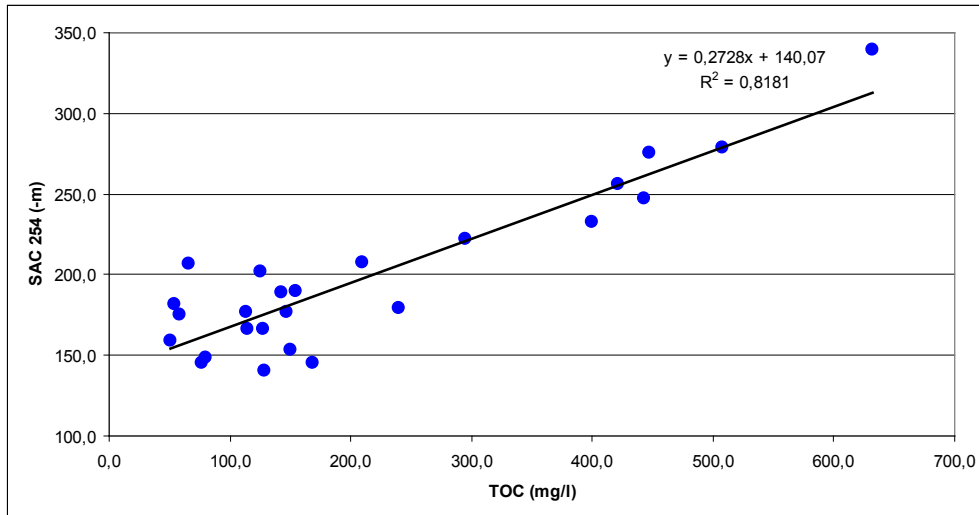
Těkávé zvláště nebezpečné látky vypouštěné do kanalizace nebo do povrchových vod lze podle metodického pokynu k nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. vzorkovat 24 hodinovým směsným vzorkem pouze v případech, kdy bylo předem ověřeno, že se koncentrace stanovovaných ukazatelů po dobu odběru statisticky významně nemění. Naším cílem bylo ověřit metodiku odběru vzorků na reálné odpadní vodě, ve které budou těkávé organické látky stanoveny různými postupy (analýza z klasicky připraveného směsného vzorku a analýza samostatných prostých vzorků). Tím se ověří, jak významný je, zvláště v teplejším období roku, únik těkávkých látek stanovovaných jako součást parametru TOL nebo AOX při mísení dílčích vzorků. Ověření bylo provedeno ve Spolchemii v Ústí nad Labem. Z provedených měření vyplývá, že při vzorkování těkávkých organických látek může docházet k významnému úniku těchto látek, zvláště při použití 24-hodinového směsného vzorkování. Podrobnější závěry jsou obsaženy v článku Kučera, J. a kol. Ověření vzorkování odpadních vod pro stanovení těkávkých organických látek.

Jedním z důležitých parametrů při kontinuálním řízení provozu čistíren odpadních vod je koncentrace organických látek na odtoku resp. na přítoku. Vedle klasického stanovení parametrů organických látek CHSK, TOC je možné hodnotu monitorovat pomocí optické sondy, která měří UV absorbanci při vlnové délce 254 nm (SAC 254) a přes korelační koeficienty je možné sondu „nakalibrovat“ na měření TOC (DOC), případně CHSK (CHSK filtrovaná). Pro zjištění, zda toto zařízení je možné k uvedenému účelu použít, bylo prováděno online měření pomocí optické sondy s kontrolerem a korekcí na zákal, měřenou sondou Solitax. Měřicí sondy, včetně kontroleru jsou zobrazeny na obrázku 6.4.3. Souběžně s měřením byl prováděn odběr vzorků na stanovení sledovaných parametrů (TOC, CHSK) v laboratoři. Výsledky byly porovnávány, byly vypočteny odchylky pro jednotlivé sledované parametry (nerozpuštěné látky, CHSK, TOC). Současně byla sledována i závislost absorpčního koeficientu na stanovení vybraných parametrů v laboratoři (viz graf 6.4.3). Zkušenosti ze sledování koncentrace organických látek pomocí optické sondy je možné shrnout do několika bodů:

- Byla potvrzena skutečnost, že výsledky měření a korelace mezi parametry získanými pomocí optické sondy a stanovením parametrů organických látek (TOC, CHSK) v odebraných vzorcích na jedné lokalitě nelze aplikovat na ostatní lokality bez „kalibrace“ sond na tuto odpadní vodu. Z toho plyne fakt, že nelze stanovit univerzální přepočítávací koeficient mezi SAC 254 a CHSK či TOC platný pro vícero lokalit.
- Online měření pomocí optické sondy je vhodné pro monitorování a řízení provozu ČOV. Provozovatelům ČOV mohou hodnoty získané pomocí optické sondy (přítok i odtok) upozornit na nežádoucí jevy na ČOV prakticky ihned při jeho vzniku. Měření pomocí

optické sondy ale nemůže nahradit parametry CHSK či TOC jako ukazatel organického znečištění v odpadní vodě.

- Pro nalezení dobré korelace mezi hodnotami naměřenými optickou sondou a týmiž parametry stanovenými v laboratoři je nezbytné brát v úvahu korekci na přítomnost nerozpuštěných látek.



Graf 6.4.3 Závislost absorpčního koeficientu na hodnotě TOC



Obr. 6.4.3 Měřicí sondy s kontrolerem

Vývoj postupů pro vymezení mísících zón

Terénní měření na broditelných i nebroiditelných tocích pomocí elektrické vodivosti v příčném i podélném profilu při nízkých průtocích potvrdily, že k úplnému smísení odpadní vody s vodou povrchovou dochází po stovkách metrů až jednotkách kilometrů od místa vypouštění. Nejdelší mísící zóna byla nalezena na dolním Labi pod Ústím nad Labem (20 km), nejkratší je dosahována na malých tocích (pod 10 m šířky). Délka mísící zóny byla ověřována rovněž pomocí stanovení vybraných prioritních látek (kadmium, PAU) pod významnými zdroji znečištění (rozdíl koncentrace pravého a levého břehu v příčných profilech toku). V případě kadmia byla nalezena shoda s měřením pomocí elektrické vodivosti (jednalo se o malý tok), v případě PAU je tato metoda nevhodná vzhledem k nižší přesnosti analytického stanovení.



Obr. 6.4.4 Ukázka mísení odpadní a povrchové vody (Labe)

Pro potřeby prezentace získaných výsledků byl testován vhodný způsob vizualizace naměřených dat. Pro potřeby 2D vizualizace byly naměřená data importována do prostředí Esri ArcGIS. Tento nástroj umožnil jednoduché zpracování a následnou vizualizaci. Pro výpočet výsledků bylo využito metody IDW (Inverse Distance Weighted). Metoda byla použita na základě výsledků podobné problematiky, který proběhl v Kanadě v roce 2005. Výsledky interpolace byly omezeny pouze na samotný vodní tok (viz obr. 6.4.5).



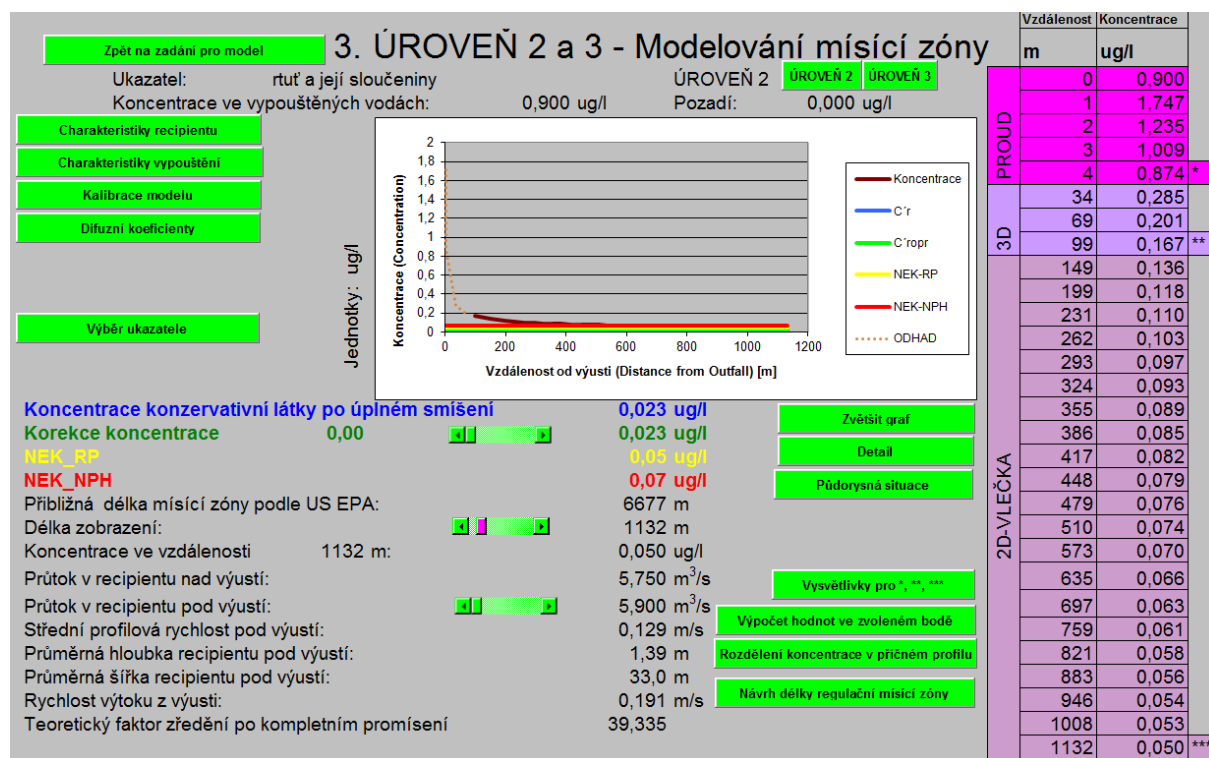
Obr. 6.4.5 Ukázka 2D vizualizace na dolním úseku toku řeky Odry

3D vizualizace byla vytvořena v programu Chart3D v7.5, který zobrazuje data v třírozměrném grafu, barva grafu se mění podle ypsilonové hodnoty konduktivity a pro zobrazování využívá 3D OpenGL grafickou knihovnu.

Pro modelování průběhu mísicí zóny (pro tekoucí povrchové vody) byl vyvinut softwarový prostředek CIT (Český imisní test), který byl přizpůsoben pro použití kompetentním orgánem pro vymezování mísicích zón. Jeho strukturování zohledňuje technické pokyny pro vymezování zón vydaný Evropskou komisí (EK, 2010). Je rozdělen na dva programy (Úroveň 1, Úroveň 2 a 3). Při posouzení významnosti zdroje vypouštění na úrovni 1 se totiž při potvrzení nevýznamnosti vypouštění do dalších úrovní nemusí pokračovat.

Program CIT řeší ustálený stav, který vznikne po určité době v toku za předpokladu neměnných podmínek a parametru toku a při kterém je koncentrace pouze funkcí prostorových proměnných. Jedná zjednodušené řešení nejlépe vyhovující korytu toku s obdélníkovým příčným profilem a pro přirozené koryto toku platí pouze přibližně. Jako základ Českého imisního testu byla použita Fischerova výpočtová metoda (Fisher, 1979).

Český imisní test také umožňuje modelování pro nekonzervativní látku, modelování jakosti v příčném profilu, nabízí pohled na zjednodušenou situaci rozdělení koncentrací v toku pod místem vypouštění v oblasti vzdáleného pole (far field), umožňuje volbu koeficientu drsnosti a volbu konstant pro výpočet disperzních koeficientů, nabízí několik různých variant výpočtu třecí rychlosti a u jiných než kruhových profilů výusti umožňuje výpočet průtočné plochy.



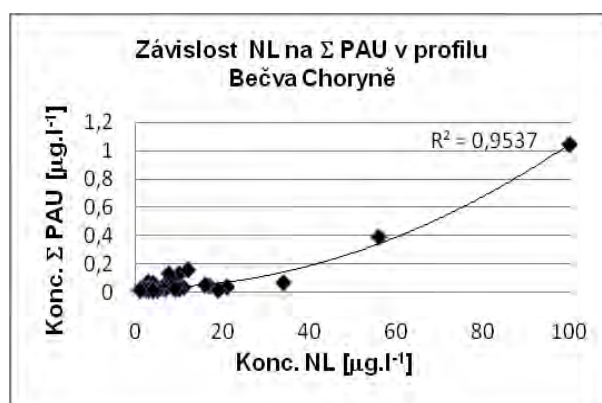
Obr. 6.4.6 Ukázka listu Českého imisního testu (vyplněné údaje jsou fiktivní)

Metodika pro vymezování zohledňuje doporučení Guidance dokumentu vydaného EK v prosinci minulého roku, DG Environment k této problematice a místní podmínky ČR. Podle tohoto postupu bude moci „kompetentní orgán“ jednotným způsobem na území ČR přistupovat k určení mísicí zóny pod bodovými zdroji znečištění.

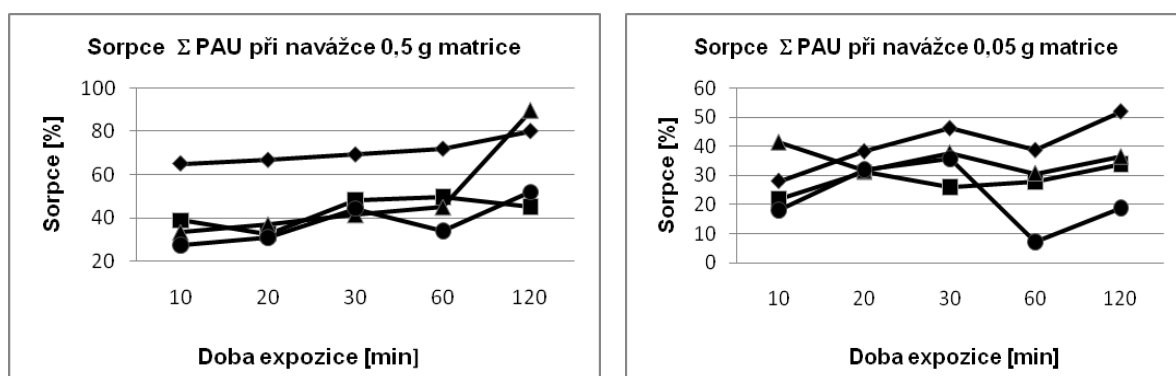
Studium kinetiky sorpce na přírodní materiály

Vzhledem k tomu, že říční sediment představuje významný receptor možného znečištění, je zapotřebí detailně studovat sorpční a distribuční procesy probíhající ve vodním prostředí. Vzhledem k velice nízkým hodnotám NEK dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění, pro rtuť, kadmium a vybraným PAU, byla studována kinetika sorpce těchto látek na vybrané typy pevných matric včetně reálného říčního sedimentu.

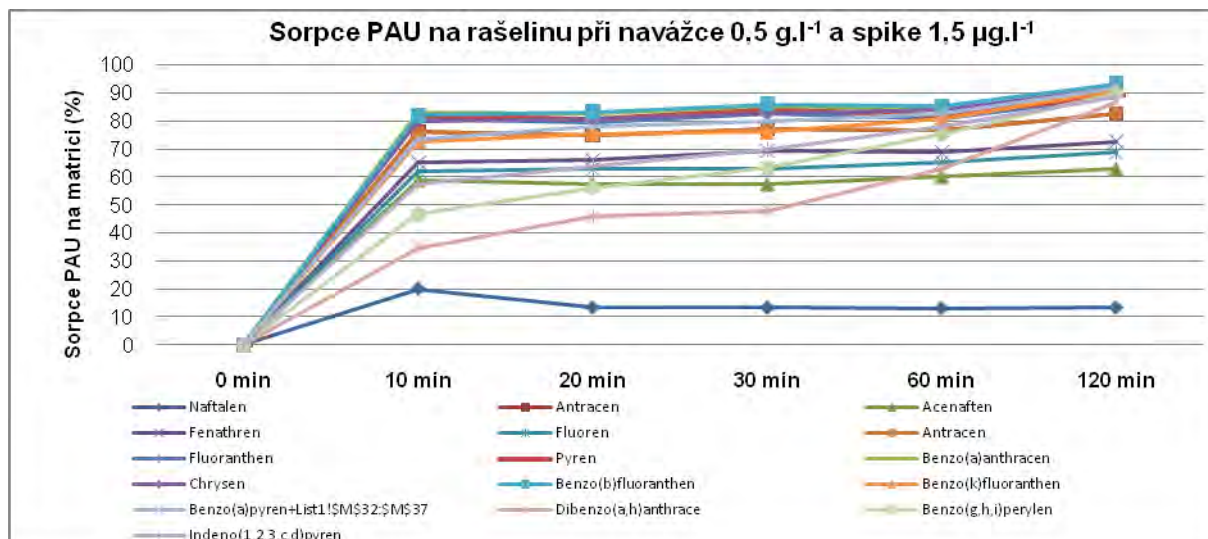
Z analýzy výsledků monitorovacích programů vyplývá těsná závislost mezi obsahem PAU a NL (viz graf 6.4.4). Bylo potvrzeno, že míra sorpce se v rámci jednotlivých matric výrazně liší. Nejvyšší sorpční kapacitu má rašelina (graf 6.4.6), která je charakteristická vysokým obsahem huminových kyselin. Během experimentu docházelo v případě této matrice k postupnému poklesu pH, v přírodních podmínkách by v důsledku toho mohla být její sorpční schopnost částečně snížena. Maximální sorpce bylo dosaženo v naprosté většině případů do 60 min. u kovů (Cd, Hg) a do 30 min. v případě PAU. Poté se projevil výrazně i opačné desorpční procesy (viz graf 6.4.5).



Graf 6.4.4 Závislost nerozpuštěných látek na obsahu PAU v profilu Bečva-Choryně



Graf 6.4.5 Závislost sorpce Σ PAU (%) na době kontaminace (min); ◆ rašelina ; ■ kaolin; ▲ mastek; ● sediment



Graf 6.4.6 Sorpce PAU na rašelinu při laboratorní teplotě

6.4.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Mičaník, T., Kučera, J., Belda, J., Sýkora F. Nová evropská legislativa o normách environmentální kvality v kontextu určení přechodných oblastí překračování.. In Vodní toky 2007. Hradec Králové, 20.11.2007. : Lesnická práce, s.r.o., 2007, s. 116-123. ISBN 978-80-87154-03-8.
- Nesměrák, I. Roční průběh několika ukazatelů jakosti vody. VTEI-Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2007, roč. 49, č. 3, s. 14-15. ISSN 0322-8916.
- Mičaník, T., Kučera, J., Sýkora, F., Belda, J., Šajer, J. Problematika stanovení mísicí zóny v kontextu návrhu směrnice ES o normách environmentální kvality a o změně směrnice 2000/60/ES. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2008, 2008, roč. 50, č. 2, s. 1-3. ISSN 0322-8916.
- Nesměrák, I. Jak pracovat s hodnotami pod mezí stanovitelnosti. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 8, s. 289-291. ISSN 1211-0760.
- Kučera, J., Wanner, F. The Sampling of Discharge from Sequencing Batch Reactor. In Agostina Chiavola, Geneve Farabegoli SBR4 4th Sequencing Batch reactor Conference proceedings. Rome, Italy, 7.4.2008. Rome, Italy : Universita degli Studi di Roma La Sapienza, 2008, s. 83-86. ISBN N.
- Mičaník, T., Sýkora, F., Kristová, A. Program na snížení znečištění povrchových vod - rtuť a její sloučeniny. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., OOVMP 20.11.2008.
- Nesměrák, I. K problematice náhrad hodnot pod mezí stanovitelnosti při chemických analýzách a monitorování stavu vod. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský, v.v.i., 2009, 110 s., ISBN 978-80-85900-90-3.
- Krečmerová, P., Mičaník, T. Screening vybraných polutantů v odpadních vodách z komunálních zdrojů znečištění v České republice. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10 /2009, 2009, roč. 51, č. 5, s. 11-14. ISSN 0322-8916.
- Sýkora František, Mičaník Tomáš, Kristová Alena Část G: Programy pro jednotlivé prioritní a vybrané znečišťující látky. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., OdborochranyvodMŽP,Vršovická1442/65,Praha10,PSČ10010 16.4.2010.

- Váňa, M., Kučera, J. Ukazatel celkový organický uhlík a jeho vztah ke kontrole odpadních vod. VTEI příloha časopisu Vodní hospodářství 12/2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 9-11. ISSN 0322-8916.
- Váňa, M., Kučera, J., Handová, V., Jokešová, M., Bindzar, J. Ověření vzorkování odpadních vod pro stanovení těkavých organických látek. VTEI, příloha časopisu Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 6, s. 13-16. ISSN 0322-8916.
- Luzar, T. Modelování jakosti v řece Lučině. VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5, s. 6-9. ISSN 0322-8916.
- Mičaník, T., Vyskoč, P., Richter, P., Filippi, R. Vyhodnocení jakosti povrchových vod ČR - prioritní látky podle SR 2008/105/ES. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i, Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2010.
- Šajer, J. Modelová interpretace výsledků měření mísící zóny v Labi pod vypouštěním z ČOV Hradec Králové. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 2010, roč. 58, č. 2, s. 126—134. ISSN 0042-790X.
- Mičaník, T., Sýkora, F., Truxová, I., Chrastina, D., Kadlčíková, M., Cséri, L. Studium kinetiky sorpce polyaromatických uhlovodíků, kadmia a rtuti na vybrané typy pevných matric a říční sediment. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 3, s. 29-31. ISSN 0322-8916.
- Mičaník, T., Vyskoč, P., Richter, P., Filippi, R. První vyhodnocení jakosti povrchových vod z hlediska plnění norem environmentální kvality pro prioritní látky a některé další znečišťující látky podle novelizovaného nařízení vlády č. 61/2003 Sb.. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 3/2011, s. 20-23. ISSN 0322-8916.
- Šajer, J. Český imisní test pro výpočet mísící zóny, verze 2011, software.

6.5 VÝVOJ A APLIKACE INFORMAČNÍCH, TECHNICKÝCH A OSTATNÍCH NÁSTROJŮ PRO MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCI V UCELENÝCH POVODÍCH A NA HRANIČNÍCH VODÁCH A PRO POSOUZENÍ ÚČINNOSTÍ OPATŘENÍ V OBLASTI OCHRANY VOD V ČR

Doba řešení: 2005 – 2007

Hlavní řešitel: Ing. Marie Kalinová

Řešitelský tým: Ing. Ilja Bernardová, Ing. Helena Grünwaldová, CSc., Ing. Stanislav Juráň, Ing. Arnošt Kult, RNDr. Hana Mlejnková, Ing. Ivan Nesměrák, Ing. Ladislav Pavlovský, CSc., RNDr. Jaroslava Procházková, Ing. Luděk Trdlica.

6.5.1 Předmět řešení

Hlavním cílem bylo vytvářet, rozvíjet a aplikovat informační a technické nástroje ochrany vod, použitelné v rámci spolupráce v mezinárodních povodích (Labe, Odry, Dunaj) i na hraničních vodách a formulovat doporučení pro zlepšení administrativních a právních nástrojů v oblasti ochrany vod v ČR. Dva hlavní proudy řešené problematiky – Oblast výzkumné podpory mezinárodní spolupráce (2005 – 2007) a oblast podnětů pro úpravu vodoprávních předpisů (2006 – 2007) – byly při reorganizaci subprojektů na začátku roku 2008 upraveny takto: V oblasti výzkumné podpory mezinárodní spolupráce bylo řešení ukončeno. Rozpracovaná témata oblasti podnětů pro úpravu vodoprávních předpisů přešla do kapitoly 6.5 Vývoj a aplikace legislativních nástrojů v oblasti ochrany a jakosti vod a zčásti do kapitoly 6.4 Vývoj a aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod a vývoj systémů jeho hodnocení.

6.5.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

V roce 2005 se podařilo připravit dílčí podklady pro publikaci Čtvrtá zpráva o plnění Akčního programu Labe v letech 2003 – 2004, zveřejněnou na stránkách MKOL. K odhadu možností snížení znečištění odtékajícího Labem z našeho území byla aplikována metoda odhadu podílu bodových a difúzních zdrojů znečištění na látkovém odnosu.

Zpracovány byly dílčí podklady pro interkalibraci v prostoru východní Evropy, (v této oblasti byl nedostatek spolehlivých údajů, potřebných pro dosažení očekávaného výsledku). Dále byly zajištěny podklady pro interkalibrační srovnávací studii, zajišťovanou maďarským výzkumným ústavem VITUKI Budapešť, jejímž cílem bylo vyhodnocení výsledků referenčních laboratoří a dalších národních laboratoří v povodí Dunaje na základě srovnávací analýzy chemických parametrů sledovaných ve vodách a sedimentech pro expertní skupinu Monitoring MKOD.

Vzhledem k přetrvávajícím problémům s odstraňováním dusíku a fosforu na komunálních ČOV v povodí Odry, byl ve spolupráci s firmou KONEKO prováděn výzkum zaměřený na posouzení používaných technologií s cílem navrhnout optimální způsob čištění komunálních vod na ČOV o velikosti nad 10 000 EO. Spolupracovalo se na zpracování studie Progresivní technologie odstraňování dusíku a fosforu na komunálních ČOV a dalších dílčích podkladů pro MKOO. Dále byly předány podklady pro přehodnocení inventarizace ekologických překážek v povodí Odry charakterizujících ekologickou propustnost řeky Odry na českém území.

Byl formulován návrh postupu pro uplatnění Rámcové směrnice na hraničních vodách a předán jako informace pro jednání vedoucích delegací Stálého výboru Sasko-česko-německé komise pro hraniční vody v roce 2005. Bylo zřejmé, že vodními útvary bude nutné se dále zabývat ve spolupráci s příslušnými zahraničními partnery a zapojit přeshraniční vodní útvary do procesu plánování, jak v jednotlivých plánech dílčích povodí, tak v plánování v mezinárodních oblastech povodí Labe, Odry a Dunaje.

U zdrojů podzemních vod na česko-polském pomezí docházelo k rozdílným názorům na vzájemné ovlivnění těchto zdrojů podzemních vod vodárenským využíváním na té či oné straně státních hranic. V roce 2005 se na základě dlouhodobé česko-polské spolupráce na monitoringu a modelování ve spolupráci se pracemi popsány v kapitole 1.2 připravovaly a v roce 2006 vyšly v české i v anglické verzi publikace: Kašpárek L., Kněžek V., Nowacki F., Procházková J., Uhlík J. Vodní zdroje vnitrosudetské pánve.

V roce 2006 byly odborné kontakty na mezinárodní úrovni podpořeny aktivní účastí na 12. Magdeburském semináři o ochraně vod, který se konal v Českém Krumlově. Byly rozpracovány nástroje pro vyhodnocení kontaminovaných povrchových vod v modelové lokalitě (Pulkava a Dyje) na česko-rakouském pomezí, které byly pro řešení problematiky silně znečištěného přeshraničního vodního útvaru dále využívány.

Výstupy z oblasti podnětů pro změny v legislativě a podklady pro řešení problémů souvisejících s připravovanými změnami v legislativě směřovaly v roce 2006 zejména k připravované novele nařízení vlády 61/2003 Sb. a k uplatnění kombinovaného (sdruženého) přístupu k regulaci emisí; část výsledků výzkumu byla následně aplikována v Metodickém pokynu odboru ochrany vod k novelizovanému nařízení vlády 61/2003 Sb. ve znění nařízení vlády 229/2007 Sb., v příloze 3 tohoto metodického pokynu, Metodika stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem.

Analýza platnosti vodoprávních povolení ve vztahu k emisím, které se na ně váží, vedla k upozornění, že efektivnost regulace emisí pomocí vodoprávních rozhodnutí nemusí být pro splnění cílů Rámcové směrnice dostačující.

V roce 2007 tato část výzkumu přinesla další výsledky v oblasti výzkumné podpory mezinárodní spolupráce. Byly to prezentace zaměřené na mezinárodní spolupráci v oblasti ochrany vod, širší mezinárodní pohled na monitoring a hodnocení stavu podzemních vod, a dílčí vyhodnocení parametrů ve Společném průzkumu Dunaje 2 – koordinovaného jednorázového průzkumu kvalitativního stavu vod a akvatických ekosystémů v povodí Dunaje.

Dílčí kroky byly provedeny v uplatnění modelu MONERIS v české části povodí Dunaje při stanovení zátěže toků nutrienty v podunajských zemích.

Byly poskytnuty informace odborné veřejnosti o výsledcích výzkumu podzemních vod na česko-polském pomezí.

Z poskytnutých informací pro veřejnost lze vyzdvihnout zhodnocení Společného průzkumu Dunaje – rozhovor v České televizi (ČT 24, 23. 8. 2007), informace o Dunaji na stránkách MKOD, aktivní účast na mezinárodní konferenci IWA v červenci 2007 v Bělehradě s příspěvkem k problematice Dunaje. Rozpracovány byly informace o modelu MONERIS a možnostech jeho využití v povodí velkých řek. Vyšel Sborník prací VÚV TGM, v.v.i., věnovaný problematikou otázkám mezinárodní spolupráce a vodoprávní problematice.

V oblasti řešení podnětů pro úpravu vodoprávních předpisů byly řešeny otázky metodické a právní aplikace emisně – imisního principu ochrany vod, podněty na řešení nových legislativních požadavků na vody ke koupání, rozbor definic základních pojmů vodního zákona, rozbor právních problémů nových sídlišť bez recipientu (na dvou modelových případech) a nástin možností řešení konfliktu mezi dlouhodobou platností vodoprávních povolení a nutností uplatňovat přísnější požadavky na ochranu vod.

6.5.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Kašpárek, L., Kněžek, V., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M., Serafin, R. (2006) Vodní zdroje vnitrosudetské pánve. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006, 76 s., ISBN 80-85900-58-0
- Kašpárek, L., Kněžek, V., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M., Serafin, R. (2006) Water resources of the Intra-Sudeten basin. Prague : T. G. Masaryk Water Research Institute, 2006, 74 s., ISBN 80-85900-58-0.
- Kalinová, M. (2005) Celkové hodnocení emisí fosforu a dusíku do povrchových vod. VTEI, 2005, roč. 2005, č. 2, s. 4—6. ISSN 0322-8916.
- Grünwaldová, H. (2006) Zdroje financování projektů ochrany vod (ČOV, kanalizace). VTEI, 2006, roč. 48, č. 6, s. 12—16. ISSN 0322-8916
- Nesměrák, I. (2007) Tři metody globálního odhadu velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejího příčinku do zájmového profilu, Vodní hospodářství, 2007, 3, s. 69-72.
- Grünwaldová, H. (2007) Koupací vody z pohledu Evropské unie, Vodní hospodářství, VTEI, 2007, 6, s. 4-5.

6.6 VÝVOJ A APLIKACE LEGISLATIVNÍCH NÁSTROJŮ V OBLASTI OCHRANY A JAKOSTI VOD

Doba řešení: 2008 – 2011

Hlavní řešitel: Ing. Arnošt Kult

Řešitelský tým: Mgr. Aleš Zbořil, Ing. Jiří Kučera, Ing. Věra Kladivová, Tomáš Fojtík, RNDr. Jitka Svobodová, Ing. Lubomír Petružela, CSc.

6.6.1 Předmět řešení

V roce 2008 byla jako samostatný subprojekt do VZ MZP0002071101 zařazena problematika legislativních nástrojů v ochraně vod prvotně orientovaná především ve vztahu k implementaci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, v návaznosti na dřívější výstupy subprojektů 3622 a 3623 (dle členění VZ v roce 2007).

Výstupy tohoto subprojektu v roce 2008 zohlednily jak získané poznatky subprojektu „Vývoj a aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod a vývoj systémů jeho hodnocení“, tak aktuální podněty z oddílu „Voda v malých sídlech“.

V následujícím roce 2009 práce pokračovaly – pozornost byla věnována i mezinárodním souvislostem (především stávajícímu slovenskému vodnímu právu). Rovněž byla provedena podrobná analýza dostupných dat získávaných v rámci souhrnné vodní bilance (sestavované mj. VÚV TGM, v.v.i.) s ohledem na zhodnocení doby platnosti vodoprávních rozhodnutí ve vazbě na vypouštěné znečištění v České republice za období 2003–2008.

V roce 2010 bylo v první řadě předmětem řešení zpracování právně-historické analýzy způsobu vymezování povrchové tekoucí vody. Též se řešitelé věnovali vodoprávní problematice rybníků a jakosti povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb. Bylo zahájeno též zpracování podkladových studií hodnotících současnou úroveň výkaznictví v oblasti ochrany vod, její vypovídací schopnost a nejistoty. Ke konci roku byla pak především zpracovávána rozsáhlejší publikace „Tekoucí (povrchová) voda: právně-filosofický pohled na rozdílné způsoby vymezování ochrany vody a vodního prostředí“.

Hlavní objem prací byl směřován k závěrečnému roku 2011. S ohledem na řadu prací provedených v roce 2009 a 2010 byla aktivita zaměřena především na závěrečné zpracování všech dříve vytvořených dílčích podkladů. Hlavní pozornost byla věnována zpracování rozsáhlejších souhrnných publikací. Na počátku roku byly dokončeny některé (dříve rozpracované) práce související se zhodnocením informačních systémů veřejné správy a jejich působnosti ve vodním hospodářství a ochraně vod, konkrétně pak otázky spojené s úrovní stávajícího výkaznictví v oblasti vypouštěného znečištění od bodových zdrojů evidovaných jednak v souhrnné vodní bilanci, jednak v majetkové a provozní evidenci kanalizací a čistíren odpadních vod pro veřejnou potřebu. V druhé polovině roku se především zpracovávaly tři díly publikační řady „Dějiny vodního práva na území České republiky I.–III.“.

6.6.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Byla však vydána řada odborných článků a publikace hodnotící historické proměny právní aplikace pojmu tekoucí povrchové vody (římské právo, rakouské právo, období 1948 – 1989 a současnost /ČR, SR, BRD/). Úkol trval pouze 4 roky, z toho důvodu se bohužel nepodařilo

vydat souhrnnou mnohadílnou publikaci o dějinách českého vodního práva hodnotící celé historické období českého státu až do současnosti. Rovněž tak se nepodaří do konce roku 2011 ukončit velmi podrobnou (rozpracovanou) rozsáhlou publikaci o informačních systémech veřejné správy v oblasti vodního hospodářství a ochrany vod (předpoklad – cca 200 s.).

Římské vodní právo, zákon č. 25/2008 Sb., povolování nakládání s vodami podle zákona o vodách a zákona o integrované prevenci, pojmologie v českém vodním právu

V roce 2008 byl především zpracováván a následně pak vydán (časopis *Vodař* – součást *Vodního hospodářství* 4/2008, str. 132 – 135) článek „Stručný úvod do římského vodního práva a jeho zásad“ – ten se věnoval římskému vodnímu právu, které mělo nemalý vliv na vývoj českého vodního práva. Autor se této problematice pokusil věnovat spíše s ohledem na to, aby mohl lépe (v další etapě prací) provést následnou analýzu českého vodního práva 19. a počátku 20. století. Navíc je možné uvést tu skutečnost, že i v současnosti jsou některé myšlenky vyplývající ze zásad římské právní teorie stále živé. Jako příklad lze uvést důvodovou zprávu k parlamentnímu tisku 688/0 (vládnímu návrhu novely zákona o vodách) a následnou diskuzi k pojmu věci bez pána („res nullius“). V druhé části článku byla stručně popsána historie římského práva a jeho kodifikace za císaře Justiniána. Pro objasnění celkového pojetí římského vodního práva bylo nutné, ve zkratce, ve třetí části uvedeného článku, popsat základní právní pojem „věc“. V římském právu byly veřejné řeky zařazovány mezi věci vyloučené ze soukromoprávního obchodu, konkrétně pak mezi věci patřící římskému národu. Ve čtvrté části uvedl autor (včetně překladů) ukázky některých textů ze sbírky „*Digesta*“. Článek skončil zamyšlením nad aktuálností některých zásad římského vodního práva, které by mohly být i v současnosti využity při tvorbě českého vodního práva. Šlo především o římskou zásadu „publicum flumen esse Cassius definit, quod perenne sit“ (Cassius stanovil definici, že řeky s trvalým tokem vody jsou veřejné) a též to, že „flumina publica quae fluunt ripaeque eorum publicae sunt“ („řeky, které tečou (stále) jsou řekami veřejnými; jejich břehy jsou rovněž veřejné“). Uvedené pojetí je stále aktuální s ohledem na tu skutečnost, že čl. 8 ústavy ČSSR (ústavní zákon č. 100/1960 Sb.), který stanovil, že národním majetkem byly též vodní toky, byl zrušen čl. 8 ústavního zákona, kterým se uvozuje Listina základních práv a svobod jako ústavní zákon Federálního shromáždění České a Slovenské Federativní Republiky č. 23/1991 Sb. (byly zrušeny čl. 7 – 9, hlava druhá (čl. 19 až 38) a čl. 98 odst. 4 ústavního zákona č. 100/1960 Sb.). Následně však nebyla ustanovena celková koncepce zařazení vodních toků do systému vlastnictví na území České republiky.

Zcela aktuálně a nad rámec metodiky řešení (platnou pro rok 2008) byl zpracován a publikován článek „Předávání údajů správcům povodí, vodoprávním úřadům a České inspekci životního prostředí a zákon č. 25/1975 Sb.“. Na počátku roku došlo totiž k vydání zákona č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů. Ten pozměnil i platné znění zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Na druhé straně však spravuje Ministerstvo zemědělství informační systém veřejné správy pro evidenci odběrů povrchových a podzemních vod, vypouštění odpadních a důlních vod, a to tak, že vlastní odbornou činnost vykonávají jednotliví správci povodí. V článku bylo prognózováno, že po roce 2009 by mohla být značně zkomplikována větší část odborných činností určených k podpoře veřejné správy v oblasti vodního hospodářství a ochrany vod (bohužel se prognóza nemýlila). Při psaní tohoto článku byla využita řada předaných zkušeností pracovníků Povodí Vltavy, s. p. S ohledem na uvedenou skutečnost byla věnována pozornost rovněž detailnímu popisu situace, kterou bylo v té době možné předpokládat, ve vazbě na institut tzv. vodní bilance. V závěru článku bylo konstatováno, že v budoucnosti lze

pravděpodobně nastanou komplikace u řady odborných činností určených k podpoře veřejné správy v oblasti vodního hospodářství a ochrany vod. Tato situace by mohla být (v té době) odvrácena v případě zrušení § 13 a 14 zákona č. 25/2008 Sb. a § 126 odst. 6 obsaženého ve tehdejší platném znění zákona č. 254/2001 Sb.

Problematika povolování v případě zařízení spadajících pod integrovanou prevenci byla prezentována v článku „Povolení k nakládání s vodami podle vodního zákona v souvislosti s některými ustanoveními zákona o integrované prevenci“. Integrovaný přístup k ochraně životního prostředí je zakotven v právu Evropské unie směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/1/ES (dříve 96/61/ES) o integrované prevenci a omezení znečištění (IPPC). V roce 2002 vyšel zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), který v § 48 stanovil, že rozhodnutí vydaná podle § 8 odst. 1, § 16 odst. 1, § 17 odst. 1, § 36, 37, § 39 odst. 2 písm. a) a vyjádření podle § 18 odst. 1 se nevydají podle vodního zákona, pokud je jejich vydávání nahrazeno postupem v řízení o vydání integrovaného povolení podle zákona o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů. Účinnost zákona č. 76/2002 Sb. byla stanovena § 58 k 1. lednu 2003, s výjimkou ustanovení § 5 a 6, která nabyla účinnosti dnem vyhlášení. Pro posouzení míry dopadu tohoto zákona v období 2003 – 2007 byla provedena statistická analýza, která vycházela z dostupných údajů předávaných VÚV TGM, v.v.i. jednotlivými správci povodí. Databáze je primárně využívána pro výpočty v rámci tzv. souhrnné vodní bilance; jsou však k dispozici rovněž hodnoty popisující jakost vypouštěných odpadních vod a doplňující další identifikační a správní údaje. Na základě § 1 odst. 2 vyhlášky č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci, a současně s ohledem na provádění výpočtu rekonstrukce přirozených průtoků ve vodních tocích podle údajů ze sítě vodoměrných stanic Českého hydrometeorologického ústavu, jsou VÚV TGM, v.v.i. k dispozici údaje získávané na základě § 10 a 11 uvedené vyhlášky. Rozsah údajů, které shromažďují správci povodí od povinných subjektů, je stanoven ve vzorovém tiskopisu uvedeném v přílohách č. 1 až 4 zmíněné vyhlášky. Pro téma popisovaného článku byly využity pouze údaje specifikované v příloze č. 3 tiskopisu – „vypouštěné vody“. Kromě identifikačních informací o příslušném zdroji vypouštění včetně údajů o množství a jakosti odpadních vod u charakterizovaných vybranými ukazateli znečištění, jsou správci povodí shromažďovány rovněž údaje týkající se individuálních rozhodnutí o povolení k vypouštění odpadních vod vydaných na základě § 38 zákona č. 254/2001 Sb., a to jak administrativní, tak rovněž údaje o vypouštěném znečištění. Vlastní statistické šetření bylo provedeno za období 2003 – 2007. Vycházelo se z předpokladu, že podle § 107 písm. k) zákona č. 254/2001 Sb. do působnosti krajských úřadů patří pouze povolování vypouštění do vod povrchových ze zdrojů znečištění o velikosti 10 000 ekvivalentních obyvatel nebo více. Sestavený program provedl analýzu údajů uvedených v položce „kdo rozhodnutí vydal“. Na základě hodnoty celkového množství vypouštěných odpadních vod v uvedeném roce a údaje v položce „BSK₅ – produkované“ byl proveden odhad počtu ekvivalentních obyvatel u každého zdroje znečištění. Kde byla hodnota menší než 10 000 a současně bylo zjištěno, že povolení vydal příslušný krajský úřad, tam bylo možné dovodit, že jde o povolení podle zákona č. 76/2002 Sb. (nikoli podle zákona č. 254/2001 Sb.). Pro ověření uvedeného algoritmu byla využita databáze uvedená na internetové stránce: <<http://www.env.cz/www/ippc.nsf/>>. Na základě provedených výpočtů je možné konstatovat, že s ohledem na směrnici Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES a § 23a (cíle ochrany vod jako složky životního prostředí) zákona č. 254/2001 Sb. bude zapotřebí aplikovat ustanovení § 12 odst. 1 písm. h) téhož zákona. To bude spíše možné u těch zdrojů znečištění, na které se přímo nevztahují ustanovení zákona č. 76/2002 Sb. V současnosti jde o zdroje znečištění, které vypouštějí přibližně 64 % celkového znečištění v rámci České republiky (podle ukazatele CHSK_{Cr}). Lze odhadnout, že po roce 2010 (vybudování a intenzifikaci řady čistíren odpadních vod u komunálních zdrojů znečištění) půjde přibližně o 50 % z celkového vypouštěného znečištění. Jde tedy o významný podíl, který takto nebude přímo regulován zákonem č. 254/2001 Sb. přímo, ale pouze nepřímo.

Na problematiku římského vodního práva věcně navazoval článek „Vodní právo v Českých zemích v období 1870 – 1955“. Pozornost byla věnována českému vodnímu právu v období 1870 – 1955. Nemalý vliv na jeho vývoj mělo výše popsané římské vodní právo. Pro objasnění hlavních principů vodního práva byl ve druhé části (pouze ve zkratce) popsán základní pojem „věc“. Ve třetí části navazoval popis některých ustanovení (která přímo či nepřímo souvisela s vodním právem) obecného občanského zákoníku – „Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch“ (ABGB), vyhlášeného patentem ze dne 1. června 1811 č. 946 sb. z. s. Všechny splavné řeky byly chápány jako veřejný majetek (statek) určený k užívání všech občanů (státních příslušníků). Obecný občanský zákoník byl základem práva po celé 19. století a v Rakousku platí dodnes. Ve čtvrté části uvedl autor článku hlavní zásady římského vodního zákona č. 93/1869 ř. z. V páté části byla vysvětlena jednotlivá ustanovení českého vodního zákona č. 71/1870 čes. z. z. Článek byl vydán v časopise Vodní hospodářství (11/2008).

Praktičtější otázkám vodního práva se věnoval článek: „Vypouštění do povrchových vod, nebo do vodních toků?“ V současnosti jde o velmi aktuální problematiku, která je mnohdy vodoprávními úřady opomíjena při výstavbě tzv. satelitních vilových sídlišť. Ta jsou mnohdy situována tam, kde není k dispozici veřejná kanalizace, či kde by bylo velmi technicky obtížné vybudovat příslušné připojení. V takových případech se přistupuje k vybudování menších čistíren odpadních vod, případně čistíren domovních (dochází i k velmi nevhodnému vybudování více malých domovních čistíren namísto jedné větší). Jejich napojení na nejbližší vodní tok bývá většinou řešeno tak, že jsou minimalizovány náklady na odvádění vyčištěných odpadních vod – bývá mnohdy využito zcela hydrologicky nevhodný recipient, který spíše slouží jen k převedení těchto vod do většího (s ohledem na hydrologické a další podmínky) již vyhovujícího vodního toku. V takových úsecích však může docházet k ohrožení vod podzemních. Článek se však (i přes výše uvedené praktické souvislosti) věnoval spíše právně-teoretickým aspektům uvedeného problému. Po krátkém úvodu popisuje druhá část článku situaci v České republice před a po vydání zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodního zákona), ve znění pozdějších předpisů. Ve třetí části byla věnována pozornost definici pojmu vodní tok; ve čtvrté bylo pojednáno o vypouštění odpadních vod do vod povrchových, jež nejsou vodními toky ve smyslu § 43 zákona č. 254/2001 Sb. V páté části jsme provedli teoretickou právní analýzu možnosti vypouštění odpadních vod do vod povrchových. V závěru článku jsme navrhli doporučení s ohledem na tehdy platné znění zákona č. 254/2001 Sb. Článek byl vydán ke konci roku 2008 v recenzované příloze VTEI časopisu Vodní hospodářství.

Při zpracování článku, který se věnoval historickému vývoji českého vodního práva, se autor rozhodl věnovat (nad rámec původně schválené metodiky na rok 2008) podrobněji problematice vzniku pojmu povrchové vody. Při popisu jak římského vodního zákona č. 93/1869 ř. z., tak některých ustanovení českého vodního zákona č. 71/1870 čes. z. z. nebylo možné si nepovšimnout určitých nepřesností s ohledem na používání pojmu „voda“ či „vody“. Proto bylo přistoupeno k tomu, že byl nad rámec metodiky zpracován článek „Vznik pojmu povrchové vody v českém vodním právu“. Ten se zaměřil na jeho odborné užívání v českém vodním právu. Bylo též provedeno podrobné porovnání německého znění jak obecného občanského zákoníku z roku 1811, tak římského vodního zákona č. 93/1869 ř. z. s příslušnými českými překlady. Český vodní zákon č. 71/1870 čes. z. z. byl vydán jak v německé, tak české verzi. To umožnilo provést obdobné porovnání. Zákon č. 11/1955 Sb., ve znění zákona č. 12/1959 Sb., a následně i zákon č. 138/1973 Sb., do určité míry, z výše uvedených zákonů pojmově vycházel – tak byl dán rovněž základ pro definici „povrchových vod“ obsaženou v § 2 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodního zákona), ve znění pozdějších předpisů. Součástí článku byla i lingvistická analýza pojmu „voda“ („vody“). První použití v právním textu je možné doložit u Šemberova překladu § 407 ABGB „Wenn in der Mitte eines Gewässers eine Insel entsteht...“ – „Vznikne-li uprostřed vody ostrov...“. Byla tím míněna samozřejmě řeka – pojem vodní tok byl následně používán až po roce 1948 (o tom by bylo možné zpracovat zcela samostatné pojednání).

V Jungmannově slovníku lze na str. 144 – 146 v pátém dílu nalézt: „Wody, pl. Gewässer“. Ve staré češtině totiž nevalilo používání metonymie u slova voda. Šířka záběru byla značná – od vody ve džbánu až k řece (jako „vodnímu útvaru“). Článek se podařilo vydat (po mnoha neúspěšných pokusech při projednávání s redakcí Vodního hospodářství (článku bylo vytýkáno, že je příliš dlouhý a podrobný) až v roce 2011 v časopise VTEI (viz níže – došlo též k jeho zcela zásadnímu přepracování a zkrácení).

Porovnání slovenského a českého vodního práva, platnost vodoprávních povolení k vypouštění odpadních vod

Zcela mimo původní plán daný schválenou metodikou byly již v roce 2008 zahájeny práce na odborné publikaci (knize) s názvem „Porovnání současného slovenského vodního práva s odpovídající českou právní úpravou – Díl první – Slovenský zákon č. 364/2004 Z. z. a český zákon č. 254/2001 Sb.“ (konečný rozsah cca 110 s.). Publikace měla vyjít v edici „Výzkum pro praxi“ (vydává VÚV TGM, v.v.i.). S ohledem na chystanou (v té době) novelu vodního zákona bylo na základě doporučení MŽP od publikování této (plně zpracované – včetně jazykových korektur) vodoprávní studie upuštěno. Následně a logicky pak bylo též upuštěno od vydávání následujících (předpokládaných) tří dílů. S ohledem na tuto skutečnost se pak podařilo v roce 2009 vydat pouze 1 článek.

Pro článek o názvu „Zhodnocení doby platnosti vodoprávních rozhodnutí ve vazbě na vypouštění znečištění v České republice za období 2003–2008“ byly využity pouze údaje specifikované v příloze č. 3 tiskopisu – „vypouštěné vody“. Kromě identifikačních informací o příslušném zdroji vypouštění včetně údajů o množství a jakosti odpadních vod charakterizovaných vybranými ukazateli znečištění jsou správci povodí shromažďovány rovněž údaje týkající se individuálních rozhodnutí o povolení k vypouštění odpadních vod, vydaných na základě § 38 zákona č. 254/2001 Sb., jak administrativní, tak o vypouštěném znečištění. Článek hodnotil možnost praktického aplikování § 12 vodního zákona, tj. možnost změny a zrušení povolení k nakládání s vodami, pokud je to nezbytné ke splnění akčního programu, programů snížení znečištění povrchových vod, programu snížení znečištění povrchových vod nebezpečnými závadnými látkami a zvláště nebezpečnými závadnými látkami, plánu pro zlepšování jakosti surové vody podle zvláštního právního předpisu a plánu oblasti povodí s ohledem na zákon č. 500/2004 Sb., správní řád (účinnost od 1. 1. 2006). Byla rovněž provedena analýza údajů o vodoprávních povoleních, a to na základě dat, která jsou poskytována VÚV TGM, v.v.i. správci povodí za účelem zpracování souhrnné vodní bilance. Z výsledků analýzy rovněž vyplynula potřeba legislativních změn, a to především pro splnění příslušných požadavků Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Článek byl vydán v prosincovém čísle VTEI 2009.

Vodoprávní problematika rybníků a vod pro podporu života ryb, pojmolgie „tekoucí povrchová voda“

Ze značné části byla již v roce 2008 věnována pozornost, v té době aktuální, problematice jakosti povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb. Na uvedené téma byl zpracován článek o stejném názvu – věnoval se legislativní i praktické problematice spojené s posuzováním lososových a kaprových vod v České republice. Po úvodu byly v druhé části článku popisovány požadavky směrnice Rady 78/659/EHS ze dne 18. července 1978 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb. Ve třetí části pak byla stručně popsána transpozice uvedené směrnice do českého zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Ve čtvrté byly popsány požadavky českého nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život

a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod, v páté části pak nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. V předposlední části byly požadavky obou právních předpisů porovnány na základě podrobného statistického šetření provedeného za období 2007 – 2008 ve všech příslušných a sledovaných profilech v České republice. V poslední části článku pak byly navrhovány možné legislativní změny.

V roce 2010 byly též zpracovány dva články „Vodoprávní problematika rybníků – I./II.“. V prvním článku byla nejprve provedena právní analýza pojmu rybník, chápanému jako vodní dílo s ohledem na § 2 písm. c) zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství), ve znění pozdějších předpisů, § 55 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a § 2 odst. 3 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů. Dále jsme se věnovali dalšímu vymezení tohoto pojmu u ostatních zákonů a judikatury Nejvyššího soudu České republiky a Ústavního soudu České republiky – především v souvislosti s jeho komplikovaným majetkoprávním vymezením. Nezbytné bylo též provést posouzení vazby na komunitární právo – a to na příslušná ustanovení směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Na závěr jsme se pokusili o vymezení pojmu povrchové vody s ohledem na problematiku rybníků.

V dalším (odborně navazujícím) článku „Vodoprávní problematika rybníků – II.“, jsme se podrobně věnovali problematice nakládání s povrchovými vodami v rybnících, tj. užívání těchto vod pro chov ryb nebo vodní drůbeže, popřípadě jiných vodních živočichů, za účelem podnikání. Dále pak byla věnována pozornost vhodnému (s ohledem na chystané legislativní změny v dané oblasti) způsobu stanovení podmínek pro použití závadných látek při nakládání s povrchovými vodami za účelem chovu ryb nebo vodní drůbeže, popřípadě jiných vodních živočichů.

Hlavní směr prací byl zacílen k tomu, aby bylo možné ke konci roku 2010 vydat publikaci „Tekoucí (povrchová) voda: právně-filosofický pohled na rozdílné způsoby vymezení ochrany vody a vodního prostředí“. Autor se pokusil provést podrobnou právně-historickou a lingvistickou analýzu pojmu tekoucí (povrchová) voda a zhodnotit některé aspekty jejího pojetí v římském, rakouském, českém a německém vodním právu. S ohledem na zpracování předkládaného příspěvku byly přeloženy relevantní části původních latinských textů římské kodifikace zahrnutých do sbírky „Digesta seu Pandectae“ a právní učebnice „Institutiones seu Elementa“. Dále bylo prostudováno znění rakouského Obecného občanského zákoníku z roku 1811 (ABGB), říšského vodního zákona č. 93/1869 ř. z. a českého zemského vodního zákona č. 71/1870 čes. z. z. (též v německých verzích). Kromě těchto právních dokumentů byla rovněž využita dostupná právní literatura (převážně z 19. století), která s pojednáváním o problematice věcně souvisela. V další části publikace byl zhodnocen současný český zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Pro srovnání jsme rovněž uvedli vybraná ustanovení jak slovenského zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách, tak i bavorského vodního zákona. Pozornost byla věnována i definicím obsaženým ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Hlavním cílem bylo provést podrobnou historicko-právně-filosofickou analýzu pojmu „aqua profluens“ (tekoucí voda) – šlo o (nejednoduché) souvislosti vázané k pojmu „res omnium communes“ (věci všem společné) (v singuláru „res omnium communis“) a „res nullius“ (věc nikoho) – a to i v „širší“ (možná až „filosofické“) oblasti „δικαίον φυσικόν“ (přirozeného práva) („ius naturale“ – či pozdějšího /spíše středověkého/ pojmu „lex naturalis“). Dále byla věnována pozornost českému – věcně odpovídajícímu pojmu povrchové vody (též v množném čísle); na ten v našem vodním právu

přímo navazuje pojem vodní tok. S ohledem na směrnici 2000/60/ES nebylo možné rovněž opominout pojem vodní útvar. Na závěr se autor pokusil o nové „širší“ pojetí ochrany vod – též i o případné zavedení „ekologicky citlivějšího“ pojmu „habitatia aquatica“ (vodní prostředí).

IS ve vodním hospodářství, problematika sběru dat o vypouštěném znečištění, dějiny vodního práva na území ČR

Na počátku roku 2011 jsme se věnovali problematice informačních systémů veřejné správy a jejich působnosti ve vodním hospodářství a ochraně vod. Následně byl vydán článek „Vypouštěné znečištění do vod povrchových – způsoby jeho zjišťování a vykazování podle platných právních předpisů a statistických programů“. Příspěvek se věnoval problematice sběru informací souvisejících s vypouštěnými odpadními vodami. Především šlo o údaje týkající se množství vypouštěných odpadních vod a jejich znečištění. V současnosti jsou v České republice informace zajišťovány několika způsoby – ty nejsou plně kompatibilní. Tato skutečnost působí mnohé problémy, které byly v článku popsány. Dalším závažným momentem je to, že u řady hodnot respondenti údaje nevyplňují. Díky tomu lze dovodit, že souhrnné údaje vypočítané za celou Českou republiku jsou mnohem nižší, než je skutečný stav. Text byl doplněn tabelárními sestavami a odhadem skutečně vypouštěného znečištění z bodových zdrojů znečištění v celé České republice. Zjištěné rozdíly jsou více než značné. Na základě provedených zjištění došel autor článku k přesvědčení, že záležitost je kritická – jde i o tu okolnost, že je nezbytné zajistit zasílání řady požadovaných souhrnných údajů rovněž příslušným evropským institucím.

Další oblastí, které byla v roce 2011 věnována rovněž pozornost, byly informační systémy veřejné správy a jejich působnost jak ve vodním hospodářství, tak v ochraně vod. Za setrvávající problém lze v současnosti označit určitou „roztržičnost“ vyplývající z působnosti více resortů v této věcně-právní oblasti. Byly zahájeny práce (pouze A. Kult) na zpracování publikace – zde se měla podílet řada odborníků VUV TGM, v.v.i. (např. problematika evidence vodních toků a jejich povodí, hydrogeologických rajonů a vodních nádrží, evidence vodních útvarů včetně silně ovlivněných vodních útvarů a umělých vodních útvarů, evidence množství a jakosti povrchových a podzemních vod, evidence chráněných oblastí přirozené akumulace vod, evidence ochranných pásem vodních zdrojů, evidence oblastí povrchových vod využívaných ke koupání, evidence povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, atp.) S ohledem na značně větší rozsah publikační řady „Dějiny vodního práva na území České republiky – I. až III.“ se bohužel do konce roku příslušnou publikaci nepodaří vydat.

Mimo plán a v návaznosti na dříve připravovaný článek (stále nevydávaný od r. 2008) vyšel v zářijovém čísle VTEI příspěvek: „Vznik pojmu povrchové vody v českém vodním právu“. Ten byl věnován pojmu „povrchové vody“ a jeho odbornému užívání v českém vodním právu (podrobněji viz výše – r. 2008).

Zcela na závěr se zmíníme o stěžejní práci – třísvazkových „Dějínách českého vodního práva I.–III.“ Počet zpracovaných stran uvádíme níže v přehledu výstupů. Přibližně 80 % všech prací (v rámci roku 2011) bylo provedeno právě v tomto dílčím řešeném problémovém okruhu. Proti původním představám autora se v průběhu roku 2011 podařilo získat mnohem větší množství původních historických podkladů – v současnosti již zcela dostupných prostřednictvím sítě Internet (v roce 2010 to byly pouze některé databáze – spíše rakouské, méně již české). V současnosti jsou tak využitelné následující právní dokumenty, internetové databáze a veřejně přístupné zdroje (uvádíme pouze vybrané):

ALEX - Historische Rechts- und Gesetzestexte Online. Österreichische Nationalbibliothek.
<<http://alex.onb.ac.at/>>.

Archiv český čili staré písemné památky české i moravské. Z archivů domácích i cizích sebral a vydal František Palacký – Díl I., Praha 1840, Díl II., Praha 1842, Díl III., Praha 1844, Díl IV., Praha 1846,

Díl V., Praha 1862, Díl V., Praha 1862, Díl VI., Praha 1872.

<<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Archiv Český čili staré písemné památky české i moravské, sebrané z archivů domácích i cizích. Nákladem domestikálního fondu Království českého vydává Komise k tomu zřízená při Královské české společnosti nauk. Redaktor: Josef Kalousek – Díl VII., Praha 1887, Díl VIII., Praha 1888, Díl IX., Praha 1889, Díl X., Praha 1890, Díl XI., Praha 1892, Díl XII., Praha 1893, Díl XIII., Praha 1894, Díl XIV., Praha 1895, Díl XV., Praha 1896, Díl XVI., Praha 1897, Díl XVII., Praha 1899, Díl XVIII., Praha 1900, Díl XIX., Praha 1901, Díl XX., Praha 1902, Díl XXI., Praha 1903, Díl XXII., Praha 1905, Díl XXIII., Praha 1906, Díl XXIV., Praha 1908, Díl XXV., Praha 1910, Díl XXVI., Praha 1909, Díl XXVII., Praha 1904.

<<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Archiv český čili staré písemné památky české i moravské, sebrané z archivů domácích i cizích. Nákladem domestikálního fondu Království českého vydává komise k tomu zřízená při Královské české společnosti nauk. Redaktor: Gustav Friedrich – Díl XXVIII., Praha 1912, Díl XXIX., Praha 1913, Díl XXX., Praha 1913, Díl XXXI., Praha 1921, Díl XXXII., Praha 1915, Díl XXXIII., Praha 1918. <<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex iuris municipalis regni Bohemiae: Tomus I. Privilegia civitatum Pragensium / edidit Jaromír Čelakovský, 1886. <<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex iuris municipalis regni Bohemiae: Tomus II. Privilegia Regalium civitatum provincialium Regni Bohemiae annorum 1225–1419 / edidit Jaromír Čelakovský, 1895.

<<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex iuris municipalis regni Bohemiae: Tomus III. Privilegia Regalium civitatum provincialium Regni Bohemiae annorum 1420–1526 / edidit Jaromír Čelakovský, Gustav Friedrich, 1948.

<<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex juris Bohemici: Tomus primus, Aetatem Přemyslidarum continens / edidit Hermenegildus Jireček, 1867. <<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex juris Bohemici: Tomi II. Pars I., Documenta Juris publici saec. XIVmi (1306-1378) / edidit Hermenegildus Jireček, 1896. <<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Codex juris Bohemici: Tomi III. Pars III., Mag. Victorini a Vsehrd opus bohemicum „De jure Terrae Bohemiae libri novem“ / edidit Hermenegildus Jireček, 1874.

<<http://147.231.53.91/src/index.php?s=v>>.

Kramerius – informační portál novodobých fondů Národní knihovny České republiky.

<<http://kramerius.nkp.cz>>.

Projekt „Slownjk.cz“ [Ize zde nalézt obrazově-textovou edici dobového vydání pětisvazkového česko-německého slovníku Josefa Jungmanna včetně doprovodných materiálů].

<<http://www.slownjk.cz/slownjkc/>>.

Staročeská textová banka [on-line]. Verze z 28. 3. 2008. Oddělení vývoje jazyka Ústavu pro jazyk český AV ČR, v. v. i. <<http://vokabular.ujc.cas.cz/banka.aspx>>.

Vokabulář webový [on-line]. Verze 0.4.2. Oddělení vývoje jazyka Ústavu pro jazyk český AV ČR, v. v. i. <<http://vokabular.ujc.cas.cz>>.

Původní texty jsou napsány ve středověké latině, středověké němčině a staročeštině (ve staroslověnštině naštěstí o vodoprávních otázkách ještě nebylo pojednáváno). Autor provedl u řady dokumentů komentovaný odborný překlad (u staročeštiny pouze u slov, kterým současný čtenář již nerozumí). V 19. století pak jde již jen o texty české a německé.

S ohledem na rozsah podkladů bylo rozhodnuto vydat tři publikace. Jako základní časové mezníky byly zvoleny roky 1470/1471 a 1620/1621. Poslední díl pojedná o vodoprávních předpisech vydaných do roku 1918. Protože VZ v roce 2011 končí, bude souborné dílo bohužel nedokončeno. Další díl by měl (v návaznosti na předešlé období) pojednávat o vodním právu v období 1918–1947, pátý díl o období 1948–1989, šestý pak o období do roku 2001. Protože bude druhý díl pravděpodobně značně objemný, lze bohužel předpokládat, že alokované prostředky na zveřejňování výsledku nepokryjí vydání III. (již

značně rozpracovaného) dílu. Zpracovaný rozsah (k 3. 11. 2011) uvádíme níže v přehledu výstupů.

6.6.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Kult, A. Stručný úvod do římského vodního práva a jeho zásad. Vodní hospodářství-Vodař, 2008, roč. 2008, č. 4, s. 132–135. ISSN 1211-0760.
- Kult, A. Předávání údajů správcům povodí, vodoprávními úřady a České inspekci životního prostředí a zákon č. 25/1975 Sb. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2008, roč. 50, č. 4, s. 1–5. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Povolení k nakládání s vodami podle vodního zákona v souvislosti s některými ustanoveními zákona o integrované prevenci. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2008, roč. 50, č. 5, s. 7–10. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Vodní právo v Českých zemích v období 1870–1955. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 11, s. 383–387. ISSN 1211-0760.
- Kult, A. Vypouštění do povrchových vod, nebo do vodních toků? Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2008, roč. 50, č. 6, s. 14–17. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Zhodnocení doby platnosti vodoprávních rozhodnutí ve vazbě na vypouštěné znečištění v české republice za období 2003–2008. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2009, roč. 51 č. 6, s. 14–17. ISSN 0322-8916.
- Kladivová, V., Kult, A., Svobodová, J. Problematika jakosti povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život ryb a reprodukci původních druhů ryb – právní a statistická analýza. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2010, roč. 52 č. 1, s. 11–16. ISSN 0322-8916.
- Kladivová V., Kult, A. Vodoprávní problematika rybníků I. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2010, roč. 52 č. 5, s. 1–5. ISSN 0322-8916.
- Kladivová V., Kult, A. Vodoprávní problematika rybníků II. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2010, roč. 52 č. 6, s. 1–4. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Tekoucí (povrchová) voda : právně-filosofický pohled na rozdílné způsoby vymezení ochrany vody a vodního prostředí. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2010, 107 s. ISBN 978-80-87402-07-8.
- Kult, A. Vypouštěné znečištění do vod povrchových – způsoby jeho zjišťování a vykazování podle platných právních předpisů a statistických programů. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2011, roč. 53 č. 2, s. 14–19. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Vznik pojmu povrchové vody v českém vodním právu. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2011, roč. 53 č. 4, s. 20–23. ISSN 0322-8916.
- Kult, A. Dějiny vodního práva na území České republiky – I. : od počátků vzniku státní moci až do roku 1470. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2011 (*před ukončením – zpracováno asi 95 s. /k 3. 11. 2011/*).
- Kult, A. Dějiny vodního práva na území České republiky – II. : od roku 1471 do roku 1620. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2011 (*rozpracováno – asi 110 s. /k 3. 11. 2011/*).
- Kult, A. Dějiny vodního práva na území České republiky – III. : od roku 1621 do roku 1918. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2011 (*rozpracováno – asi 90 s. /k 3. 11. 2011/*).

7. ODDÍL G – KOORDINACE

<i>Doba řešení:</i>	2005 – 2011
<i>Hlavní řešitel:</i>	2005 – 2007: RNDr. Josef Fuksa, CSc. 2008 – 2011: Ing. Tomáš Mičaník
<i>Sekretariát VZ:</i>	Ing. Alena Kristová

7.1.1 Předmět řešení

Koordinace a řízení výzkumného záměru zahrnovala práci hlavního řešitele a od roku 2008 sekretariátu VZ. Jedná se především o následující činnosti:

- 1) Zahájení řešení VZ, tvorba potřebné agendy a schémat vnitřního řízení VZ.
- 2) Vypořádání předcházejícího roku řešení dle požadavků odd. VaV MŽP do 15. ledna.
- 3) Zpracování aktualizovaného Rozhodnutí o poskytnutí dotace na daný rok řešení.
- 4) Koordinace zpracování metodiky řešení na aktuální rok řešení, předání garantovi a oponentům, vypořádání připomínek a zpracování finální verze metodiky řešení.
- 5) Průběžné řízení a koordinace VZ uvnitř ústavu a navenek s OOV MŽP a odd. VaV MŽP.
- 6) Zpracování plánu nákladů jednotlivých subprojektů a periodická kontrola čerpání finančních prostředků.
- 7) Informační a věcné propojení řešení úloh jednotlivých subprojektů a tematických oddílů prostřednictvím sekretariátu výzkumného záměru.
- 8) Koordinaci, podporu a evidenci publikační činnosti za celé období řešení výzkumného záměru.
- 9) Zpracování průběžných a závěrečných zpráv o řešení VZ pro kontrolní dny a oponentní řízení, odsouhlasení zápisů z těchto KD, vypořádání oponentních posudků zpráv.
- 10) Prezentace výzkumného záměru jako celku.

7.1.2 Syntéza řešení a dosažených výsledků

Řízení výzkumného záměru hlavním řešitelem probíhalo zpravidla pomocí elektronické pošty. Požadavky byly zasílány všem odpovědným řešitelům subprojektů (zahrnovalo všechny pracoviště VÚV TGM, v.v.i.) v dostatečném předstihu. Dále to byla elektronická a osobní jednání v případě dílčích problematik směrem k vedení ústavu a pracovníkům MŽP. Pravidelně byly hlavním řešitelem organizovány schůzky se zpravodaji tematických oddílů, na kterých byly řešeny zásadní záležitosti organizačního charakteru směrem dovnitř i vně.

Kromě výše uvedených standardních činností spojených s koordinací a řízením VZ, jak již bylo řečeno v úvodní části zprávy, byly pořádány odborné semináře, a to jak interní, tak pro širokou odbornou veřejnost. Účelem interních seminářů bylo vzhledem k rozsahu a velkému počtu výzkumných pracovníků zapojených do řešení informovat o průběhu a stavu prací s důrazem na propojení řešených problematik. Semináře pro širší odbornou veřejnost probíhaly 1x za měsíc (ve čtvrtek) ve VÚV TGM, v.v.i. v Praze a s nižší četností i na pobočkách v Ostravě a v Brně. Jejich výčet je součástí dílčích závěrečných zpráv o řešení VZ v jednotlivých letech.

V roce 2009 byla zpracována a vydána souhrnná publikace o řešení VZ formou „skládačky“, která umožňuje prezentovat VZ jako celek nebo podle potřeby pouze za jednotlivé tematické oddíly nebo jednotlivé subprojekty. Tato skládačka byla v následujících letech doplňována o další řešená témata.

Pravidelně byly zpracovávány podklady pro Výroční zprávy nebo Zprávy o činnosti. Především v první polovině řešení VZ byly publikovány články do recenzovaných národních periodik informující o řešení výzkumného záměru jako celku. Také byly publikovány články na tzv. průřezová témata syntetizující řešení vybraných problematik.

Na žádost garanta VZ byl zpracován a veden sekretariátem VZ přehled publikačních výstupů dle Metodiky RVVV za období 2005 – 2011. Od roku 2008 je taktéž vedena evidence výstupů v elektronické podobě.

7.1.3 Přehled nejvýznamnějších dosažených výstupů

- Fuksa, J.K. Cíle Rámcové směrnice, nástroje a přístupy k jejich dosažení. In Josef K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Brno, 15.12.2005. Praha : ČVTS a VÚV T.G.M., 2005, s. 17-24. ISBN 80-02-01782-X.
- Fuksa, J.K. Charakterizace oblastí povodí v ČR: Povrchové vody - vymezení, typologie, vlivy, silně ovlivněné a rizikové útvary. In Josef K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Praha, 15.12.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 31-40. ISBN 80-02-01782-X.
- Fuksa, J.K. Hodnocení vodních ekosystémů - co nabízí a co požaduje Rámcová směrnice.. In Sacherová, V. Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti.. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost., 2006, s. 93-94. ISBN 80-239-7257-X.
- Fuksa, J. K. The impounded Elbe River in Czech Republic and its influence on the middle part of the river.. Limnologie Aktuell, 2006, roč. 57, č. 12, s. 209-214. ISSN 0937-2881.
- Fuksa, J.K. Výzkumný záměr. VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace., 2006, roč. 48, č. 1, s. 2-4. ISSN 0322-8916.
- Fuksa, J.K. Assessment of aquatic ecosystems - what are the offers and demands of the EU Water Framework Directive. Acta Universitatis Carolinae. Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 31-36. ISSN 0862-6529.
- Fuksa, J.K. Toky jako recipienty odpadních vod – dnes a zítra. VTEI, 2007, roč. 49, č. 3, s. 1-4. ISSN .

ZÁVĚR

K závěrečnému kontrolnímu dni č. 3/2011 spojeném se závěrečným oponentním řízením zohledňujícím stav řešení VZ za celou dobu řešení jsou ve stanoveném termínu 21. listopadu předkládány:

- Závěrečná zpráva o řešení subprojektů a koordinaci výzkumného záměru za období 2005 – 2011.
- Tabulkový přehled uplatněných a dokončených výstupů za období 2005 – 2011 (k 18.11.2011).
- Výstupy dosažené řešením výzkumného záměru za celé období řešení v elektronické podobě na přiloženém CD nosiči.

Jsou prezentovány výsledky a dosažené výstupy subprojektů těchto tematických oddílů:

A – Hydrologie

B – Společenstva a organismy

C – Antropogenní vlivy na povrchové vody

D – Voda a zvláště chráněné části přírody

E – Plošné a difúzní zdroje znečištění

F – Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy

Výsledky řešení výzkumného záměru jako celku a jednotlivých tematických oddílů a subprojektů jsou ve shodě cíli definovanými v Rozhodnutí o poskytnutí dotace na rok 2011 a zoponovanou metodikou řešení na rok 2011. Na základě uvedených charakteristik řešení v předkládaných zprávách a výstupech, které dokumentují stav řešení k 4.11.2011, lze konstatovat, že cíle stanovené Rozhodnutím o změně Rozhodnutí na rok 2011 a metodikou jsou již téměř splněny. Část plánovaných výstupů již byla uplatněna nebo bude uplatněna jejich přijetím na oponentním řízení KD č. 3/2011. Část plánovaných výstupů bude dopracována do závěrečného KD č. 3/2011. Jejich uplatnění je možné až do 5 let od ukončení řešení VZ. Část výstupů specifikovaných v metodikách řešení 2005 – 2011, která z různých příčin nebyla naplněna, byla v rámci VZ jako celku rovnocenně „kompenzována“ zpracováním výstupů „nad rámec“ metodik.

V převažující problematice klimatických změn a jejich dopadů odpovídají metody i dosažené výsledky evropským standardům. Model Bilan je celosvětově rozšířen jako součást vysokoškolské učebnice o suchu a je využíván při výuce řešení dopadů klimatické změny v postgraduálních kurzech (Francie, Itálie, Maroko). Kontakt se světovou vědou je zajišťován zejména prostřednictvím projektu FRIEND Unesco. V rámci tohoto projektu i mimo něj probíhá spolupráce na několika tématech s Universitou v Lancasteru (společné IF publikace), která je jedním z vedoucích světových pracovišť v otázkách teorie modelování, identifikovatelnosti parametrů modelů, chyb při modelování a z toho plynoucích odhadů nejistot. Další spolupráce jsou rozvinuty s universitami v Holandsku (Wageningen), Norsku (Oslo), Slovensku (Bratislava), Rakousku (Vídeň) a dalších zemích. Příspěvky na celosvětových konferencích (Japonsko) byly přijaty do nejvyšší kategorie, tj. kromě k přednesení též k publikování.

Výzkumná témata sledovaná v oddílu B jsou velmi často předmětem publikačních aktivit mezinárodních časopisů s IF. Nicméně konkrétní výzkum prováděný v rámci VZ přinesl řadu nových prvků. Lze např. uvést metodickou studii o vzorkování bentosu v tocích s velkou

výškou vodního sloupce nebo metody studia bakteriálního znečištění. Výzkum prostorové distribuce ryb v podélném profilu toku pomocí biotelemetrie je zcela novým metodickým přístupem.

Vedle klasických antropogenních tlaků charakterizovaných zvýšeným obsahem organického uhlíku, nutrientů a těžkých kovů v povrchových vodách se charakter současného znečištění hydrosféry přesouvá ke stále nižším koncentracím velkého počtu organických látek, které se vyznačují negativním dopadem na živé organismy. Jedná se o látky s estrogenními účinky (alkylfenoly, hormony, mošusové látky apod.) a řadu chemických látek ze skupiny farmak a jejich metabolitů. Vedle identifikace jednotlivých látek v hydrosféře byly v rámci výzkumu získávány i informace o jejich degradaci a transformaci od zdrojů kontaminace až po vodní ekosystémy. S uvažovaným rozšiřováním jaderných zdrojů energie v ČR roste, podobně jako v zahraničí, význam prací zaměřených na sledování jejich vlivu a dopadu na okolní hydrosféru. Problematika výskytu a chování přírodních i umělých radionuklidů je úspěšně publikována v impaktovaných světových periodikách a na zahraničních konferencích (Maďarsko, Polsko, Švédsko, Jižní Afrika). Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. je stálým členem evropského programu NORMAN (Network of Reference Laboratories for Monitoring of emerging environmental pollutants), který sdružuje špičková analytická pracoviště v rámci ES pro podporu a výměnu zkušeností při zavádění a ověřování nových nebezpečných látek pro životní prostředí.

Výzkum procesů v primárních říčních sítích a interakce akvatických a terestrických ekosystémů je celosvětově aktuální téma aplikovaného výzkumu vázaného na ochranu biodiverzity a ekosystémové služby – tematický celek D přinesl v této oblasti řadu nových poznatků. Data z prameništ (která představují hotspots biodiverzity členovců) v prostředí s nízkou mineralizací, nepodléhající přirozené či antropogenní acidifikaci, jsou dosud ojedinělá. V roce 2009 byl u Evropského patentového úřadu přihlášen detritový kontinuální vzorkovač. Ve vědecké literatuře byly publikovány výsledky pouze několika málo studií zaměřených na individuální značení dřevní hmoty ve vodních tocích ze Severní Ameriky a téma selektivního managementu vodních toků zažívá v posledních letech obecně velký rozvoj aplikovaného výzkumu s postupným převodem výsledků do praxe. Velké druhy bezobratlých živočichů jsou stále více využívány jako tzv. deštníkové druhy pro ochranu ekosystémů říčních sítí, nejen v rámci evropské soustavy Natura 2000, ale také například v rámci dlouhodobých programů renomovaných nevládních organizací (WWF European Freshwater Programme). Pro druh *Unio crassus* byly v rámci výzkumného záměru zjištěny nové hostitelské druhy a limitní faktory, což může představovat klíč k poznání příčin jeho plošného mizení v celoevropském kontextu.

Jednotlivé subprojekty oddílu E využívaly standardizované nebo nově vyvinuté metodiky, postupy a způsoby řešení. Výzkumné práce zaměřené na ovlivnění jakosti vody zemědělským hospodařením přinesly nové informace o širokém spektru polutantů včetně nebezpečných látek (mikrobiální znečištění, pesticidy, fosfor a dusík), na něž je zaměřen obdobný výzkum v celosvětovém měřítku. K certifikaci byla předložena metodika hodnocení eutrofizace vod pro potřeby nitrátové směrnice ES. Ve spolupráci s Tufts University (USA) byla řešena analýza a bilance odtoku fosforu z povodí. Dosažené výsledky práce na vývoji konceptuálního modelu ovlivnění podzemních vod antropogenními činnostmi umožnily aplikaci koncepce modelu i pro lokality v zahraničí v celosvětovém měřítku (Indie, Uzbekistán, Libye, Francie). Výstupy subprojektů zaměřených na využití extenzivních technologií čištění odpadních vod, problematiku vsakování čištěných odpadních vod a hospodaření se srážkovými vodami přinášejí výstupy, jež jsou na základě provedených rešerší srovnatelné se stavem řešení těchto problematik v zahraničí, v podobě využitelné v místních klimatických podmínkách. Plánované výstupy jsou průběžně publikovány v mezinárodních vědeckých časopisech, formou monografií a byly rovněž prezentovány na četných mezinárodních konferencích (Estonsko, Finsko, Itálie, Belgie, Německo, atd.). Členové výzkumného týmu se podíleli na zpracovávání strategických celoevropských dokumentů (v rámci ES), zvláště týkajících se implementační strategie Rámcové směrnice

pro vodní politiku Společenství (2000/60/ES) v oblasti analýzy rizik a používání konceptuálních modelů pro podzemní vody. Poznatky z výzkumu jsou také uplatňovány při práci mezinárodních komisí pro ochranu vodního prostředí.

V rámci oddílu F byly vyvinuty softwarové, metodické, technické a legislativní nástroje, které reflektují mezinárodní závazky a předpisy vztahující se k ochraně vod. Rozbor stávajících právních předpisů a návrh nových předpisů vychází z bohaté rešeršní práce jak v oblasti právní terminologie, tak i v navrhovaných paragrafových zněních. V oblasti vyvíjení metod pasivního vzorkování vod byly zkoušeny nové postupy, které obstály v testování v rámci mezinárodních interkalibračních cvičení.

Širší závěry jsou uvedeny v souhrnu dosažených výsledků (viz další kapitola).

Stav čerpání finančních prostředků na řešení za období leden až říjen 2011 činí v případě dotace 83 % a je ve shodě s běžným ročním průběhem prací. Existuje reálný předpoklad, že finanční prostředky budou ve shodě s Rozhodnutím o změně Rozhodnutí do konce roku 2011 vyčerpány.

SOUHRN

Výzkumný záměr MZP0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů byl proponován na období 2005 – 2011 jako základní program výzkumných aktivit Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i. v oblasti vody. Předmětem výzkumného záměru byl komplexní dlouhodobý výzkum v oblasti hydrosféry, orientovaný na vztahy a procesy ve vodní složce životního prostředí, vliv antropogenních tlaků, trvalé užívání vody a její ochranu, včetně tvorby právních nástrojů a technických opatření. Obecná strategie výzkumného záměru spočívala v zajištění trvalého předstihu obecného poznání v jednotlivých oblastech řešení. V rámci řešení byly kombinovány metody laboratorního a terénního měření významných charakteristik systémů s měřením, kvantifikací a modelováním vlastních procesů, které v ekosystémech probíhají. Získané poznatky byly a jsou dále uplatňovány při zpracovávání reálných systémů hodnocení příslušných jevů a procesů v životním prostředí, jednotlivých antropogenních tlaků, priorit jejich závažnosti a nebezpečnosti, při zpracovávání metodických a ochranných opatření, včetně návrhů mechanismů pro směřování a funkci právních nástrojů.

Výzkum byl zacílen na následující základní směry:

- vliv kvantitativních, hydrologických a hydraulických procesů na vodní ekosystémy,
- charakteristiky chování a nároků biotické složky vodního prostředí včetně predikce jejich odezvy na změny vlivem klimatu nebo antropogenní činnosti,
- kvalitativní charakteristiky vodních ekosystémů a degradační a transformační procesy, které v nich probíhají, zahrnující známé i nově formulované znečišťující látky,
- vztahy terestrických a akvatických ekosystémů – vliv kulturní krajiny a přirozených ekosystémů na kvalitu odtékající vody,
- vývoj a ověřování postupů nakládání s vodami v malých sídlech nebo na území vyžadujícím zvláštní ochranu se zaměřením na extenzivní a kombinované metody čištění,
- legislativní nástroje, bilanční, predikční a hodnotící systémy, informační systémy a další nástroje pro ochranu a trvalé užívání hydrosféry a podporu veřejné a státní správy.

Z důvodu účinného řízení a koordinace byl výzkumný záměr strukturován do několika tematických oddílů a dále do tzv. subprojektů, které byly základní strukturální jednotkou v odborné i řídicí rovině. Jejich počet i odborná náplň řešení byly každoročně revidovány v závislosti na dosaženém poznání, celospolečenské potřebě a požadavcích gesčního Ministerstva životního prostředí. Počet subprojektů se pohyboval v rozmezí 24 až 30 v jednotlivých letech řešení.

Výsledky výzkumu byly průběžně zohledňovány nebo přímo využívány při tvorbě rozličných nástrojů legislativního, metodického, informačního či mapového charakteru a jsou průběžně publikovány v recenzovaných a impaktovaných odborných periodikách. Samozřejmostí bylo prezentování výsledků výzkumu na mezinárodních konferencích a workshopech. V rámci výzkumu byla rovněž vyvíjena zařízení, která umožňují lépe sledovat nebo predikovat zkoumané jevy a jsou předmětem patentové ochrany nebo patentová řízení nadále probíhají.

Hydrologie

Základním předmětem hydrologické části výzkumného záměru bylo sledování a zkoumání variability hydrologických procesů s důrazem na dopady změn klimatu na vodní zdroje a hydrologický režim. Pozornost byla věnována i extrémním jevům – povodním a případům

hydrologického sucha. K řešení této problematiky přispěla modelová řešení hydrologické bilance a extrémních odtokových situací i průběžná sledování a vyhodnocování projevů měnícího se klimatu v experimentálních povodích. Výsledky byly prezentovány na významných mezinárodních konferencích a v impaktovaných periodikách. Řešitelský tým je aktivně zapojen i do několika mezinárodních projektů v této oblasti (NeWater, Watch, Friend).

Pro dokonalejší vystižení hydrologických jevů byl v rámci řešení výzkumného záměru vyvíjen model BILAN, který umožňuje testovat vztahy mezi odtokem povrchové a podzemní vody v povodí, změnu srážek, teploty a relativní vlhkosti vzduchu na odhady budoucího vývoje průtoků a dotace zásob podzemní vody, apod. v průběhu roku i v jednotlivých ročních obdobích. Model byl modifikován pro práci s měsíčním i s denním krokem výpočtu.

Zajímavá je analýza trendů teplot vody a teplot vzduchu, která proběhla na 56 vodoměrných a 53 klimatologických stanicích na území ČR. Z ní vyplývá, že je teplota vody rostoucí u 77 % stanic, v případě teploty vzduchu u 98 % stanic. Na základě zjištěné těsné závislosti teploty vody na teplotě vzduchu byl proveden odhad budoucího vývoje teploty vody. Trendové analýzy dlouhodobých historických řad teplot říční vody a teplot vzduchu potvrdily na většině stanic změnu trendu na signifikantně rostoucí od roku 1980 (teplota vzduchu), respektive 1986 (teplota vody). Provedené simulace, založené na prodloužení trendových přímek a regresních vztazích mezi teplotou vody a teplotou vzduchu, předpokládají na většině stanic zvýšení teploty vody k roku 2050 o 2,4 – 3,0 °C (podle pesimistického scénáře HIRHAM A2). Takové zvýšení teploty vody bude mít výrazný vliv na rozvoj autotrofních fotosyntetizujících organismů a negativně tím ovlivní celý říční ekosystém (ovlivnění kyslíkového režimu, pokles druhové rozmanitosti). Výsledky výzkumu provedeného v letech 2008 – 2009 byly shrnuty do monografie s názvem Teploty vody v tocích České republiky.

V poslední fázi výzkumu bylo prokázáno, že mnohem výraznější vliv na jakost vody českých toků (koncentrace amoniakálního dusíku, celkového fosforu a chlorofylu_a) mají změny průtoku, zejména extrémně nízké průtoky menší než Q_{330} .

Vzhledem k možné klimatické změně bylo řešení VZ zaměřeno také na hledání vazeb mezi meteorologickým a hydrologickým suchem, jejich dlouhodobou variabilitu a na jejich příčiny. V rámci prací byly vybrány metody pro studium sucha v denních časových řadách a porovnány výsledky těchto metod. V roce 2011 na to navázala analýza výskytu sucha na souboru datových řad z 13 klimatologických a 7 vodoměrných stanic dlouhých až 135 let. Na tomto unikátním souboru dat byla zhodnocena období výskytu nejextrémnějších such historie. Navíc byla vytvořena aplikace, pomocí níž je možno zhodnotit výskyt a intenzitu sucha na běžných i online datech během velice krátké doby.

Vysoce aktuální byl výzkum extrémních hydrologických situací, který je zacílen na tvorbu odtoku a dynamiku jakosti vody v modelových povodích Jizerských hor a Podkrušnohoří, účinnější postupy ovlivňování extrémních průtoků modelováním tání sněhové pokrývky, simulací vstupních a výstupních řídicích prvků při manipulaci na vybraných vodních dílech Dyjsko-svratecké soustavy či výzkum vlivu mrtvé dřevní hmoty v inundačním území spojený se simulací ucpání mostních objektů splávím.

Pro zpřesnění měření kvantitativních vlastností hydrosféry bylo vyvinuto několik zařízení, která umožňují s vysokou přesností měřit okamžité výšky hladiny v několika profilech zároveň. Dále byl vyvinut mrazoměr zcela nové konstrukce, pracujícím na principu skokové změny odporu při změně skupenství. Sonda dle tohoto řešení má velmi malou hmotnost a tím i malou tepelnou kapacitu. Tím je dosaženo značné citlivosti. K ní byla vyvinuta logická jednotka vyhodnocovacího zařízení, která se připojuje až v okamžiku měření. Jednotka je schopna jednorázově vyhodnotit osm jednočidlových sond nebo též jednu kompaktní osmihladinovou. Hloubka promrznutí je indikována šestnácti diodami tak, aby se simulovalo sloupcové zobrazení – bargraf. Princip měření i vlastní zařízení jsou patentově chráněny a je v řízení i přihláška u Evropského patentového úřadu.

Z řešení na základě aktuální potřeby vodní politiky vyplynula potřeba vypracování jednotných metodických postupů. Jde zejména o metodiku pro stanovení změny N-letých maximálních průtoků v říční síti následkem protipovodňových opatření a nově navrhovaná metodika pro stanovení minimálních zůstatkových průtoků vychází.

Společenstva a organismy

Okruh se zabýval charakteristikami a předpovědí vývoje biotické složky vodních ekosystémů tekoucích vod. Prostředí tekoucích vod představuje v podélném profilu velmi různorodý typ ekosystémů a společenstvo organismů tuto proměnlivost charakterizuje jako vrchol či výsledek interakcí uvnitř systémů. V souvislosti se vstupem ČR do Evropské unie a s přijetím Rámcové směrnice pro vodní politiku Společenství (2000/60/ES) se variabilita společenstev vodních organismů stává významným nástrojem k hodnocení stavu vodního prostředí v konkrétním státě a také zdrojem praktických informací o vývoji globálního ekosystému. Cílem prací je analýza organismů v celé škále forem organizace – od společenstev, přes populace jednotlivých druhů až ke konkrétnímu jedinci. Výzkum zahrnoval společenstva organismů odlišné trofické i organizační úrovně: bakterie, řasy, makrozoobentos a ryby.

Eutrofizace související s nadměrným rozvojem fytoplanktonu má významný negativní vliv na jakost povrchových vod. V rámci výzkumného záměru byla studována dynamika fytoplanktonu v závislosti na variabilitě průtoků a vlivem klimatické změny. Víceletým intenzivním sledováním společenstva fytoplanktonu v řece Berounce nad ústím do Vltavy (2002 – 2007) bylo potvrzeno, že předpokládaná změna klimatu provázená oteplením, častějším výskytem sucha a poklesy průtoků v letních měsících může vést k výraznějšímu nárůstu biomasy fytoplanktonu a prodloužení období jeho výskytu v toku.

Makrozoobentos je společenstvo bentických bezobratlých, které je známé svými dobrými bioindikačními vlastnostmi. V rámci projektu byla finalizována národní metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu z broditelných toků metodou PERLA a ve spolupráci s Masarykovou univerzitou práce v roce 2008 vyústila ve vydání ČSN 75 7701. Metodika vychází z obecně akceptovaného multihabitatového přístupu. Cílem tohoto přístupu je zjištění druhového i funkčního složení společenstva makrozoobentosu, včetně poměrného zastoupení jednotlivých taxonů s cílem zjistit ekologický stav ekosystému a umožnit jeho porovnání s referenčním stavem.

V rámci hledání možného způsobu řešení hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků se výzkum zaměřil na metody odběru makrozoobentosu a na testování účinnosti odběrových zařízení těchto organismů v hlubokých částech toku (bagr, pneumatický vzorkovač) a na srovnání s odběrovou metodou (ruční síť), která se používá v broditelných/příbřežních částech toku. Z výzkumu reprezentativnosti odběru makrozoobentosu v hlubokých nebroditelných tocích vyplynulo, že v našich podmínkách a pro daný typ řek (Vltava a Labe) byl účinnějším a efektivnějším odběrovým zařízením pneumatický vzorkovač. Při odběrech tímto zařízením byl ve většině vzorků zaznamenán vyšší počet jedinců i vyšší počet taxonů makrozoobentosu. Dále byl testován německý systém hodnocení ekologického stavu v českých podmínkách. Z výsledků testování vyplynulo, že aplikace německého PTI systému v českých podmínkách by byla po úpravách možná, ovšem pouze pro hodnocení lokalit v povodí Labe s velikostí plochy povodí nad 10 tisíc km². Spolehlivé nastavení i hodnocení ekologického stavu toků 8. – 9. řádu podle makrozoobentosu tak není v ČR dořešeno.

Zajímavým tématem ichtyologického výzkumu je vývoj matematického modelu pro odvození vztahu mezi velikostí plochy obsazené jedincem a gradientem říčního prostředí. Výzkum byl prováděn v široké škále typů prostředí v závislosti na spádu toku, průtoku, vzdálenosti od pramene, kvalitě substrátu a potravní nabídce (záplavová zóna, pramenné oblasti, potoky, střední a dolní úseky velkých řek). Jako hlavní metodický nástroj bylo používáno značení ryb pomocí skupinových i individuálních značek. Průběžně byla zjišťována hustota společenstev i úspěšnost přirozené reprodukce. Predikce plošných nebo 3D prostorových nároků populací

může být klíčovým nástrojem pro jejich ochranu nebo management. VZ umožnil získat naprosto unikátní soubor informací o prostorových nárocích ryb, které jsou publikačně atraktivní nejen pro ČR ale i zahraniční čtenáře. Je předpokládáno, že informace plynoucí z výzkumu budou publikovány ještě řadu let po ukončení projektu.

Pokud jde o mikrobiální kontaminaci povrchových vod, byl dokončen výzkumu eliminace mikrobiálního znečištění biologickým čištěním odpadních vod a mikrobiální kontaminace odtoků z čistíren odpadních vod včetně čistírenské technologie SBR. Z výsledků vyplývá, že biologické čištění odpadních vod snižuje počty indikátorů fekálního znečištění o 2 – 3 řády, tj. o více než 95 %.

Bylo také dokončeno hodnocení relativně nového ukazatele – bakterie *Escherichia coli* včetně návržení jakostního cíle pro povrchové vody, který byl zapracován do novely nařízení vlády č. 61/2003 Sb., který je nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

Testováním metod odběrů, přepravy a skladování vzorků vod k mikrobiologickým analýzám bylo zjištěno, že prosté vzorky vykazují dostatečnou stabilitu jen do 4 – 6 hodin po odběru, totéž lze konstatovat pro směsné vzorky. Hodnoty mikrobiologických ukazatelů nevykazují žádný interpretovatelný denní průběh (na rozdíl od chemických ukazatelů), výsledky mikrobiologických analýz prostých vzorků z jedné lokality by tedy neměly být závislé na době odběru. Nelze však doporučit odběry časně zrána (4 – 6 h ranní).

Úspěšně byly vyvíjeny molekulárně-genetické metody detekce hygienicky významných bakterií v odpadních a povrchových vodách. Nově vyvinuté metody stanovení daly vznik několika novým normám (např. ČSN 75 7835, ČSN 75 7837).

Výsledky byly každoročně prezentovány na národní i mezinárodní úrovni a v impaktovaných periodikách.

Antropogenní vlivy na povrchové vody

V oblasti přímých antropogenních vlivů na vodní ekosystémy byla pozornost věnována vybraným oblastem České republiky, které jsou lidskou činností ovlivňovány nejvíce: Severočeská hnědouhelná pánev (povrchová těžba uhlí, chemický průmysl); Liberecký kraj (především komunální znečištění); Ostravsko-karvinská oblast (hutní a chemický průmysl). Získané poznatky prokázaly přetrvávající kontaminaci ve všech sledovaných matricích, akumulaci škodlivin a narušení struktury a funkce společenstev v nejvíce postižených úsecích zájmových toků. Pozornost byla věnována rovněž specifické problematice zatápění zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí (Chabařovice, Most).

K nejvíce antropogenně ovlivněným a odpřírodněným tokům náleží řeka Bílina. Výzkumem bylo prokázáno, že i přes významně klesající trend znečištění povrchové vody zůstává značná kontaminace říčních sedimentů a ryb. Studována byla také kumulace vybraných znečišťujících látek v biofilmech v závislosti na ročním cyklu. Koncentrace některých kovů (především V, Hg, částečně As, Cd, Zn) a specifických organických látek (PCB, PAU) vykazovaly v biofilmech a sedimentech výraznou sezónní variabilitu. Částečně v průběhu, zejména však po skončení vegetačního období, nastává odumírání rostlinného materiálu. Kovy a metaloidy vázané v odumřelé rostlinné hmotě jsou unášeny vodním tokem a v místech sníženého průtoku dochází k jejich ukládání a degradaci. Vysoký obsah organického uhlíku je přitom dobrým substrátem pro řadu degradačních mikrobiálních procesů, při kterých jsou kumulované prvky uvolňovány zpět do vodní fáze. Tyto procesy jsou však v porovnání s poměrně rychlými procesy jejich kumulace v živých rostlinách výrazně pomalejší. Přítomnost vodních makrofyt může proto významně ovlivňovat látkový transport polutantů ve vodním toku.

K dalším významně ovlivněným oblastem náleží Velká Strouha ústící do řeky Labe, odvodňující oblast Semtína u Pardubic, a dále Černý potok v intravilánu města Ostrava

vlivem dřívější koksochemické činnosti a zaústění ústřední ČOV. Zásadní vliv Velké Strouhy na jakost vody řeky Labe mezi profily Němčice a Valy je dokumentován srovnáním látkových odtoků všech tří profilů byl potvrzen pro následující znečišťující látky: trichlorbenzy, pentachlorbenzen, HCB, HCH, naftalen a EDTA.

V posledních letech se pozornost posunuje od klasického znečištění směrem ke specifickým polutantům životního prostředí. To si vynucuje nové analytické postupy a metody. Počátkem roku 2008 byl ve VÚV TGM, v.v.i., zprovozněn nový kapalinový chromatograf s dvojitou hmotnostní detekcí (LC-MS/MS). Na tomto přístroji proběhla validace metod stanovení desítek organických látek zvl. pesticidů a farmak. Následně byly tyto látky předmětem ověřování jejich výskytu a chování v jednotlivých složkách hydrosféry. Z ostatních látek prioritního zájmu v souladu s vývojem komunitární legislativy a celosvětovými trendy byla pozornost věnována mnoha dalším látkám, např. alkylfenolům, komplexonům (NTA, EDTA), nitroaromátům, bisfenolu-A a esterům derivátů kyseliny ftalové (zvl. DEHP). Lze konstatovat, že vedle samotných alkylfenolů se na kontaminaci povrchových vod značnou měrou podílí i jejich deriváty, zejména ethoxyláty s 1 a 2 ethoxyskupinami, jejichž estrogenní účinek je na základě rizikové analýzy (Risk assessment report ES) vyšší, než samotných alkylfenolů. Významné je vypouštění nonylfenolů, a to nejen z vybraných chemických výroby, ale vlivem plošného použití změkčovadel a plastů, rovněž z komunálních zdrojů znečištění.

Ze všech pesticidů pravidelně nesledovaných v hydrosféře byly nejvýznamnější nálezy Carbendazimu (CAS-No. 10605-21-7). Tento benzimidazolový fungicid je používán především na ochranu obilovin, např. proti padlí travnímu a rzi. Jeho akceptovatelná denní dávka (ADI) činí 0,03 mg.kg⁻¹ hmotnosti a den a dle WHO je klasifikován jako pravděpodobně nebezpečný. Carbendazim byl alespoň detekován ve všech analyzovaných vzorcích, v 75 % vzorků byl nalezen v kvantifikovatelném množství (od 0,05 µg.l⁻¹ do 1,2 µg.l⁻¹ v profilu Loučná-Dašice). Vedle této látky lze k pravidelnému sledování doporučit fluroxypyr, který je řazen jako nebezpečný pro životní prostředí, (nálezy ve 40 % vzorků, většinou těsně nad hranicí meze stanovitelnosti (max. nález v profilu Dřevnice-Otrokovice 0,029 µg.l⁻¹) a cypermethrin.

Byla také ověřena možnost využití metody QuEChERS (extrakční metoda vyvinutá především pro extrakci pesticidních přípravků z potravin) pro stanovení vybraných pesticidů v pevných hydrosférických maticích. Získané výsledky byly porovnány s výsledky dosaženými extrakcí podle Lukea a extrakcí směsí ACN/voda/NH₃. Výtěžnost žádná z testovaných metod nebyla uspokojivá pro všechny sledované pesticidy. Proto byly vybrány vhodné kombinace extrakčních postupů tak, aby pro všechny sledované analyty byla dosažena výtěžnost mezi 70 – 130 %. Postupy byly ověřeny na reálných vzorcích.

VÚV TGM, v.v.i. dlouhodobě řeší také problematiku přirozeného i antropogenního zatížení vodního prostředí radioaktivními látkami. Disponuje radiologickými laboratořemi a zavedeným týmem výzkumných pracovníků. V rámci řešení tohoto VZ bylo důležitou součástí řešení vyvíjení normalizovaných postupů ve stanovení radionuklidů v hydrosféře. Svědčí o tom množství zpracovaných norem. Tyto postupy byly ověřeny, normalizovány a certifikovány. Jednalo se o ČSN a TNV: ČSN 75 7611 – Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa, ČSN 75 7614 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení uranu, TNV 75 7623 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radia 226 bez srážecího postupu, ČSN 75 7622 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radia 226, ČSN 75 7624 Změna Z1 – Jakost vod – stanovení radonu 222, TNV 75 7621 – Jakost vod – stanovení radia 228 srážecí metodou, ČSN 75 7626 – Jakost vod – Stanovení polonia 210, ČSN 75 7610 – Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa srážecí metodou, ČSN 75 7623 Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování, ČSN 75 7625 Jakost vod – Stanovení radonu 222 kapalinovou scintilační měřicí metodou.

Hlavním zaměřením byla analýza časově-prostorových změn a distribuce radioaktivních látek mezi vodou, sedimenty, rybami a vodními makrofyty v lokalitách jaderných elektráren, těžby uranových rud a starých zátěží. Součástí řešení bylo i hodnocení vlivu provozu

jaderných elektráren (Temelín, Dukovany) se zvláštním zaměřením na výskyt tritia, cesia-137 a strontia-90 ve vztahu k vyvíjejícím se referenčním úrovním, neboť současný stav představuje i novou referenční úroveň pro uvažované rozšíření jaderných zdrojů energie v ČR.

Řešitelský tým významně participuje na prezentaci výsledků výzkumu formou národních a zahraničních konferencí a seminářů. Ve spolupráci s dalšími organizacemi byly VÚV TGM, v.v.i. uspořádány pravidelné konference a semináře (Konference Radionuklidů a ionizující záření ve vodním hospodářství, Radiologické metody v hydrosféře, Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří).

Rozvoj ekotoxikologických metod se zaměřil na vypracování metod, umožňujících stanovení chronické toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod Na základě výsledků výzkumu, optimalizace jednotlivých kroků stanovení a rozsáhlého terénního ověření při vzorkování v povodích řek Odry, Labe a Moravy bylo možno v roce 2009 jako významný výstup řešení vytvořit odvětvovou technickou normu vodního hospodářství TNV 75 7769 Jakost vod – Metoda stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod. Postup je vypracován pro screeningové stanovení stupně rizika chronických účinků celkového znečištění vod. Pro hodnocení rizika toxicity a genotoxicity znečištění povrchových vod bylo jednotně stanoveno 5 stupňů rizika.

Při přípravě metodiky pro hodnocení ekotoxikologických vlastností dlouhodobého znečištění bylo záměrem využít pro zachycení znečištění již vyvinutých postupů pasivního vzorkování. Konkrétně se jednalo o testování aplikace semipermeabilních membrán vyvinutých VÚV TGM, v.v.i. a XAD resinů. Vzhledem k tomu, že zkoncentrované organické znečištění bylo nutno z pasivních vzorkovačů převést do vodní fáze za účelem možnosti provedení ekotoxikologických zkoušek, jako jediné možné je použití XAD resinů. Z výsledků experimentálního ověření sorpce se nejvhodnější doba expozice sorbentů amberlite typu XAD jeví maximálně dva týdny.

Přínosné bylo stanovení přirozených pozadových koncentrací kovů a metaloidů v preindustriálních sedimentech říčních niv z hlubších, antropogenně nekontaminovaných horizontů pomocí sedimentových jader (Bílina, Jizera, Vltava). Obecně lze konstatovat, že pro převážnou většinu prvků byly zjištěny relativně nevýznamné odchylky od průměrných globálních standardů Turekiana a Wedepohla. Zvýšené pozadové koncentrace bylo možno pozorovat u některých antropogenních prvků jako je stříbro, arsen, olovo a zinek, naopak nižší hodnoty byly v porovnání s globálním standardem zjištěny u rtuti. Přes značně vysokou zátěž recentních sedimentů Bíliny těžkými kovy i metaloidy nebyly u tohoto vodního toku zjištěny žádné významně zvýšené pozadové koncentrace. Současná sedimentová zátěž zde tudíž téměř výlučně padá na vrub antropogenním činnostem. Naproti tomu na horním toku Jizery byly zjištěny zvýšené pozadové koncentrace kadmia, olova, arsenu a rtuti, které se zde již významně podílejí na poměrně značné zátěži recentních sedimentů, zejména kadmíem.

Voda a zvláště chráněné části přírody

Práce v tomto tematickém oddíle mají převážně charakter základního výzkumu, zaměřený na vodu v antropogenně málo ovlivněných územích, jako jsou ekosystémy pramenišť a lesních porostů. Další oblastí byl výzkum procesů a podmínek nezbytných pro zachování výskytu zvláště chráněných druhů vodních a mokřadních organismů.

Výzkum produkce, pohybu a transformace partikulovaného organického uhlíku v prameništích a bezprostředně navazujících ekosystémech vyústil ve vývoj detritového kontinuálního vzorkovače pro drobné toky se spádem. Zařízení, které slouží k získání zakoncentrovaného reprezentativního vzorku detritu z drobných toků, je patentově chráněno (Užitný vzor č. 18924, 2008). Kromě posouzení kvality detritu podle poměru rozlišitelných

frakcí proběhlo kvalitativní hodnocení se zaměřením na velikost partikulí a poměr živin C:N:P v aktuálně plaveném detritu odnášeném z prameniště. Z hlediska perlorodky říční (předmětu ochrany příslušných ZCHÚ) byl kromě základních živin v detritu sledován i obsah Ca (Bauer, Wächtler 2001).

V menší míře než v první fázi řešení projektu probíhaly v letech 2008 – 2011 aplikované práce zaměřené na vyhodnocení antropogenních disturbancí působících v ZCHÚ s přímými výstupy pro praktické použití v rámci resortu životního prostředí. Výsledkem prací zaměřených na vyhodnocení antropogenních disturbancí působících v ZCHÚ jsou výstupy legislativního charakteru určené pro praktické použití v rámci resortu životního prostředí: vyhláška č. 93/2008 Sb., o vyhlášení Národní přírodní památky Prameniště Blanice a stanovení jejích bližších ochranných podmínek, a „Nařízení Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava č. 1/2008 – Návštěvní řád Národního parku Šumava“.

Některé metody vyvinuté v tomto VZ jsou již zavedeny do běžného využití v resortu životního prostředí. Další směry výzkumu doporučujeme zaměřit na problematiku krenofauny, hyporeálu a transportu sestonu v primární říční síti.

Sledováním jakosti vody odtékající z lesních porostů neovlivněných lidskou činností a porostů intenzivně obhospodařovaných v CHKO Beskydy byly potvrzeny statisticky významné rozdíly v případě odtoku vápenatých a hořečnatých iontů z párových povodí. Přestože byla kvalita vody určována především geologickým podložím, výsledky naznačují vyšší odtok zásaditých iontů z povodí intenzivně lesnický obhospodařovaných (na čtyřech z pěti sledovaných dvojic povodí). Rozdíly mezi povodími ve dvojici se pohybovaly v řádu několika desítek procent.

Velká pozornost byla věnována problematice mobility tzv. mrtvého dřeva – kmenů stromů v korytech a břehových partiích vodních toků. Je to důležité jak pro zachování přírodních podmínek vodního ekosystému především ve zvláště chráněných územích, tak pro bezpečný management toků jejich správci. Na lokalitě Vrapáč na řece Moravě byla zkoumána mobilita dřevní hmoty po její technické stabilizaci. Pro dodatečnou stabilizaci dřevní hmoty na podobných lokalitách byl navržen kotevní vak, který napodobuje funkci kořenového balu a lze s ním manipulovat i bez použití mechanizace, řešení je předmětem patentové ochrany (PUV č. 21018).

Výzkum podmínek pro život a zachování výskytu zvláště chráněných vodních organismů byl zaměřen na velké mlže (velevrub tupý, perlorodka říční) a raky. Pro zachování populací velevruba tupého (*Unio crassus*) na územích systému NATURA 2000 musí ČR připravit strategii jejich ochrany. Přitom limitace podmínek jejich výskytu na našem území není známa. Experimentální odchovný cyklus pro druh *Unio crassus* na 27 druzích hostitelů objevil nového hostitele (*Chondrostoma nasus*) a poukázal na zásadní význam hostitelského druhu pro lipidovou zásobu juvenilů. Významným publikačním výstupem je souhrnná monografie o povodí s výskytem kriticky ohrožené perlorodky říční na česko-bavorsko-saském trojmezí. Poukazuje na klíčové problémy ochrany druhu na této lokalitě. Předmětem řešení byla dále populační a migrační studie raků. Z výsledků také vyplývá, že lokality s výskytem našich původních raků vyžadují jakost vody ve vyšší kvalitě, než stanoví nařízení vlády č. 71/2003 Sb. Bylo doloženo, že v tocích s výskytem raka říčního je v průměru lepší jakost vody než v tocích, ve kterých se naši původní raci nevyskytují. Veškeré tyto poznatky o racích a jejich lokalitách byly shrnuty do knižní publikace, přibližující dosavadní poznatky o rozšíření a biologii raků v ČR (Raci v ČR), vydané ve spolupráci s AOPK (Štambergová et al., 2009).

Výsledky výzkumu byly prezentovány na četných mezinárodních konferencích, články v impaktovaných periodikách a vydáním několika monografií.

Plošné a difuzní zdroje znečištění

Výzkum plošného znečištění se zaměřil na jakost odtékající vody ze zemědělsky obhospodařovaného území. Stěžejní je znečištění vod dusíkem, fosforem, pesticidy a mikrobiální znečištění. Znečištění vod fosforem ze zemědělství bylo sledováno nejen za běžných průtoků, ale zvláštní pozornost byla věnována zvýšeným odnosům fosforu během srážek. Pro tento účel byl vyvinut pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin, patentově chráněný jako užitný vzor č. 19465. Tímto způsobem je možno v pilotních povodích zahrnujících různé půdní, hydrogeologické a klimatické podmínky sledovat a vyhodnocovat transport živin v obdobích sucha i při extrémních srážkových epizodách a následně bilancovat podíl erozního a mimoerozního vnosu. Na datech z experimentálních povodí a na řadě profilů sledování ZVHS byly pro formy dusíku odvozeny charakteristické poměry mezi dusičnanovým a celkovým anorganickým dusíkem, které jsou typické pro čistě zemědělská povodí prakticky na celém území České republiky. Vyhodnocení se ukázalo jako velmi robustní a bylo možné jej uplatnit v překvapivě velkém rozpětí nalézáných koncentrací. Toto vyhodnocení se proto stalo i jedním ze základních kamenů připravované certifikované metodiky vymezování zranitelných oblastí podle eutrofizace vod podle Nitrátové směrnice (91/676/EHS). Dalším velmi zajímavým zjištěním je, že bez ohledu na způsob hospodaření se vyšší koncentrace dusičnanů pravidelně vyskytují na půdních typech typických kambizemí a naopak signifikantně nižší koncentrace byly nalézány na luvizemích a celkem očekávaně i na dystrických kambizemích. Z výsledků získaných v experimentálních povodích také vyplývá, že během erozního odtoku dosahují koncentrace fosforu až o čtyři řády vyšších hodnot. To potvrzuje z literatury známý fakt shrnutý do zkratky 90:10:1, tj. že 90 % ročního odnosu fosforu pochází z 10 % plochy povodí a je emitováno během 1 % času. Pro terénní pozorování byl vyvinut pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin, který je předmětem patentové ochrany.

Významnou roli v plošném znečišťování vod má i atmosférická depozice. Ve výzkumném záměru byla věnována pozornost vzájemnému působení kyselé atmosférické depozice na zdravotní stav lesa a změny jakosti podzemních vod. Experimentálním sledováním několika desítek malých povodí v oblasti Krušných hor a Jizerských hor bylo zjištěno, že přítomnost lesního porostu urychluje acidifikaci podzemních vod, přestože zdravotní stav lesa se od 80. let minulého století postupně zlepšuje. V lesních povodích se také častěji vyskytovaly analýzy s anomálně zvýšenými koncentracemi toxického hliníku, případně i berylia. Z toho vyplývá, že existuje i opačná vazba – nejen že les se podílí na zhoršování jakosti podzemní vody, ale špatná jakost podzemních vod zpětně ovlivňuje zdravotní stav lesa. V povodí s vysokým stupněm acidifikace se častěji vyskytoval poškozený, případně až zcela mrtvý les.

Experimentálním sledováním a modelovými pokusy kolísání hladiny podzemní vody v mělkých kolektorech krystalinika v hornatém terénu bylo potvrzeno, že les je fenomén, který hraje dvojí roli: na jedné straně tlumí negativní dopad povodní, na druhé straně ale může významným způsobem akcelarovat negativní dopady klimatických změn na vodní bilanci. Především v letním období s nižšími srážkovými úhrny totiž zrychluje pokles hladiny podzemní vody. Nejvýznamnější parametr, který rozhoduje o vodohospodářském významu kolektoru, transmisivita, byla až dosud vždy považována za proměnlivou v prostoru, ale stabilní v čase. Výsledky projektu prokázaly, že mocnost zvodně v infiltrační oblasti klesá výrazně rychleji než v drenážní oblasti, kde je svázána s vodním tokem. Z toho jasně vyplývá, že transmisivitu krystalinika je nutno brát jako časově proměnlivý parametr.

Výstupem řešení jsou také metodické postupy pro hodnocení stavu a rizikovosti útvarů podzemních vod využitě v procesu prvního a druhého cyklu zpracování Plánů oblasti povodí.

Problematika difúzního znečišťování vod se ve výzkumném záměru zaměřila na způsoby odbourávání znečištění z malých zdrojů komunálního znečištění. Jde především o výzkum procesů při extenzivních způsobech čištění odpadních vod (kořenové čistírny, stabilizační nádrže, půdní filtry), kombinované systémy čištění odpadních vod v oblastech

s nadstandardními nároky na ochranu vod a problematiku vsakování odpadních vod do horninového prostředí. Výsledky sledování extenzivních čistíren byly zpracovány do odborné monografie (Mlejnská, E. a kol. Extenzivní způsoby čištění odpadních vod, 2009).

V povodí řeky Blanice, kde se nachází největší středoevropská populace perlorodky říční, charakteristická vysokým stupněm ochrany vodního prostředí (Biogenetická rezervace Rady Evropy, NPP, NATURA 2000) se stanovenými zvláštními imisními limity pro jakost vody, byl prováděn výzkum vlivu vypouštěných odpadních vod z nově zbudované ČOV Zbytiny (450 EO), zaústěné do recipientu prostřednictvím dvou biologických dočišťovacích rybníků. Dosažené výsledky ukazují, že největší přínos nízkozatěžovaných biologických rybníků při dočišťování vyčištěných odpadních vod vypouštěných z ČOV byl zaznamenán pro parametr celkový fosfor (95 %), přičemž průměrná účinnost samotné ČOV se dlouhodobě držela jen okolo 64 %. Celková účinnost systému pro odstranění celkového dusíku byla pod hranicí 80 %. Za hlavní procesy podílející se na snižování nutrientů lze v tomto případě považovat akumulaci v sedimentech a inkorporaci do biomasy.

Řešením problematiky vsakování předčištěných odpadních vod do horninového prostředí bylo na konkrétních lokalitách potvrzeno, že samočisticí schopnost horninového prostředí je výrazně vyšší než v případě vypouštění do povrchového toku. Praktickými výstupy řešení této problematiky jsou „Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovujícího povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona“ a specializované mapy zahrnující celé území ČR pro rozhodování o vhodnosti umístění vsakovacích prvků a limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace.

Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy

V tomto tematickém oddíle byl stěžejní vývoj a aplikace nástrojů zaměřených na oblast vodního hospodářství a vodní politiky. Okruh řešení zahrnuje bilanční, predikční, informační, technické, metodické a legislativní nástroje včetně geografických informačních systémů a vývoje tvorby map. Výstupy řešení byly směřovány jako služba pro řešení ostatních subprojektů výzkumného záměru, ale také jako výsledky výzkumu samostatně využitelné externími uživateli. Stěžejní byla tvorba nástrojů zaměřená zejména na možnosti trvalého užívání a ochrany vodní složky životního prostředí. Jedná se např. o metodické postupy vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu jakosti a množství povrchových vod a podzemních vod zahrnující tvorbu simulačních modelů a obslužných modulů včetně uživatelského rozhraní. Výstupy byly využitelné pro podporu implementace Rámcové směrnice 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a reporting; nadále jsou přímo využitelné v procesu zpracovávání Plánů oblasti povodí nebo zaváděného kombinovaného přístupu stanovování emisních limitů při povolování vypouštění odpadních vod na základě emisně-imisního principu.

Výzkum byl dále zaměřen na technologie tvorby a aktualizaci Základní vodohospodářské mapy 1 : 50 000. Kromě výstupů vztahujícím se k charakteristikám vodních toků byla v této práci posuzována disponibilní geografická data potřebná v řešení problematiky prevence před povodňovými škodami nebo plánování větších vodohospodářských staveb. Prakticky šlo o posouzení vhodnosti mapového podkladu pro zakreslení rozlivů vodních toků při n-letých vodách, zakreslení linie skutečné maximální záplavy, obvodu nádrže nebo polderu do mapového díla. Na podkladě kvantifikace a vizualizace rozdílů mezi vrstvami vytvořenými z dat ZABAGED[®] a DMR_F je možno považovat mapová díla vytvořená z podkladu ZABAGED[®] za dostatečná a vhodná pro zakreslení výše zmiňovaných vodohospodářských charakteristik. Důležitým předpokladem je však respektování výškopisu, který je zobrazen vrstevnicemi.

Byly zkoumány zcela nové možnosti využití dat dálkového průzkumu Země pomocí leteckého laserového skenování (LLS). To patří k nejmodernějším technologiím pro pořizování prostorových geografických dat. Díky hustotě bodů, jejich přesnosti a probíhajícímu výškopisnému mapování ČR (2009 – 2012) se pravděpodobně produkty LLS stanou v nejbližší době jedním ze základních výškopisných podkladů. Data z LLS v sobě zahrnují velké množství informací využitelných v mnoha disciplínách, včetně vodního hospodářství. Na několika typech modelových území lokálního i většího rozsahu byla ověřena použitelnost LLS pro polohopis vodních toků (ve srovnání s DIBAVOD), využitelnost dat v oblasti příbřežních zón jako podkladu pro stanovení záplavových území, pro zpřesnění rozvodnic a pro identifikace příčných překážek v korytě vodního toku. Např. průměrná hodnota rozdílu v poloze os vodních toků (srovnáním ZABAGED a LLS) byla 1,44 m u koryt nad 4 m šířky a 1,81 m u koryt menších. V datech LLS lze s dobrým výsledkem identifikovat jezy a stupně, které mají rozdíl hladin větší než 0,4 m.

Výsledkem řešení této části projektu je množství specializovaných map s odborným obsahem, dokumentující použití nových metod při tvorbě vodohospodářských map.

Vývoj technických nástrojů představoval nové postupy a metody hodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod, zahrnující vývoj modelování jakosti povrchových vod, šíření znečištění, metod a zařízení pro pasivní vzorkování vod se schopností zachytu lipofilních i polárních nebezpečných látek a těžkých kovů, vývoj metodik vzorkování odpadních vod ze zdrojů s nestandardním způsobem vypouštění a kontinuálním způsobem monitorování organického znečištění. V souladu s komunitární legislativou a novelizovanou národní legislativou (zvl. nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění, a vyhlášky č. 98/2011 Sb.) bylo provedeno první vyhodnocení jakosti povrchových vod pro prioritní látky a další vybrané znečišťující látky pro síť vodních toků na celém území ČR. Výsledky formou datových sad a map jsou přístupné na webových stránkách HEIS VÚV.

Na základě experimentálních ověření byly zpracovány metodické postupy pro vzorkování odpadních vod z ČOV konstruovaných s SBR reaktory (diskontinuální vypouštění odpadních vod). Ověřováno bylo kontinuální měření organického znečištění na přítoku a odtoku z ČOV pomocí sondy na optickém principu (SAC), která by umožnila operativněji účelněji řídit technologický proces čištění odpadních vod.

Vývojem nízkonákladových semipermeabilních membrán VÚV TGM, v.v.i. jejich kalibrací a praktickým používáním bylo ověřeno, že dosahují srovnatelných a v některých ukazatelích i lepších výsledků než komerčně dostupné (ale mnohonásobně dražší) SPMD membrány zahraniční výroby.

Nedílnou součástí řešení byla problematika mísení odpadních a povrchových vod za účelem zpracování jednotného postupu vymezování mísících zón podle § 6 vyhlášky č. 98/2011 Sb. Pro vymezování byl vyvinut programový nástroj CIT (Český imisní test).

Pozornost byla věnována i rozborům legislativních nástrojů v oblasti ochrany vod, transpozicí komunitární legislativy do národního právního řádu a zpracováním návrhů legislativních předpisů nebo jejich dílčích částí. Pozoruhodné bylo zpracování Dějin vodního práva na území České republiky od r. 1471 do roku 1918 (dva svazky). Bylo publikováno několik právních rozborů z oblastí: zjišťování a vykazování vypouštěného znečištění do vod povrchových podle platných právních předpisů, vodoprávní problematiky rybníků, platnosti vodoprávních povolení k vypouštění odpadních vod, povolování nakládání s vodami podle zákona o vodách a zákona o integrované prevenci, apod. Součástí řešení byly i rozборы pojmů v oblasti vodního hospodářství (např. tekoucí povrchová voda, res nullius, apod.), vycházející až z římského vodního práva.

SUMMARY

Research Project MZP0002071101 – Research and Protection of the Hydrosphere – research of relations and processes in the aquatic component of the environment, with particular focus on the impact of anthropogenic pressures and on the sustainable use and protection, including legislative means has been proposed as a basic program of the research activities performed by T. G. Masaryk Water Research Institute, public research institution in water research for the period 2005 – 2011. The objective of the research plan was comprehensive long-term research of the hydrosphere, with emphasis on relationships and processes in the aquatic component of the environment, impacts of human pressures, sustainable use and protection of the hydrosphere, including the development of related legislative tools and technical measures. General strategy of the research project aimed to ensure a headstart of general knowledge in the various areas of project investigation. The investigation has combined methods of both laboratory and field measurements of significant system parameters and measurements, quantification and modelling of individual processes running in the ecosystems. Acquired knowledge has been and is further applied in developing feasible systems for evaluation of involved phenomena and processes within the environment, individual anthropogenic stresses, priorities of their significance and risk assessment, as well as in developing guidelines and precautions, including proposals for mechanisms to direct and ensure correct functionality of legislative tools.

The research has aimed at the following key issues:

- Impact of quantitative, hydrologic and hydraulic processes on water ecosystems;
- Characteristics of behaviour and requirements of biotic part of aquatic environment including prediction of their response to changes due to climate conditions or anthropogenic activities;
- Qualitative characteristics of water ecosystems and degradation & transformation processes running therein, involving both known and newly formulated pollutants;
- Relations of terrestrial and aquatic ecosystems – impact of cultivated landscape and natural ecosystems on the quality of flowing water;
- Development and verification of water management procedures in small urban localities or in the territory requiring special protection with the priority of extensive and combined cleaning methods;
- Legislation tools, assessment, prediction and evaluation systems, information systems and other tools for the protection and sustainable use of hydrosphere and for the support of public and state administration.

To ensure efficient control and coordination, the institutional research project was structured into sections by topic and further into subprojects, i.e. primary structural units, on both the level of expertise and management. Their number and scientific investigation contents were revised each year depending on achieved knowledge, need of the whole society and requirements of the gestor, Ministry of Environment. Number of subprojects was in the range of 24 and 30 in individual years of investigation activities.

Research outcomes were continuously taken into account or directly used in creation of various tools in the form of legislation, guidelines, information or maps and are continuously published in reviewed and scientific periodicals ranked by impact factor. Presentation of research results in international conferences and workshops was obvious. Equipment allowing better monitoring or prediction of studied phenomena and being subject of patent right or patent pending procedure were also developed within the research.

Hydrology

Main area of hydrologic part within the research project was monitoring and study of hydrologic process variability, particularly impacts of climate changes on water resources and hydrologic regime. Attention was paid also to extreme effects - floods and hydrologic drought periods. Model conceptions of hydrological assessment and extreme outflow events, as well as continuous monitoring and evaluation of the effects of changing climate in experimental river basins has contributed to solve this issue. Results have been presented at major international conferences and in periodicals ranked by impact factor. Investigation team is actively engaged also in a range of international research projects in this area (NeWater, Watch, and Friend).

For more precise and advanced description of hydrological phenomena, BILAN model has been developed in the frame of this research project; this model allows to test the relationships between the outflow of surface and ground water within the basin, changes in the precipitation, temperature and relative humidity towards the estimates of future development of flow rates and ground water supply replenishment, etc. in the course of a year or in individual seasons. The model was modified for work with monthly and daily step calculations.

Interesting analysis of trends in water and air temperatures was performed on 56 stream gauging stations and 53 climatology stations in the territory of the Czech Republic. This analysis indicates an increasing trend of water and air temperature in 77% stations and 98 stations respectively. Based on the determined close relationship of water and air temperature, an estimate of future water temperature trend has been established. Trend analyses of long-term historical levels of river water temperatures and air temperatures has confirmed in most stations that the change for significantly increasing trend occurred in 1980 (air temperature) and in 1986 (water temperature). Performed simulations on the base of continuation of trend lines and regression relations between water and air temperatures assume in most stations an increase of water temperature of 2.4 – 3.0°C by 2050 (under the HIRHAM A2 pessimistic scenario). Such water temperature increase will have a significant impact on the development of photosynthetic autotrophs with following negative impact on the whole river ecosystem (influenced oxygen regime, reduction in species diversity). Results from the research performed between 2008 and 2009 were compiled into a monograph with the title Water Temperatures in the Czech Republic Streams.

Last phase of the research demonstrated that flow rate variations, particularly extremely low flow rates below Q_{330} , have much higher effect on water quality in Czech streams (concentrations of ammonia nitrogen, total phosphorus and chlorophyll_a).

Considering the potential climate change, the research plan addressed also exploration of relationships between meteorological and hydrologic drought, their long-term variability and their causes. In the frame of this work, methods for study of drought in daily time series have been selected and their results have been compared. The above procedure was continued in 2011 with an analysis of drought incidence using the set of 135 year-long data series from 13 climatologic and 7 gauging stations. This unique data set was used to evaluate periods of the most extreme drought incidences in the past. Furthermore, an application was created to evaluate drought incidence and intensity from current, even online data within a very short time.

Currently very important activity was the research of extreme hydrological events focused on the creation of drainage and dynamics of water quality in model basins of Jizerské hory (Jizera Mountains) and Podkrušnohoří (Foothills of Ore Mountains), more effective procedures of affecting extreme flow rates through modelling of snow cover melting, through simulation of input and output control elements during manipulations in selected hydraulic structures of Dyje-Svratka system or the research of an impact of woody debris mass in

inundation area combined with the simulation of bridge construction blocked with floating debris.

For more accurate measurement of quantitative characteristics of hydrosphere several devices have been developed that deliver high precision measurement of instantaneous height of water level in more profiles in the same time. Further the electronic soil frostmeter of the brand new construction has been developed, operating based on the principle of step change of resistance after a change of state of matter occurs. Probe designed according to the above project has a very low weight and thus also low heat capacity. High sensitivity is thereby achieved. Probe was complemented with newly developed logical unit of an evaluation device to be connected only in the time when measurement is being performed. The unit is able to analyse 8 single sensor probes or 1 compact eight-level probe in one single run. Water freeze depth is indicated by 16 diodes to simulate bar-graph display. Measurement principle and the equipment itself are patent protected and patent pending, i.e. patent application has been filed at the European Patent Office.

The investigation based on current need of water policy has lead to the need of elaboration of integrated methodical procedures. In particular it means a methodology for determination of change in N-year maximum flow rates in river profile network as a consequence of flood protection measures and recently proposed methodology for determination of minimum remaining flow rates is being published now.

Populations and organisms

Research scope included characteristics and forecasts of the development of biotic compartment of aquatic ecosystems in running waters. Considering longitudinal profile, running water environment represents a very diversified type of ecosystems and this variability is reflected by the community of organisms as a top or result of internal interactions within the systems. In relation to the accession of the Czech Republic to the European Union and to the adoption of Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, variability of aquatic organism communities becomes an important tool for the evaluation of aquatic environment condition in a particular country and also a source of useful information on the development of global ecosystem. The goal of the work is an analysis of organisms throughout the whole range of forms in the organisation – from communities through the populations of individual species up to a particular specimen. The research covered organism communities with different trophic and organisational levels: bacteria, algae, benthic macroinvertebrates and fish.

Eutrophication related to the excessive development of phytoplankton has a significant negative impact on the quality of surface waters. In the scope of the research plan, dynamics of phytoplankton was studied depending on variability of flow rates and in the consequence of climate change. Multi-year intensive monitoring (2002 – 2007) of phytoplankton community in Berounka river above its mouth into Vltava (Moldau) demonstrated that predicted climate change associated with warming, more frequent drought events and falls of flow rates during Summer months might lead to more distinctive increase of phytoplankton biomass and extension of its duration in the stream.

Benthic macroinvertebrates are known as very good bioindicators. In the frame of the project, the national methodology for sampling and treatment of macroinvertebrates from wadeable running waters using method PERLA was finalized in cooperation with the Masaryk University. The work resulted in 2008 into the publication of the national standard ČSN 75 7701. Sampling methodology is based on generally accepted multihabitat approach. The goal of this approach is to determine species and functional composition of benthic macroinvertebrate community, incl. proportional representation of individual taxa with the aim

to assess ecological status of the ecosystem and enable its comparison with the reference status.

Searching for a feasible way of solving the ecological status assessment of non-wadeable rivers using benthic macroinvertebrates, research has been focused on sampling methods of macroinvertebrates and on efficiency testing of sampling equipments collecting such organisms in deep rivers (grab, air-lift sampler) and on comparison with sampling method (hand net) which is used in wadeable/shoreline parts of streams. Research of representativeness of macroinvertebrates sampling in deep rivers showed that air-lift sampler had been more effective and efficient for the particular type of rivers (Moldau and Elbe). Samples collected by this equipment contained in most cases higher number of individual organisms and also higher number of macroinvertebrate taxa. Further, the German ecological status assessment system of non-wadable rivers using benthic macroinvertebrates was tested in the Czech conditions. The obtained results showed that the application of the German PTI system in the Czech conditions would be possible after some modification, however only for assessment of sites in the Elbe river basin with the basin area larger than 10,000 km². Therefore, a reliable setting of ecological status assessment of 8th – 9th Strahler order rivers based on benthic macroinvertebrates is not finalized in the Czech Republic yet.

An interesting issue of ichthyologic research is development of mathematic model for derivation of relationship between the size of an area occupied by an organism and gradient of river environment. The research has been performed in a wide range of types of environment depending on flow gradient, flow rate, river source distance, substrate quality, and nutrition availability (flood area, headwater regions, streams, middle and lower courses of big rivers). Fish marking was used as a key methodology tool using both group and individual marks. Community density and success rate of natural reproduction have been continuously explored. Prediction of flat or 3D area demands of populations might be a key tool in their protection or management. Research plan allowed acquiring an absolutely unique data set about fish space demands, attractive for publishing not only in the Czech Republic but also for foreign readers. Information resulted from the research are supposed to be published even many years after project completion.

As to the microbial contamination of surface waters, a research of elimination of microbial contamination through biological cleaning of waste water and microbial contamination of outflows from waste water treatment plants including SBR treatment plant technology. The results show that biological waste water treatment decreases number of indicators of faecal pollution by 2 – 3 levels, i.e. more than 95%.

Besides that, an evaluation of relatively new indicator - *Escherichia coli* bacteria – has been completed, including the proposal of quality target for surface waters that was incorporated into the Government Regulation No. 61/2003 Coll. as amended by Government Regulation No. 23/2011 Coll.

Testing of sampling methods, transport and storage of water required for microbiological analyses showed that grab samples demonstrated sufficient stability only within 4 – 6 hours after collection, and the same applies to composite samples. Values of microbiological indicators do not show any interpretable daily progress (as compared to chemical indicators), therefore results of microbiological analyses of grab samples from one location should not depend on collection time. Nevertheless, early morning collection (04:00-06:00 a.m.) is not recommended.

Molecular genetic detection methods of hygienically significant bacteria in waste and surface waters have been successfully developed. Newly developed assay methods have given rise to a range of new standards (such as ČSN 75 7835, ČSN 75 7837).

Results have been annually presented both nationally and internationally and in periodicals ranked by impact factor.

Human Pressures on Surface Waters

In the area of direct anthropogenic impacts on water ecosystems, the attention has been paid to the selected regions of the Czech Republic with the highest anthropogenic impact: Northern Bohemian Brown Coal Basin (open coal-mining, chemical industry); Liberec region (especially from urban installation and activities); Ostrava-Karviná region (mining and chemical industry). Acquired knowledge demonstrated persisting contamination in all monitored matrices, accumulation of pollutant and disturbance of community structure and function in the most affected sectors of streams in the area of interest. Attention was paid also to the specific issue of controlled flooding of residual coal mines after brown coal mining has been finished (Chabařovice, Most).

Bílina river belongs to the rivers most natureless and affected by human activity. The research has demonstrated that in spite of the significantly decreasing trend in surface water pollution, considerable contamination persists in river sediments and fish. One of investigated area was also accumulation of selected pollutants in biofilms depending on changing seasons. Concentration of some metals (first of all V, Hg, partially As, Cd, and Zn) and specific organic compounds (PCB, PAU) has demonstrated a significant seasonal variability in biofilms and sediments. Dying of vegetable material occurs partially in the course, but mostly after the end of vegetation period. Metals and metalloids bound in dead vegetable material are drifted by water course and deposited and decomposed in the areas of reduced flow rate. High contents of organic carbon are there a good substrate for a range of degradation microbial processes where accumulated elements are released back to water phase. These processes however are significantly slower in comparison to relatively fast processes of their accumulation in live plants. Therefore presence of water macrophytes can considerably affect substance transport of pollutants in a water course.

The other markedly affected regions include Velká Strouha river flowing into Labe, draining the area around Semtín, district of Pardubice, followed by Černý potok in the intravilan of Ostrava City due to former coke-chemical activity and inlet of central waste-water treatment plant. Principal effect of Velká Strouha on the quality of Labe river water between Němčice and Valy profiles is documented by comparison of substance outflow of all three profiles and validated for the following pollutants: trichlorobenzene, pentachlorobenzene, HCB, HCH, naphthalene, and EDTA.

In recent years, general attention is being moved from conventional pollution to specific pollutants of living environment. This situation requires new analytical procedures and methods. In the beginning of 2008, a new liquid chromatograph with double weight detection (LC-MS/MS) was commissioned in T. G. Masaryk Water Research Institute, public research institution. This device has been used to validate methods for determination of dozens of organic compounds, particularly pesticides and pharmaceuticals. Thereafter, these compounds were subject to verification of their incidence and behaviour in individual hydrosphere components. As to the other substances of the highest interest in conformity with the development of community legislation and global trends, the research included many other substances, such as alkylphenols, chelates (NTA, EDTA), nitroaromates, bisphenol-A, and esters of phthalic acid derivates (particularly DEHP). Not only alkylphenols themselves, but also their derivates, mainly ethoxylates with 1 or 2 ethoxy groups having higher estrogenic effect than alkyphenols, proven by risk analysis (EU Risk Assessment Report), are responsible for contamination of surface waters. Emission of nonylphenols is also significant and not only from selected chemical production plants, but also due to general use of softeners and plastics, as well as from urban installation pollution sources.

From all pesticides which were not regularly monitored in hydrosphere, the most significant was appearance of Carbendazim (CAS-No. 10605-21-7). Its acceptable daily intake (ADI) is 0.03 mg.kg⁻¹ bw per day and according to WHO, it is classified as likely to be hazardous. Carbendazim was at least detected in all analysed samples, 75% of samples showed its

quantified amount (from 0.05 $\mu\text{g.l}^{-1}$ to 1.2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ in Loučná-Dašice profile). Besides this substance, regular monitoring can be recommended also for fluroxypyr, classified as dangerous for the environment (detected in 40% of samples, mostly close above the level of limit of quantification (max. concentration in Dřevnice-Otrokovice profile, 0.029 $\mu\text{g.l}^{-1}$) and cypermethrin.

Possibility of using QuEChERS method (extraction method developed primarily for extraction of pesticide products from food) has been tested for determination of selected pesticides in solid hydrospheric matrices. Results obtained were compared to the results achieved in Luke's extraction and in extraction of ACN/water/NH₃ mixture. No yield of any testing method was satisfactory for all monitored pesticides. Therefore appropriate combinations of extraction procedures have been selected so that all monitored analytes achieve a yield of 70–130%. Procedures have been validated on real samples.

Within a long term horizon, T. G. Masaryk Water Research Institute, public research institution also investigates the issue of natural and anthropogenic load of aquatic environment with radioactive substances. The institute is equipped with radiological laboratories and employs an experienced team of research workers. In the frame of this research project investigation, an important part was to develop standardized procedures in determination of radionuclides in hydrosphere. This fact is best evidenced by many elaborated standards. These procedures have been validated, standardized and certified. Particularly they were ČSN (Czech Standards) and TNV (Technical Standards for Water Management): ČSN 75 7611 – Water quality - Determination of gross alpha activity, ČSN 75 7614 Modification Z1 – Water quality – Determination of uranium, TNV 75 7623 Modification Z1 – Water quality - Determination of radium 226 by emanometry method without pre-concentration, ČSN 75 7622 Modification Z1 – Water quality - Determination of radium 226, ČSN 75 7624 Modification Z1 – Water quality - Determination of radon 222, TNV 75 7621 – Water Quality – Determination of radium 228 by coprecipitation, ČSN 75 7626 – Water quality – Determination of polonium 210, ČSN 75 7610 – Water quality – Determination of gross alpha activity by coprecipitation method, ČSN 75 7623 Water quality – Determination of radium 226 by emanometry method without pre-concentration, ČSN 75 7625 Water quality – Determination of radon 222 by liquid scintillation counting method.

Main focus was analysis of space-time changes and distribution of radioactive substances among water, sediments, fish and aquatic macrophytes in locations of nuclear power plants, uranium ore mining and old loads. Part of the investigation was evaluation of nuclear power plant (Temelín, Dukovany) operation impact with special focus on the occurrence of tritium, cesium-137 and strontium-90 in relation to developing baseline levels, since current status represents also a new baseline level for considered expansion of nuclear power sources within the Czech Republic.

Investigation team participates largely in the presentation of research results in a form of national and international conferences and workshops. In cooperation with other organisations, T. G. Masaryk Water Research Institute, public research institution has organised regular conferences and workshops (Conferences: Radionuclides and ionising radiation in water management, Radiological methods in hydrosphere, Consultation days for workers of water management radiological laboratories).

Development of ecotoxicological methods was focused on preparation of methods allowing determination of chronic toxicity and genotoxicity of surface water pollution. Based on the research results, optimisation of individual determination steps and extensive field validation during samplings in the basins of Odra, Labe and Morava, an industrial technical standard of water management, TNV 75 7769 Water quality – Method of assessment of chronic impacts of surface water pollution, could have been created in 2009 as an important investigation outcome. The procedure has been established for screening determination of hazard level of chronic impacts caused by total water pollution. Five hazard levels have been uniformly

established for the assessment of risk regarding toxicity and genotoxicity of surface water pollution.

In the preparation of methodology for evaluation of ecotoxicologic characteristics of long-term pollution, already developed passive sampling procedures were intended to be used for pollution containment. Particularly it was testing of application of semipermeable membranes developed in T. G. Masaryk Water Research Institute, public research institution and XAD resins. Regarding the fact that concentrated organic pollution had to be transferred from passive samplers into a water phase to enable ecotoxicology testing, there was only one possible agent to be used, i.e. XAD resins. The results of experimental validation of absorption show that the most appropriate time of exposure of absorbents amberlite of XAD type seems to be maximum two weeks.

Valuable contribution was also determination of natural background concentrations of metals and metalloids in preindustrial sediments of river floodplains from deeper, anthropogenously non-contaminated horizons using sediment cores (Bílina, Jizera, Moldau). Generally it can be said that for the greater part of elements, relatively minor deviations have been found from average global standards of Turekian and Wedepohl. Increased background concentrations could be observed in some anthropogenic elements, such as silver, arsenic, lead and zinc, and on the other hand, lower amounts have been found in mercury compared to the global standard. In spite of a very high load of heavy metals and metalloids in Bílina recent sediments, there were no significantly increased background concentrations detected in this water course. Current sediment load therefore can be attributed almost exclusively to the anthropogenic activities. In the upper Jizera, on the other hand, increased background concentrations of cadmium, lead, arsenic and mercury have been detected. These elements play a big role in relatively considerable load of recent sediments, particularly of cadmium.

Water and Specifically Protected Nature Components

Work in this thematic section can be mostly described as a basic research addressing water in anthropogenously little affected territories, such as ecosystems of headwaters and forested areas.

Next area was the research of processes and conditions necessary for sustaining specially protected species of aquatic and wetland organisms.

Research of production, movement and transformation of particulate organic carbon in headwaters and immediately followed ecosystems has resulted in development of continual sampler of detritus in minor streams with gradient. This equipment which is used for obtaining preconcentrated representative detritus sample from small water courses, is patent protected (Utility design No. 18924, 2008). Besides an assessment of detritus quality according to the ratio of distinguishable fractions, qualitative evaluation has been performed with the focus on the size of particles and nutritional ratio of C:N:P in currently floated detritus transported from headwaters. Regarding the pearl mussel (subject to the protection of Specially Protected Territories) Ca contents were also monitored in detritus besides basic nutrients (Bauer, Wächtler 2001).

In a smaller scale than in the first phase of project investigation, application works focused on evaluation of anthropogenic disturbances active in Specially Protected Territories were performed during 2008 – 2011 with direct outcomes for practical use within living environment sector. Result of works on evaluation of anthropogenic disturbances active in Specially Protected Territories are outcomes of legislation nature intended for practical use within the sector of environment: Decree No. 93/2008 Coll. on declaration of Blanice headwater as a national natural site and establishment of detailed conditions for its protection, and "Order of Administration of the National Park and Protected Landscape Area of Šumava No. 1/2008 – Visitor Rules of Šumava National Park".

Several methods developed in this research plan have been already implemented and are currently used in the sector of environment. Further research should be targeted to the issues of creno-fauna, hyporeal and seston transport in primary river system.

Monitoring of the quality of water flowing from forest crops not affected by human activity and crops highly cultivated in Beskydy Protected Area confirmed statistically significant differences in the case of outflow of calcium and magnesium ions from paired basins. Although water quality was determined primarily by geological basement, results indicate higher outflow of alkaline ions from the basins with high forestry cultivation (in 4 from 5 monitored pairs of basins). Differences between the basins in a pair were in the range of some dozens of percent.

High attention has been paid to the issue of mobility of so called woody debris – tree trunks in river beds and bank parts. It is important both for preservation of natural conditions of water ecosystem predominantly in specially protected areas, and for safe water course management by their administration bodies. Woody debris mobility was explored in Vrapač location on Morava river after its technical stabilisation. For additional stabilisation of wooden mass in similar locations, an anchor bag has been developed which simulates function of root ball and can be manipulated even without mechanization; this solution is patent protected (PUV No. 21018).

Research of the conditions for life and preservation of existence especially of protected aquatic organisms was focused on freshwater bivalves (*bivalvia*), such as thick shelled river mussel (*Unio crassus*) and pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) and crayfish. For the preservation of thick shelled river mussel (*Unio crassus*) in the territories of NATURA 2000 system, Czech Republic shall prepare a strategy of their protection. Limitation of the conditions for their occurrence in our country is however not known. Experimental breeding cycle for *Unio crassus* on 27 host species has discovered a new host (*Chondrostoma nasus*) and highlighted a key importance of the host species for lipid supply of juveniles. Remarkable publication outcome is a summary monograph concerning a basin with the occurrence of critically endangered pearl mussel in the Czech-Bavarian-Saxon tripoint. Key problems of species protection in this location are presented therein. Crayfish population and migration study was another subject to the investigation. The results also indicate that locations with the occurrence of our indigenous crayfish require higher water quality than stated in Government Regulation No. 71/2003 Coll. Water courses with the occurrence of crayfish proved to have better average quality of water than water courses without any occurrence of our indigenous crayfish. All these findings about crayfish and its locations have been summarized in a book detailing currently available knowledge on crayfish distribution and biology in the Czech Republic (Raci v ČR), published in cooperation with the Agency for Nature Conservation and Landscape Protection (AOPK) (Štambergová et al., 2009).

Results have been presented at major international conferences, published in a form of articles in periodicals ranked by impact factor and in a form of several monographs.

Non-point and Diffuse Sources of Pollution

Research of non-point pollution has addressed the quality of water flowing from agriculturally cultivated land. Key pollution is contamination of water by nitrogen, phosphorus, pesticides and microbial contamination. Contamination of waters by phosphorus from agriculture was observed not only during normal flow rates but particularly with higher attention to increased phosphorus transports during precipitation events. For this purpose a passive point sampler of water and suspended solids, patent protected as a utility design No. 19465, has been developed. It allows to monitor and evaluate transport of nutrients in pilot basins covering various soils, hydrogeologic and climatic conditions in the periods of drought and extreme precipitation events, as well as to assess the proportion of erosion and non-erosion input. For nitrogen forms, characteristic proportions between nitrate and total inorganic nitrogen which

are typical for purely agricultural basins almost throughout the whole territory of the Czech Republic have been derived based on data from experimental basins and range of profiles of monitoring performed by the Agricultural Water Management Authority. This evaluation appeared to be very robust and applicable in a surprisingly wide range of discovered concentrations. This evaluation thus became one of the milestones in upcoming certified methodology of determination of vulnerable zones according to their eutrophic state of waters, see Council Directive concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). Further very interesting discovery is the fact that regardless of the cultivation method, higher concentrations of nitrates appear regularly in soil types of typical cambisols and on the other hand, significantly lower concentrations have been found in luvisols and quite as expected, also in dystric cambisols. Results obtained in experimental basins also indicate that phosphorus levels achieve up to four higher arithmetical unit levels of values. This can be confirmed by the fact known from literature, abbreviated as 90:10:1, i.e. 90% of transported phosphorus comes from 10% basin area and is emitted in 1% of time. For the purpose of field monitoring, a passive point sampler of water and suspended solids, patent protected as an utility design No. 19465, has been developed.

An important role in non-point pollution is played also by atmospheric deposition. Research plan investigated interaction of acid atmospheric deposition with its impact on forest health condition and changes of ground water quality. Experimental observations of some dozens of small basins in Krušné hory and Jizerské hory demonstrated that acidification of ground waters is accelerated by the presence of forest crop despite of the fact that forest condition has been improving since the 80th of the last century. Forest basins also more frequently delivered analyses with abnormally increased levels of toxic aluminium, or occasionally beryllium, leading to the conclusion that also an opposite relation must exist – not only that the forest is involved in deterioration of ground water quality but also that poor quality of ground water reversibly affects forest health condition. Deteriorated, or in some cases even totally dead forest was found more frequently in the basins with high level of acidification.

Experimental observation and model simulations of ground water level variations in shallow crystalline collectors in mountainous terrain documented that forest is a phenomenon playing following two roles: one of them is its function to mitigate negative impact of flood, but the other is the fact that it might significantly accelerate negative impacts of climate changes on water balance. Particularly in summer with lower precipitation amounts, forest is known to speed up the fall of ground water level. The most significant factor determining water management importance of collector, transmissivity, has been always considered as a variable in space but stable in time. Project results have proved that aquifer thickness in infiltration area decreases considerably faster than in drainage area where it is bound to water course. The above findings indicate that transmissivity of crystalline must be regarded as a time variable parameter.

One of the solution outputs is also delivery of methodical procedures for the assessment of condition and risk level of ground water bodies used in the process of first and second phase of preparation of Basin Area Plans.

Issues of diffuse pollution of water have been oriented in the research plan to the methods of reduction of the pollution from small municipal pollution sources. This is first of all research of processes in extensive methods of waste water treatment (reed bed waste water treatment plants, stabilisation ponds, soil filters), combined systems of waste water treatment in the areas with exceptional requirements on water protection, and issues of waste water infiltration into rock environment. The results of extensive treatment plant monitoring have been compiled into a scientific monograph (Mlejnská, E. et al. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*, 2009).

In Blanice river basin with the largest population of pearl mussel in Middle Europe characteristic with the high level of aquatic environment protection (Biogenetic reserve of the Council of Europe, National Park, NATURA 2000) having special emission limits for water

quality, a research of impact of waste water release from newly built Waste Water Treatment Plant Zbytiny (450 EO), with the inlet into the recipient through two biological stabilization ponds. Obtained results indicate that the highest contribution of low-loaded stabilization ponds during final purification of treated waste waters released from the treatment plant was recorded for total phosphorus (95%) whilst the average effect of the treatment plant itself maintained its long-term level only of around 64%. Total effect of the system for elimination of total nitrogen was below 80%. Key role processes involved in nutrient reduction are considered to be accumulation in sediments and incorporation into biomass.

Investigation of infiltration of pre-treated waste water into rock environment confirmed in particular locations that self-purification capacity of rock environment is significantly higher than the effect in the case of release into surface water course. As a practical outcomes in solution of this issue, see „Guidelines of Water Protection Department of the Ministry of Environment establishing mandatory scheme of statement of an entity with professional qualification for the release of waste water into ground water according to Chapter 15(a), Article 2(g) and Article 38(7) of Water Law and specialized maps covering the whole territory of the Czech Republic for the decision making on a feasibility of installation of infiltration components and limits for localisation of areas where water is infiltrated into saturation zone.

Legislative Tools, Systems for Balancing, Predicting, Evaluating and Informing Purposes

This thematic section provides description of key development and application of tools for the area of water management and water policy. Scope of investigation covers balance, prediction, information, technical, methodical and legislation tools including geographical information systems and map design. Investigation outcomes have been approached as a service for solving other subprojects of research project but also as research results to be used independently by external users. The central point is creation of tools focused primarily on the possibilities of sustainable use and protection of aquatic part of the environment. It includes e.g. methodical procedures of water management assessments of current and estimate situation in the quality and quantity of surface and ground water, comprising also development of simulation models and service models including user interface.

The research was further focused on technologies of development and update of the Basic Water Management Map 1 : 50 000. Besides the outcomes related to the characteristics of water courses, this work has assessed also available geographical data necessary to solve a range of issues, such as flood damage prevention or planning of large water management constructions. In practice it was an assessment of eligibility of map basis to draw the overflowing of water courses in n-year waters, line of real maximum flood, and reservoir or dry reservoir bank line into map documentation. Based on quantification and visualisation of differences between the layers created from ZABAGED[®] and DMR_F data, map documents created from ZABAGED[®] can be considered as satisfactory and suitable for drawing above stated water management characteristics. An important precondition is nevertheless the fact that altimetry displayed in a form of contour lines must be respected.

Brand new possibilities have been investigated, such as application of remote sensing data acquired with the use of laser-scanning technology. Airborne laser scanning (ALS or LiDAR) belongs to the most advanced technologies for acquisition of 3D geographical data. Due to point density and accuracy, as well as altimetry mapping of the Czech Republic (2009 – 2012), which is currently in process, LiDAR products might become one of the basic altimetry sources in the nearest future. ALS data include a huge amount of information applicable in many industries, incl. water management. In several types of model territories of both the local and large scale, applicability of LiDAR was validated for the topography of water courses (as compared to DIBAVOD), applicability of data in the inundation was validated as a basis for determination of flood zones, for more precise specification of basin

boundaries and for identification of drop structures in water course channel. As an example, average value of difference in water course axis positions was (comparison of ZABAGED and LIDAR) 1.44 m in the channels with the width of above 4m and 1.81 m in smaller channels. LIDAR data allow quite satisfactory identification of weirs and drop structures with the level difference of above 0.4 m.

Investigation of this project part resulted in a wide range of specialized maps with scientific contents, documenting usage of new methods in development of water management maps.

Development of technical tools comprised new procedures and methods of evaluation of pollution impacts on chemical condition of surface water, including the development of surface water quality modelling, distribution of pollution, methods and equipment for passive sampling of water with the capability of containment of lipophilic and polar hazardous substances and heavy metals, development of methodologies for waste water sampling from sources with non-standard method of discharge and continuous methods of organic pollution monitoring. In conformity with community legislation and amended national legislation (particularly Government Regulation No. 61/2003 Coll. as amended and Decree No. 98/2011 Coll.), first evaluation of surface water quality has been performed for preferred substances and other pollutants for water course system within the whole territory of the Czech Republic. Results in a form of data sets and maps are available on web pages of HEIS VÚV (Hydro-environmental Information System of Water Research Institute).

Based on the experimental validation, methodical procedures for sampling of waste water from waste water treatment plants constructed with SBR reactors (discontinued waste water discharge) have been developed. Continuous measurement of organic pollution has been attested on the inlet and outlet of waste water treatment plant using a probe with optical technology (SAC) which would allow more effective and flexible control of waste water treatment technological process.

Development of low-cost semipermeable membranes of T. G. Masaryk Water Research Institute, their calibration and use in practice has confirmed that they achieve comparable and in some indicators even better results than SPDM membranes available in the market (but many times expensive) from foreign production.

An integral part of the investigation was the issue of mixing waste water and surface water to develop one integrated procedure for mixing zones designation according to Article 6 of the Decree No. 98/2011 Coll. Programming tool CIT (Czech Air Pollution Test) has been developed for the designation.

Attention was also paid to the analyses of legislation tools in water protection, transposition of community legislation into national legal regulations and preparation of proposals for legislation rules or their subparts. Remarkable result was elaboration of History of Water Law in the territory of the Czech Republic from 1471 to 1918 (two volumes). Legal analyses have been published with the following scope: detection and reporting of discharged pollution into surface water according to current legislation, water legislation for ponds, validities of water discharge permissions for waste water outlets, permission for water management pursuant to Water Act and Act on Integrated Prevention Control, etc. Investigation included also analyses of terms used in water management (e.g. flowing surface water, res nullius, etc.), derived even from Roman Water Law.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

1D	jednodimenzionální
2D	dvojdimenzionální
3D	trojdimenzionální
AAS	atomová absorpční spektrometrie
ADI	akceptovatelný denní příjem (Acceptable Daily Intake)
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
ARROW	Assessment and Reference Report of Water Monitoring (provozuje ČHMÚ)
ASP	Active Server Pages
AV ČR	Akademie věd České republiky
BP-A	bisfenol A
BRD	Bundes Republik Deutschland
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
CA	centrum aktivity
CIT	Český imisní test
CPOM	hrubá partikulovaná organická hmota
CSS	Cascading Style Sheets
CTPA	Change and trend problem analysis
Č.UV	číslo užitého vzoru
ČDV	čistírna důlních vod
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DAD	Diode Array Detector
DDT	Dichlordifenyltrichlormethylmethan
DEHP	di-2-ethylhexyl ftalát
DESERT	Decision Support System for Evaluating River Basin Strategies
DG	DG Employment (generální ředitelství Evropské komise)
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMR-F	Digitální model reliéfu v územích ohrožených záplavami
DNA	Deoxyribonucleic acid
DOC	rozpuštěný organický uhlík
EDC	Endocrine Disrupting Chemicals
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová (ethylenediaminetetraacetic acid)
EK	Evropská komise
EO	ekvivalentní obyvatel
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
EQS	Environmental quality standard
EU	Evropská unie
EVL	Evropsky významné lokality (seznam)
FISH	Fluorescent in situ hybridisation
FLD	Fluorescence Detector
FPOM	jemná organická hmota
GC-ECD	plynová chromatografie (GC) využívající detektor s elektronovým zachytem (ECD)
GC-LS	kapalinová chromatografie s hmotnostní detekcí
GCM	Global Climate Model
GC-MS	plynová chromatografie s hmotnostní detekcí

GIS	geografické informační systémy
HEIS	Hydroekologický informační systém
HCH	hexachlorcyklohexan
HIT	Holandský imisní test
HMS	ukazatel stupně ovlivnění lokality
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
HQA	ukazatel přirozenosti lokality
HR	domácí okrsek
HTML	Hypertext Markup Language
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku (dichromanem draselným)
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem draselným)
ICP-OES	emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
IF	Impact Factor
IIS	internetové služby serverů s operačními systémy firmy Microsoft
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IS	informační systém
ISVS	Informační systémy veřejné správy
ITP-CZE	kapilární izotachoforéza s kapilární zónovou elektroforézou
JE	jaderná elektrárna
KD	kontrolní den
LC/MS	Liquid Chromatography/Mass Spectrometry
LC50	letální koncentrace při níž uhynie 50 % organismů
LDPE	Low Density Polyethylene
LLS	letecké laserové skenování
MěČOV	městská čistírna odpadních vod
MKOD	Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje
MKOL	Mezinárodní komise pro ochranu Labe
MKOO	Mezinárodní komise pro ochranu Odry
MS	mez stanovitelnosti
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
MZ	mísící zóny
MZP	minimální zůstatkové průtoky
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NACE	systém klasifikace ekonomických činností (Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes")
NEK	norma environmentální kvality
NEK-NPH	norma environmentální kvality – nejvyšší přípustná hodnota
NEK-RP	norma environmentální kvality – průměrná hodnota
NEL	nepolární extrahovatelné látky
NL	nerozpuštěné látky
NP	4-nonylfenol
NP	Národní park
NPP	Národní přírodní památka
NTA	kyselina nitrilotrioctová
OP	4-terc.-oktylfenol
ORP	redox potenciál
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCA	analýza hlavních komponent (Principal Component Analysis)
PCB	polychlorované bifenyly
PCR	Polymerase Chain Reaction
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PE	polyethylen
PPCP	Pharmaceuticals and Personal Care Products
PPO	protipovodňová opatření

PŘFUK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
PTI	Potamon Type Index
PUV	průmyslový užitečný vzor
PVC	polyvinylchlorid
RHS	River Habitat Survey
RCHD	River Channel Habitat Diversity
RIV	Rejstřík informací o výsledcích
RS	Rámcová směrnice
SBR	Sequencing batch reactors
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SMPT	semipermeabilní membrány plněné trioletem
SOP	Standard Operating Procedure
SPE	extrakce pevnou fází (Solid Phase Extraction)
SPI	Standardized Precipitation Index
SPMD	SemiPermeable Membrane Device
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
SRP	rozpuštěný reaktivní fosfor
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
TNV	technická norma
TOC	celkový organický uhlík
TOL	těkavé organické látky
TP	celkový fosfor
ÚČOV	ústřední čistírna odpadních vod
UV	užitečný vzor
ÚVHK	Ústav vodního hospodářství krajiny
VN	vodní nádrž
VS	vodohospodářská soustava
VUT	Vysoké učení technické
VÚV TGM, v.v.i.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce
VZ	výzkumný záměr
WHO	World Health Organization
ZCHÚ	Zvláště chráněná území
ZVHS	Zemědělská vodohospodářská správa
ZVM50	Základní vodohospodářská mapa v měřítku 1 : 50 000

LITERATURA

- Allen, A., Chapman, D. (2001): Impacts of afforestation on groundwater resources and quality Hydrogeology Journal, Vol 9, No 4. pp 390-400.
- Bílý, M., Hruška, J., Simon, O., Hřebík, Š., Jöger, Ď., Horký, P., Rulík, M., Křivánek, J. (2008) : Effects of Environmental Factors on the Freshwater Pearl Mussel Population in the National Nature Monument "Lužní Potok". VUV T.G.M., Praha. 110 p.
- Bosch, J.M., Hewlett, J.D. (1982): A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. J Hydrol 55:3–23
- Brožová, J.(ed.) et al.: Biologická rozmanitost v České republice - současný stav a trendy, Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2004, 58 s.
- Buser HR, Poiger T, Muller MD. Occurrence and fate of the pharmaceutical drug diclofenac in surface waters: Rapid photodegradation in a lake. Environmental Science and Technology 1998; 32: 3449-3456.
- Buskirk, S (2004) Keeping an eye on the neighbours. Science 306:238–239
- Calder, I.R., Newson, M.D. (1980): The effects of afforestation on water resources in Scotland. In: Land Assessment in Scotland, Proc Symp Roy Geogr Soc Edinburgh, pp 51–62
- Cook, H., Benson, D., Inman, A., Jordan, A. & Smith, L. (2011). Catchment management groups in England and Wales: extent, roles and influences. Water and Environment Journal, no.
- Cushing, C. E., Minshall, G. W. & Newbold, J. D. (1993). Transport dynamics of fine particulate organic matter in two Idaho streams. Limnology & Oceanography 38, 1101-1115.
- Čeřovský, J., Feráková, V., Holub, J., Maglocký, Š., Procházka, F. (1999): Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR, vol.5, Bratislava, 453 s.
- Čížková, H. et al. Úloha rostlin ve vegetačních čistírnách. In: Přírodní způsoby čištění odpadních vod III. Brno: FAST VUT, 2003, s.41-44
- de Zwart, D. & Sloof W (1993) The pT value as an environmental toxicity indicator. Sci. Total Environ. 134 (2): 1203-1210.
- Dennis, J.E. (1979) Jr. Nonlinear Least Squares. In Jacobs, D. State of the Art in Numerical Analysis. 2nd, New York. 979 p.
- Döring-Mederake U., 1990. Alnion forests in Lower Saxony (FRG), their ecological requirements, classification and position within Carici elongatae-Alnetum of Northern Central Europe. Vegetatio 89:107–119.
- Dort, B. & Hruška, J. (2007). Speciální revitalizační studie Blanice a Zlatého potoka . 0-230. Praha : AOPK ČR.
- Douda, K., Simon, O., Bílý, M., Vejmelková, J., Spisar, O. (2007): The Influence of Water Quality on the Occurrence of Endangered Freshwater Mussels (Unionoida) in Selected Protected Areas of the Czech Republic. In Nakic, Z. Proceedings of Second International Conference on Waters in Protected Areas. Dubrovnik, Croatia, 24.4.2007. Zagreb, Croatia : Croatian Water Pollution Society, 204 - 207.
- Drbal, K. (1999) Operativní řízení povodňových průtoků fuzzy regulací v dolní části vodohospodářské soustavy. Disertační práce. Brno : VUT-FAST. 96 s., 60 s.přil.

- Drbal, K. (2004): Fuzzy regulace v podmínkách rozsáhlé vodohospodářské soustavy. In Nacházel, K., Starý, M., Zedulák, J. a kol. *Využití metod umělé inteligence ve vodním hospodářství*. Praha : Academia, s. 318.
- Ellenberg H., 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht, Ulmer, Stuttgart, 1096 p.
- Esteve-Turrillas, F. A., Pastor, A. a De la Guardia, M. (2007) Behaviour of semipermeable membrane devices in neutral pesticide uptake from waters, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387 (6).
- Fischer H.B., List E.J., Koh R.C.Y., Imberger J., Dooks N.H., 1979: *Mixing in Inland and Coastal Waters*, Academic Press, Inc., New York, xiv+483 p.
- Gehring TM, Swihart RK (2004) Home range and movements of long-tailed weasels in a landscape fragmented by agriculture. *J Mammal* 85:79–86.
- Gilli, G., Schiliró T., Pignata, C., Traversi, D., Carrarro, F., Baiocchi, C., Aigotti, R., Giacosa, D., Fea, F. (2005) Application of semipermeable membrane device for assessing toxicity in drinking water, *Chemosphere*, 61 (11): 1691-1699.
- Gomi T., Sidle R.C., Richardson J.S. (2002) Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*, 52, 905-916.
- Graca M.A.S., Bärlocher F., Gessner M.O. (2005) *Methods to Study Litter Decomposition (A Practical Guide)*, Springer, Netherlands, 329 pp.
- Harestad AS, Bunnell FL (1979) Home range and body weight – a re-evaluation. *Ecology* 60:389–402.
- Harris, G. P. & Heathwaite, A. L. (2011). Why is achieving good ecological outcomes in rivers so difficult? *Freshwater Biology*, no.
- Huckins, J. N., Prest, H. F., Petty, J. D., Lebo, J. O. N. A., Hodgins, M. M., Clark, R. C., Alvarez, D. A., Gala, W. R., Steen, A., Gale, R., Ingersoll, C. G. (2004) Overview and comparison of lipid-containing semipermeable membrane devices and oysters (*Crassostrea gigas*) for assessing organic chemical exposure, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23 (7): 1617-1626.
- Chvojková, E., Dušek, J., Volf, O. (2008): Splouvání Teplé Vltavy – hodnocení vlivů na vybrané zvláště chráněné živočichy, NP Šumava, Vimperk, 46 s.
- Jang, J. R. (1993) ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3, p. 665-685.
- Jetz W, Carbone C, Fulford J, Brown JH (2004) The scaling of animal space use. *Science* 306:266–268.
- Jjemba PK. Excretion and ecotoxicity of pharmaceutical and personal care products in the environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2006; 63: 113-130.
- Kašpárek, L. (2007): Research and protection of hydrosphere – investigation of relations and processes in aqueous component of the environment focused on anthropogenic effects, permanent exploitation of hydrosphere, its protection including legislative measures. MS. Water Research Institute TGM. Prague
- Kelt DA, Van Vuren D (2001) The ecology and macroecology of mammalian home range area. *Am Nat* 157:637–645.
- Kočí, V., Lukavský, J., Mlejnek, M., Kochánková, L., Grabic, R., Ocelka, T. (2004) Application of semipermeable membrane device (SPMD) for assessment of organic substance dangerous for green microalga *Scenedesmus subspicatus*, *Arch. Hydrobiologica*, 30 (1): 173-186.

- Kolpin DW, Furlong ET, Meyer MT, Thurman EM, Zaugg SD, Barber LB, Buxton HT. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: a national reconnaissance. *Environmental Science & Technology* 2002; 36: 1202-1211.
- Kubíková, L., Simon, O. (2009) Charakteristika a oživení podhorských šumavských pramenišť. *Příroda- Sborník prací z ochrany přírody*, 2009, roč. 28, č. 1, s. 45–60. ISSN 1211-3603.
- Kumerer T. *Pharmaceuticals in the environment*. 3rd ed. Berlin-Springer, 2008, 521 pp.
- Kupec, J. (2005) Vývoj a aplikace monitoringu organických polutantů ve vodách pomocí ekonomicky dostupných semipermeabilních membrán, in Mičaník, T.: Vývoj aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod a vývoj systémů jeho hodnocení. Subprojekt/Oddíl: 36222005. Zpráva pro Kontrolní den 2 – hodnocení prací za rok 2005, VÚV, Ostrava.
- Lecce, S. A. (2009). A depth-proportional intake device for automatic water samplers. *Journal of the American Water Resources Association* 45, 272-277.
- Linke, S., Turak, E. & Nel, J. (2011). Freshwater conservation planning: the case for systematic approaches. *Freshwater Biology* 56, 6-20.
- Mace GM, Harvey PH, Cluton-Brock TH (1983) Vertebrate home-range size and energetic requirements. In: Swingland IR, Greenwood PJ (eds) *The ecology of animal movement*. Clarendon, Oxford, pp 32–53.
- McCulloch, J.S.G., Robinson, M. (1993): History of forest hydrology. *J Hydrol* 150:189–216
- McNab BK (1963) Bioenergetics and the determination of home range size. *Am Nat* 97:33–140.
- Miller, J. R. & Hobbs, R. J. (2007). Habitat Restoration-Do We Know What Were Doing? *Restoration Ecology* 15, 382-390.
- Mlíkovský, J., Stýblo, P. (eds.)(2006): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha, ČSOP, 496 s.
- Nelson, E.D., McDonell, L.L., Baker, J.E. (1998) Diffusive exchange of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls across the air–water interface of the Chesapeake Bay. *Environmental Science and Technology* 32, 912–919.
- Norgaard, M., Rawn, O., Poulsen, N.K., Hansen, L. K. (2000) *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems*, London : Springer Vlg, 246 s.
- Parrott, J. L. a Tillitt, D. E. (1997) The use of semipermeable membrane devices (SPMDs) to concentrate inducers of fish hepatic mixed function oxygenase (MFO), *Ecotoxicology: Responses, Biomarkers and Risk Assessment*, OECD Workshop, SOS Publications, Fair Haven, NJ, USA: 185-196.
- Parrott, J. L., Backus, S. M., Borgmann, A. I., a Swyripa, M. (1999) The use of semipermeable membrane devices to concentrate chemicals in oil refinery effluent on Mackenzie River, Arctic, 52 (2): 125-138.
- Petrovic M., Hernando M. D., Diaz-Cruz M. S., Barcelo D. (2005): Liquid chromatography-tandem mass spektrometry for the analysis of pharmaceutical residues in environmental samples: a review, *J. of Chromatogr. A*, 1067: 1-14.
- Petrovic M., Lopez M.J. de Alda, Barcelo D. (2002): Recent advances in the mass spectrometric analysis related to endocrine disrupting compounds in aquatic environmental samples, *J. of Chromatogr. A*, 974: 23-51

- Phillips, J. M., Russell, M. A. & Walling, D. E. (2000). Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: A simple methodology for small catchments. *Hydrological processes* 14, 2589-2602.
- Procházka, F., Štech, M. (2002): Komentovaný černý a červený seznam cévnatých rostlin české Šumavy. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 140 s.
- Přibáň, K. Výpar z porostu mokřadních rostlin. In: Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren. Brno: ÚVHK FAST VUT, 1998, s.80-81
- Rantalainen, A. L., Ikononou, M. G., Rogers, I. H. (1998) Lipid-containing semipermeable membrane devices (SPMDs) as concentrators of toxic chemicals in the lower Fraser River, Vancouver, British Columbia, *Chemosphere*, 37 (6): 1119-1138.
- Rekomendacii po roščotu isparenija s poverchnosti suši, Gidrometeoizdat, Leningrad, 1976.
- Replogle, J. A. (2009). Tests of concepts for stream flow sampler design. *Journal of Hydrologic Engineering* 14, 65-74.
- Richardson, D. C., Kaplan, L. A., Newbold, J. D. & Aufdenkampe, A. K. (2009). Temporal dynamics of seston: A recurring nighttime peak and seasonal shifts in composition in a stream ecosystem. *Limnology and Oceanography* 54, 344-354.
- RIVM report 601501019/2003 by Vlaardingen, PLA., Posthumus, R., and Traas, TP. (2004) Environmental Risk Limits for Alkylphenols and Alkylphenol ethoxylates, National Institute of Public Health and the Environment, Netherland.
- Roberts, J.M. (1983): Forest transpiration: a conservative hydrological process. *J Hydrol* 66:133–141
- Rodriguez I., Quintana J.B., Carpinteiro J., Carro A.M., Lorenzo R.A., Cela R. (2003): Determination of acidic drugs in sewage water by gas chromatography-mass spectrometry as tert.-butyldimethylsilyl derivatives, *J. of Chromatogr. A*, 985: 265-274
- Rogers, K. R., Harper, S. L. a Robertson, G. (2005) Screening for toxic industrial chemicals using semipermeable membrane devices with rapid toxicity assays, *Analytica Chimica Acta*, 543 (1-2), 2005: 229-235.
- Roldán, M.D., Blasco, R., Caballero, F.J., Castillo, F. (1998) Degradation of p-nitrophenol by the phototrophic bacterium *Rhodobacter capsulatus*. *Arch. Microbiol.*, 169: 36-42.
- Roth, P. (ed.) et al.: Legislativa evropských společenství v oblasti územní a druhové ochrany přírody (směrnice 79/409/EHS), směrnice 92/42/43 EHS, rozhodnutí 97/266/ES), Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2003, 181 s.
- Sabaliunas, D. a Södergren, A. (1997) Use of semi-permeable membrane devices to monitor pollutants in water and assess their effect: A laboratory test and field verification, *Environmental Pollution*, 96 (2): 195-205.
- Sabaliunas, D., Ellington, J., Sabaliuniene, I. (1999) Screening bioavailable hydrophobic toxicants in surface waters with semipermeable membrane devices: role of inherent oleic acid in toxicity evaluation, *Ecotoxicol- Environ-Saf.*, 44 (22): 160-167.
- Sabaliunas, D., Lazutka, J. R., Sabaliuniene, I. (2000) Acute toxicity and genotoxicity of aquatic hydrophobic pollutants sampled with semipermeable membrane devices, *Environmental Pollution*, 109 (2): 251-265.
- Sabaliunas, D., Lazutka, J., Sabaliuniene, I., Södergren, A. (1998) Use of semipermeable membrane devices for studying effects of organic pollutants: Comparison of pesticide uptake by semipermeable membrane devices and mussels, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17 (9): 1815-1824.

- Scudato, R. J., Yogis, G. & Hocutt, G. (1988). An in-situ integrated suspended sediment stream sampler (IS3). *Environmental Geology and Water Sciences* 12, 177-179.
- Sdělení Komise Radě a Evropského parlamentu, Strategie Společenství týkající se rtuti (KOM(2005) 20 v konečném znění), Brusel 28.01.2005.
- Schoener TW (1968) Sizes of feeding territories among birds. *Ecology* 49:123–141.
- Simon, O. (2007): Konflikt mezi vodáctvím a ochranou přírody? VTEI, Vodohospodářské technické –ekonomické informace., 2007, roč. 48, č 3, s. 15-18. ISSN 0322-8916, příloha Vodního hospodářství 10/2007
- Simon, O., Fricová, K., Kubíková, L., Kladivová, V., Douda, K., Dort, B. (2010) Spring complexes in the Bohemian Forest (Blanice catchment) In Šustr, P. ed. Research actualities in Bohemian/Bavarian forest, Srní, Czech Republic, 19-20 p
- Simon, O., Hruška, J., Kladivová, V., Svobodová, J., Vejmelková, J. & Bílý, M. (2008): Ochrana oligotrofních povodí s perspektivními lokalitami výskytu perlorodky říční v ČR (Preservation of oligotrophic watersheds with perspective localities of a freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) occurrence in the Czech Republic). *Příroda* 25: 11-27
- Sládeček, V. a Sládečková, A. Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, 2 díl: Konzumenti, Praha, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Sdružení odboru vodovodů a kanalizací ČR, Ministerstvo zemědělství ČR, 1997, 358 s.
- Směrnice 200/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. Úplné znění, zahrnující text Přílohy X. (Rozhodnutí č. 2455/2001ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 20. listopadu 2001 ustavující seznam prioritních látek v oblasti vodní politiky a pozměňující směrnici 200/60/ES) Praha, Ministerstvo životního prostředí, odbor ochrany vod, srpen 2003, 98 s.
- Solutia, Inc. (2003) Test plan for 4-nitrophenol. High production volume chemicals challenge program. 575 Maryville Centre Drive, St. Luis, Missouri 63141.
- Spisar, O., Simon, O. (2006): Revitalizace Zbytinského potoka ve vztahu k populaci perlorodky říční v NPP Blanice. In: Měkotová, J., Štěrba, O. (Eds.), 2006: Říční krajina 4, 18. 10. 2006, Olomouc. 284-291 s.
- Staudacher, K. & Füreder, L. (2007). Habitat Complexity and Invertebrates in Selected Alpine Springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92, 465-479.
- Swihart RK, Slade NA, Bergstrom BJ (1988) Relating body size to the rate of home range use in mammals. *Ecology* 69:393–399.
- Technické pokyny pro identifikaci mísících zón podle čl. 4 odst. 4 směrnice 2008/105/ES, K (2010) 9369 v konečném znění, Evropská komise, Brusel, 22. prosince 2010.
- Tixier C, Singer HP, Oellers S, Muller SR. Occurrence and fate of carbamazepine, clofibric acid, diclofenac, ibuprofen, ketoprofen, and naproxen in surface waters. *Environmental Science and Technology* 2003; 37: 1061-1068.
- Turekian, K.H., Wedepohl, K.H., Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72, 1961, 175.
- Ulén, B., M. Bechman, J. J. H. P. Falster & H. Tunney, 2007. Agriculture as a phosphorus source for eutrophication in the north-west European countries, Norway, Sweden, United Kingdom and Ireland: A review, *Soil Use and Management* 23: 5-15.

- Vejmelková, J., Simon, O (2006): První výsledky ze sledování toku v oligotrofním povodí a návrh opatření ke snížení nadměrné eroze. In: Měkotová, J., Štěrba, O. (Eds.), 2006: Říční krajina 4, 18. 10. 2006, Olomouc. 361-370 s.
- Wallace J.B., Cuffney T.F., Webster J.R., Lugthart G.J., Chung K., Goldowitz B.S. (1991) Export of fine organic particles from headwater streams: effects of season, extreme discharges, and invertebrate manipulation. *Limnology & Oceanography*, 36, 670-682.
- Watters, G.T. (2006): A brief look at freshwater mussel (Unionacea) biology. In *Freshwater bivalve ecotoxicology*. eds. Farris, J. and Van Hassel, J., p. 51-64.
- Webb, B. W., D. M. Hannah, R. D. Moore, L. E. Brown & F. Nobilis, 2008. Recent advances in stream and river temperature research, *Hydrological processes* 22: 902-918
- Wiens J.A. (2002) Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater Biology*, 47, 501-515.
- Zítek, P. (1990) *Simulace dynamických systémů*. Praha: SNTL. 418 s.

SEZNAM VÝSTUPŮ

Abecední seznam výstupů z publikační databáze VÚV TGM, v.v.i. zahrnující celou dobu řešení výzkumného záměru MZP0002071101 (2005 – 2011).

ARONOVÁ, K. Hydrické rekultivace území postižených těžbou kaolinu na Karlovarsku. In Petra Moučková Těžba a její dopady na životní prostředí. Lísek, Bystřice nad Pernštejnem, 21.3.2006. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR, 2006, s. 74-77. ISBN 80-86832-18-X.

ARONOVÁ, K. Kvalita vody hydrických rekultivací bývalých kaolinových lomů. In Milena Šandová Těžba a životní prostředí ve střední Evropě. Brno, Česká republika, 12.9.2007. Brno : Těžební unie, 2007, s. 1-6. ISBN N.

ARONOVÁ, K. Kvalita vody v Bílině a jejích vybraných přítocích. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 28-28. ISBN 80-239-7257-X.

ARONOVÁ, K. Water quality in the Bílina River and some of its tributaries. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 9-19. ISSN 0862-6529.

B. DEWANDEL, J. PERRIN, S. AHMED, S. AULONG, Z. HRKAL, P. LACHASSAGNE, M. SAMAD5 AND S. MASSUEL Development of a tool for managing groundwater resources in semi-arid hard rock regions: application to a rural watershed in South India. Hydrological Processes, 2010, roč. 24, č. 19, s. 2784-2797. ISSN 0885-6087.

BADUROVÁ J., HUDCOVÁ H., FUNKOVÁ R., MOJŽIŠKOVÁ H., SVOBODOVÁ J. Sledování výskytu genotoxických látek v povodí řeky Svratky v souvislosti s uranovým průmyslem. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 11. Třeboň, 4.5.2011. Semtín : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o., 2011, s. 5-11. ISBN 978-80-86832-59-3.

BADUROVÁ J., HUDCOVÁ H., FUNKOVÁ R., SVOBODOVÁ J., SOVA J. Sledování výskytu mutagenních látek v povodí řeky Svratky v souvislosti s uranovým průmyslem. VTEI, 2011, roč. 2011, č. 6, s. -. ISSN .

BADUROVÁ, J., MOJŽIŠKOVÁ, H. Vliv pastvin na povodí. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.10/2009, 2009, roč. 51, č. 5, s. 14-16. ISSN 0322-8916.

BADUROVÁ, J., SOLDÁN, P. Vliv vybraných induktorů na aktivaci jaterních enzymů pstruha duhového. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5, s. 14-17. ISSN 0322-8916.

BAGAL ZDENĚK, DANEŠ LIBOR Elektronický půdní mrazoměr - funkční vzorek. . 2010, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.

BAGAL, Z., DANEŠ, L. Funkční vzorek mrazoměru pro široké použití s bateriovým napájením. . 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.

BAGAL, Z., DANEŠ, L. Funkční vzorek srážkoměru s bezobslužnou kontrolou funkce. . 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Praha, CZ.

BAGAL, Z., HUZLÍK, B. Mechanicky odolná sonda pro stanovení výšky hladiny kapaliny. . 2009, VÚV T.G.M. v.v.i..

BAGAL, Z., HUZLÍK, B. Snímač výšky hladiny [CD-ROM]. , 2006.

BAGAL, Z., HUZLÍK, B. Snímač výšky hladiny s nezávislým napájením, včetně loggeru. prototyp. 2007, VÚV T.G.M..

BAGAL, Z., HUZLÍK, B. Snímač výšky hladiny-kapalin užitný vzor č.17070 [CD-ROM]. , 2007.

BAGAL, Z.,HUZLÍK, B. Osmikanálové měřící zařízení pro záznam úrovně hadiny. . 2008, VÚV T.G.M. v.v.i..

BAGDAVADZE, L., BEON,O, HRKAL, Z. LAURENDON,P., PUYOO, S., SANTRUCEK,J. Effects of groundwater exploitation on the Borjomi mineral water reservoir in Georgia. Environmental geology, 2007, roč. 53, č. 4, s. 220-231. ISSN 1432-0495.

BALVÍN, P., HAVLÍK, A. Matematické modelování mostních objektů na vodních tocích pomocí 1D, 2D a 3D přístupu. In Neuveden Vodní toky 2010. Hradec Králové, 24.11.2009. Hradec Králové : Lesnické práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 2009, s. 109-114. ISBN 978-80-87154-70-0.

BALVÍN, P., MRKVIČKOVÁ, M. STANOVENÍ MINIMÁLNÍCH ZŮSTATKOVÝCH PRŮTOKŮ. Vodní Hospodářství - VTEI, 2011, roč. 53, č. 4/2011, s. 1-3. ISSN 0322-8916.

BALVÍN, P., VYSKOČ, P., ROSENDORF, P., KULT, A. Novelizace vodního zákona - stanovení minimálních zůstatkových průtoků. In VRV a.s. Vodní toky 2010. Hradec Králové, 30.11.2010. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce s.r.o., 2010, s. 42-47. ISBN 978-80-87154-51-9.

BAUDISOVA, D., BENAKOVA, A., WANNER, F. Changes of bacterial communities at waste water treatment plant Zbytiny during treatment processes. In Hart R. Water Research Abstract Book, Water Research Conference 2010. Lisbon, Portugalsko, 11.4.2010. Lisbon : Water Research, 2010, s. 91-91. ISBN .

BAUDIŠOVÁ D. Hygienicky významné mikroorganismy v odpadních vodách. Vodní hospodářství, 2011, roč. 4/2011, č. 4, s. 141-143. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ D., BENÁKOVÁ A. Detekce patogenních bakterií v odpadních vodách. In Foller Jan Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod. Blansko, 24.2.2011. Blansko : Tribun EU, 2011, s. 28-32. ISBN 978-80-7399-286-6.

BAUDIŠOVÁ D., BENÁKOVÁ A. Detekce patogenních bakterií v odpadních vodách. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5/2011, s. 1-2. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ D., BENÁKOVÁ A. Detekce patogenních bakterií v odpadních vodách. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5/2011, s. 1-2. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ D., BENÁKOVÁ A. Charakteristika intestinálních enterokoků izolovaných z vodního prostředí. In Prokšová M., Seman M. Mikrobiologie vody a prostředí 2009. Poprad, 30.9.2009. Poprad : Československá společnost mikrobiologická, Výzkumný ústav vodného hospodářství, 2009, s. 37-41. ISBN 978-80-970269-9-8.

BAUDIŠOVÁ, D. Escherichia coli v českých povrchových vodách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10/2008, 2008, roč. 50, č. 5, s. 4-5. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D. Escherichia coli v povrchových vodách. VTEI vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2007, roč. 49, č. 3, s. 4-5. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D. Microbial pollution from agriculture. In Mavridou A. 15 th Health Related Water microbiology Symposium. Naxos, Greece, 31.5.2009. Naxos, Greece : IWA, 2009, s. 170-. ISBN neuveden.

BAUDIŠOVÁ, D. Microbial pollution of water from agriculture. Plant, Soil and Environment, 2009, roč. 55, č. 10, s. 429-435. ISSN 1214-1178.

BAUDIŠOVÁ, D. Mikrobiální znečištění vod pocházející ze zemědělství. In Baudišová D. Mikrobiologie vody a prostředí 2008. Luhačovice, 17.9.2008. Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2008, s. 47-51. ISBN 978-80-254-3072-9.

BAUDIŠOVÁ, D. Mikrobiologické ukazatele v povrchových vodách a ovlivnění mikrobiální kvality vody odtoky z velkých ČOV. In Dana Baudišová Mikrobiologie vody a prostředí 2005. Kralupy nad Vltavou, 19.9.2005. Praha : Československá společnost mikrobiologická, Komise mikrobiologie vody, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M, 2005, s. 5-7. ISBN 80-239-5896-8.

BAUDIŠOVÁ, D. Redukce mikrobiálního znečištění alternativními způsoby čištění odpadních vod. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2008, 2008, roč. 50, č. 1, s. 4-7. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D. Stanovení mikrobiální kontaminace odpadní a povrchové vody - problémy a nejistoty. VTEI, příloha vodního hospodářství č.12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 9-11. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Bakteriální znečištění odtoků z biologických ČOV. In AČE-ČR Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod.. Blansko, 26.2.2009. Blansko : Tribun EU, 2009, s. 75-80. ISBN 978-80-7399-687-1.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Eliminace mikrobiálního znečištění na malých čistírnách odpadních vod (do 2000 EO). In Neuveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater

2009, Konferenční sborník. Plzeň, 5.5.2009. Praha : ICARIS Conference Management, 2009, s. 287-294. ISBN 978-80-254-4068-1.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Elimination of hygienically important bacteria by biological treatment. In Mavridou A. 15th Health Related Water Microbiology Symposium. Naxos, Řecko, 31.5.2009. Naxos, Řecko : IWA, 2009, s. 145-146. ISBN neuveden.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Metodický přístup k mikrobiologickým analýzám odpadních vod. In Prokšová M., Seman M. Mikrobiológia vody a prostredia 2006. Poprad, Slovenská republika, 20.9.2006. Bratislava : Univerzita Komenského Bratislava, 2006, s. 11-14. ISBN 80-223-2261-X.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Microbial pollution in the stream Luzicka Nisa (Nothern Bohemia). In Mavridou A. 15 th Health Related Water Microbiology Symposim. Naxos, Řecko, 31.5.2009. Naxos, Řecko : IWA, 2009, s. 171-171. ISBN neuveden.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Mikrobiální společenstva v antropogenně silně ovlivněném toku Lužická Nisa. In Kropfelová L. a Šulcová J. Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Třeboň : Česká limnologická společnost, 2009, s. 15-15. ISBN 978-80-254-4698-0.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Mikrobiální znečištění povrchových vod, pocházející ze zemědělství. In Prokšová M., Seman M. Mikrobiológia vody a prostredia 2006. Poprad, Slovenská republika, 20.9.2006. Bratislava : Univerzita Komenského Bratislava, 2006, s. 41-42. ISBN 80-223-2261-X.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. Mikrobiální znečištění toku Lužická Nisa na našem území. In Martin Pospíšek a Jiří Gabriel 24. kongres Československé společnosti mikrobiologické Liberec 2.-5.10.2007, Abstrakty, Bulletin Československé společnosti mikrobiologické. Liberec, 2.10.2007. Praha-Bratislava : Československá společnost mikrobiologická, 2007, s. 285-285. ISBN 0009-0646.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A., HRUBÝ, T. Eliminace mikrobiálního znečištění na čistírně odpadních vod Dolní Chabry. In Růžičková I., Wanner F. Sborník 7. mezinárodní konference a výstavy „Odpadní vody 2007“, Brno 18.-20. září 2007. Brno, 18.9.2007. Brno : TA-SERVICE s.r.o., 2007, s. 21-24. ISBN 978-80-239-9618-0.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A., KUČERA, J. Mikrobiologické analýzy odpadních vod a eliminace mikrobiálního znečištění biologickým čištěním. In Růžičková I., Wanner J. Sborník přednášek ze 7. mezinárodní konference a výstavy „Odpadní vody 2007“, Brno 18.-20. září 2007. Brno, 18.9.2007. Brno : TA-SERVICE s.r.o., 2007, s. 129-134. ISBN 978-80-239-9618-0.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A., MOJŽÍŠKOVÁ-GÁLKOVÁ, H. Mikrobiální kontaminace vod pocházející z pastvin. In Martin Pospíšek a Jiří Gabriel 24. Kongres Československé společnosti mikrobiologické, Liberec 2.-5.10.2007, Abstrakty, Bulletin Československé společnosti mikrobiologické. Liberec, 2.10.2007. Praha-Bratislava : Československá společnost mikrobiologická, 2007, s. 291-291. ISBN 0009-0646.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, I. Mikrobiální znečištění toků v zemědělských oblastech. In Papajová D., Berdelčíková A., Sodomová E., Gaálová 25. kongres Československej spoločnosti mikrobiologickej s medzinárodnou účasťou, Programy a abstrakty. Stará Lesná , Slovenská republika, 15.10.2010. Bratislava : Československá spoločnosť mikrobiologická, 2010, s. 234-234. ISBN 970-80-970477-8-8.

BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, I. Mikrobiální znečištění toků v zemědělských oblastech. VTEI-vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 6/2010, s. 18-20. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D., FELBEROVÁ L., KUČERA J. Redukce mikrobiálního znečištění v malých obcích. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti Nečtiny 26.-30. června 2006. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : ČLS, Podbabská 30, 160 62 Praha 6, 2006, s. 201-202. ISBN 80-239-7257-X.

BAUDIŠOVÁ, D., FUKSA, J.K. Termotolerantní koliformní bakterie v povrchových vodách a v biofilmech - pohled na strukturu skupiny. VTEI, 2005, roč. 47, č. 3, s. 6-7. ISSN 0322-8916.

BAUDIŠOVÁ, D., HAVEL, L., BENÁKOVÁ, A. Kvalita vody v antropogenně zatíženém toku Lužické nisy 1. část - mikrobiologické ukazatele. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 8/2008, 2008, roč. 50, č. 4, s. 5-7. ISSN 0322-8916.

- BAUDIŠOVÁ, D., HEJTMÁNEK, V. T. G.** Masaryk WRI Collection of Papers 2006. Blažková. Š. (ed.) (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Assessment of microbial contamination of surface waters, -. ISBN 80-85900-64-5.
- BAUDIŠOVÁ, D., HRUBÝ, T.** Výsledky mikrobiologických měření na pražských čistírnách odpadních vod. In Jitka Zbořilová, Petr Hlavínek, Petr Prax Optimalizace návrhu a provozu stokových sítí a ČOV Městské vody 2006. Břeclav, 3.10.2006. Břeclav : Ardec s.r.o., 2006, s. 327-330. ISBN 80-86020-51-7.
- BAUDIŠOVÁ, D., LEONTOVYČOVÁ, D.** Mikrobiální znečištění ve vybraných profilech toků ČR. VTEI, 2005, roč. 47, č. 1, s. 6-8. ISSN 1211-6483.
- BAUDIŠOVÁ, D., LOCHOVSKÝ, P.** Stanovení biologicky dostupného uhlíku ve vodách povodí vodárenské nádrže Fláje (Krušné hory). In Jana Ambrožová Vodárenská biologie 2005. Sborník konference. Praha, 2.2.2005. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., 2005, s. 131-133. ISBN 80-86832-07-4.
- BAUDIŠOVÁ, D., MLEJNKOVÁ, H.** Mikrobiální znečištění povrchových vod - mikrobiologické ukazatele. Vodní hospodářství, 2009, roč. 59, č. 3, s. 101-102. ISSN 1211-0760.
- BAUDIŠOVÁ, D., PÍSAŘOVÁ, M.** Eliminace mikrobiálního znečištění v malých ČOV (do 10 EO). In Jana Ambrožová Sborník konference vodárenská biologie 2006. Praha, 31.1.2006. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., 2006, s. 202-204. ISBN 80-86832-17-1.
- BEČVÁŘ, V., VYSKOČ, P., KULT, A., MIČANÍK, T., KALINOVÁ, M.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl E: Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy.. Výzkumná zpráva. Praha : VÚV T.G.M., 2005, 103 s.
- BENÁKOVÁ A., BAUDIŠOVÁ D.** Dezinfekce odpadních vod. In Prokšová M., Seman M. Mikrobiologie vody 2009. Poprad, 30.9.2009. Poprad : československá společnost mikrobiologická, Výzkumný ústav vodního hospodářství, 2009, s. 64-72. ISBN 978-80-970269-9-8.
- BENÁKOVÁ A., BAUDIŠOVÁ D.** Mikrobiální oživení odtoků z čistíren odpadních vod. In Jana Říhová Ambrožová Vodárenská biologie 2011 . Praha, 2.2.2011. Praha : Vodní zdroje ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 2011, s. 151-155. ISBN 978-80-86832-56-2Jan.
- BENÁKOVÁ A., BAUDIŠOVÁ D.** Změny mikrobiálních společenstev během biologického čištění. In Papajová D., BArdečková A. Sodomová E., Gaalová 25. Kongres Československé společnosti mikrobiologické s mezinárodní účastí, program a abstrakty. Stará Lesná, 15.9.2010. Bratislava : Československá společnost mikrobiologická, 2010, s. 89-89. ISBN 970-80-970477-8-8.
- BENÁKOVÁ A., BAUDIŠOVÁ D., WANNER F.** Změny mikrobiálních společenstev během čištění odpadních vod na malé ČOV (450 EO). In Wanner J., Dvořák L., Gómez M. Voda 2011. Poděbrady, 19.10.2011. Brno : Tribun EU s.r.o., 2011, s. 193-200. ISBN 978-80-263-0045-8.
- BENÁKOVÁ, A.** Fluorescenční in situ hybridizace. In Dana Baudišová Mikrobiologie vody a prostředí 2005. Kralupy nad Vltavou, 19.9.2005. Praha : Československá společnost mikrobiologická, Komise mikrobiologie vody, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M, 2005, s. 73-77. ISBN 80-239-5896-8.
- BENÁKOVÁ, A.** Sledování indikátorů fekálního znečištění v poloprovozním reaktoru typu SBR. In Říhová Ambrožová Jana Vodárenská biologie 2008. Praha, 29.1.2008. Pardubice - Semtín : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r. o., 2008, s. 136-140. ISBN 978-80-86832-31-9.
- BENÁKOVÁ, A., BAUDIŠOVÁ, D.** Sledování indikátorů fekálního znečištění v reaktorech typu SBR. In Baudišová D. Mikrobiologie vody a prostředí 2008. Luhačovice, 17.9.2008. Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2008, s. 34-39. ISBN 978-80-254-3072-9.
- BERÁNKOVÁ TEREZA** Managing non-point source phosphorus - a literature review. Journal of Landscape Studies, 2011, roč. 4, č. 1, s. 45-57. ISSN 1802-4416.
- BERÁNKOVÁ, TEREZA** Přístup k hodnocení náchylnosti zemědělských povodí ke ztrátám fosforu z půdy do vody. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 7/2010, s. 182-184. ISSN 1211-0760.
- BERGMANN, P., BÍLÝ, M., MOURKOVÁ, J.** Zimní sčítání vodních ptáků ve středních Čechách v sezóně 2004/05. Zprávy České společnosti ornitologické, 2005, roč. 2005, č. 61, s. 29-35. ISSN 1210-9819.

- BERGMANN, P., MOURKOVÁ, J., BÍLÝ, M.** Zimní sčítání vodních ptáků ve středních čechách - některé zajímavější výsledky z posledních let. Panurus : regionální ornitologický sborník Východočeské pobočky České společnosti ornitologické při VČM v Pardubicích., 2006, roč. 2006, č. 15, s. 31-39. ISSN 1211-6424.
- BERNARDOVÁ, I., JURÁŇ, S., LIŠKA, I., MAKOVINSKÁ, J., REMENÁROVÁ, D.** Povodí Dunaje z pohledu požadavků Rámcové směrnice. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12. Magdeburský seminář o ochraně vod-Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy,s.p., 2006, s. 158-158. ISBN N.
- BERNARDOVÁ, I., ZAHŘÁDKOVÁ, S., NĚMEJCOVÁ, D., KOKEŠ, J., KUPEC, J., ZAHŘÁDKA, J.** Practical Application of the Perla System in Rivers of the Morava River Basin. In Němejcová, D. River bottom VI. Brno, 19.9.2005. Brno : Masaryk University, 2005, s. 8-8. ISBN N.
- BÍLKOVÁ, E., BÍLKOVÁ, H., BARTUSKOVÁ, M., IVANOVÁ, D.** Požadavky na stanovení tritia ve vodách a zjišťování jeho obsahu ve vzorcích hydrosféry v působnosti MŽP a SÚJB. In Hanslík, E., Pecinová, A. Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r. o., 2005, s. 18-25. ISBN 80-86832-10-4.
- BÍLÝ, M., BERGMANN, P., JELÍNEK, M.** Zimní sčítání vodních ptáků ve středních Čechách v sezónách 2007/08 a 2008/09. Aythya, 2010, roč. 2010, č. 3, s. 59-81. ISSN neuvedeno.
- BÍLÝ, M., KUBÍKOVÁ, L., DORT, B., SIMON, O., DOUDA, J.** Assemblages of invertebrate detritivores in relation to organic matter processes in the springs of the Blanice river basin (Bohemian Forest, Czech Republic) .. In Canhoto, Cristina 5th International meeting on plant litter processing in freshwaters. Coimbra, Portugal, 23.7.2008. Coimbra, Portugal : University of Coimbra, 2008, s. 45-45. ISBN n.
- BÍLÝ, M., KUČERA, J.** Čistírna odpadních vod Vyskytná. prototyp. 2005, VUV T. G..
- BÍLÝ, M., MOURKOVÁ, J., BERGMANN, P.** Spatial distribution and habitat preferences of wintering waterfowl in Central Bohemia. Acta Zoologica Scientarium Hungaricae, 2008, roč. 54, č. suppl.1, s. 95-109. ISSN 1217-8837.
- BÍLÝ, M., MOURKOVÁ, J., BERGMANN, P.** Spatial distribution and habitat preferences of wintering waterfowl in Central Bohemia. In Limnology and Waterbirds 2006. Eger, Hungary, 28.6.2006. Eger : Working group on aquatic birds of SIL, 2006, s. 46-47. ISBN .
- BÍLÝ, M., SIMON, O.** Lužní potok a Jankovský potok: možnosti udržení výskytu perlorodky říční v tocích silně ovlivněných lidskou činností. Příroda, 2006, roč. 2006, č. 25, s. 29-36. ISSN 1211-3603.
- BÍLÝ, M., SIMON, O.** Water Quality Issues in the Protection of Oligotrophic Streams with the Occurrence of Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Czech Republic. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1, s. 21-30. ISSN 0862-6529.
- BÍLÝ, M., SIMON, O., HRUŠKA, J., JÄGER, D., HŘEBÍK, Š., HORKÝ, P., RULÍK, M., KŘIVÁNEK, S.** Effects of Environmental Factors on the Freshwater Pearl Mussel Population in the NPP Lužní Potok (Zinnbach). Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., 2008, 78 s., ISBN 978-80-85900-86-6.
- BLAZKOVA, S. AND BEVEN, K.** Uncertainty in Flood Estimation. Structure and Infrastructure Engineering, 2009, roč. 5, č. 4, s. 325-332. ISSN 1573-2479.
- BLAZKOVA, S. AND BEVEN, K.** Uncertainty in Flood Estimation. Structure and Infrastructure Engineering, 2007, roč. 4, č. , s. -. ISSN 1744-8980.
- BLAŽKOVÁ, Š. (ED.)** Hydroecological Study of the Jizera river catchment and the Jizera Mountains. Prague : TGM WRI, 2005, 222 s., ISBN 80-85900-57-2.
- BLAŽKOVÁ, Š. (ED.)** Sborník prací VÚV T.G.M. 2006. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka Praha, 2006, 125 s., ISBN 80-85900-69-6.
- BLAŽKOVÁ, Š. AND BEVEN, K.** Odhad nejistot v hydrologickém modelování. In Šír, M., Tesař, M. a Lichner, L. Hydrologie malého povodí 2008. Praha, 23.4.2008. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, 2008, s. 23-30. ISBN 978-80-87117-03-3.
- BLAŽKOVÁ, Š., BEVEN, K.** Constraining uncertainty in flood frequency modelling on a large catchment in the Czech Republic [CD-ROM]. Uppsala Univers, 2007.

- BLAŽKOVÁ, Š., BEVEN, K.** Uncertainty in Flood Estimation. In Bergmeister, K. – Straus, A. – Rickenmann, D. Schriftenreihe des Departments fuer Bautechnik und Naturgefahren. Vienna, 24.11.2005. Wien : Universität für Bodenkultur Wien, 2005, s. 163-172. ISBN 1811-8747.
- BLAŽKOVÁ, Š., BEVEN, K., PAPPENBERGER, F., SKAUGEN, T., WERNER, M. FRIEND** - a global perspective 2002-2006. Servat, E., Demuth, S. (ed.) Koblenz: IHP/HWRP 2006. [Kap] Techniques for extreme rainfall and flood runoff estimation, -. ISBN N.
- BLAŽKOVÁ, Š., KULASOVÁ, A., BEVEN, K.** Sborník prací VÚV T.G.M. 2006. Blažková, Š. (ed.) (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Mapování nasycených ploch pro hodnocení nasycenosti povodí, -. ISBN 80-85900-69-6.
- BLAŽKOVÁ, Š., SALINGER, P.** Nové výpočetní možnosti a environmentální modelování. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2006, roč. 48, č. 1, s. 13-15. ISSN 0322-8916.
- BOUŠKA PETR, GABRIEL PAVEL** Results of a research project on flood protection of bridges. In International Association of Hydraulic Engineering 33rd IAHR Biennial Congress, Water Engineering For a Sustainable Environment. Vancouver, British Columbia, 9.8.2009. Madrid Spain : International Association of Hydraulic Engineering and Research, 2009, s. 6431-6438. ISBN 978-90-78046-08-0.
- BUCHTELE, J., BUCHTELOVÁ, M., HRKAL, Z.** Water regime changes due to deforestation induced in Czech Republic. Acta Universitatis Carolinae. Geologica, 2006, roč. 50, č. 1-4, s. 151-159. ISSN 0001-7132.
- D. MAREŠOVÁ, E. HANSLÍK, E. JURANOVÁ** Přírodní a umělé radionuklidy v říčních dnových sedimentech a plaveninách na území České republiky v období 2000 - 2010. VTEI, 2011, roč. 2011, č. 6, s. -. ISSN .
- DALEŠICKÝ, J., HANSLÍK, E., SVĚTLÍK, I., ČERMÁK, O.** ČSN 75 7614 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení uranu. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- DALEŠICKÝ, J., HANSLÍK, E., SVĚTLÍK, I., ČERMÁK, O.** ČSN 75 7622 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radia 226. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.
- DATEL, JOSEF V.** CORONA SCREEN - screeningový model pro hodnocení přirozené atenuace. In Ing. Jiří Mikeš, Ing. Vít Matějů Přirozená atenuace. Horoměřice, 30.3.2011. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 2011, s. 24-45. ISBN 978-80-86832-58-6.
- DATEL, JOSEF** Význam podrobného multizonálního vzorkování podzemní vody. In Doc. Ing. Naďa Rapantová, CSc. Hydrogeochémia'11. Ostrava, 14.6.2011. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, s. 1-4. ISBN 978-80-248-2441-3.
- DAVY-BOWKER, J., CLARKE, R.T., JOHNSON, R.K., KOKEŠ, J., MURPHY, J.F., ZAHŘÁDKOVÁ, S.** A comparison of the European Water Framework Directive physical typology and RIVPACS-type models as alternative methods of establishing reference conditions for benthic macroinvertebrates. Hydrobiologia, 2006, roč. 566, č. 1, s. 91-105. ISSN 0018-8158.
- DESORTOVÁ B., PUNČOCHÁŘ P.** Variability of phytoplankton biomass in a lowland river: response to climatic conditions. Limnologica, 2011, roč. 41, č. 3, s. 160-166. ISSN 0075-9511.
- DESORTOVÁ, B.** 5.evropské limnologické sympozium. Živa, 2007, roč. 55, č. 6, s. XCVIII-. ISSN 0044-4812.
- DESORTOVÁ, B.** Biomasa a struktura fytoplanktonu toků v povodí českého Labe. In Punčochář P., Geller W. et al. 12.Magdeburský seminář o ochraně vod: Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2006, s. 165-165. ISBN N.
- DESORTOVÁ, B.** Dynamics of phytoplankton biomass and flow rates in rivers of the Elbe River catchment. In Gliwicz, M. 4th Symposium for European Freshwater Sciences. Jagiellonian University, Krakow, Polsko, 22.8.2005. Krakow : Polish Academy of Sciences, 2005, s. 59-59. ISBN N.
- DESORTOVÁ, B.** Dynamika fytoplanktonu v dolním toku Berounky a vliv klimatických změn. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2008, 2008, roč. 50, č. 3, s. 1-2. ISSN 0322 - 8916.
- DESORTOVÁ, B.** Fytoplankton řeky Jizery: sezónní a prostorová variabilita. In Sacherová, V. 14.konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 88-89. ISBN 80-239-725-X.

- DESORTOVÁ, B.** Phytoplankton distributions along the River Vltava (the Czech Republic): a case of watercourse with cascade of dam reservoirs. In Naselli-Flores L. Abstr. 5th Symp.Europ.Freshw.Sci., SEFS 5. Palermo, Italy, 8.7.2007. Palermo, Italy : EFFS, University of Palermo, 2007, s. 192-. ISBN N.
- DESORTOVÁ, B.** Trend vývoje koncentrace živin a biomasy fytoplanktonu v profilu Vltava-Zelčín. Vodní hospodářství 60(5), příl.VTEI, 2010, roč. 52, č. 3, s. 8-10. ISSN 0322-8916.
- DESORTOVÁ, B., HANSLÍK E.** Dlouhodobé změny fytoplanktonu toků sledovaných v souvislosti s provozem JE Temelín. In Hanslík E. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS, 2010, s. 43-48. ISBN 978-80-02-02258-9.
- DESORTOVÁ, B., HANSLÍK, E.** Výsledky dlouhodobého sledování fytoplanktonu v povodí Vltavy v souvislosti s provozem JE Temelín. In Neuveden Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, 2008, s. 65-68. ISBN 978-80-02-02068-4.
- DESORTOVÁ, B., HAVEL, L.** Opakovatelnost a reprodukovatelnost stanovení biosestonu a pigmentů v povrchových vodách. In Říhová Ambrožová Jana Vodárenská biologie 2009. Praha, 28.1.2009. Chrudim : Ekomonitor, 2009, s. 32-36. ISBN 978-80-86832-41-8.
- DESORTOVÁ, B., HAVEL, L.** Opakovatelnost a reprodukovatelnost stanovení kvantity biosestonu a koncentrace chlorofylu-a. Zpravodaj pro hydroanalytické laboratoře, 2006, roč. 2006, č. 37, s. 38-42. ISSN 1211-6483.
- DIANA MAREŠOVÁ, JAROSLAV VLČEK** JEŠTĚ JEDNOU NASTAVENÍ PODMÍNEK MĚŘENÍ VYBRANÝCH RADIOLOGICKÝCH UKAZATELŮ V OBLASTI VELMI NÍZKÝCH AKTIVIT VZORKŮ VOD. In Diana Marešová XVII. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Trosky, 21.9.2010. Praha : VÚV TGM, v.v.i., 2011, s. 85-94. ISBN 978-80-87402-10-8.
- DLABAL, J., PICEK, J., DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., DZURÁKOVÁ, M.** Mapa povodňového rizika - Jihlava (interaktivní aplikace). specializované mapy s odborným obsahem. 2007, VÚV T.G.M.,v.v.i..
- DLABAL, J., PICEK, J., KUPEC, J., ŠUNKA, Z., DZURÁKOVÁ, M.** Projekt Morava IV (interaktivní aplikace). autorizovaný software. 2007, VÚV T.G.M.,v.v.i..
- DLABAL, J., SEMERÁDOVÁ, S.** Lososové a kaprové vody. prototyp. 2005, VÚV T.G.M..
- DOUDA, J., ČEJKOVÁ, A, DOUDA, K., KOCHÁNKOVÁ, J.** Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years. Annals of forest science, 2009, roč. 66, č. 712, s. 1-13. ISSN 1286-4560.
- DOUDA, K.** Autekologie druhu *Unio crassus* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) v povodí řeky Lužnice. In Sacherová, V. Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 35-35. ISBN 80-239-7257-X.
- DOUDA, K.** Effects of nitrate nitrogen pollution on Central European unionid bivalves revealed by distributional data and acute toxicity testing. AQUATIC CONSERVATION: MARINE AND FRESHWATER ECOSYSTEMS, 2010, roč. 20, č. 2, s. 189-197. ISSN 1052-7613.
- DOUDA, K.** The occurrence and Growth of *Unio crassus* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) in Lužnice River Basin in Respect to Water Quality. Acta Universitatis Carolinae. Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1, s. 57-63. ISSN 0862-6529.
- DOUDA, K.** Vliv faktorů prostředí na rozšíření mlžů čeledi Unionidae ve vodních tocích povodí řeky Lužnice. In Bryja, J. & Zukal, J. Zoologické dny Brno 2006. Brno, 9.2.2006. Brno : AV Ústav biologie obratlovců, 2006, s. 31-31. ISBN 80-903329-4-3.
- DOUDA, K., SIMON, O., BÍLÝ, M., VEJMEJKOVÁ, J., SPISAR, O.** The Influence of Water Quality on the Occurrence of Endangered Freshwater Mussels (Unionoida) in Selected Protected Areas of the Czech Republic. In Nakic, Z. Proceedings of Second International Conference on Waters in Protected Areas. Dubrovnik, Croatia, 24.4.2007. Zagreb, Croatia : Croatian Water Pollution Society, 2007, s. 204-207. ISBN 9789539607119.

DOUDA, K., VRTÍLEK, M., SLAVÍK, O., REICHARD, M. The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biological Invasions*, 2011, roč. 2011, č. on-line, s. -. ISSN ISSN: 1573-1464.

DRBAL, K. Stanovování povodňových rizik a škod v záplánovém území - principy návrhu metodiky. In nevedeno Sborník z konference Krajinné inženýrství 2007. Praha, 20.9.2007. Praha : Česká společnost krajinných inženýrů, 2007, s. 53-65. ISBN 978-80-01037-72-0.

DRBAL, K., PAVLOVSKÝ, L., ŠTĚPÁNKOVÁ, P. Project for Methodology Proposal Aimed at Risk and Potential Damages [CD-ROM]. MKOL, Saský zem, 2006.

DZURÁKOVÁ, M., DRBAL, K. Nádrže v systéme protipovodňových a protierózných opatření v povodí horní Opavy. In Kateřina Pešková Sborník symposia GIS Ostrava 2008. Ostrava, 27.1.2008. Ostrava : TANGER, s.r.o., 2008, s. 51-60. ISBN 978-80-254-1340-1.

DZURÁKOVÁ, M., DRBAL, K. Nádrže v systéme protipovodňových a protierózných opatření v povodí horní Opavy

E. HANSLÍK, P. ŠIMEK, D. MAREŠOVÁ, M. NOVÁK AND M. KOMÁREK Development of residual radioactive contamination in the Ploučnice River basin (Bohemia) due to uranium mining in the period 1992 - 2009. *Radioprotection*, 2011, č. , s. -. ISSN .

ECKHARDT, P., KUČERA, J. Dopady vsakování odpadních vod na jakost podzemních vod. In Bodík, Bodíková, Hutňan Odpadové vody 2008. Štrbské Pleso, Slovensko, 15.10.2008. Štrbské Pleso, Slovensko : Asociácia čistiarenských expertov SR, 2008, s. 84-91. ISBN 978-80-89088-68-3.

ECKHARDT, P., KUČERA, J. Vsakování odpadních vod - ano či ne?. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2008, 2008, roč. 50, č. 2, s. 3-5. ISSN 0322-8916.

ECKHARDT, P., MARTÍNKOVÁ, M., UHLÍK, J. Vliv ekologických zátěží na tok Labe. In Blažková, Š. Přehled výsledků projektu Labe IV 2003-2004. Praha, 26.1.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 21-27. ISBN 80-02-01721-8.

ECKHARDT, P., POLÁKOVÁ, K. Vliv vsakování předčištěných odpadních vod na povrchové vody. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5/2010, s. 9-12. ISSN 0322-8916.

EDUARD HANSLÍK HODNOCENÍ KONCENTRACE URANU VE ZDROJÍCH PITNÝCH VOD Z HLEDISKA JEHO TOXICKÝCH ÚČINKŮ. In Diana Marešová XVII. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Trosky, 21.9.2010. Praha : VÚV TGM, v.v.i., 2011, s. 25-27. ISBN 978-80-87402-10-8.

EDUARD HANSLÍK MOŽNOSTI OPTIMALIZACE ODBĚRU A ÚPRAVY VODY Z VÍCE ZDROJŮ PRO DOSAŽENÍ CÍLOVÉHO HYGIENICKÉHO LIMITU PRO URAN. In Diana Marešová XVII. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Trosky, 21.9.2010. Praha : VÚV TGM, v.v.i., 2011, s. 28-31. ISBN 978-80-87402-10-8.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, IRENA POHLOVÁ, MARKÉTA REIDINGEROVÁ, MICHAL NOVÁK Posouzení pevnosti vazeb radioaktivních látek na náplních vodárenských filtrů.. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 11. Třeboň, 4.5.2011. Semtín : EKOMONITOR spol. s r.o., 2011, s. 61-63. ISBN 978-80-86832-59-3.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Klasifikace kontaminace ²²⁶Ra do tříd čistoty na základě poměru hmotnostních aktivit ²²⁶Ra a ²²⁸Ra. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ¹³⁷Cs za období 1999-2004. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ¹³⁷Cs za období 2005-2010. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita ²²⁶Ra za období 1999-2010. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita 228Ra za období 1999-2010. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, MARCELA MAKOVCOVÁ, TOMÁŠ FOJTÍK: Radioaktivní látky v říčních dnových sedimentech České republiky - Průměrná hmotnostní aktivita 40K za období 1999-2010. 2011, knihovna VUV TGM, v.v.i, 0.0.0000.

EDUARD HANSLÍK, MICHAL NOVÁK, DIANA MAREŠOVÁ VÝDEJNOST RADONU 222 Z NÁPLNÍ VODÁRENSKÝCH FILTRŮ. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 11. Třeboň, 4.5.2011. Semtín : EKOMONITOR spol. s r.o., 2011, s. 32-34. ISBN 978-80-86832-59-3.

FELBEROVÁ, L. Aktualizace registru komunálních zdrojů znečištění. Výzkumná zpráva. VÚV T.G.M. Praha : OOV MŽP, 2005, 30 s.

FELBEROVÁ, L. Performance of Waste Stabilisation Ponds during Frost Weather. In Pinnekamp J. Advanced Sanitation. Aachen, Germany, 12.3.2007. Aachen : IWA, RWTH Aachen, 2007, s. 386-387. ISBN 978-3-938996-12-6.

FELBEROVÁ, L. T. G. Masaryk WRI Collection of Papers 2006. Matoušek V., Blažková Š. (eds.). (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Winter operation of waste stabilisation ponds, -. ISBN 80-85900-64-5.

FELBEROVÁ, L. Zimní provoz biologických nádrží. VTEI, příloha Vodního hospodářství, 2006, roč. 48, č. 3, s. 13-14. ISSN 0322-8916.

FELBEROVÁ, L. Živel VODA. Kynčl R., Matoušková M., Popovský J., Tvrdková V. (ed.) Praha: Agentura Koniklec 2005. [Kap] Kumulativní jedovaté látky ve vodách, -. ISBN 80-902606-5-9.

FELBEROVÁ, L., KUČERA, J., MLEJNSKÁ, E. Experience in Non-conventional Wastewater Treatment Techniques Used in the Czech Republic. In Pinnekamp J. Advanced Sanitation. Aachen, Germany, 12.3.2007. Aachen : IWA, RWTH Aachen, 2007, s. 196-203. ISBN 978-3-938996-12-6.

FELBEROVÁ, L., KUČERA, J., MLEJNSKÁ, E. Experience in non-conventional wastewater treatment techniques used in the Czech Republic. Water Science and Technology, 2007, roč. 56, č. 5, s. 146-156. ISSN 0273-1223.

FELBEROVÁ, L., MLEJNSKÁ, E., WANNER, F. Groundfilters and Constructed Wetlands – A Comparison of Wastewater Treatment Systems. In Pinnekamp, J. (ed.) Advanced sanitation. Aachen, 12.3.2007. Aachen : Eurogress, 2007, s. 417-418. ISBN 978-3-938996-12-6.

FIALA D., ROSENDORF P. Seasonal variability of phosphorus concentration and yield: comparison of agricultural headwaters in the Czech Republic. In Németh T. & Sisák I. Realistic expectations for improving European waters. Keszthely, Hungary, 11.10.2011. Keszthely, Hungary : Hungarian Academy of Sciences, 2011, s. 29-. ISBN .

FIALA D., ROSENDORF P. Variabilita odnosu fosforu ze zemědělské půdy v měřítku mikropovodí – příklad z povodí VN Želivka.. In Říhová-Ambrožová, Jana a Veselá, Jana Vodárenská biologie 2011. Praha, 2.2.2011. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 2011, s. 100-109. ISBN 978-80-86832-56-2.

FIALA D., ROSENDORF P. Variabilita odnosu fosforu ze zemědělské půdy v měřítku mikropovodí.. VTEI - Příloha Vodního hospodářství, 2011, č. , s. -. ISSN 0322-8916.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin. VTEI - příloha Vodního hospodářství č. 2/2010, 2010, roč. 52, č. 1, s. 17-19. ISSN 0322-8916.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlík. In Očásková I. Revitalizace Orlické nádrže 2009. Písek, 6.10.2009. Písek : Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2009, s. 75-86. ISBN 978-80-87278-29-1.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Rozpočtový schodek nebo informační deficit – současné možnosti bilance přísunu fosforu do VN Orlík a nejistoty z nich vyplývající. In Očásková I. Revitalizace Orlické nádrže 2010. Písek, 12.10.2010. Písek : Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2010, s. 39-45. ISBN 978-80-254-9014-3.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Shortfall of P budged in Orlík reservoir – statistical tryout among culprits with sparse data. In Turtola,E.; Ekholm,P.; Chardon,W.; Novel methods for reducing agricultural

nutrient loading and eutrophication. Jokioinen, Finland, 14.6.2010. Jokioinen, Finland : MTT Agrifood Research Finland, 2010, s. 28-28. ISSN 978-952-487-280-5.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Spatial variability of phosphorus concentration among agricultural headwaters within Czech Republic. In Jordan, P. & Haygarth, P. Catchment Science 2011., Dublin, Ireland, 14.9.2011. Wexford, Ireland : Teagasc/Defra, 2011, s. 84-. ISBN .

FIALA, D., ROSENDORF, P. Variability of phosphorus load from agricultural land in Czech Republic Part I: baseflow condition. In Delgado,A.; Gil Sotres,F. and Torrent,J. 6th International Phosphorus Workshop - Towards a sustainable control of diffuse P loss: risk, monitoring, modelling, and mitigation options. Sevilla, Spain, 27.9.2010. Sevilla, Spain : Universidad de Sevilla, 2010, s. 159-159. ISBN 978-84-693-5461-2.

FIALA, D., ROSENDORF, P., URBANOVÁ, T. Leaving fields and reaching streams - phosphorus emitted from exclusively agricultural headwaters. In Ollesch G. and Wagner A. International conference on land and water degradation. Magdeburg, 7.9.2009. Magdeburg, Germany : Commision on land degradation and desertification, 2009, s. 60-73. ISBN Neuveden.

FIALA, D., ROSENDORF, P., URBANOVÁ, T. Phosphorus Concentration in Agricultural Streams and Adjacent Tile-drainage all over Czech Republic.. In Doležal František Water Balance and Runoff / Water Quality Generation in Tile-drained Agricultural Catchments. Brno, 4.9.2007. Prague : Research Institute for Soil and Water Conservation, 2007, s. 1-40. ISBN N.

FIALA, D., ROSENDORF, P., URBANOVÁ, T. Zemědělská půda v ČR – plošný zdroj znečištění vod fosforem. In Kröpfelová L. a Šulcová J. Sborník příspěvků z XV. konference ČLS a SLS. Třeboň, 22.6.2009. Třeboň : ČLS, 2009, s. 60-62. ISBN 978-80-254-4698-0.

FIALA, D., ROSENDORF, P. Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlik a její eutrofizace. Vodní Hospodářství, 2010, roč. 60, č. 7, s. 199-202. ISSN 1211-0760.

FIALA, D.; ROSENDORF, P.; DAVID, V.; DVOŘÁKOVÁ, T.; KRÁSA, J. Modelový výpočet hydrologické odezvy pro potřeby zpřesnění odhadu odnosu fosforu ze zemědělského mikropovodí. In Šír,M.; Tesař,M. Hydrologie malého povodí 2011. Praha, 8.3.2011. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i., 2011, s. 85-. ISBN 978-80-02-022290-9.

FISCHER, P., FUKSA, J.K. Normvorschlage fur Arzneimittel. Wasserwirtschaft und Wassertechnik, 2009, roč. Neuveden, č. 4, s. 10-16. ISSN 1438-5716.

FISCHER, P., FUKSA, J.K. Vergleich Von Qualitätsnormvorschlagen fur einige Arzneimittel mit Messwerten des Elbeeinzugsgebiets. In Geller,W., Borchhardt,D, et al. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburg, 7.10.2008. Magdeburg : IKSE/MKOL, 2008, s. 147-149. ISBN N.

FOREJTNÍKOVÁ, M., HETEŠA, J., MARVAN, P. Porovnání vypovídací schopnosti fytozobentosu a zoobentosu o jakosti tekoucích vod. VTEI Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2006, roč. 48, č. 1, s. 9-12. ISSN 0322-8916.

FOREJTNÍKOVÁ, M., HETEŠA, J., MARVAN, P. T. G. Masaryk WRI Collection of Papers 2006. Blažková. Š. (ed.). (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Comparison of phytobenthos and zoobenthos abilities to predict ecological status in rivers, -. ISBN 80-85900-64-5.

FOREJTNÍKOVÁ, M., MARVAN, P. Vztah společenstva zoobentosu a fytozobentosu k morfologickému stavu toků v povodí horního Labe. VTEI vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 1, s. 1-5. ISSN 0322-8916.

FRANČE, P., DESORTOVÁ, B., BAUDIŠOVÁ, D., FUKSA, J., HANSLÍK, E., KUŽÍLEK, V. Water quality and protection of ecosystems. In Simon, L. Innovation and Utility in the Visegrad Fours. Nyíregyháza, Hungary, 13.10.2005. Nyíregyháza : Continent-Ph Ltd., 2005, s. 157-162. ISBN 963-86918-1-6.

FREMROVÁ L., BAUDIŠOVÁ D., ŠIMONOVÁ G. Jakost vod - Stanovení koliformních bakterií v nedesinfikovaných vodách. : ČSN 75 7837 [, 2010]

FREMROVÁ, L., BAUDIŠOVÁ, D., ŠIMONOVÁ, G. ČSN 75 7835 Jakost vod - Stanovení termotolerantních koliformních bakterií a Escherichia coli. : ČSN 75 7835 [, 2009]

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Normy pro odběr a radiologickou analýzu vod. In neuveden 1. konference Hydroanalytika 2005. Hradec Králové, 20.9.2005. Praha : CSLab, 2005, s. 91-93. ISBN 80-239-5479-2.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Normy pro odběr a radiologickou analýzu vzorků vod a připravované změny. In Hanslík, E., Pecinová, A. Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r. o., 2005, s. 43-46. ISBN 80-86832-10-4.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Normy pro stanovení radioaktivních látek ve vzorcích vody, názvoslovné normy a další související normy. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 117-120. ISBN 978-80-02-02258-9.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Technické normy pro stanovení radioaktivních látek ve vzorcích vody. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, VÚV TGM, 2008, s. 127-132. ISBN 978-80-02-02068-4.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Technické normy pro stanovení radioaktivních látek ve vzorcích vody a související normy. In Hanslík Eduard, Pecinová Alena Radiologické metody v hydrosféře 07. Litomyšl, 10.5.2007. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2007, s. 83-87. ISBN 978-80-86832-25-8.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E. Technické normy pro stanovení radioaktivních látek ve vzorcích vody, současný stav a výhled. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 129-133. ISBN 80-02-01841-9.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., SEDLÁŘOVÁ B., VLČEK, J., VONDRÁK, L., BOUDA, T. ČSN 75 7611 - Jakost vod - Stanovení celkové objemové aktivity alfa. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., VLČEK, J., VONDRÁK, L., BOUDA, T., SKALICKÝ, J. TNV 75 7621 - Jakost vod - stanovení radia 228 srážecí metodou. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. 2006, Český normalizační institut, Praha.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., VLČEK, J., BOUDA, T. ČSN 75 7623 Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování. : ČSN 75 7623 [, 2009]

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., VLČEK, J., BOUDA, T. ČSN 75 7610 - Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa srážecí metodou. : ČSN 75 7610 [, 2008]

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., VLČEK, J., BOUDA, T. ČSN 75 7626 - Jakost vod – Stanovení polonia 210. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. 2006, Český normalizační institut, Praha.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., VLČEK, J., ŠIMONOVÁ, G. ČSN 75 7625 Jakost vod – Stanovení radonu 222 kapalinovou scintilační měřicí metodou. : ČSN 75 7625 [, 2010]

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., SEDLÁŘOVÁ B., VLČEK, J., BOUDA, T., ČERMÁK, O. ČSN 75 7624 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radonu 222. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.

FREMROVÁ, L., HANSLÍK, E., SVĚTLÍK, I., VLČEK, J., BOUDA, T., JOKLOVÁ D., ŠTASTNÝ, J. TNV 75 7623 Změna Z1 - Jakost vod - stanovení radia 226 bez srážecího postupu. prototyp. 2005, Český normalizační institut, Praha.

FREMROVÁ, L., KOKEŠ, J., NĚMEJCOVÁ, D., OPATŘILOVÁ, L., JANOVSKÁ, H., ZAHŘÁDKOVÁ, S. ČSN 75 7701 Jakost vod - Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. : ČSN 75 7701 [, 2008]

FRICOVÁ, K., SIMON, O., DOUDA, K. Detritové toky v oligotrofních povodích – metoda kontinuálního vzorkování. In Měkotová, J., Stěrba, O. Říční krajina 5. Olomouc, 17.10.2007. Olomouc : Universita Palackého Olomouc, 2007, s. 59-66. ISBN 978-80-24418-90-2.

FRICOVÁ, K., SIMON, O., DOUDA, K., BAUDIŠOVÁ, D. Zdroje a transformační procesy jemného partikulovaného organického materiálu (FPOM) v oligotrofních prameništích (Šumava, Česká republika). In Canhoto, Cristina 5th International meeting on plant litter processing in freshwaters. Coimbra, Portugalsko, 23.7.2008. Coimbra, Portugalsko : University of Coimbra, 2008, s. 64-. ISBN .

- FRÝBERTOVÁ, T., KUČERA, J., BELDA, J.** Odstraňování fosforu v extenzivních čistírnách odpadních vod. In Růžičková Iveta, Wanner Jiří Sborník posterových sdělení ze 7. mezinárodní konference a výstavy Odpadní vody 2007. Brno, 18.9.2007. Brno : , 2007, s. 45-48. ISBN 9788023996180.
- FUKSA, J. K.** The impounded Elbe River in Czech Republic and its influence on the middle part of the river.. *Limnologie Aktuell*, 2006, roč. 57, č. 12, s. 209-214. ISSN 0937-2881.
- FUKSA, J.K.** Assessment of aquatic ecosystems - what are the offers and demands of the EU Water Framework Directive. *Acta Universitatis Carolinae. Environmentalica*, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 31-36. ISSN 0862-6529.
- FUKSA, J.K.** Bakteriální společenstva v povrchových vodách. *Živa*, 2008, roč. 2008, č. 5, s. 196-198. ISSN 0044-4812.
- FUKSA, J.K.** Biofilms on artificial sub-strata as the indicator of pollution of the Elbe River (Czech stretch).. In D. Němějcová Symposium River Bottom IV. Brno, 19.9.2005. Brno : Masaryk University, 2005, s. 21-21. ISBN N.
- FUKSA, J.K.** Cíle Rámcové směrnice, nástroje a přístupy k jejich dosažení. In Josef K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Brno, 15.12.2005. Praha : ČVTS a VÚV T.G.M., 2005, s. 17-24. ISBN 80-02-01782-X.
- FUKSA, J.K.** Ekosystémové služby - nový pohled na užívání a ochranu vod. *Vodní hospodářství*, 2008, roč. 58, č. 11, s. 372-375. ISSN 1211-0760.
- FUKSA, J.K.** Hodnocení vodních ekosystémů - co nabízí a co požaduje Rámcová směrnice.. In Sacherová, V. Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti.. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost., 2006, s. 93-94. ISBN 80-239-7257-X.
- FUKSA, J.K.** Charakterizace oblastí povodí v ČR: Povrchové vody - vymezení, typologie, vlivy, silně ovlivněné a rizikové útvary. In Josef K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Praha, 15.12.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 31-40. ISBN 80-02-01782-X.
- FUKSA, J.K.** Toky jako recipienty odpadních vod – dnes a zítra. *VTEI, příloha Vodního hospodářství 10/2007*, 2007, roč. 49, č. 3, s. 1-4. ISSN 0322-8916.
- FUKSA, J.K.** Transformace dusíku ve vodách - nic než práce pro bakterie.. In Baudišová,D. *Mikrobiologie vody a prostředí 2008*. Luhačovice, 17.9.2008. Luhačovice : Čs. společnost mikrobiologická, 2008, s. 51-54. ISBN 978-80-254-3072-9.
- FUKSA, J.K.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl F: Souhrnná zpráva. Koordinace a řízení. Podpora Rámcové směrnice.. *Výzkumná zpráva*. Praha : VÚV T.G.M., 2005, 58 s.
- FUKSA, J.K.** Výzkum a ochrana hydrosféry: Realizace výzkumného záměru MZP 000207110 v roce 2005.. *Výzkumná zpráva*. Praha : VÚV T.G.M., 2005, 23 s.
- FUKSA, J.K.** Výzkumný záměr. *VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace.*, 2006, roč. 48, č. 1, s. 2-4. ISSN 0322-8916.
- FUKSA, J.K., LOCHOVSKÝ, P., NOVICKÝ, O., PICEK, J., SIMON, O., SLAVÍK, O.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl F: Souhrnná zpráva. Koordinace a řízení. Podpora Rámcové směrnice.. *Výzkumná zpráva*. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2006, 50 s.
- FUKSA, J.K., SVOBODA, J., SVOBODOVÁ, A.** Bolí vás něco ? Kolik léčiv od nás přiteče do ČOV ?. *Vodní hospodářství*, 2010, roč. 60, č. 11, s. 16-19. ISSN 1211-0760.
- FUKSA, J.K.** Ecosystem services of rivers: What can we exploit now and what are the risks.. *ACTA ENVIRONMENTALICA UNIVERSITATIS COMENIANAE (BRATISLAVA)*, 2011, roč. 19, č. Suppl. 1, s. 71-75. ISSN 1335-0285.
- GABRIEL, P., LIBÝ, J., FOŠUMPAUR, P.** Hydraulický výzkum vodního díla Děčín. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., 2008, 76 s., ISBN 978-80-85900-85-9.
- GÁLKOVÁ, H.** Kultivace bakterií rodu *Legionella* podle ČSN ISO 11731. In Dana Baudišová *Mikrobiologie vody a prostředí 2005*. Kralupy nad Vltavou, 19.9.2005. Praha : Československá

společnost mikrobiologická, Komise mikrobiologie vody, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M, 2005, s. 44-46. ISBN 80-239-5896-8.

GERŠL, M., HANSLÍK, E., KODEŠ, V. Radiologický monitoring hydrosféry ČR v působnosti ČHMÚ, současný stav a vyhlídky. In Hanslík, E., Pecinová, A. Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r. o., 2005, s. 64-66. ISBN 80-86832-10-4.

GOZLAN R.E., ANDREOU D., ASAEDA T., BEYER K., BOUHADAD R., BURNARD D., CAIOLA N., CAKIC P., DJIKANOVIC V., ESMAEILI H.R., FALKA I., GOLICHER D., HARKA A., JENEY G., KOVÁČ V., MUSIL J. A KOL. Pan-continental invasion of *Pseudorasbora parva*: towards a better understanding of freshwater fish invasions. *Fish and Fisheries*, 2010, roč. 11, č. 4, s. 315-340. ISSN 1467-2960.

GRUNEWALD, K., SCHMIDT, W., LOCHOVSKÝ, P. Problematische Huminstoffeinträge in Oberflächengewässer im Erzgebirge. Berlin : Rhombos Verlag, 2005, 244 s., ISBN 3-938807-00-8.

GRÜN WALDOVÁ, H. Koupací vody z pohledu Evropské unie. VTEI, příloha Vodní hospodářství 6/2007, 2007, roč. 49, č. 6, s. 4-5. ISSN 0322-8916.

GRÜN WALDOVÁ, H. Zdroje financování projektů ochrany vod (ČOV, kanalizace). VTEI, 2006, roč. 48, č. 6, s. 12-16. ISSN 0322-8916.

GRÜN WALDOVÁ, H. Koupací vody v ČR hodnocené podle Evropské unie. VTEI, příloha Vodní hospodářství 10/2007, 2007, roč. 49, č. 10, s. 9-11. ISSN 0322-8916.

GRÜN WALDOVÁ, H., PUMANN, P., ZBOŘIL, A., RUNŠTUK, J. Koupací vody v ČR podle Směrnice 76/160/EHS. In RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph. D. Vodárenská biologie 2007. Praha, 30.1.2007. Praha : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o., 2007, s. 216-217. ISBN 978-80-86832-23-4.

H. JIRÁKOVÁ, F. HUNEAU, H. CELLE-JEANTON, Z. HRKAL, P. LE COUSTOMER Insights into palaeorecharge conditions for European deep aquifers. *Hydrogeological Journal*, 2011, roč. 19, č. 7, s. -. ISSN 1431-2174.

HANA MLEJNKOVÁ, JIŘÍ KROČA, TOMÁŠ FOJTÍK ORGANICKÉ ZATÍŽENÍ MALÝCH VODNÍCH TOKŮ MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYD - zatřídění dle mikrobiálních indikátorů organického znečištění (2006-2010). 2010, VÚV TGM, v.v.i., MŽP 9.12.2010.

HAN DOVÁ, V. Vliv anorganických chloridů na výsledek stanovení AOX. VTEI, 2005, roč. 47, č. 2, s. 9-10. ISSN 0322-8916.

HANEL, M., BUI SHAND, T. A. Multi-model analysis of RCM simulated 1-day to 30-day seasonal precipitation extremes in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, 2011, č. , s. -. ISSN 0022-1694.

HANEL, M. Vliv klimatických změn na hydrologický režim povodí Jizery podle regionálních klimatických scénářů. VTEI, příloha Vodní hospodářství 6/2007, 2007, roč. 49, č. 6, s. 6-9. ISSN 0322-8916.

HANSLÍK, E. A KOL. Vývoj metodického řízení a personálního zajištění radiologických laboratoří. In Diana Ivanovová XIV. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH. Srní, 17.9.2007. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2007, s. 5-8. ISBN 978-80-85900-77-4.

HANSLÍK, E. Podklad pro Metodický postup MF k provedení vyhlášky č. 461/2005 Sb., o postupu při poskytování dotací na přijetí opatření ke snížení ozáření z přírodních radionuklidů a ke snížení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejné zásobování. 2010, MŽP, SÚJB, Ministerstvo životního prostředí ČR, Vršovická 1442/65, Praha 10, PSČ 10010 28.7.2010.

HANSLÍK, E. Příručka provozovatele úpravný pitné vody. Kolektiv autorů (ed.) Praha: SOVAK 2005. [Kap] Radiologie, -. ISBN 80-239-4565-3.

HANSLÍK, E. Radionuklidy v podzemních vodách a možnosti jejich odstranění. *Bezpečnost jaderné energie*, 2007, roč. 15 [53], č. 3/4, s. 108-114. ISSN 1210-7085.

HANSLÍK, E. Rychlé metody radiologického rozboru vod. In Hanslík, E., Pecinová, A. Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR s. r. o., 2005, s. 7-11. ISBN 80-86832-10-4.

HANSLÍK, E. Vyjadřování výsledků stanovení uranu ve vzorcích vody. In RNDr. Jana Merešová, PhD. XV. KONZULTAČNÉ DNI PRACOVNÍKOV VODOHOSPODÁRSKÝCH RÁDIOLOGICKÝCH LABORATÓRIÍ. Červený Kláštor, Slovensko, 23.9.2008. Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave, 2008, s. 15-19. ISBN 978-80-89062-60.

HANSLÍK, E. Živel voda. Kynčl, R., Matoušková, M., Popovský, J., Tvrdková, (ed.) Praha: Agentura Koniklec 2005. [Kap] Jaderné odpady ve vodě, -. ISBN 80-902606-6-7.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D. Aktualizace nařízení vlády č. 61/2003 Sb.. In J. Merešová XIII. Konzultačné dni pracovníkov vodohospodárskych rádiologických laboratórií. Vrátna Dolina, Slovensko, 18.9.2006. Bratislava : VÚVH v Bratislave, 2006, s. 14-16. ISBN 978-80-89062-50.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D. Nuclear Power. Pavel Tsvetkov (ed.) Indie: Sciyo 2010. [Kap] Impact of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant on the Vltava River (Czech Republic), -. ISBN 978-953-307-110-7.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D. Sledování a hodnocení obsahu radioaktivních látek ve vodách. In J. Merešová XIII. Konzultačné dni pracovníkov vodohospodárskych rádiologických laboratórií. Vrátna Dolina, Slovensko, 18.9.2006. Bratislava : VÚVH v Bratislave, 2006, s. 9-13. ISBN 978-80-89062-50-8.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., BRTVOVÁ, M., KALINOVÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., ŠIMONEK, P., VANĚČEK, I., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., TOMÁŠKOVÁ, H. Assessment of the Environmental Impact of Temelín Nuclear Power Plant. Kolektiv autorů (ed.) České Budějovice: University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture 2005. [Kap] Monitoring and assessment of qualitative and quantitative parameters in water and river bottom sediments in selected river profiles and reservoirs, -. ISBN 80-7040-840-5.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., BRTVOVÁ, M., KALINOVÁ, E., ŠIMONEK, P., VANĚČEK, I., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Impact of NPP Temelín on the hydrosphere and residual contamination from Chernobyl accident. In Simon, L. Innovation and Utility in the Visegrad Fours. Nyíregyháza, Hungary, 13.10.2005. Nyíregyháza : Continent-Ph Ltd., 2005, s. 169-176. ISBN 963-86918-1-6.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., JURANOVÁ, E. AND ŠIMONEK, P. Concentration of radionuclides in hydrosphere affected by Temelín nuclear power plant in Czech Republic. Journal of Environmental Radioactivity, 2009, roč. 100, č. 7, s. 558-563. ISSN 0265-931X.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P. Concentration of radionuclides in hydrosphere affected by Temelín nuclear power plant in Czech Republic. In Yongguan Zhu, Nicholas Lepp and Ravi Naidu Biogeochemistry of trace elements: Environmental protection, remediation and human health. China, Bei Jing, 16.7.2007. Bei Jing : Tsinghua University Press, 2007, s. 402-403. ISBN 978-7-302-15627-7.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., KLUGANOSTOVÁ, M., KOMÁREK, M., NOVÁK, M., VANĚČEK, I. Occurrence and Behaviour of Radioactive substances in Kocába River Watershed. In neuveden Magdeburký seminář o ochraně vod 2008. Magdeburk, Německo, 7.10.2008. Wernigerode, Německo : Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2008, MKOL, 2008, s. 184-184. ISBN N.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., BRTVOVÁ, M. Implementace Smlouvy o EURATOMu do českého právního řádu. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12. Magdeburký seminář o ochraně vod, Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2006, s. 183-183. ISBN N.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., BRTVOVÁ, M. Radiační monitorovací síť ČR - hydrosféra - metody a výsledky. In Hucko, P. Hydrochémia 2006. Bratislava, 17.5.2006. Bratislava : Pobočka SVHS ZSVTS pri VÚVH Bratislava, 2006, s. 118-127. ISBN 80-89062-45-8.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., BRTVOVÁ, M. Radiační monitorovací síť ČR – hydrosféra – metody a výsledky. In J. Merešová XIII. Konzultačné dni pracovníkov vodohospodárskych rádiologických laboratórií. Vrátna Dolina, Slovensko, 18.9.2006. Bratislava : VÚVH v Bratislave, 2006, s. 22-30. ISBN 978-80-89062-50.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., KLUGANOSTOVÁ, M., ŠIMONEK, P., VANĚČEK, I., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Vliv jaderné elektrárny Temelín na koncentraci radionuklidů v

hydrosféře. In Hanus NUSIM 2007, Joint Czech, Slovak and German Conference on Nuclear Power. Liberec, 5.3.2007. Praha : ČNS, 2007, s. -. ISBN N.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P. Possibilities of determination radionuclides released from NPP Temelin in River Vltava. In Sule Aytas INSINUME´2006. Kusadasi, Turecko, 6.9.2006. Izmir, Turkey : Ege University, 2006, s. 14-14. ISBN N.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P. T. G. Masaryk Water Research Institute Collection of Papers 2006. Václav Matoušek and Šárka Blažková (ed.) Praha: T. G. Masaryk Water Research Institute 2006. [Kap] Impact of Temelín nuclear power plant waste water on tritium concentration in the Vltava and Elbe Rivers, -. ISBN 80-85900-64-5.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P. Vliv JE Temelín na obsah tritia v hydrosféře, prognóza a skutečnost. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 21-29. ISBN 80-02-01841-9.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P. Vliv provozu JE Temelín na hydrosféru, prognóza a skutečnost. In Václav Bláha, Martina Kortanová Vliv provozu JE Temelín na životní prostředí, Předpoklady a skutečnost. České Budějovice, 19.10.2006. Praha : Český svaz vědeckotechnických společností, 2006, s. 5-18. ISBN 80-02-01871-0.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., ŠIMONEK, P., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Monitoring and assessment of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant into the Vltava River (Czech Republic). Journal of Environmental Radioactivity, 2009, roč. 100, č. 2, s. 131-138. ISSN 0265-931X.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M. Balances of suspended matter and radionuclides in inflow and outflow waters of Orlik Reservoir, Vltava River (Czech Republic). Radioprotection, 2009, roč. 44, č. 5, s. 321-326. ISSN 0033-8451.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M. Balances of suspended matter and radionuclides in inflow and outflow waters of Orlik Reservoir, Vltava River (Czech Republic). In Per Strand, Justin Brown, Torun Jolle International Conference on Radioecology and environmental radioactivity, Oral & Oral Postter Presentation Proceedings Part 2. Bergen, Norsko, 15.6.2008. Osteras, Norsko : Norwegian Radiation Protection Authority, 2008, s. 136-139. ISBN 978-82-90362-25-1.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M. K možnosti stanovení celkové objemové aktivity alfa v pitných vodách srážecí metodou. In J. Merešová XIII. Konzultačné dni pracovníkov vodohospodárskych rádiologických laboratórií. Vrátna Dolina, Slovensko, 18.9.2006. Bratislava : VÚVH v Bratislave, 2006, s. 7-8. ISBN 978-80-89062-50.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M. Příklad měření objemové aktivity radonu 222 v ovzduší na úpravě podzemních vod Káraný. In Hanslík Eduard, Pecinová Alena Radiologické metody v hydrodféře 07. Litomyšl, 10.5.2007. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2007, s. 79-82. ISBN 978-80-86832-25-8.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., BUDSKÁ, E. K možnostem stanovení celkové objemové aktivity alfa ve vodách se zvýšenou mineralizací. In Hanslík Eduard, Pecinová Alena Radiologické metody v hydrodféře 07. Litomyšl, 10.5.2007. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2007, s. 32-35. ISBN 978-80-86832-25-8.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., POHLOVÁ, I. K možnostem stanovení celkové objemové aktivity alfa a beta v pracích vodách z úpravy podzemních vod. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 09. Žďár nad Sázavou, 5.5.2009. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2009, s. 16-21. ISBN 978-80-86832-43-2.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., VANĚČEK, I. Akumulace nerozpuštěných látek, stroncia 90 a cesia 137 ve VN Orlik. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, VÚV TGM, 2008, s. 49-58. ISBN 978-80-02-02068-4.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., VANĚČEK, I. Vývoj vlivu JE Temelín na hydrosféru do roku 2007. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, VÚV TGM, 2008, s. 11-24. ISBN 978-80-02-02068-4.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M., Vliv jaderné elektrárny Temelín na kvalitu vody Orlické nádrže. In neveden Revitalizace Orlické nádrže. Písek, 6.10.2008. České Budějovice : Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2008, s. 68-83. ISBN 978-80-87278-03-1.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., ŠIMEK, P., NOVÁK, M., KOMÁREK, M. Kontaminace povodí Ploučnice radioaktivními látkami z těžby uranu a její změny za období 1992 - 2009. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 91-104. ISBN 978-80-02-02258-9.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., ŠIMEK, P., NOVÁK, M., KOMÁREK, M. Radioactive contamination of the Ploučnice River basin from uranium mining and its changes over the period 1992-2009. In Ing. Jiří Nedoma Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích. Teplice, 4.10.2010. Chomutov : Povodí Ohře, státní podnik, 2010, s. 238-238. ISBN N.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., ŠIMONEK, P. Vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi. VTEI, 2006, roč. 48, č. 1, s. 6-9. ISSN 0322-8916.

HANSLÍK, E., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., IVANOVÁ, D., KALINOVÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., ŠIMONEK, P. Observed half-lives of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in hydrosphere in the Vltava River basin (Bohemia). Journal of Environmental Radioactivity, 2005, roč. 81, č. 2-3, s. 307-320. ISSN 0265-931X.

HANSLÍK, E., KALINOVÁ, E., BRTVOVÁ, M., IVANOVÁ, D., SEDLÁŘOVÁ, B., SVOBODOVÁ, J., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., RIEDER, M., MEDEK, J., FOREJT, K., VONDRÁK, L., JAHN, K., JUSKO, J. Radium isotopes in river sediments of Czech Republic. Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters, 2005, roč. 35, č. 3, s. 177-184. ISSN 0075-9511.

HANSLÍK, E., KALINOVÁ, E., IVANOVÁ, D., BRTVOVÁ, M., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Vývoj kontaminace sedimentů uranovým průmyslem v povodí Ploučnice. In Ing. Pavel Hucko, CSc. Sedimenty vodních toků a nádrží. Bratislava, 11.5.2005. Bratislava : Pobočka SVHS ZSVTS při VÚVH Bratislava, 2005, s. 77-83. ISBN 80-89062-41-5.

HANSLÍK, E., KALINOVÁ, E., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Activity Ratio $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ as Indicator of River Bottom Sediment Radioactive Contamination due to Uranium Mining and Milling in Czechia [CD-ROM]. CSIRO Australia, 2005.

HANSLÍK, E., KALINOVÁ, E., KALINOVÁ, M., RIEDER, M., GERŠL, M. Požadavky na radiologické metody při sledování povrchových vod v rámci monitorovací sítě ČHMÚ. In Hanslík, E., Pecinová, A. Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r. o., 2005, s. 67-72. ISBN 80-86832-10-4.

HANSLÍK, E., KLUGANOSTOVÁ, M., IVANOVÁ, D. Možnosti stanovení radioaktivních látek v pracích vodách z úpravy vody. In Diana Ivanovová XIV. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH. Srní, 17.9.2007. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2007, s. 31-38. ISBN 978-80-85900-77-4.

HANSLÍK, E., NOVÁK, M. Radiologické ukazatele v nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.. In RNDr. Jana Merešová, PhD. XV. KONZULTAČNÉ DNI PRACOVNÍKOV VODOHOSPODÁŘSKÝCH RÁDIOLOGICKÝCH LABORATÓRIÍ. Červený Kláštor, Slovensko, 23.9.2008. Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave, 2008, s. 7-9. ISBN 978-80-89062-60.

HANSLÍK, E., PECINOVÁ, A. Radiologické metody v hydrodfeře 07. Litomyšl, Česká republika. 10.5.2007 — 11.5.2007

HANSLÍK, E., ŠIMONEK, P. Odtok aktivity cesia 137 z České republiky za období 1986-2005. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 77-83. ISBN 80-02-01841-9.

HANSLÍK, E., ŠIMONEK, P., MEDEK, J., FOREJT, K., VONDRÁK, L., PIŠTĚKOVÁ, M., JUSKO, J. Kontaminace povrchových vod po havárii v Černobylu a současný stav. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 5-11. ISBN 80-02-01841-9.

HANSLÍK, E., ŠTASTNÝ, V., IVANOVÁ, D. Požadavky na vypouštění odpadních vod z úpravy podzemních vod z hlediska kontaminace přírodními radioaktivními látkami. In Diana Ivanovová XVI.

KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Mikulov, 5.10.2009. Praha : Vydal Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., 2009, s. 73-76. ISBN 978-80-85900-99-6.

HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JURANOVÁ, E., KLUGANOSTOVÁ, M., ŠIMONEK, P., VANĚČEK, I., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V. Impact of NPP Temelín on hydrosphere – prognosis and experiences from pilot operation. In Křiváčková Olga Nuclear Energetic and Environment, Proceedingsof an international scientific conference. České Budějovice, 6.2.2007. České Budějovice : University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture;Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Environment, 2007, s. 15-16. ISBN 978-80-213-1614-8.

HAVEL, L., DESORTOVÁ, B. Výsledky hydrobiologických rozborů surové a upravené vody v MPZ. In Jana Ambrožová, PhD., Petra Tustá Vodárenská biologie 2005. Praha, 2.2.2005. Praha : Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2005, s. 139-141. ISBN 80-86832-07-4.

HAVEL, L., KAŠPÁREK, L., VLASÁK, P. Hydric re-cultivation of the residual mining pits - theory and praxis. In Neuveden Extractive Industry and the Environment in Central Europe, EIECE 2007. Brno, 12.9.2007. Brno : Těžební unie, 2007, s. 12-19. ISBN 1802-5870.

HAVEL, L., VLASÁK, P. Hydrická rekultivace zbytkové jámy Chabařovice - vývoj kvality vody. In Moučková, Petra Těžba a její dopady na životní prostředí. Lísek, Bystřice nad Pernštejnem, 21.3.2006. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2006, s. 78-82. ISBN 80-86832-18-X.

HAVEL, L., VLASÁK, P. Zatápění zbytkové jámy Chabařovice - vývoj mělkého jezera v podmínkách uhelné pánve. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference ČLS a SLS. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 95-96. ISBN 80-239-7257-X.

HAVEL, L., VLASÁK, P., ARONOVÁ, K. Temporal and spatial changes of the Bílina River Ecosystem (Northwest Bohemia, Czech Republic). In Luigi Naselli-Flores SEFS-5, Fifth Symposium for Freshwater Sciences. Palermo, Italy, 8.7.2007. Palermo, Italy : European Federation for Freshwater Sciences, 2007, s. 210-210. ISBN N.

HAVEL, L., VLASÁK, P., JURAJDA, P., ADÁMEK, Z., FRANČEOVÁ, A. Nutrients, phytoplankton, zooplankton and fish stock development during flooding of the Chabařovice residual mining pit. In Gliwicz, M. Fourth Symposium for European Freshwater Sciences. Jagiellonian University, Krakow, Poland, 22.8.2005. Krakow : Polish Academy of Sciences, 2005, s. 78-78. ISBN N.

HAVEL, L., VLASÁK, P., KOHUŠOVÁ, K. Jezero Chabařovice – první řízené zatápění zbytkové jámy po těžbě uhlí v ČR. In Internationale Kommission zum Schutz der Elbe Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburk, Německo, 7.10.2008. Magdeburg : Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), 2008, s. 163-165. ISBN N.

HLADNÝ, J., KAŠPÁREK, L., KRÁTKÁ, M., KNĚŽEK, M., MARTÍNKOVÁ, M. Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002. Praha : MŽP, 2005, 68 s., ISBN 80-7212-350-5.

HORÁČEK, S., KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O. Estimation of climate change impact on water resources by using Bilan water balance model. In Mitja Brilly, Mojca Šraj XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Bled, 2.6.2008. Ljubljana : Slovenian National Committee for the IHP Unesco, 2008, s. 105-105. ISBN 978-961-91090-3-8.

HORÁČEK, S., KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O. Estimation of climate change impact on water resources by using Bilan water balance model. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2008, roč. 2008, č. 4, s. 56-62. ISSN 1755-1307.

HORÁČEK, S., RAKOVEC, O., KAŠPÁREK, L., VIZINA, A. Vývoj modelu hydrologické bilance - BILAN. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádné číslo), 2009, roč. 51, č. I, s. 2-5. ISSN 0322-8916.

HORÁČEK, S., KAŠPÁREK, L., ŠERCL, P. Katastrofální povodeň 8. července 1927 v povodí Gotteuby a Müglitz - rekonstrukce a modelování průtoků. In . Bratislava, 13.11.2007. : , 2007, s. -. ISBN .

HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H. Hygienická rizika spojená se zemědělským hospodařením na rybnících. In Prokšová M., Seman M. Mikrobiológia vody a prostredia 2006. Poprad, Slovenská republika, 29.9.2006. Bratislava : Univerzita Komenského Bratislava, 2006, s. 43-49. ISBN 80-223-2261-X.

- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H.** Mikrobiální kontaminace vody v kejdovaných rybnících. In Dana Baudišová Sborník referátů přednesených na semináři Mikrobiologie vody a prostředí 2008. Luhačovice, 17.9.2008. Praha : Československá společnost mikrobiologická, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i, 2008, s. 43-47. ISBN 978-80-254-3072-9.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H.** Střevní patogeny ve vodách - výskyt, izolace, identifikace. In Lenka Kröpfelová, Jana Šulcová Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Praha : Česká limnologická společnost, 2009, s. 88-89. ISBN 978-80-254-4698-0.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H.** The impact of fish farming on microbial water quality of fishponds. In FEMS 2009, 3rd Congress of European Microbiologists, Abstracts. Göteborg, 28.6.2009. : FEMS, Kenes International, 2009, s. -. ISBN .
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H.** Vliv aplikace kejdy na mikrobiální kvalitu vody v rybnících. In Abstrakty. Bulletin Československé společnosti mikrobiologické. Liberec, 2.10.2007. Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2007, s. 292-292. ISBN 0009-0646.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H.** Zhodnocení metod používaných pro izolaci bakteriální DNA z čistých kultur a vzorků vod za účelem identifikace vodou přenášených patogenů. In Abstract. Watermicro 2007. Tokyo, Japonsko, 9.9.2007. Tokyo : IWA, 2007, s. 160-160. ISBN N.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNEK, P.** Evaluation of methods for isolation of DNA for PCR based identification of pathogenic bacteria from pure cultures and water samples. Water Science and Technology, 2008, roč. 58, č. 5, s. 995-999. ISSN 0273-1223.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNEK, P.** PCR identification of water-borne pathogens. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference ČLS a SLS. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 40-40. ISBN 80-239-7257-X.
- HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNEK, P.** Specific detection of Escherichia coli isolated from water samples using polymerase chain reaction targeting four genes: cytochrome bd complex, lactose permease, beta-D-glucuronidase, and beta-D-galactosidase. Journal of Applied Microbiology, 2008, roč. 105, č. 4, s. 970-976. ISSN 1364-5072.
- HORKÝ, P., KULÍŠKOVÁ, P., SLAVÍK, O.** Úspěšnost přirozené reprodukce ryb na dolním úseku řeky Labe. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 7-8. ISSN 0322-8916.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O.** Chování kaprovitých ryb pod jezem určené metodou radiotelemetrie. In Vykusová, B. IX. česká ichtyologická konference; sborník příspěvků. Vodňany, 4.5.2006. České Budějovice : JU České Budějovice, VÚRH, 2006, s. 26-29. ISBN 80-85887-57-6.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O.** Vliv tepelného znečištění na prostorovou distribuci ryb. In Kubala P., Beneš J., Malegová A. 12. Magdeburský seminář o ochraně vod. Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, 2006, s. 97-98. ISBN N.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., KOLÁŘOVÁ, J., RANDÁK, T.** Behavioural pattern in cyprinid fish below a weir as detected by radio telemetry. Journal of Applied Ichthyology, 2007, roč. 23, č. 6, s. 679-683. ISSN 0175-8659.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., KOLÁŘOVÁ, J., RANDÁK, T.** Docksides as winter habitats of chub and pikeperch in. FUNDAMENTAL AND APPLIED LIMNOLOGY, 2007, roč. 168, č. 3, s. 281-287. ISSN 1863-9135.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., KOLÁŘOVÁ, J., RANDÁK, T.** The effect of the moon phase and seasonality on the behaviour. Folia Zoologica, 2006, roč. 55, č. 4, s. 411-417. ISSN 0139-7893.
- HORKÝ, P., SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., KOLÁŘOVÁ, J., RANDÁK, T.** The relationship between spatial distribution in the riverine pikeperch Sander lucioperca (L.) and the light intensity. In Javier Lobon-Cervia, Gustavo Gonzales, M. Teresa L Ecology of Stream Fish: State of the Art and Future Prospects II. Leon, Spain, 12.6.2006. [S.l.] : Javier Lobón : Gráficas Celarayn, S. A., 2006, s. 45-45. ISBN N.
- HRABÁNKOVÁ, A.** Informace o revizi plnění nitrátové směrnice. In Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost Podzemní voda ve vodoprávním řízení IV.. Klub techniků, Praha, 12.10.2007. Praha : Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2007, s. 49-54. ISBN 978-80-02-01972-5.

HRABÁNKOVÁ, A., PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P. Návrh Nařízení vlády č. 219/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č.103/2003Sb.,o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech. : Nařízení vlády č.103/2003 Sb. ve znění nařízení vlády č.219/2007 Sb. [, 2007]

HRABÁNKOVÁ, A., PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P. Návrh Nařízení vlády č. 219/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č.103/2003Sb.,o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech. : Nařízení vlády č.103/2003 Sb. ve znění nařízení vlády č.219/2007 Sb. [, 2007]

HRABÁNKOVÁ, A.,PRCHALOVÁ, H.,ROSENDORF, P. Návrh revidovaného vymezení zranitelných oblastí podle nařízení vlády č.103/2003 Sb.. VTEI , příloha Vodní hospodářství 6/2007, 2007, roč. 2007, č. 2, s. 1-3. ISSN 0322-8916.

HRKAL, Z., FOTTOVÁ, D. ROSENDORF, P. The relationship between the quality of ground waters and the forest cover in regions affected by high levels of acid atmospheric deposition – a case study of the Krušné hory Mts., Czech Republic. Polish Journal of Environmental Studies, 2009, roč. 18, č. 6, s. 1001-1010. ISSN 1230-1485.

HRKAL, Z., GADALIA, A., RIGAUDIERE, P. Will the river Irtys survive the year 2030? Impact of long-term unsuitable land use and water management of the upper stretch of the river catchment (North Kazakhstan). Environmental Geology, 2006, roč. 52, č. 1, s. 1-7. ISSN 0943-0105.

HRKAL, Z., KOBR, M., NEDVĚDOVÁ, E., TESAŘ, M., VILHELM, Z. Impact of global climate change on transmissivity of shallow hard-rock aquifers. Acta Universitatis Wratislaviensis, 2007, roč. 2007, č. 3041, s. 193-207. ISSN 0168-9274.

HRKAL, Z., MILICKÝ, M., TESAŘ, M. Climate change in Central Europe and the sensitivity of the hard rock aquifer in the Bohemian Massif to decline of recharge, case study from the Bohemian Massif. Environmental Earth Sciences, 2009, roč. 59, č. 3, s. 703-713. ISSN 1866-6280.

HRKAL, Z., PRCHALOVÁ, H., FOTTOVÁ, D. Trends in impact of acidification on groundwater bodies in the Czech Republic; an estimation of atmospheric deposition at the horizon 2015. Journal of Atmospheric Chemistry, 2006, roč. 53, č. 1, s. 1-12. ISSN 0167-7764.

HRNČÍŘ, M., ŠANDA, M., KULASOVÁ A., CÍSLEROVÁ M. Runoff formation in a small catchment at hillslope and catchment scales. Hydrological Processes, 2010, roč. 24, č. 16, s. 2248-2256. ISSN 0885-6087.

HUBAČÍKOVÁ, V., ROZKOŠNÝ, M. Využití odpadů z kořenových čistíren odpadních vod s ohledem na obsah polutantů a živin. In Kotovicová, J. Odpady biodegradabilní - energetické a materiálové využití - III. ročník konference. Brno, 6.11.2008. Brno : MZLU, 2008, s. -. ISBN 978-80-7375-229-3.

HUBÁČKOVÁ, J. Živel voda. Kynčl,R., Matoušková,M., Popovský,J., Tvrdková,V (ed.) Praha: Agentura Koniklec 2005. [Kap] Voda životní prostředí člověka - Kanalizace a čistírny, -. ISBN 80-902606-6-7.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny biochemické spotřeby kyslíku (BSK5) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny celkové objemové aktivity beta (cβ) v letech 1997 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny chemické spotřeby kyslíku (CHSKCr) v letech 1998 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH4+) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) v letech 1997 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace dusičnanového dusíku (N-N03-) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace fosforečnanového fosforu (P-PO43-) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace mědi (Cu) v letech 1997 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace nerozpuštěných látek (NL105) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010.. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace rozpuštěných látek sušených (RL105) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace rozpuštěných látek žíhaných (RL550) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace síranů (SO42-) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny koncentrace vápníku (Ca) v letech 1991 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., DZURÁKOVÁ M., KOČKOVÁ E., MLEJNKOVÁ H., HANSLÍK E., MAREŠOVÁ D., NOVÁKOVÁ H. Ovlivnění řeky Jihlavy provozem Jaderné elektrárny Dukovany. Změny objemové aktivity tritia (3H) v letech 1997 - 2000 a 2001 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., MLEJNKOVÁ H., MOJŽÍŠKOVÁ H., ŽÁKOVÁ Z. A KOČKOVÁ E. Vliv těžby a úpravy uranové rudy na ekosystémy vodních toků ve střední části povodí řeky Svratky. In Grohmanová L. Ekologie krajiny v ČR - Těžba nerostných surovin a ochrana přírody. Horka nad Moravou, 14.9.2007. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2007, s. 73-83. ISBN 978-80-87154-08-3.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Dzuráková Zatížení povodí Hadůvky uranem a dopad na jakost vod řeky Bobrůvky - srovnání stavu v letech 1996 a 2007. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Zatížení povodí Bobrůvky radiem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2007 - 2009. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Zatížení povodí Bobrůvky uranem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2007 - 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Zatížení povodí Hadůvky radiem a dopad na jakost vod řeky Bobrůvky - srovnání stavu v letech 1996 a 2007. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Zatížení povodí Nedvědičky uranem a dopad na jakost vod řeky Svratky - srovnání stavu v letech 1994 - 1996 a 2010. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ H., ROZKOŠNÝ M. , DZURÁKOVÁ M. Zatížení střední části povodí řeky Svratky uranem Unat v letech 2003 - 2011. 2011, , 0.0.0000.

HUDCOVÁ, H., BERNARDOVÁ, I. Společný průzkum Dunaje 2 - největší expedice na velkém toku v roce 2007. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2008, 2008, roč. 50, č. 6, s. 5-9. ISSN 0322-8916.

HUDCOVÁ, H., BERNARDOVÁ, I., REMENÁROVÁ, D. Joint Danube Survey 2 - The World Most Progressive River Survey in 2007. In Magdeburský seminář o ochraně vod 2008. Magdeburk, 7.10.2008. Wernigerode : Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 2008, s. 150-151. ISBN .

HUDCOVÁ, H., IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. RADIOAKTIVNÍ LÁTKY V ŘECE JIHLAVĚ A NÁDRŽÍCH DALEŠICE A MOHELNO V SOUVISLOSTI S PROVOZEM JE DUKOVANY. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 19-28. ISBN 978-80-02-02258-9.

HUDCOVÁ, H., IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Vliv jaderné elektrárny Dukovany na obsah radioaktivních látek v řece Jihlavě a nádržích Dalešice a Mohelno v období 2001–2009. VTEI, 2010, roč. 52, č. 4/2010, s. 9-12. ISSN 0322-8916.

HUDCOVÁ, H., KOČKOVÁ, E., MLEJNKOVÁ, H., ŽÁKOVÁ, Z., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D. Vliv jaderné elektrárny Dukovany na jakost vody v řece Jihlavě a soustavě nádrží Dalešice a Mohelno v letech 2001 - 2007. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, VÚV, 2008, s. 25-36. ISBN 978-80-02-02068-4.

HUDCOVÁ, H., MLEJNKOVÁ, H., MOJŽÍŠKOVÁ, H., ŽÁKOVÁ, Z. A KOČKOVÁ, E. Hodnocení ovlivnění vodního prostředí těžbou uranu v povodí řeky Svratky. In Jarmila Měkotořová, Otakar Štěrba Říční krajina 5. Olomouc, 17.10.2007. Olomouc : Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí, 2007, s. 90-99. ISBN 978-80-244-1890-2.

HUDCOVÁ, H., MLEJNKOVÁ, H., MOJŽÍŠKOVÁ, H., ŽÁKOVÁ, Z. Monitoring zátěže hydrosféry uranovým průmyslem ve střední části povodí řeky Svratky. VTEI, 2007, roč. 49, č. 3, s. 6-8. ISSN 0322-8916.

HUDCOVÁ, H., MOJŽÍŠKOVÁ, H., BADUROVÁ, J., ROZKOŠNÝ, M., SEDLÁČEK, P., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R. Monitoring of the uranium mining industry impact on the water ecosystem in the middle part of the Svratka River Basin. In Rapantová N., Hrkal Z. Proceedings of the 10th IMWA Congress 2008. Mine water and the environment. Karlovy Vary, 2.6.2008. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, 2008, s. 205-208. ISBN 978-80-248-1767-5.

HUDCOVÁ, H., ROZKOŠNÝ, M., BADUROVÁ, J., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R. Dopad bývalé těžby uranu na ložisku Olší na vodní ekosystémy. In The Swedish Association of Mines . Skellefteå, Sweden, 23.6.2009. : The Swedish Association of Mines, Mineral and Metal Producers, The International Network for Acid Prevention, 2009, s. -. ISBN N.

HUDCOVÁ, H., ROZKOŠNÝ, M., BADUROVÁ, J., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R. Posouzení ovlivnění vodních toků po ukončení těžby uranu v oblasti ložiska Olší. Vodní hospodářství, 2009, roč. 59, č. 11, s. 389-392. ISSN 1211-0760.

HUDCOVÁ, H., ROZKOŠNÝ, M., BADUROVÁ, J., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R. Impact of former uranium mining in the Olší mine area (Czech Republic) on the water ecosystems. In The International Mine Water Association International Mine Water Conference. Pretoria, South Africa, 19.10.2009. Pretoria, South Africa : Document Transformation Technologies, 2009, s. -. ISBN 978-0-9802623-5-3.

HUDCOVÁ, H., ROZKOŠNÝ, M., BADUROVÁ, J., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R., FUNKOVÁ, R. Vliv uranového průmyslu na vodní ekosystémy v povodí řeky Svratky. In Hanslík, E. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 109-116. ISBN 978-80-02-02258-9.

HYÁNKOVÁ, E., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M., ŠÁLEK, J. The Knowledge Based on the Research of the Filtration Properties of the Filter Media and on the Determination of Causes of Colmatation. In Dias, V., Vymazal, J. (eds.) 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Lisbon, Portugal, 24.9.2006. London : IWA Publishing, 2006, s. 1331-1338. ISBN 989-20-0361-6.

HYÁNKOVÁ, E., ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. The Knowledge Gained by the Research of the Substrate Clogging of Natural and Artificial Types of Wetlands. In De Pauw, N., Tack, F. et al. International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control. Gent, Belgie, 4.9.2005. Gent : Universiteit Gent, 2005, s. 242-243. ISBN N.

CHRASTINA, D. Stanovení paraquat a diquat-dibromidu ve vodách metodou ITP-CZE. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12 / 2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 7-9. ISSN 0322-8916.

I. POHLOVÁ, D. MAREŠOVÁ, E. HANSLÍK Porovnání různých postupů stanovení celkové objemové aktivity alfa z hlediska ztrát polonia-210. In Diana Marešová XVII. KONZULTAČNÍ DNY PRO

PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Trosky, 21.9.2010. Praha : VÚV TGM, v.v.i., 2011, s. 66-70. ISBN 978-80-87402-10-8.

IVANOVÁ, D. A KOL. ČSN 75 7623 Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 09. Žďár nad Sázavou, 5.5.2009. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2009, s. 8-9. ISBN 978-80-86832-43-2.

IVANOVÁ, D. Činnost měřicích míst kontaminace vody RMS ČR při havarijní situaci, zkušenosti ze zatěžovacích cvičení. In Diana Ivanovová XIV. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH. Srní, 17.9.2007. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2007, s. 23-26. ISBN 978-80-85900-77-4.

IVANOVÁ, D. ČSN 75 7626 Jakost vod – Stanovení polonia 210. In Hanslík Eduard, Pecinová Alena Radiologické metody v hydrodféře 07. Litomyšl, 10.5.2007. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s.r.o., 2007, s. 10-12. ISBN 978-80-86832-25-8.

IVANOVÁ, D. Zkušenosti z účasti na MPZ pořádaných MAAE. In Diana Ivanovová XIV. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH. Srní, 17.9.2007. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2007, s. 52-55. ISBN 978-80-85900-77-4.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Bioaccumulation of ¹³⁷Cs in fish in ORLÍK reservoir (South Bohemia) during the period 1990 -2007. In Mihály Szilágyi, Klára Szentmihályi Trace elements in the food chain Vol. 3. Deficiency or Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. Budapest, Hungary, 21.5.2009. Budapest, Hungary : Working Committee on Trace Elements of the Hungarian Academy of Sciences (HAS), Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, 2009, s. 177-181. ISBN 978-963-7067-19-8.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Impact of tritium discharges from Temelín Nuclear Power Plant on the Vltava and Elbe Rivers during the period 2001-2009. In Ing. Jiří Nedoma Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích. Teplice, 4.10.2010. Chomutov : Povodí Ohře, státní podnik, 2010, s. 225-225. ISBN .

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. K možnostem stanovení radonu 222 kapalinovou scitilační spektrometrií. In Diana Ivanovová XVI. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Mikulov, 5.10.2009. Praha : Vydal Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., 2009, s. 29-34. ISBN 978-80-85900-99-6.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Kinetics of contaminants transport with wastewater from Temelín NPP using tritium as a tracer. In neuveden Magdeburský seminář o ochraně vod 2008. Magdeburk, Německo, 7.10.2008. Wernigerode, Německo : Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2008, MKOL, 2008, s. 187-187. ISBN N.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Optimalizace podmínek měření radiologických ukazatelů v oblasti velmi nízkých aktivit. In Vladimír Sýkora, Hana Kujalová Sborník 3. konference HYDROANALYTIKA 2009. Hradec Králové, 15.9.2009. ČR : CSLab spol. s r.o., 2009, s. 93-103. ISBN 978-80-254-4823-6.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Spolupráce měřicích míst kontaminace vody v rámci RMS ČR. In Diana Ivanovová XIV. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH. Srní, 17.9.2007. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2007, s. 9-22. ISBN 978-80-85900-77-4.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. STANOVENÍ CELKOVÉ OBJEMOVÉ AKTIVITY ALFA VE VODÁCH SE ZVÝŠENOU MINERALIZACÍ PODLE ČSN 75 7610. In Ing. Pavel Hucko, CSc. Nové analytické metody v chemii vody, Hydrochémia 2008. Bratislava, 14.5.2008. Bratislava : ZSVTS, 2008, s. 98-101. ISBN 978-80-89062-55-3.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E. Vliv JE Temelín na hydrosféru do roku 2009. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 9-18. ISBN 978-80-02-02258-9.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E., JURANOVÁ, E., POHLOVÁ, I., KLUGANOSTOVÁ, M., NOVÁK, M., KOMÁREK, M. Kontaminace říčních sedimentů přírodními a umělými radionuklidy na území České republiky. In Ing. Pavel Hucko, CSc. Sedimenty vodných tokov a nádrží. Bratislava, 5.5.2009. Bratislava : SVS pri VÚVH Bratislava, 2009, s. 91-100. ISBN 978-80-89062-61-4.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E., REIDINGEROVÁ, M., KLUGANOSTOVÁ M. Závislost odezvy impulsů záření alfa a beta na rozprostření odparů vzorku na měřicí misce. In RNDr. Jana Merešová, PhD. XV. KONZULTAČNÉ DNI PRACOVNÍKOV VODOHOSPODÁRSKÝCH RÁDIOLOGICKÝCH LABORATÓRIÍ. Červený Kláštor, Slovensko, 23.9.2008. Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave, 2008, s. 20-25. ISBN 978-80-89062-60.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E., STIERAND P. The assessment of natural and artificial radionuclides in river sediments in the Czech Republic. Sediment Dynamics for a Changing Future, 2010, roč. 2010, č. 337, s. 157-162. ISSN 0144-7815.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E., VANĚČEK, I., NOVÁK, M. Měření pozadí při emanometrickém stanovení objemové aktivity radia 226 bez koncentrování podle TNV 75 7623 v návaznosti na transformaci této normy na ČSN. In RNDr. Jana Merešová, PhD. XV. KONZULTAČNÉ DNI PRACOVNÍKOV VODOHOSPODÁRSKÝCH RÁDIOLOGICKÝCH LABORATÓRIÍ. Červený Kláštor, Slovensko, 23.9.2008. Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave, 2008, s. 10-14. ISBN 978-80-89062-60-7.

IVANOVÁ, D., POHLOVÁ, I., HANSLÍK, E., SVĚTLÍK, I. Ověření ztrát polonia 210 při stanovení celkové objemové aktivity alfa. In Pavel Hucko Nové analytické metody v chemii vody, HYDROCHÉMIA 2010. Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava, 12.5.2010. Bratislava, Slovensko : Slovenská vodohospodárska spoločnosť, 2010, s. 155-160. ISBN 978-80-89062-68-3.

IVANOVÁ, D., ŠVADLENKOVÁ, M. Biomonitoring radioaktivity řeky Vltavy pod JE Temelín. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 31-34. ISBN 80-02-01841-9.

IVANOVÁ, D., HANSLÍK, E., VRŠKOVÁ, M. XIV. Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských laboratoří. Srní, Česká republika. 17.9.2007 — 20.9.2007

JANOVSKÁ, H., KUBOŠOVÁ, K., SOLDÁN, T., ZAHŘÁDKOVÁ, S., JARKOVSKÝ, J., BARTUŠEK, P., OPATŘILOVÁ, L. Environmentální profily jepic (Ephemeroptera) České republiky. In Kropfelová Lenka a Šulcová Jana Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Třeboň : Česká limnologická společnost, 2009, s. 110-110. ISBN 978-80-254-4698-0.

JIRÁKOVÁ, H., HUNEAU, F., CELLE-JEANTON, H., HRKAL, Z., LECOUSTUMER, P. Paleoaerohydrogeology of the deep aquifers of the Northern Aquitaine Region (France), emphasis on the palaeorecharge conditions. Journal of Hydrology, 2009, roč. 368, č. 1-4, s. 1-16. ISSN 0022-1694.

JIRÁKOVÁ, H., HUNEAU, F., HRKAL, Z., CELLE-JEANTON, H., LE COUSTUMER, P. Carbon isotopes to constrain the origin and circulation pattern of groundwater in the north-western part of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). Applied Geochemistry, 2010, roč. 25, č. 8, s. 1265-1279. ISSN 0883-2927.

JIRÍ KOKEŠ River channel habitat diversity (RCHD) and macroinvertebrate community. Biologia, 2011, roč. 66, č. 2, s. 195-204. ISSN 0006-3088.

JURAJDA, P., SLAVÍK, O., ADÁMEK, Z. Metodika odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev ryb tekoucích vod. 2010, [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod/\\$FILE/OV-tek_ryby-20060301.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod/$FILE/OV-tek_ryby-20060301.pdf), Ministerstvo životního prostředí ČR, Sekce technické ochrany životního prostředí, odbor ochrany vod 1.11.2010.

JURAJDA, P., SLAVÍK, O., ADÁMEK, Z. MONITORING RYB V TEKOUČÍCH VODÁCH ČR V SOUVISLOSTI S RÁMCOVOU SMĚRNICÍ 2000/60/ES: PLŮDEK NEBO DOSPĚLÉ RYBY?. VTEI, 2010, roč. 60/2010, č. 6, s. 6-8. ISSN 0322-8916.

JURAJDA, P., SLAVÍK, O., WHITE, S., ADÁMEK, Z. Young-of-the-year fish assemblages as an alternative to adult fish monitoring for ecological quality evaluation of running waters. Hydrobiologia, 2010, roč. 644, č. 1, s. 89-101. ISSN 0018-8158.

JURANOVÁ, E., HANSLÍK, E. Změny hodnot ukazatelů jakosti ve vodním hospodářství JE Temelín. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 69-75. ISBN 80-02-01841-9.

JURANOVÁ, E., HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D. Změny hodnot ukazatelů látek ve vodním hospodářství Jaderné elektrárny Temelín. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12. Magdeburský seminář o ochraně vod, Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2006, s. 185-185. ISBN N.

JURANOVÁ, EVA; MAREŠOVÁ, DIANA; HANSLÍK, EDUARD Studie výskytu a chování radioaktivních látek v povodích po ukončení těžby uranových rud. VTEI, 2012, roč. 2012, č. 1, s. -. ISSN .

KALINOVÁ, E. Metrologie v radioanalytických laboratořích - odhad nejistoty stanovení. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 05. Hrotovice, 10.5.2005. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR s. r. o., 2005, s. 12-15. ISBN 80-86832-10-4.

KALINOVÁ, M. A KOL. Mezinárodní spolupráce v oblasti hraničních vod. Výzkumná zpráva. Praha : MŽP, 2005, 30 s.

KALINOVÁ, M. A KOL. Odborná podpora k přípravě prováděcích předpisů zákona č.254/2001 Sb.. Výzkumná zpráva. Praha : MŽP, 2005, 15 s.

KALINOVÁ, M. Celkové hodnocení emisí fosforu a dusíku do povrchových vod. VTEI, 2005, roč. 2005, č. 2, s. 4-6. ISSN 0322-8916.

KALINOVÁ, M. T. G. Masaryk WRI Collection of Papers 2006. Blažková. Š. (ed.). (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] An overall assessment of phosphorus and nitrogen emissions into surface waters, -. ISBN 80-85900-64-5.

KALINOVÁ, M., NESMĚRÁK, I. Analýza dopadů zdrojů znečištění na jakost povrchových vod v obsahu nutrientů. Výzkumná zpráva. Praha : MŽP, 2006, 30 s.

KALINOVÁ, M., NESMĚRÁK, I. Vývoj odnosů nutrientů hraničním profilem Labe-Hřensko/Schmilka a podíl plošných a difúzních zdrojů znečištění na nich. In Mezinárodní komise pro ochranu Labe Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburg, 7.10.2008. Wernigerode : Harzdruckerei GmbH, 2008, s. 189-. ISBN N.

KAŠPÁREK, L. Analýza citlivosti hydrologické bilance na změny srážek a relativní vlhkosti vzduchu při zvyšování teploty vzduchu. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2009, 2009, roč. 51, č. I, s. 3-5. ISSN 0322-8916.

KAŠPÁREK, L. Metody hodnocení účinků protipovodňových opatření na N-leté průtoky. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádné číslo), 2009, roč. 51, č. I, s. 22-25. ISSN 0322-8916.

KAŠPÁREK, L. Metody hodnocení účinků protipovodňových opatření na N-leté průtoky. VTEI-Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2009, roč. 51, č. Mimořádné, s. 22-25. ISSN 0322-8916.

KAŠPÁREK, L. Projevy změny klimatu v hydrologickém režimu krajiny. In K. Vrána, A. Jakubíková Konference krajinné inženýrství 2007. Praha, 20.9.2007. Pardubice : Česká společnost krajinných inženýrů, 2007, s. 24-32. ISBN 978-80-01037-72-0.

KAŠPÁREK, L. Příčiny extrémního poklesu průtoků horní Metuje v roce 2004. In Vojtěch Broža, Alena Jakubíková Sborník příspěvků z konference Workshop Adolfa Patery 2005. Praha, 8.11.2005. Praha : ČVUT FSv - ČVVS, 2005, s. 17-25. ISBN 80-01-03325-2.

KAŠPÁREK, L. Shrnutí poznatků o vlivu fyzicko-geografických charakteristik povodí na základní charakteristiky průtoků. In Blažková, Š. Vybrané výsledky projektu Labe IV 2003-2006, Hydrologická tematika se zaměřením na retenci vody v povodí. Praha, 6.2.2007. Praha : ČSVTS, Praha, 2007, s. 2-9. ISBN 978-80-02-01947-3.

KAŠPÁREK, L., BLAŽKOVÁ, Š., PELÁKOVÁ, M., BAGAL, Z. Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl A: Hydrologie. Výzkumná zpráva. Praha : MŽP, 2005, 232 s.

KAŠPÁREK, L., HANEL, M. Základní Principy metodiky pro stanovení N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními. VTEI - Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. MČ2/2010, s. 1-5. ISSN 0322-8916.

KAŠPÁREK, L., HORÁČEK, S. Model Bilan pro simulaci hydrologické bilance v denním kroku. 2008, VÚV T.G.M..

KAŠPÁREK, L., HORÁČEK, S., HANEL, M. Model hydrologické bilance BILAN v denním časovém kroku. 2009, VÚV T.G.M. v.v.i..

KAŠPÁREK, L., HORÁČEK, S., KAŠPÁREK, J., PISTULKA, J., TREML, P., VÍCENEC, J., VLNAS, R., DRBAL, K. Vývoj matematických modelů hydrologické bilance, identifikace jejich parametrů a ověřování experimentálním výzkumem

KAŠPÁREK, L., KNĚŽEK, V., NOWACKI, F., PROCHÁZKOVÁ, J., UHLÍK, J., TYRALSKI, M., SERAFIN, R. Vodní zdroje vnitrosudetské pánve. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006, 76 s., ISBN 80-85900-58-0.

KAŠPÁREK, L., KNĚŽEK, V., NOWACKI, F., PROCHÁZKOVÁ, J., UHLÍK, J., TYRALSKI, M., SERAFIN, R. Water resources of the Intra-Sudeten basin. Prague : T. G. Masaryk Water Research Institute, 2006, 74 s., ISBN 80-85900-58-0.

KAŠPÁREK, L., KRÁTKÁ, M. Možné vlivy klimatických změn na hydrologické poměry v povodí Moravy. In Kubec J. Evropská vodní cesta Dunaj-Odra-Labe. Zlín, 28.4.2005. Praha : Porta Moravica, 2005, s. 30-37. ISBN N.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O. A method for reducing uncertainty in water balance simulation. In Šárka Blažková, Jana Ředinová Modelling Floods and Droughts. Praha, 14.3.2008. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., 2008, s. 51-56. ISBN 978-80-85900-78-1.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O. Approaches for drought analysis and their application. In Šárka Blažková, Jana Ředinová Modelling Floods and Droughts. Praha, 14.3.2008. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., 2008, s. 63-68. ISBN 978-80-85900-78-1.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O., JENÍČEK, M., BUCHTELA, Š. Influence of large reservoirs in the Elbe River basin on reduction of flood flows. Prague : T. G. Masaryk Water Research Institute, 2006, 55 s., ISBN 80-85900-60-2.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O., JENÍČEK, M., BUCHTELA, Š. Vliv velkých údolních nádrží v povodí Labe na snížení povodňových průtoků. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2005, 44 s., ISBN 80-85900-56-4.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O., PELÁKOVÁ, M. Climate change and water regime in the Czech Republic. Praha : VÚV T.G.M., 2006, 75 s., ISBN 80-85900-63-7.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O., UHLÍK, J. Possible impacts of climate change on groundwater resources and groundwater flow in well developed water bearing aquifers. In Mari Heinonen Climate&Water. Helsinki, 28.9.2007. Helsinki : Finnish Environment Institute, 2007, s. 358-364. ISBN 978-95-21127-90-8.

KAŠPÁREK, L., PELÁKOVÁ, M. Modelování vlivu klimatických změn na hydrologický režim v ČR. Vodní hospodářství, 2006, roč. 56, č. 10, s. 339-342. ISSN 1211-0760.

KAŠPÁREK, L., NOVICKÝ, O. Předpokládané dopady klimatické změny na vodní zdroje v ČR. In RNDr. Ivona Škultétyová, PhD. AQUA 2007 - Zborník prác z vedecko - odbornej konferencie. Trenčín, 20.6.2020. Trenčín : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2007, s. 45-55. ISBN 978-80-227-2692-4.

KATEŘINA UHLÍŘOVÁ, HANA NOVÁKOVÁ Suitability of nationwide airborne laser scanning data for flood inundation modelling. , 2011, č. , s. -. ISSN .

KATEŘINA UHLÍŘOVÁ, HANA NOVÁKOVÁ Využití dat LLS pro identifikaci příčných překážek na vodních tocích, S_030 - Cidlina horní tok, Javorka. 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

KATEŘINA UHLÍŘOVÁ, HANA NOVÁKOVÁ Využití dat LLS pro identifikaci příčných překážek na vodních tocích, S_044 - Labe, Cidlina dolní tok, Výrovka, Šembera, Vlkava. 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

KATEŘINA UHLÍŘOVÁ, HANA NOVÁKOVÁ Využití dat leteckého laserového skenování v příbřežních zónách jako podklad pro vymezení záplavových území. Vodní hospodářství, 2011, roč. 2011, č. 12, s. -. ISSN 1211-0760.

- KATEŘINA UHLÍŘOVÁ, HANA NOVÁKOVÁ** Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – rozvodnice a osy vodních toků. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, č. , s. -. ISSN 0322-8916.
- KLADIVOVÁ, V.** návrh Metodického pokynu MŽP a MZe k zabezpečení plnění programu snížení znečištění povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. 2006, N.
- KLADIVOVÁ, V., KULT, A.** Vodoprávní problematika rybníků – I.. VTEI, 2010, roč. 52, č. 5, s. 1-5. ISSN 0322-8916.
- KLADIVOVÁ, V., KULT, A.** Vodoprávní problematika rybníků – II.. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), 2010, roč. 52, č. 6, s. 1-4. ISSN 0322-8916.
- KLADIVOVÁ, V., KULT, A., SVOBODOVÁ, J.** Problematika jakosti povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb – právní a statistická analýza. VTEI, 2010, roč. 52, č. 2, s. 11-16. ISSN 0322-8916.
- KLADIVOVÁ, V., SVOBODOVÁ, J.** Lososové a kaprové vody. VTEI, 2006, roč. 48, č. 2, s. 10-12. ISSN 0322-8916.
- KNĚŽEK, M., KRÁTKÁ, M.** Kvantifikace režimu podzemních vod při extrémních hydrologických situacích. In Olga Majerčáková, Karel Nacházal, Ján Szolgay Sborník příspěvků z konference Hydrologické dny 2005. Bratislava, 21.9.2005. Bratislava : SHMÚ a Slovenský výbor pre hydrológiu, 2005, s. 525-531. ISBN 80-88907-53-5.
- KOČKOVÁ, E., MLEJNKOVÁ, H., ŽÁKOVÁ, Z.** T. G. Masaryk WRI Collection of Papers 2006. Blažková. Š. (ed.). (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Half a Century of Monitoring Czech-Austrian Transboundary Water Bodies, -. ISBN 80-85900-64-5.
- KOHUŠOVÁ, K., HAVEL, L., VLASÁK, P.** Hydrická rekultivace zbytkové jámy po těžbě uhlí - počáteční stav. In Internationale Kommission zum Schutz der Elbe Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburk, Německo, 7.10.2008. Magdeburg : Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), 2008, s. 160-162. ISBN N.
- KOKEŠ, J., ZAHŘÁDKOVÁ, S., NĚMEJCOVÁ, D.** Type and site specific approach - two ways of defining reference conditions for Czech streams: pros and cons. In Němejcová, D. River bottom VI. Brno, 19.9.2005. Brno : Masaryk University, 2005, s. 30-30. ISBN N.
- KOKEŠ, J., ZAHŘÁDKOVÁ, S., NĚMEJCOVÁ, D., HODOVSKÝ, J., JARKOVSKÝ, J., SOLDÁN, T.** The PERLA System in the Czech Republic: A Multivariate Approach for Assessing the Ecological Status of Running Waters. Hydrobiologia, 2006, roč. 566, č. 1, s. 343-354. ISSN 0018-8158.
- KOMZÁK, P. & KROČA, J.** New faunistic records of Trichoptera (Insecta) from the Czech Republic, IV. Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae, 2011, roč. 96, č. 1, s. 189-192. ISSN 1211-8788.
- KOMZÁK, P., KROČA, J., BOJKOVÁ, J.** Faunisticky zajímavé nálezy chrostíků (Insecta: Trichoptera) Moravskoslezských Beskyd. Časopis Slezského Muzea. Série A. Vědy přírodní, 2006, roč. 2006, č. 55, s. 73-76. ISSN 1211-3026.
- KOŽENÝ, P.** Vliv desetileté povodně na transport dřevní hmoty uložené v korytě a nivě řeky Blanice. In Jarmila Měkotová, Otakar Štěrba Říční krajina 5. Olomouc, 17.10.2007. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, s. 124;133-. ISBN 978-80-244-1890-2.
- KOŽENÝ, P., SIMON, O.** Analýza naplavené dřevní hmoty na nádrži Znojmo po jarní povodni 2006. In Měkotová, J., Štěrba, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Univerzita Palackého, 2006, s. 111-118. ISBN 80-244-1495-3.
- KOŽENÝ, P., SIMON, O.** Mrtvé dřevo ve vodních tocích – čas změnit zákony?. Příroda. Sborník prací z ochrany přírody, 2010, roč. 2010, č. 27, s. 5-22. ISSN 1211-3603.
- KOŽENÝ, P., SIMON, O., VAJNER, P.** Large woody debris and its mobility in streams in protected areas of Czech Republic. In Nakić, Z. Second international conference on waters in protected areas. Dubrovnik, Croatia, 24.4.2007. Zagreb : Croatian water pollution society, 2007, s. 62-65. ISBN 978-95-39607-11-9.

- KOŽENÝ, P., VAJNER, P., ŽERNÍČKOVÁ, O., SIMON, O.** Stabilita přírodě blízkého zpevnění meandrů Moravy v NPR Vrapač. In Měkotová, J., Štěrba, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Univerzita Palackého, 2006, s. 118-130. ISBN 80-244-1495-3.
- KRÁTKÁ, M.** Voda v České republice. Němec J., Hladný J. (ed.) Praha: Consult Praha 2006. [Kap] Změna klimatu, -. ISBN 80-903482-1-1.
- KRÁTKÁ, M., BOERSEMA, M.** Možnosti zmenšení dopadu klimatické změny na vodní režim ČR výstavbou vodních nádrží. In Vojtěch Broža, Alena Jakubíková Sborník příspěvků z konference Workshop Adolfa Patery 2005. Praha, 8.11.2005. Praha : ČVUT-FSv a ČVVS, 2005, s. 53-59. ISBN 80-01-03325-2.
- KRÁTKÁ, M., KAŠPÁREK, L.** Regionální dopady klimatické změny na hydrologický režim v ČR. In Olga Majerčáková, Karel Nacházel, Ján Szolgay Sborník příspěvků z konference Hydrologické dny 2005. Bratislava, 21.9.2005. Bratislava : SHMÚ, Slovenský výbor pre hydrológiu, 2005, s. 389-394. ISBN 80-88907-53-5.
- KREČMEROVÁ, P., MIČANÍK, T.** Screening vybraných polutantů v odpadních vodách z komunálních zdrojů znečištění v České republice. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10 /2009, 2009, roč. 51, č. 5, s. 11-14. ISSN 0322-8916.
- KREJČÍ, E., SEDLÁČEK, I., BAUDIŠOVÁ, D.** Classification of Brown Pigmented Aeromonads Isolated from River Water. Folia Microbiologica, 2009, roč. 54, č. 2, s. 123-129. ISSN 0015-5632.
- KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M.** Evapotranspirace mokřadních porostů. In Neuveden Sborník konference JUNIORSTAV 2007. Brno, 24.1.2007. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007, s. 226-226. ISBN 978-80-21433-37-3.
- KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M.** Výzkum vlastností mokřadních porostů pro umělé mokřady.. In kolektiv autorů VIII. vedecka konferencia Stavebnej fakulty TU v Košiciach. Košice, Slovensko, 28.5.2007. TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH, Stavebná fakul : Reprocentrum, 2007, s. 131-137. ISBN 978-80-80737-91-7.
- KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M., ŠÁLEK, J.** Koncepce uspořádání malých ČOV využívajících přírodní způsoby čištění. In "ČOV pro objekty v horách" Přírodní řešení nebo high tech?. Pec pod Sněžkou, 19.5.2011. : , 2011, s. 20-29. ISBN .
- KROČA, J.** *Arcynopteryx compacta* (Mac Lachlan, 1872) and *Isogenus nubecula* Newman, 1833 (Plecoptera, Perlodidae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic). Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, č. 2, s. 159-164. ISSN 1211-3026.
- KROČA, J.** *Arcynopteryx compacta* (McLachlan, 1872) - research of critically endangered species in the Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic). In Book of abstracts 2nd European Congress of Conservation Biology. Praha, 1.9.2009. Praha : Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences, 2009, s. 187-187. ISBN 978-80-213-1961-5.
- KROČA, J.** *Leuctra digitata* Kempny, 1899 (Plecoptera: Leuctridae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. and Podbeskydská pahorkatina Upland region of the Czech Republic. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, č. 1, s. 71-75. ISSN 1211-3026.
- KROČA, J.** *Leuctra quadrimaculata* Kis, 1963 (Plecoptera; Leuctridae) in the Moravskoslezské Beskydy Mts. and Javorníky Mts. (Czech Republic). Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2011, roč. 60, č. 1, s. 57-62. ISSN 1211-3026.
- KROČA, J.** Makrozoobentos NPR Razula (Javorníky). In Bryja, Josef; Zukal, Jan Zoologické dny Brno 2006. Brno, 9.2.2006. Brno : Ústav biologie obratlovců AV ČR, 2006, s. 49-50. ISBN 80-903329-4-3.
- KROČA, J.** The first record of *Leuctra bronislawi* (Plecoptera, Leuctridae) in the Czech Republic. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, č. 3, s. 198-202. ISSN 1211-3026.
- KROČA, J.** The change of species composition of stoneflies (Perlidae, Perlodidae) in a longitudinal profile of a small mountain brook. In Němejcová, Denisa River bottom VI. Brno, 19.9.2005. Brno : Masaryk University, 2005, s. 34-34. ISBN N.
- KROČA, J.** Vliv lesního hospodářství na kvalitu odtékající vody z povodí. In M. Bíba Hospodaření v chráněných oblastech přirozené akumulace vod. Skalský dvůr, Lísek, 18.9.2007. Skalský dvůr : Česká lesnická společnost, 2007, s. 21-24. ISBN 978-80-02-01940-4.

- KROČA, J.** Výzkum kriticky ohroženého druhu *Arcynopteryx compacta*, možnosti ochrany a managementu. In Tuf I. H., Kostkan V. Využití výzkumu a monitoringu pro ochranný management. Olomouc, 14.9.2010. Brno : Tribun EU s.r.o., 2010, s. 55-55. ISBN 978-80-7399-994-0.
- KROČA, J., KURAS, T., SKÁCELOVÁ, O.** Výzkum vlivu lesních ekosystémů s různým způsobem obhospodařování na kvalitu odtékající vody – předběžné výsledky. In J. Měkotová Říční krajina 5. Olomouc, 17.10.2007. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, s. 100-110. ISBN 978-80-244-1890-2.
- KROČA, J., SKÁCELOVÁ, O., KURAS, T., UHER, B.** Influence of forest ecosystems on the outflow water quality, fauna and flora – methodical selection of sites, evaluation factors and preliminary results of macrozoobenthos, fyto-bentos and chemical analyses. In Zoran Nakic Second International Conference on Waters in Protected Areas. Dubrovnik, 24.4.2007. Zagreb : Croatian Water Pollution Control Society, 2007, s. 297-301. ISBN 978-95-39607-11-9.
- KUBĚNA, J., BLÁHA, J., HANSLÍK, E., BRTVOVÁ, M.** Nezávislá kontrola JE Temelín v návaznosti na usnesení vlády č. 156/2002. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČVTVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 45-51. ISBN 80-02-01841-9.
- KUBĚNA, J., BLÁHA, J., HANSLÍK, E., KLUGANOSTOVÁ, M.** Přehled sledování JE Temelín v rámci kompetencí ČIŽP za roky 2006 – 2007. In Ing. Eduard Hanslík, CSc. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 5.5.2008. Praha : ČVTVHS, VÚV TGM, 2008, s. 37-44. ISBN 978-80-02-02068-4.
- KUBÍKOVÁ L., SIMON O., FRICOVÁ K.** THE OCCURRENCE OF PISIDIUM SPECIES (SPHAERIIDAE, BIVALVES) IN OLIGOTROPHIC SPRINGS OF THE BLANICE RIVER CATCHMENT (CZECH REPUBLIC) IN RELATION TO ECOLOGICAL CONDITIONS. *Biologia*, 2011, roč. 66, č. 2, s. 299-307. ISSN 0006-3088.
- KUBÍKOVÁ, L., SIMON, O.** Charakteristika a oživení podhorských šumavských pramenišť. *Příroda*, 2009, roč. 28, č. 1, s. 45-60. ISSN 1211-3603.
- KUČERA, J.** Domovní ČOV - výrobek i vodní dílo. In Bodík I., Bodíková E., Hutňan M. Zborník prenášok 5. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou Odpadové vody 2008. Štrbské Pleso, 15.10.2008. Bratislava : AČE SR v Agroinštitútu Nitra, 2008, s. 388-392. ISBN 978-80-89088-68-3.
- KUČERA, J., MLEJNSKÁ, E.** Anaerobní podmínky v kořenových ČOV. In neveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha : ICARIS Conference Management, 2009, s. 295-300. ISBN 978-80-254-4068-1.
- KUČERA, J., WANNER, F.** The Sampling of Discharge from Sequencing Batch Reactor. In Agostina Chiavola, Geneve Farabegoli SBR4 4th Sequencing Batch reactor Conference proceedings. Rome, Italy, 7.4.2008. Rome, Italy : Università degli Studi di Roma La Sapienza, 2008, s. 83-86. ISBN N.
- KUČERA, J., WANNER, F.** Vzorkování odtoku z čistíren s přerušovaným provozem. In Růžičková I. a Wanner J. Sborník přednášek ze 7. mezinárodní konference a výstavy „Odpadní vody“, Brno 18.-20. září 2007. Brno, 18.9.2007. Brno : TA-SERVICE s.r.o., 2007, s. 161-166. ISBN 978-80-239-9618-0.
- KULASOVÁ, A., BLAŽKOVÁ, Š., BUBENÍČKOVÁ, L., HLAVÁČEK, J. A RUPRECHT, D.** Porovnání kvality vody v experimentálním povodí Uhlířská. In Šír, M., Tesař, M. a Lichner, L. Hydrologie malého povodí 2008. Praha, 23.4.2008. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, 2008, s. 169-174. ISBN 978-80-87117-03-3.
- KULASOVÁ, A., BUBENÍČKOVÁ, L., HANCVENCL, R., POBŘÍŠLOVÁ, J., JIRÁK, J., BERCHA, Š.** Experimentální základna Jizerské hory. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2006, roč. 56, č. 2, s. 163-182. ISSN 0042-790X.
- KULT, A.** Povolení k nakládání s vodami podle vodního zákona v souvislosti s některými ustanoveními zákona o integrované prevenci. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10/2008*, 2008, roč. 50, č. 5, s. 7-10. ISSN 0322-8916.
- KULT, A.** Předávání údajů správcům povodí, vodoprávním úřadům a České inspekci životního prostředí a zákon č. 25/1975 Sb. *VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 8/2008*, 2008, roč. 50, č. 4, s. 1-5. ISSN 0322-8916.

- KULT, A.** Sborník prací VÚV T.G.M. 2007. Kalinová, M. (ed.) Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka 2007. [Kap] Vypouštění odpadních vod z nově budovaných satelitních sídlišť a menších obcí do povrchových vod, které nejsou vodními toky ve smyslu § 43 zákona č. 254/2001 Sb., -. ISBN 978-80-85900-76-7.
- KULT, A.** Sborník prací VÚV T.G.M. 2007. Kalinová, M. (ed.) Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka 2007. [Kap] Vybrané základní pojmy vodního práva v historických a věcných souvislostech, -. ISBN 978-80-85900-76-7.
- KULT, A.** Sborník VÚV T.G.M. 2006. Blažková, Š. (ed.) (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Souhrnné zhodnocení doby platnosti a doby vydání vodoprávních rozhodnutí podle údajů získávaných na základě vyhlášky č. 431/2001 Sb. a vyhlášky č. 428/2001 Sb., -. ISBN 80-85900-69-6.
- KULT, A.** Stručný úvod do římského vodního práva a jeho zásad. Vodař, 2008, roč. 2008, č. 4, s. 132-135. ISSN .
- KULT, A.** Tekoucí (povrchová) voda. Právně-filosofický pohled na rozdílné způsoby vymezení ochrany vody a vodního prostředí. Praha : VÚV TGM, 2010, 110 s., ISBN 978-80-87402-07-8.
- KULT, A.** Vodní právo v Českých zemích v období 1870–1955. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 11, s. 383-387. ISSN 1211-0760.
- KULT, A.** Vypouštění znečištění do vod povrchových – způsoby jeho zjišťování a vykazování podle platných právních předpisů a statistických programů. VTEI, 2011, roč. 53, č. 4, s. 14-19. ISSN 0322-8916.
- KULT, A.** Vypouštění do povrchových vod, nebo do vodních toků?. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2008, 2008, roč. 50, č. 6, s. 14-17. ISSN 0322-8916.
- KULT, A.** Vznik pojmu povrchové vody v českém vodním právu. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 1, s. -. ISSN 1211-0760.
- KULT, A.** Zhodnocení doby platnosti vodoprávních rozhodnutí ve vazbě na vypouštění znečištění v České republice za období 2003–2008. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 15-18. ISSN 0322-8916.
- KUPEC, J.** Nízkonákladové semipermeabilní membrány, možnosti laboratorní kalibrace. VTEI , příloha Vodního hospodářství 2/2007, 2007, roč. 49, č. 1, s. 8-11. ISSN 0322-8916.
- KUPEC, J., PAVONIČ, M.** Zavedení monitoringu organických lipofilních mikropolutantů pomocí nízkonákladových semipermeabilních membrán. uplatněná metodika. 2006, VÚV T.G.M..
- KUŽÍLEK, V., JÁNOŠÍKOVÁ, V., SVOBODOVÁ, A.** Použití metod ASE a GPC při analýzách perzistentních organických polutantů v pevných vzorcích vodních ekosystémů. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2008, 2008, roč. 50, č. 3, s. 3-5. ISSN 0322-8916.
- KUŽÍLEK, V., POSPÍCHALOVÁ, D., OČENÁŠKOVÁ, V., SVOBODOVÁ, A., TOLMA, V., JURSIKOVÁ, K.** Sborník prací VÚV T.G.M. 2006. Blažková, Š. (ed.) (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Sledování přítomnosti specifických organických polutantů v pevných vzorcích vodních ekosystémů a potenciačních emisních zdrojů kontaminace, -. ISBN 80-85900-69-6.
- LENKA FREMROVÁ, EDUARD HANSLÍK** NORMY PRO STANOVENÍ RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK VE VZORCÍCH VODY A SOUVISEJÍCÍ NORMY PRO ODBĚR VZORKŮ. In Eduard Hanslík, Alena Pecinová Radiologické metody v hydrosféře 11. Třeboň, 4.5.2011. Semtín : EKOMONITOR spol. s r.o., 2011, s. 64-66. ISBN 978-80-86832-59-3.
- LINHARTOVÁ, I., ZBOŘIL, A.** Charakteristiky vodních toků a povodí ČR. Praha : VÚV T.G. Masaryka, 2006, 150 s., ISBN 80-85900-62-9.
- LOCHOVSKÝ P., HAVEL L.** Kumulace kovů a metaloidů v sedimentech a vybraných makrofytech vodního toku Bíliny. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI), příloha Vodního hospodářství č.4/2011, 2011, roč. 53, č. 2/2011, s. 5-8. ISSN 0322-8916.
- LOCHOVSKÝ P., KUŽÍLEK, V.** Vliv průmyslového areálu Pardubice-Semtín na kvalitu složek vodních ekosystémů Labe z hlediska specifických organických polutantů. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.2/2010, 2010, roč. 52, č. 1, s. 5-9. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ P., POSPÍCHALOVÁ D. Vliv pražské aglomerace na kontaminaci vody a říčních sedimentů Vltavy alkylfenolovými látkami a bisfenolem A. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.6/2010, 2010, roč. 52, č. 3, s. 3-6. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ PETR Pozadové koncentrace říčních sedimentů Labe a jeho významných přítoků pro kovy a metaloidy. VTEI příloha Vodního hospodářství 8/2011, 2011, roč. 53, č. 4, s. 14-16. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ PETR, POSPÍCHALOVÁ DANICA Některé zdroje kontaminace vodního prostředí alkylfenolovými látkami a bisfenolem A. příloha VTEI ve Vodním hospodářství 10/2011, 2011, roč. 53, č. 5, s. 6-8. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P. Charakterizace organických látek ve vodě vodárenské nádrže Fláje z hlediska její upravitelnosti na vodu pitnou. Vodní hospodářství, 2005, roč. 55, č. 2, s. 11-13. ISSN 1211-0760.

LOCHOVSKÝ, P. Procesy na redox rozhraní vod vytékajících z rašelinišť v povodí Flájského potoka v Krušných horách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.4/2010, 2010, roč. 52, č. 2, s. 11-14. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P. Sledování jakosti vody v povodí Flájského potoka v Krušných horách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2008, 2008, roč. 50, č. 6, s. 9-13. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P. Stanovení přirozeného pozadí říčních sedimentů Bíliny pro kovy a metaloidy. In IKSE-MKOL Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburg, 7.10.2008. Magdeburg : Harzdruckerei GmbH Wernigerode, 2008, s. 199-199. ISBN N.

LOCHOVSKÝ, P. Stanovení přirozeného pozadí říčních sedimentů Bíliny pro kovy a metaloidy. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 10/2008, 2008, roč. 50, č. 5, s. 8-12. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P., ECKHARDT, P. Recentní kontaminace říčních sedimentů Jizery kovy a metaloidy v porovnání s přirozeným pozadím. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 19-21. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P., FARSKÝ, M. Problematika síry a síranů v rašelinných vodách Flájského potoka v Krušných horách. VTEI ve Vodním hospodářství č.12/2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 11-15. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P., KOKEŠ, J., KUŽÍLEK, V., SVOBODA, J. Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl C: Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy.. Výzkumná zpráva. Praha : VÚV T.G.M., 2005, 126 s.

LOCHOVSKÝ, P., KULASOVÁ, A., BUBENÍČKOVÁ, L., HANCVENCL, R., POBŘÍŠLOVÁ, J., JIRÁK, J., HLAVÁČEK Quality of Water in the Experimental River Basins. Praha : T.G. Masaryk Water Research Institute, 2005, 20 s., ISBN 80-85900-57-2.

LOCHOVSKÝ, P., KUŽÍLEK, V. Úroveň kontaminace starých sedimentových nánosů Vltavy v plavebním kanálu Praha Podbaba. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 12-15. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P., KUŽÍLEK, V., SVOBODA, J. Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl C: Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy. Výzkumná zpráva. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2007, 118 s.

LOCHOVSKÝ, P., KUŽÍLEK, V., SVOBODA, J. Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl C: Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy. Výzkumná zpráva. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2006, 122 s.

LOCHOVSKÝ, P., POSPÍCHALOVÁ, D. Alkylfenoly, jejich deriváty a bisfenol A v povrchových vodách a ve vodách na odtocích z čistíren odpadních vod. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 3-7. ISSN 0322-8916.

LOCHOVSKÝ, P., POSPÍCHALOVÁ, D., OČENÁŠKOVÁ, V. Výskyt alkylfenolů a alkylfenoethoxylátů ve vodách a sedimentech říčních toků ČR. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12.Magdeburgský seminář o ochraně vod. Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy s.p., 2006, s. 194-195. ISBN N.

LUZAR, T. Dynamics and possibility of prediction of chlorophyll-a concentration in a selected Oder river profile. Časopis Slezského Muzea Opava (A), 2009, roč. 2009, č. 58, s. 27-38. ISSN 1211-3026.

LUZAR, T. Modelování jakosti v řece Lučině. VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. 5, s. 6-9. ISSN 0322-8916.

MARVAN, P., OPATŘILOVÁ, L., FRÁNKOVÁ M. Metody hodnocení fyto-bentosu pro stanovení ekologického stavu řek u nás a sousedních zemích. [CD-ROM]. , 2011.

MATOUŠEK, V. Vývoj součinitele přímého odtoku za déletrvajících dešťů. In V. Broža, A. Jakubíková Workshop Adolfa Patery 2005- Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha, 8.11.2005. Praha : ČVUT Praha, Fakulta stavební a ČVTVHS, 2005, s. 62-70. ISBN 80-01-03325-2.

MATOUŠEK VÁCLAV Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., 2010, 110 s., ISBN 978-80-87402-08-5.

MATOUŠEK, V. Evaluation of runoff properties of small watersheds hit by regional rainfalls. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 2010, roč. 2011, č. 2, s. -. ISSN 0042-790X.

MATOUŠEK, V. Extrémní povodeň z malé lokální srážky. In Jakubíková, A., Broža, V. Workshop Adolfa Patery 2006- Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha, 15.11.2006. Praha : ČVUT, FSv a ČVTVHS, 2006, s. 37-44. ISBN 80-01-03603-0.

MATOUŠEK, V. Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2009, 2009, roč. 51, č. 1, s. 12-16. ISSN 0322-8916.

MATOUŠEK, V. Jak způsobuje hydraulicky nevhodné koryto vodního toku povodeň. VTEI, příloha Vodního hospodářství 2/2007, 2007, roč. 49, č. 2, s. 4-7. ISSN 0322-8916.

MATOUŠEK, V. Ledový režim vodních toků s kamenitým dnem. In Čadek P. X. sympóziem Ľadový a teplotný režim vodných tokov a nádrží. Banská Bystrica, 25.4.2007. Banská Bystrica : Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., 2007, s. 55-73. ISBN 978-80-89090-27-3.

MATOUŠEK, V. Nejistoty při měření průtoku ve vodměrných stanicích v zimním období. In Čadek P. X. sympóziem Ľadový a teplotný režim vodných tokov a nádrží. Banská Bystrica, 25.4.2007. Banská Bystrica : Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., 2007, s. 74-87. ISBN 978-80-89090-27-3.

MATOUŠEK, V. Porovnání odtoku na tocích Jizerských hor za povodně 13. 8. 2002 - vliv lesa, rozlivu a retenčním vodní kapacity půdy na odtok. In Česká společnost krajinných inženýrů Konference Krajinné inženýrství 2009. Česká zemědělská univerzita v Praze, 10.11.2009. Praha : Česká společnost krajinných inženýrů, 2009, s. 85-101. ISBN 978-80-903258-8-3.

MATOUŠEK, V. Poznatky z povodní na horní Blanici. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2009, 2009, roč. 51, č. 3, s. 17-20. ISSN 0322-8916.

MATOUŠEK, V. Příčiny povodní a řešení ochrany před povodněmi úpravou krajiny. In MŽP ČR Seminář Péče o krajinu ČR v praxi. Průhonice, 1.6.2010. Praha : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2010, s. Dod. 1-27. ISBN .

MATOUŠEK, V. Revitalizace toků a povodňová ochrana na malých povodích - význam vlastností koryta. In neveden Voda v krajině 21. století: sborník z konference Krajinné inženýrství 2005. Pardubice, 8.12.2005. Praha : Česká společnost krajinných inženýrů a další, 2005, s. 68-78. ISBN 80-903258-4-X.

MATOUŠEK, V. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění před povodněmi. Just Tomáš (ed.) Praha: Český svaz ochránců přírody 2006. [Kap] Vliv koryta vodního toku a údolní nivy na velikost a průběh povodní, -. ISBN 80-239-6351-1.

MATOUŠEK, V., BLAŽKOVÁ, Š. (EDS.) T.G. Masaryk Water Research Institute Collection of Papers 2006. Prague : T.G.Masaryk Water Research Institute, Prague, 2006, 116 s., ISBN 80-85900-64-5.

MATOUŠOVÁ, L., VÁŇA, M., HUBÁČKOVÁ, J., FUKSA, J. Účinnost procesů úpravy vody na odstraňování farmak. In Jana Říhová Ambrožová, Jana Veselá Vodárenská biologie 2011. Praha, 2.2.2011. Chrudim : Vodní zdroje EKOMONITOR spol.s.r.o., 2011, s. 185-188. ISBN 978-80-86832-56-2.

MIČANÍK, T. Program na snížení znečištění povrchových vod nebezpečnými látkami. VTEI, 2005, roč. 47, č. 3, s. 7-9. ISSN 0322-8916.

MIČANÍK, T., KRISTOVÁ, A., MUCALA, M. Směrnice o znečištění způsobeném určitými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství 76/464/EHS, novela

směrnice, programy opatření, registr.. In Neuveden Nová legislativa v oboru vodního hospodářství.. Brno, 23.5.2006. Brno : Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR - SOVAK ČR, 2006, s. 8-15. ISBN N.

MIČANÍK, T., KUČERA, J., BELDA, J., SÝKORA F. Nová evropská legislativa o normách environmentální kvality v kontextu určení přechodných oblastí překračování.. In Vodní toky 2007. Hradec Králové, 20.11.2007. : Lesnická práce, s.r.o., 2007, s. 116-123. ISBN 978-80-87154-03-8.

MIČANÍK, T., KUČERA, J., SÝKORA, F., BELDA, J., ŠAJER, J. Problematika stanovení mísicí zóny v kontextu návrhu směrnice ES o normách environmentální kvality a o změně směrnice 2000/60/ES. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2008, 2008, roč. 50, č. 2, s. 1-3. ISSN 0322-8916.

MIČANÍK, T., SÝKORA, F., KRISTOVÁ, A. Program na snížení znečištění povrchových vod - rtuť a její sloučeniny. 2008, VÚV T.G.M.,v.v.i., OOV MŽP 20.11.2008.

MIČANÍK, T., SÝKORA, F., ŠAJER, J. Metodický návod na určení mísicích zón povrchových vod na území ČR. 2008, VÚV T.G.M.,v.v.i., OOV MŽP 20.11.2008.

MIČANÍK, T., SÝKORA, F., TRUXOVÁ, I., CHRASTINA, D., KADLČÍKOVÁ, M., CSÉRI, L. Studium kinetiky sorpce polyaromatických uhlovodíků, kadmia a rtuti na vybrané typy pevných matric a říční sediment. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 3, s. 29-31. ISSN 0322-8916.

MIČANÍK, T., VYSKOČ, P., RICHTER, P., FILIPPI, R. První vyhodnocení jakosti povrchových vod z hlediska plnění norem environmentální kvality pro prioritní látky a některé další znečišťující látky podle novelizovaného nařízení vlády č. 61/2003 Sb.. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 3/2011, s. 20-23. ISSN 0322-8916.

MIČANÍK, T., VYSKOČ, P., RICHTER, P., FILIPPI, R. Vyhodnocení jakosti povrchových vod ČR - prioritní látky podle SR 2008/105/ES. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2010.

MLEJNKOVÁ H., HORÁKOVÁ K. Rozdíly ve struktuře mikrobiálních společenstev povrchových vod vlivem sezónních změn a míry znečištění. In Lenka Kröpfelová, Jana Šulcová Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Praha : Česká limnologická společnost, 2009, s. 191-192. ISBN 978-80-254-4698-0.

MLEJNKOVÁ H., SEDLÁČEK P., ŽÁKOVÁ Z. 30 let sledování vlivu energeticky využívané soustavy nádrží Dalešice-Mohelno na změny hydrobiologických ukazatelů řeky Jihlavy. In Lenka Kröpfelová, Jana Šulcová Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Praha : Česká limnologická společnost, 2009, s. 193-194. ISBN 978-80-254-4698-0.

MLEJNKOVÁ H., SOVOVÁ K. Impact of pollution and seasonal changes on microbial community structure in surface water. Water, Science and Technology, 2009, roč. 61, č. 11, s. 2787-2795. ISSN 0273-1223.

MLEJNKOVÁ HANA, FOJTÍK TOMÁŠ, MEDEK PETR Fekální kontaminace toků v oblastech jižní Moravy s intenzivním zemědělským hospodařením - enterokoky. 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., MŽP 14.10.2011.

MLEJNKOVÁ HANA, FOJTÍK TOMÁŠ, MEDEK PETR Fekální kontaminace toků v oblastech jižní Moravy s intenzivním zemědělským hospodařením - fekální koliformní bakterie. 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., MŽP 14.10.2011.

MLEJNKOVÁ HANA, FOJTÍK TOMÁŠ, MEDEK PETR Organické znečištění toků v oblastech s intenzivním zemědělským hospodařením - kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C. 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., MŽP 14.10.2011.

MLEJNKOVÁ HANA, KONEČNÁ JANA, KROČA JIŘÍ Vliv vnějších faktorů na strukturu mikrobiálních společenstev malého horského toku. In IWA The 16th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, WaterMicro 2011. Rotorua, Nový Zéland, 18.9.2011. Nový Zéland : NIWA, 2011, s. -. ISBN .

MLEJNKOVÁ HANA, SLEZÁKOVÁ KATARÍNA, FOJTÍK TOMÁŠ Organické zatížení malých vodních toků pohoří Javorníky - zatřídění dle mikrobiálních indikátorů organického znečištění (2011). 2011, VÚV T.G.M., v.v.i., MŽP 14.10.2011.

MLEJNKOVÁ HANA, SLEZÁKOVÁ KATARÍNA, SOVOVÁ KATEŘINA Impact of fish farming on fish ponds microbial water quality. In IWA The 16th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, WaterMicro 2011. Rotorua, Nový Zéland, 18.9.2011. Nový Zéland : NIWA, 2011, s. -. ISBN .

MLEJNKOVÁ, H., FLASAROVÁ, M., HORÁKOVÁ, K. Stanovení mikrobiálního oživení různých typů vod metodou "přímých počtů". In Prokšová M., Seman M. Mikrobiológia vody a prostredia 2006. Poprad, Slovenská republika, 20.9.2006. Bratislava : Univerzita Komenského Bratislava, 2006, s. 5-10. ISBN 80-223-2261-X.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K. Impact of pollution and seasonal changes on microbial community structure in surface water. In Mavridou A. 15th Health Related Water Microbiology Symposium. Naxos, Řecko, 31.5.2009. Naxos : IWA, 2009, s. 238-239. ISBN neuveden.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K. Vliv aplikace statkových hnojiv na fekální znečištění rybníků. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.6/2009, 2009, roč. 51, č. 3, s. 11-14. ISSN 0322-8916.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K., DUDOVÁ, P. Analysis of microbial community in variously polluted surface water by in situ hybridization. In Abstract. Watermicro 2007. Tokyo, Japonsko, 9.9.2007. Tokyo : IWA, 2007, s. 198-198. ISBN N.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K., DUDOVÁ, P. Diferenciace mikrobiálních společenstev různě znečištěných povrchových vod na základě jejich fylogenetické odlišnosti. In Abstrakty. Bulletin Československé společnosti mikrobiologické. Liberec, 2.10.2007. Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2007, s. 288-. ISBN 0009-0646.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K., DUDOVÁ, P. Distribuce fylogenetických skupin mikrobiálních společenstev – vliv antropogenního znečištění. In Dana Baudišová Sborník referátů přednesených na semináři Mikrobiologie vody a prostředí 2008. Luhačovice, 17.9.2008. Praha : Československá společnost mikrobiologická, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i, 2008, s. 68-71. ISBN 978-80-254-3072-9.

MLEJNKOVÁ, H., HORÁKOVÁ, K., KROČA, J. Distribuce planktonních bakterií v pramenných oblastech CHKO Beskydy. In Prokšová, M., Seman, M. Mikrobiológia vody 2009. Poprad, Slovensko, 30.9.2009. Bratislava : Československá spoločnosť mikrobiologická, 2009, s. 50-55. ISBN 978-80-970269-9-8.

MLEJNKOVÁ, H., KOČKOVÁ, E., ŽÁKOVÁ, Z., Sborník prací VÚV T.G.M. 2007. Kalinová, M. (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2007. [Kap] Dlouhodobé hodnocení přeshraniční problematiky znečišťování řeky Dyje vlivem rakouského přítoku Pulkavy, -. ISBN 978-80-85900-76-7.

MLEJNKOVÁ, H., KONEČNÁ, J., SOVOVÁ, K., KROČA, J. Charakteristika podélného profilu horského toku na základě rozdílů složení planktonních mikrobiálních společenstev. In Papajová, D. a kol. Mikroorganismy a kvalita života. Stará Lesná, Slovensko, 15.9.2010. Bratislava-Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2010, s. 87-. ISBN 970-80-970477-8-8.

MLEJNKOVÁ, H., LYTOKOVÁ, M. Hodnocení postupů pro zvýšení efektivity detekce nízkých počtů bakterií ve vzorcích vod metodou polymerázové řetězové reakce. VTEI, 2011, roč. 53, č. 2, s. 11-14. ISSN 0322-8916.

MLEJNKOVÁ, H., SLEZÁKOVÁ, K., FOJTÍK, T., PETRÁNOVÁ, A. MIKROBIÁLNÍ ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z ČOV V POVODÍ MORAVY- plnění emisních standardů 2009-2010. 2010, VÚV TGM, v.v.i., MŽP 9.12.2010.

MLEJNKOVÁ, H., SLEZÁKOVÁ, K., PETRÁNOVÁ, A. Charakteristika hygienických rizik spojených s vypouštěním odpadních vod z komunálních ČOV do toků. In Papajová, D. a kol. Mikroorganismy a kvalita života. Stará Lesná, Slovensko, 15.9.2010. Bratislava-Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2010, s. 238-238. ISBN 970-80-970477-8-8.

MLEJNKOVÁ, H., SLEZÁKOVÁ, K., PETRÁNOVÁ, A. Charakterizace fekální kontaminace a hygienických rizik spojených s vypouštěním odpadních vod z komunálních čistíren odpadních vod do toků. VTEI, 2011, roč. 53, č. 1, s. 16-18. ISSN 0322-8916.

MLEJNKOVÁ, H., SOVOVÁ, K. Impact of fish pond manuring on water quality and health risk potential. Water Science and Technology, 2010, č. , s. -. ISSN .

- MLEJNKOVÁ, H., SOVOVÁ, K.** Impact of pollution and seasonal changes on microbial community structure in surface water. *Water Science and Technology*, 2010, roč. 2010, č. 61.11, s. 2787-2795. ISSN 0273-1223.
- MLEJNSKÁ, E.** Porovnání účinnosti čištění biologických nádrží ve vegetačním a nevegetačním období. *VTEI, příloha Vodního hospodářství*, 2011, roč. 53, č. 4, s. 10-13. ISSN 1211-0760.
- MLEJNSKÁ, E.** Zemní filtry a možnosti jejich použití v horských oblastech. In "ČOV pro objekty v horách" Přírodní řešení nebo high tech?. Pec pod Sněžkou, 19.5.2011. : , 2011, s. 52-56. ISBN .
- MLEJNSKÁ, E., BAUDIŠOVÁ, D.** Reduction of microbial pollution by waste stabilisation ponds in small villages (Czech Republic). In Pinnekamp J. *Advanced Sanitation*. Aachen, Germany, 12.3.2007. Aachen : IWA, RWTH Aachen, 2007, s. 414-415. ISBN 978-3-938996-12-6.
- MLEJNSKÁ, E., KUČERA J.** Funkce mechanického předčištění u extenzivních čistíren. In neuveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha : ICARIS Conference Management, 2009, s. 177-183. ISBN 978-80-254-4068-1.
- MLEJNSKÁ, E., KUČERA, J.** Poznatky z provozu extenzivních čistíren odpadních vod. In Bodíkl., Bodíková E., Hutňan M. *Zborník prednášok 5. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou ODPADOVÉ VODY 2008. Štrbské Pleso, Slovensko, 15.10.2008.* Bratislava : NOI, 2008, s. 192-198. ISBN 978-80-89088-68-3.
- MLEJNSKÁ, E., MATOUŠOVÁ, L., ROZKOŠNÝ, M.** Comparison of constructed wetland treatment efficiency in climatic conditions of the Czech Republic. In F.Masi, J.Nivala *12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Volume II.* Venice, Italy, 4.10.2010. San Giovanni Valdarno, Italy : Palombi Editori, 2010, s. 1413-1413. ISBN 978-88-6060-300-5.
- MLEJNSKÁ, E., ROZKOŠNÝ, M., BAUDIŠOVÁ, D., VÁŇA, M., WANNER, F., KUČERA, J.** Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Praha : VAMB - Ing. Vladimír Vicherek, 2009, 120 s., ISBN 978-80-85900-92-7.
- MLEJNSKÁ, E., ŠŤASTNÝ, V., PETRÁNOVÁ, A.** Kolísání množství a znečištění odpadních vod v malých obcích. In neuveden *Zborník prednášok a posterov 6. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou "Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vod"*. Podbanské, 21.10.2009. Bratislava : REPRO PRINT Light & Color, 2009, s. 295-302. ISBN 978-80-89062-64-5.
- MLEJNSKÁ, E., WANNER, F.** Porovnání čistícího účinku zemního filtru a kořenové čistírny. *Vodní hospodářství*, 2008, roč. 58, č. 1, s. 3-4. ISSN 1211-0760.
- MLEJNSKÁ, E., WANNER, F.** Porovnání čistícího účinku zemního filtru a kořenové čistírny. In Růžičková Iveta, Wanner Jiří *Sborník 7. mezinárodní konference a výstavy Odpadní vody 2007.* Brno, 18.9.2007. Brno : TA-SERVICE s.r.o., 2007, s. 89-92. ISBN 978-80-239-9618-0.
- MOURKOVÁ, J., BERGMANN, P., BÍLÝ, M.** Zimování slípky zelenonohé (*Gallinula chloropus*) a lisky černé (*Fulica atra*) ve středních Čechách. *Sylvia*, 2009, roč. 2009, č. 45, s. 121-136. ISSN 0231-7796.
- MOURKOVÁ, J., BERGMANN, P., BÍLÝ, M.,** Pražské zimoviště vodních ptáků. *Živa*, 2008, roč. 2008, č. 6, s. 277-280. ISSN 0044-4812.
- MOURKOVÁ, J., BÍLÝ, M., BERGMANN, P.,** Zimní sčítání vodních ptáků ve středních Čechách v sezónách 2005/06 a 2006/07. *Aythya*, 2008, roč. 1, č. 1, s. 84-104. ISSN 978-80-86561-76-9.
- MRKVIČKOVÁ, M., VLNAS, R A BERAN, A.** Testování indikátorů sucha a nedostatku vody navrhovaných Evropskou komisí na pilotním povodí ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, č. , s. -. ISSN 0322-8916.
- MRKVIČKOVÁ, M.,** Vyhodnocení měření na výparoměrné stanici Hlasivo. *VTEI, příloha Vodní hospodářství 6/2007*, 2007, roč. 49, č. 2, s. 9-11. ISSN 0322-8916.
- MUDRA, J., PODLAHA, J., HANSLÍK, E., NOVÁK, M.** MONITOROVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V RÁMCI SANACE STARÝCH EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ V ÚSTAVU JADERNÉHO VÝZKUMU ŘEŽ A.S.. In Ing. Eduard Hanslík, CSc *Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství.* České Budějovice, 11.5.2010. Praha : ČVTVHS-OS čistota vod, 2010, s. 135-140. ISBN 978-80-02-02258-9.
- MUSIL, J.** Zpráva o naplňování Cíle 2010 v ochraně biodiverzity v ČR. Zedek V, Hošek M, Vavřinová J, Sukeníková K (ed.) Praha, Česká republika: Ministerstvo životního prostředí České republiky 2010.

[Kap] Celistvost ekosystémů a ekosystémové služby – 13. fragmentace říčních systémů, -. ISBN 978-80-7212-554-8.

MUSIL, J., HORKÝ, P., KULÍŠKOVÁ, P., SLAVÍK, O., JURAJDA, P. River connectivity as the predictor of reproduction success in 0+ communities.. In Cowx I.G. et al. Improving the ecological status of fish communities in inland waters. Hull, Anglie, 31.3.2009. Hull International Fisheries Institute (HIFI), t : Hull International Fisheries Institute (HIFI), the University of Hull, Anglie, 2009, s. 36-36. ISBN .

MUSIL, J., HORKÝ, P., SLAVÍK, O. Native fish species richness explains the number of established alien fish in freshwaters. In J. Kollman, T. Mølken, HP. Ravn Biological Invasions in a Changing World – from Science to Management. University of Copenhagen, Denmark, 14.9.2010. Copenhagen, Denmark : University of Copenhagen, Denmark, 2010, s. 225-225. ISBN 978-87-993976-0-0.

MUSIL, J., JURAJDA, P., ADÁMEK, Z., HORKÝ, P., SLAVÍK, O. Non-native fish introductions in the Czech Republic - species inventory, facts and future perspectives. Journal of Applied Ichthyology, 2010, roč. 26, č. 2, s. 38-45. ISSN 0175-8659.

MUSIL, J., JURAJDA, P., ADÁMEK, Z., SLAVÍK, O. Review of non-native freshwater fishes in the Czech Republic: History, present, and future perspectives.. In Gherardi F., Aquiloni L. Managing Alien Species for Sustainable Development of Aquaculture and Fisheries. Florence, Italy, 5.12.2008. Florence, Italy : University of Florence, Department of Evolutionary Biology, 2008, s. 51-52. ISSN N.

MUSIL, J., PETERKA, J. Production of large pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles: Alternative use of an Asian alien fish, *Pseudorasbora parva*.. In Gherardi F., Aquiloni L. Managing Alien Species for Sustainable Development of Aquaculture and Fisheries. Florence, Italy, 5.11.2008. Florence, Italy : University of Florence, Department of Evolutionary Biology, 2008, s. 97-98. ISSN N.

NEDVĚDOVÁ, E., PRCHALOVÁ, H. Chemical Status Assessment of Groundwater Bodies in the Czech Republic. In Neuvenden EU Groundwater Policy Development - Good Status Objectives and Integrated Management Planning. Paris, France, 13.11.2008. Paris, France : UNESCO, 2008, s. 69;70-. ISBN N.

NĚMEJCOVÁ D., OPATŘILOVÁ L., KOKEŠ J., ŘEZNÍČKOVÁ P. Testování německého systému hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků podle makrozoobentosu v českých podmínkách. In Říhová Ambrožová Jana, Veselá Jana Vodárenská biologie 2011, 2.-3.2.2011, Praha, Česká Republika. Státní zdravotní ústav, Praha, 2.2.2011. Pardubice - Semtín : Vodní zdroje EKOMONITOR s.r.o., Chrudim, 2011, s. 197-198. ISBN 978-80-86832-56-2.

NĚMEJCOVÁ, D., OPATŘILOVÁ, L., KOKEŠ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, P. Hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků podle makrozoobentosu: testování německého systému. VTEI, 2011, roč. 53, č. I, s. 10-12. ISSN 0322 - 8916.

NĚMEJCOVÁ, D., OPATŘILOVÁ, L., KOKEŠ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, P. Hodnocení ekologického stavu nebroditelných toků podle makrozoobentosu: testování německého systému hodnocení v českých podmínkách.. In Světlana Zahrádková, Pavla Řezníčková Symposium Říční dno VII, Sborník abstraktů a příspěvků, 2.-4.11.2010. Šlapanice u Brna, 2.11.2010. Brno : , 2010, s. 37-37. ISBN 978-80-210-5310-6.

NERUDA, M., PRCHALOVÁ, H., SAMOLEJ, A. Groundwater Module for Neptun Project. In Doc. Ing. Miroslava Blažková, Ph.D. Studia Geologica XV.: Výsledky a závěry vědecko-výzkumných aktivit pracovníků FŽP z let 2005 až 2006. Ústí nad Labem, 10.6.2006. Ústí nad Labem : Univerzita J. E. Purkyně, 2006, s. 71-76. ISBN 80-7044-790-7.

NESMĚRÁK, I. Jak pracovat s hodnotami pod mezí stanovitelnosti. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 8, s. 289-291. ISSN 1211-0760.

NESMĚRÁK, I. K problematice náhrad hodnot pod mezí stanovitelnosti při chemických analýzách a monitorování stavu vod. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský, v.v.i., 2009, 110 s., ISBN 978-80-85900-90-3.

NESMĚRÁK, I. Metodika stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. In Neuvenden Novela nařízení vlády 61/2003 Sb.. ČSVTS Praha, 3.5.2007. Praha : SOVAK ČR, 2007, s. 27-38. ISBN N.

- NESMĚRÁK, I.** Metodika stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. In Křivánek, S. Vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizací. Praha, Novotného Lávk, 13.11.2007. Praha : ČSVTS Praha, 2007, s. 21-33. ISBN 978-80-02-01975-6.
- NESMĚRÁK, I.** Podklad pro Metodický pokyn pro postup při povolování emisí kombinovaným způsobem. Výzkumná zpráva. Praha : MŽP OOV, 2005, 50 s.
- NESMĚRÁK, I.** Roční průběh několika ukazatelů jakosti vody. VTEI-Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2007, roč. 49, č. 3, s. 14-15. ISSN 0322-8916.
- NESMĚRÁK, I.** Sborník prací VÚV T.G.M. 2006. Blažková, Š. (ed.) (ed.) Praha: VÚV T.G.M. 2006. [Kap] Možnosti dosažení imisních standardů pro celkový fosfor v tocích ČR, -. ISBN 80-85900-69-8.
- NESMĚRÁK, I.** Stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. In VHOS, a.s. Moravská Třebová Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod. Moravská Třebová, 1.4.2008. Moravská Třebová : VHOS, a.s. Moravská Třebová, 2008, s. 19-32. ISBN 80-86020-56-8.
- NESMĚRÁK, I.** Tři metody globálního odhadu velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejího přičínku do zájmového profilu. Vodní hospodářství, 2007, roč. 57, č. 3, s. 69-72. ISSN 1211-0760.
- NEWMAN, B., PAPESCH, W., RANK, D., VITVAR, T. HUDCOVÁ, H., AGGARWAL, P., GROENING, M.** Isotope survey of the Danube [CD-ROM]. ICPDR, 2008.
- NEWMAN, B., PAPESCH, W., RANK, D., VITVAR, T., HUDCOVÁ, H., AGGARWAL, P., COPLEN, T.** An Isotope Survey of the Danube. In Abstract Proceedings of American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2008, Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meeting Suppl.. San Francisco, 15.12.2008. Washington, D.C. : AGU Meetings Department, 2008, s. H51C-818. ISBN .
- NOL, O., NEŠETŘIL, K., SKOŘEPA, J., PAČL, A., KALINOVÁ, M.** Hydraulický model jižní části žitavské pánve. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12. Magdeburský seminář o ochraně vod, Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2006, s. 199-199. ISBN N.
- NOL, O., NEŠETŘIL, K., SKOŘEPA, J., PAČL, A., KALINOVÁ, M.** Hydraulický model tlusteckého bloku. In Punčochář, P., Geller, W. et al. 12. Magdeburský seminář o ochraně vod, Rámcová směrnice o vodách (WFD). Český Krumlov, 10.10.2006. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2006, s. 200-200. ISBN N.
- NOVÁK, M.** Balance Studies of the Czech Rivers - Bílina and Lužnice. Acta Universitatis Carolinae. Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1-2, s. 105-114. ISSN 0862-6529.
- NOVÁK, M.** Srovnání povodí ovlivněného průmyslem s intenzivně zemědělsky obhospodařovaným povodím. VTEI příloha Vodního hospodářství 2/2007, 2007, roč. 49, č. 1, s. 12-14. ISSN 0322-8916.
- NOVÁK, M., KUČERA, J.** Bilanční studie Bíliny a Lužnice. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14.konference ČLS a SLS. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 116-118. ISBN 80-239-7257-X.
- NOVICKÝ, O., KAŠPÁREK, L., FRIDRICHOVÁ, R., MRKVIČKOVÁ, M., HORÁČEK, S., VYSKOČ, P.** T.G.M. WRI studies focused on impacts of climate change on water cycle components and water resources. In Kovář, P., Máca, P., Ředinová, J. Water Policy 2009 - Water as a Vulnerable and Exhaustible Resource. Praha, 22.6.2009. ČZU Praha : Czech University of Life Sciences Prague, 2009, s. 119-123. ISBN 978-80-213-1944-8.
- NOVICKÝ, O., BAGAL, Z., BLAŽKOVÁ, Š., KAŠPÁREK, L.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl A: Hydrologie. Výzkumná zpráva. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2006, 279 s.
- NOVICKÝ, O., FRIDRICHOVÁ R., CIHLÁŘ, J., VYSKOČ, P.** Hodnocení vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny – výsledky dosavadních studií
- NOVICKÝ, O., KAŠPÁREK, L., UHLÍK, J.** Groundwater Response to Changing Climate. Taniguchi, M., Holman, I., P. (ed.) Leiden: CRC Press 2010. [Kap] Zranitelnost podzemních vodních zdrojů v různých hydrogeologických podmínkách při změně klimatu, -. ISBN 978-0-415-54493-1.
- NOVICKÝ, O., KAŠPÁREK, L., VYSKOČ, P.** Integrated simulation by hydrological, hydraulic and water management modelling techniques in support of water resources management in the Czech Republic. In Taniguchi, M., Burnett, W.C., Fukushima, Y., Haigh From Headwaters to the Ocean.

Kyoto (Japonsko), 1.10.2008. Leiden (NL) : CRC Press/Balkema, 2008, s. 243-248. ISBN 978-0-415-47279-1.

NOVICKÝ, O., TREML, P., HORÁČEK, S., HRKAL, Z. Dopady klimatických a antropogenních změn na hydrologické a přírodní prostředí

NOVICKÝ, O., TREML, P., KAŠPÁREK, L., HORÁČEK, S. Možné zvýšení teploty vody na území České republiky. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádné číslo), 2009, roč. 51, č. 1, s. 25-28. ISSN 0322-8916.

NOVICKÝ, O., TREML, P., MRKVIČKOVÁ, M., KAŠPÁREK, L., BRZÁKOVÁ, J., HORÁČEK, S., VACULÍK, M. Teploty vody v tocích České republiky. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., 2009, 136 s., ISBN 978-80-85900-91-0.

NOVICKÝ, O., VYSKOČ, P., KAŠPÁREK, L., FRIDRICHOVÁ, R., TREML, P. Assessment of possible impacts of climate change on water resources in the Vltava River basin. In Internationale Kommission zum Schutz der Elbe Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburg (Německo), 7.10.2008. Magdeburg : Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), 2008, s. 164-168. ISBN Neuveden.

NOVICKÝ, O., VYSKOČ, P., VIZINA, A., KAŠPÁREK, L., PICEK, J. Klimatická změna a vodní zdroje v povodí Vltavy. Praha : VÚV T.G.M., v.v.i., 2008, 29 s., ISBN 978-80-85900-79-8.

NOVICKÝ, O., KAŠPÁREK, L., PELÁKOVÁ, M. Climate change impacts and responses in the Czech Republic and Europe. In Siegfried Demuth, Alan Gustard, Eduardo Planos Climate Variability and Change. La Havana, Cuba, 27.11.2006. Wallingford : IAHS Press, 2006, s. 418-423. ISBN 978-1-901502-78-7.

OLMER, M., DLABAL, J. Nová hydrogeologická rajonizace a její využití vodoprávními úřady. In Neuveden Podzemní voda ve vodoprávním řízení III. Klub techniků, Novotného lávka 5, Praha, 17.10.2006. Praha : ČVTVHS, 2006, s. 5-10. ISBN 80-02-01859-1.

OPATŘILOVÁ, L., KOKEŠ, J., SYROVÁTKA, V., NĚMEJCOVÁ, D., ZAHŘÁDKOVÁ, S. Hodnocení ekologického stavu tekoucích vod ČR podle makrozoobentosu: vývoj a popis metodiky.. , 2011, č. , s. -. ISSN .

OPATŘILOVÁ, L., KOKEŠ, J., ZEZULOVÁ, H., ŘEZNIČKOVÁ, P., NĚMEJCOVÁ, D., JANOVSKÁ H., TAJMROVÁ, L. Srovnání účinnosti vzorkovacího zařízení pro studium fauny dna nebroditelných toků. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2009, 2009, roč. 51, č. 3, s. 14-16. ISSN 0322-8916.

P. MARTINKOVÁ, D. POSPÍCHALOVÁ, R. JOBÁNEK, M. VÁŇA Stanovení léčiv v povrchových odpadních vodách metodou LC-MS. In V. Sýkora, H. Kulajová Hydroanalytika 2011. Hradec Králové, 13.9.2011. Praha : CSlab spol. s r.o., 2011, s. 129-133. ISBN 978-80-904986-0-0.

PAPPENBERGER, F., BEVEN, K., HORRITT, M., BLAŽKOVÁ, Š. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. Journal of Hydrology, 2005, roč. 302, č. 1-4, s. 46-69. ISSN 0022-1694.

PAŘIL P., SUKAČOVÁ K., SYROVÁTKA V., MALÁ J., KRÁLOVÁ H. The effect of environmental parameters on algal assemblages in human-impacted suburban brooks. Fresenius Environmental Bulletin, 2010, roč. 2010, č. 12A, s. 2947-2957. ISSN 1018-4619.

PAVEL KOŽENÝ, PETR VAJNER, OLGA ŽERNÍČKOVÁ, MILOSLAV ŠINDLAR, JAN ZAPLETAL Vývoj technické stabilizace dřevní hmoty v korytě Moravy v CHKO Litovelské Pomoraví. Vodní hospodářství, 2011, roč. 2011, č. 3, s. 125-129. ISSN 1211-0760.

PETR LOCHOVSKÝ, LADISLAV HAVEL, DIANA IVANOVÁ, PŘEMYSL SOLDÁN, JAN SVOBODA Výzkum a ochrana hydrosféry, Odd.C: Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy. . 2008, .

PETRUŽELA, L. Ekonomické a legislativní otázky hydrické rekultivace zbytkových jam po těžbě uhlí.. In Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., Chrudim „Těžba a její dopady na životní prostředí“. Svoboda nad Úpou, 24.9.2008. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., 2008, s. 10-18. ISBN 978-80-86832-36.

PICEK J., VYSKOČ P., ROSENDORF P., SVOBODOVÁ J. Nástroje pro hodnocení množství a jakosti vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5, s. 15-19. ISSN 0322-8916.

- PICEK, J.** HEIS VÚV v roce 2006. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2006, roč. 48, č. 3, s. 14-17. ISSN 0322-8916.
- PICEK, J., DLABAL, J.** Hydrogeologická rajonizace 2005. autorizovaný software. 2006, VÚV T.G.M..
- PICEK, J., KALINOVÁ, M., MIČANÍK, T., VYSKOČ, P., ZBOŘIL, A.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl E: Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy. Výzkumná zpráva. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2006, 265 s.
- PICEK, J., SVOBODOVÁ, J.** PRGANJAK - Analýzy sítí profilů a ukazatelů na vodních tocích. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOC, P.** PRGSIMUL - Vodohospodářská bilance množství povrchových vod, simulační výpočty. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOC, P.** UI - Univerzální správce úloh, řízení výpočtů a editace dat. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOČ, P.** PRGAGREG - Nástroje pro analýzy říční sítě a objektů na říční síti. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOČ, P.** PRGSTATG - Statistické vyhodnocení a grafy vodohospodářských dat. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOČ, P., ROSENDORF, P.** Simulační model vodohospodářské bilance jakosti povrchových vod. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PICEK, J., VYSKOČ, P., ZEMAN, V** Simulační model množství povrchových vod: zásobní funkce vodohospodářské soustavy. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PODLAHA, J., HANSLÍK, E., BURIAN, P.** Sanace starých ekologických zátěží ÚJV Řež, a. s.. In Eduard Hanslík Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. České Budějovice, 10.5.2006. Praha : ČTVVHS, VÚV T.G.M., 2006, s. 145-153. ISBN 80-02-01841-9.
- POLÁKOVÁ, K., ECKHARDT, P.** Mapa limitů pro lokalizaci oblastí vstupu vsakované vody do zóny saturace. 2011, <http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/mapyvsakovaniodpadnichvod/default.asp>, 0.0.0000.
- POLÁKOVÁ, K., ECKHARDT, P.** Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku. 2011, <http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/mapyvsakovaniodpadnichvod/default.asp>, 0.0.0000.
- POLÁKOVÁ, K., ECKHARDT, P.** Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona. 2010, MŽP, Ministerstvo životního prostředí 26.5.2011.
- POLÁKOVÁ, K., ECKHARDT, P.** Povinná osnova vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních. VTEI - Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. 5/2011, s. 11-15. ISSN 0322-8916.
- POSPÍCHALOVÁ D., MARTINKOVÁ P., JOBÁNEK R., VÁŇA M.** Stanovení léčiv v povrchových a odpadních vodách metodou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí. VTEI příloha časopisu Vodní hospodářství, 2010, roč. 52, č. 6 / 2010, s. 4-7. ISSN 0322-8916.
- POSPÍCHALOVÁ, D.** Stanovení vybraných farmak v povrchové a odpadní vodě kapalinovou chromatografií s UV detekcí. Čistírenské listy, příloha Vodního hospodářství, 2009, roč. 59, č. 3, s. 4-6. ISSN 1211-0760.
- POSPÍCHALOVÁ, D., MARTINKOVÁ, P., JOBÁNEK, P., VÁŇA, M.** Stanovení farmak v povrchových a odpadních vodách metodou LC/MS. In Ing. Pavel Hucko, CSc. Hydrochémia 2010. Bratislava, 12.5.2010. Bratislava : DALI-BB, s.r.o., 2010, s. 63-72. ISBN 978-80-89062-68-3.
- PRCHALOVÁ, H., VYSKOČ, P.** Užitečné podklady pro činnost vodoprávních orgánů v oblasti podzemních vod. In Radomír Muzikář Podzemní voda ve vodoprávním řízení II. Praha, 23.11.2005. Praha : Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2005, s. 7-16. ISBN 80-02-01778-1.

- PRCHALOVÁ, H.** Podzemní vody - Výsledky charakterizace oblastí povodí v ČR. In Josef. K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Brno, 15.12.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 41-50. ISBN 80-02-01782-X.
- PRCHALOVÁ, H.** Směrnice EU 2006/118 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršením stavu a její implementace v ČR. In Podzemní voda ve vodoprávním řízení V. Klub techniků, Praha, 11.11.2008. Praha : Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2008, s. 47;50-. ISBN 978-80-02-02097.
- PRCHALOVÁ, H., BÖRNER, S., ŠNAJBERKOVÁ, M.** Groundwater status assessment in International Elbe River Basin District. In Internationale Kommission zum Schutz der Elbe Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburk, 7.10.2008. Magdeburk : Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2008, 2008, s. 41;43-. ISBN N.
- PRCHALOVÁ, H., NEDVĚDOVÁ, E.** Ochrana podzemních vod České republiky v Evropském kontextu. Vodní hospodářství, 2008, roč. 58, č. 12, s. 413-416. ISSN 1211-0760.
- PRCHALOVÁ, H., OLMER, M., ŠNAJBERKOVÁ, M.** Stanovení přírodních zdrojů pro nově zpracované hydrogeologické rajony, podklad pro plánování. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. 2006, VÚV T.G.M..
- PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P.** Požadavky na hodnocení stavu vod, metodický dokument pro plánování v oblasti vod. uplatněná metodika. 2006, VÚV T.G.M..
- PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P., TAJMROVÁ, L.** Metodický postup hodnocení vodních útvarů. uplatněná metodika. 2006, VÚV T.G.M..
- PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P., VYSKOČ, P., FILIPPI, R. (EDS.)** Zpráva České republiky (Zpráva 2005) dle článku 15 Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky. . 2005, VÚV T.G.M..
- PRCHALOVÁ, H., ŠNAJBERKOVÁ, M., HRABÁNKOVÁ, A.** Metodický postup hodnocení stavu a rizikovitosti útvarů podzemních vod v České republice pro první plány oblastí povodí. 2007, OOV MŽP, VÚV T.G.M., v.v.i., OdborochranывodMŽP,Vršovická1442/65,Praha10,PSČ10010 0.0.0000.
- PRCHALOVÁ, H., ŠNAJBERKOVÁ, M., HRABÁNKOVÁ, A.** Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství podzemních vod. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., OOV MŽP 20.11.2008.
- PRCHALOVÁ, M., SLAVÍK, O., BARTOŠ, L.** Patterns of cyprinid migration through a fishway in relation to light, water. Intl. J. River Basin Management, 2006, roč. 4, č. 3, s. 213-218. ISSN 1571-5124.
- PRCHALOVÁ, M., VETEŠNÍK, L., SLAVÍK, O.** Migrations of juvenile and subadult fish through a fishpass during late summer and fall. Folia Zoologica, 2006, roč. 55, č. 2, s. 162-166. ISSN 0139-7893.
- PROCHÁZKOVÁ, E., DLABAL, J., PICEK J.** Bodové zdroje znečištění, čištění a vypouštění odpadních vod. autorizovaný software. 2006, VÚV T.G.M..
- PROCHÁZKOVÁ, E., PICEK, J., ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M.** Mapování krajiny a biotopů v povodí vybraných revitalizovaných vodních toků (interaktivní aplikace). specializované mapy s odborným obsahem. 2007, VÚV T.G.M., v.v.i..
- PROCHÁZKOVÁ, J.** Česko-polská spolupráce na hraničních vodách. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2008, 2008, roč. 50, č. 1, s. 7-9. ISSN 0322-8916.
- RANDÁK, T., SLAVÍK, O., ŽLÁBEK, V., HORKÝ, P.** Využití juvenilních ryb v rámci monitoringu kontaminace vodního prostředí cizorodými látkami. uplatněná metodika. 2006, VUV TGM, Praha.
- RANDÁK, T., SLAVÍK, O., ŽLÁBEK, V., KOLÁŘOVÁ, J., KROUPOVÁ, H.** Juvenile fish – perspective bioindicators for assesment of the aquatic environment contamination. Toxicology letters, 2006, roč. 164, č. Suppl. 1, s. 176-176. ISSN 0378-4274.
- REMENÁROVÁ, D., KODEŠ, V., BERNARDOVÁ, I., FREISLEBEN, J.** Groundwater resources and monitoring of groundwater in the Czech Republic with respect to WFD requirements and UN ECE Guidelines. In Dr. M. Dimkič, prof. H. Brauch, Dr. M. Kavanaugh Proceedings Regional IWA Conference on Groundwater Management in the Danube River Basin and Other Large River Basins.

Bělehrad, 7.6.2007. Bělehrad : Jaroslav Černí Institute for the Development of of Water Resources, 2007, s. 63-73. ISBN 978-86-82565-17-8.

ROSENDORF P., FIALA D. Je možné se současnými daty bilancovat fosfor v povodích a odlišit jeho jednotlivé zdroje?. In Maršálek B., Maršálková E. a Vinklárková D. CYANOBAKTERIE 2010 - příčiny, důsledky a řešení rozvoje vodních květů sinic. Brno, 16.7.2010. Brno : Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Průhonice, 2010, s. 53-61. ISBN 978-80-86188-33-1.

ROSENDORF P., FIALA D. Metodika vymezení zranitelných oblastí podle eutrofizace vod. 2011, , Ministerstvo životního prostředí 0.0.0000.

ROSENDORF, P. Preliminary Determination of Erosion Standards Regarding Water Eutrophication. In Anne-Véronique Auzet, Victor Jetten, Mike Kirkby, Off-site Impacts of Soil Erosion and Sediment Transport. Praha, 1.10.2007. Prague : Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Drainage, Irrigation and Landscape Protection, 2007, s. 10-15. ISBN 978-80-01-03666-2.

ROSENDORF, P. Stanovení limitů přípustné ztráty půdy s ohledem na eutrofizaci povrchových vod – základní principy, otázky a nejistoty. In Karel Vrána, Alena Jakubíková Konference Krajinné inženýrství 2008. Praha, 18.9.2008. Pardubice : Česká společnost krajinných inženýrů - ČSSI, 2008, s. 70-83. ISBN 978-80-903258-7-6.

ROSENDORF, P., KLÍR, J., HRABÁNKOVÁ, A., PRCHALOVÁ, H. A WOLLNEROVÁ, J. Developments in monitoring the effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes: Approach by the Czech Republic. In Fraters, B., Kovar, K., Grant, R., Thorling, L., R Developments in monitoring the effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes. Amsterdam, 10.6.2009. Bilthoven : National Institute for Public Health and the Environment (the Netherlands), 2011, s. 141-166. ISBN .

ROSENDORF, P., VYSKOČ, P. Zpracování Zprávy 2005 pro Evropskou komisi. In Josef. K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Brno, 15.12.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 25-30. ISBN 80-02-01782-X.

ROZKOŠNÝ, M. Dlouhodobé sledování vybraných vegetačních kořenových čistíren odpadních vod.. In Kriška, M., Šálek, J. Přírodní způsoby čištění vod V. Brno, VUT v Brně, Fakulta stavební, 25.10.2007. Brno : Nakladatelství CERM, 2007, s. 70-73. ISBN 978-80-214-3479-0.

ROZKOŠNÝ, M. Hodnocení čistícího účinku kořenových čistíren odpadních vod v nevegetačním období. In Kröpeřlová L., Vymazal J. Sborník přednášek z mezinárodního semináře Monitoring těžkých kovů a vybraných rizikových prvků při čištění odpadních vod v umělých mokřadech.. Třeboň, 14.10.2008. Třeboň : ENKI, o.p.s., 2008, s. 109-118. ISBN 987-80-254-3059-0.

ROZKOŠNÝ, M. Intensification and Optimalization of Constructed Wetlands in the Czech Republic. In Neuvenden Venkovská krajina 2005. Slavičín, Hostětín, 13.5.2005. Brno : ZO ČSOP Veronica, 2005, s. 137-142. ISBN 80-239-4963-2.

ROZKOŠNÝ, M. Procesy čištění odpadních vod ve filtračních kořenových polích. VTEI, 2011, roč. 53, č. 4, s. 16-20. ISSN 0322-8916.

ROZKOŠNÝ, M. The Study of the Wastewater Treatment Constructed Wetlands Efficiency during a Non-Vegetation Period in the Czech Republic. In Gurinovich.,A.,D. 1st Eastern European Regional Young Water Professionals Conference IWA. The conference proceedings.. Minsk, Belarus, 21.5.2009. Minsk : BNTU Minsk, 2009, s. 381-388. ISBN 978-985-525-145-4.

ROZKOŠNÝ, M. Treatment efficiency of the natural and constructed wetlands used for water quality enhancement in the South Moravia region (Czech Rep.). In Kröpeřlová, L., Vymazal, J. 7th International Workshop on Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands. Proceedings.. Třeboň, 22.4.2009. Třeboň : ENKI, o.p.s. Třeboň, 2009, s. 79-81. ISBN 978-80-254-4401-6.

ROZKOŠNÝ, M. Účinnost přírodních způsobů čištění (kořenových čistíren odpadních vod) v nevegetačním období. In Kriška, M., Šálek, J., Plotěný, K. Přírodní způsoby čištění vod VI.. Brno, 22.10.2009. Brno : CERM, s.r.o., Brno, 2009, s. 48-57. ISBN 978-80-7204-655-3.

ROZKOŠNÝ, M. Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands. Vymazal, J. (ed.) Springer Dordrecht Heidelberg London New York: Springer Science+Business Media B.V 2010.

[Kap] Efficiency of Wastewater Treatment Constructed Wetlands during Non-Vegetation Season in the Czech Republic, -. ISBN 978-90-481-9584-8.

ROZKOŠNÝ, M. Zkušenosti ze sledování a z provozu KČOV Dražovice u Vyškova. In Hyánková, E., Křiška, M. Přírodní způsoby čištění vod IV. Brno, 9.11.2005. Brno : CERM Brno, 2005, s. 49-54. ISBN 80-214-3023-0.

ROZKOŠNÝ, M. Zkušenosti ze sledování a z provozu vegetačních kořenových čistíren odpadních vod.. In Zlámalová, M. Sborník ze semináře „Kořenové čistírny odpadních vod ve venkovských obcích v prostředí EU“. Senice na Hané, 28.5.2007. Horní Moštěnice : Mikroregion Moštěnka, 2007, s. 19-32. ISBN N.

ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M. Charakterizace kořenových ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje. 2011, , 14.10.2011.

ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M. Kořenové ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje - dlouhodobá účinnost pro základní sledované ukazatele znečištění. 2011, , 14.10.2011.

ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M. Kořenové ČOV v oblastech povodí Moravy a Dyje - dlouhodobá účinnost pro doplňkové sledované ukazatele znečištění. 2011, , 14.10.2011.

ROZKOŠNÝ, M., HETEŠA, J., MARVAN, P. Monitoring of old oxbows and cutted meanders of the Dyje River. In Mander, Ü., Koiv, M., Vohla, Ch. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 104. 2nd International Symposium WETPOL 2007. Extended abstracts. Vol. II. Poster presentations.. Tartu, Estonia, 16.9.2007. Tartu : Institute of Geography, University of Tartu, 2007, s. 515-517. ISSN 978-9949-11-688-1.

ROZKOŠNÝ, M., HETEŠA, J., MARVAN, P. Monitoring of Selected Wetlands of the Dyje River Floodplain Area. Acta universitatis Carolinae. Environmentalica, 2007, roč. 21, č. 1–2, s. 121; 131-. ISSN 0862-6529.

ROZKOŠNÝ, M., HYÁNKOVÁ, E., KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J. Impact of the Clogging Process on the Treatment Efficiency of Constructed Wetlands Used for Wastewater Treatment. In Gurinovich, A., D. 1st Eastern European Regional Young Water Professionals Conference IWA. The conference proceedings. Minsk, Belarus, 21.5.2009. Minsk : BNTU Minsk, 2009, s. 120-124. ISBN 978-985-525-145-4.

ROZKOŠNÝ, M., HYÁNKOVÁ, E., KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J., ŠÁLEK, J. Poznatky z výzkumu evapotranspirace mokřadních porostů. In Měkotová, J., Štěrba, O. (Eds.) Říční krajina 4. Sborník příspěvků z konference. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, s. 79-85. ISBN 80-244-1495-3.

ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M. Sledování evapotranspirace vegetace makrofyt a její vliv na bilanci vody ve filtračních kořenových polích. In Křiška, M., Šálek, J. Přírodní způsoby čištění vod V. Brno, VUT v Brně, Fakulta stavební, 25.10.2007. Brno : Nakladatelství CERM, 2007, s. 74-79. ISBN 978-80-214-3479-0.

ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M. The evapotranspiration of the wetlands vegetation.. In Mander, Ü., Koiv, M., Vohla, Ch. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 104. 2nd International Symposium WETPOL 2007. Extended abstracts. Vol. II. Poster presentations.. Tartu, Estonia, 16.9.2007. Tartu : Institute of Geography, University of Tartu, 2007, s. 518-520. ISSN 978-9949-11-688-1.

ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J. Hodnocení čistícího účinku vegetačních kořenových čistíren odpadních vod v nevegetačním a zimním období. In Bodík I., Bodíková E., Hutňan M. Zborník přednášok 5. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou ODPADOVÉ VODY 2008. Štrbské Pleso, Slovensko, 15.10.2008. Bratislava : NOI, 2008, s. 184-191. ISBN 978-80-89088-68-3.

ROZKOŠNÝ, M., KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J. Možnosti využití přírodních způsobů čištění odpadních vod a posouzení vlivu předčištění. Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 5/2010, s. 116-121. ISSN 1211-0760.

ROZKOŠNÝ, M., KUPEC, P., ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M. Function of natural and constructed wetlands in the nutrient removal process with a focus on the ammonia nitrogen. In De Pauw, N., Tack, F. et al. International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control. Gent, Belgie, 4.9.2005. Gent : Universiteit Gent, 2005, s. 279-281. ISBN N.

ROZKOŠNÝ, M., MLEJNSKÁ, E. Porovnání účinnosti čištění kořenových čistíren odpadních vod ve vegetačním a nevegetačním období. VTEI, 2010, roč. 52, č. 3/2010, s. 10-13. ISSN 0322-8916.

ROZKOŠNÝ, M., SEDLÁČEK, P. Dražovice reed beds and stabilisation pond wastewater treatment system: long-term operation and monitoring results. In F.Masi, J.Nivala 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Volume II. Venice, Italy, 4.10.2010. San Giovanni Valdarno, Italy : Palombi Editori, 2010, s. 888-895. ISBN 978-88-6060-300-5.

ROZKOŠNÝ, M., SEDLÁČEK, P., HUDCOVÁ, H., MOJŽIŠKOVÁ, H., BADUROVÁ, J., SOVA, J., BŘEZINOVÁ, R. Monitoring of the uranium mining industry impact on the water ecosystem in the middle part of the Svratka River Basin. In Rapantová N., Hrkal Z. Proceedings of the 10th IMWA Congress 2008. Mine water and the environment. Karlovy Vary, 2.6.2008. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, 2008, s. 205-208. ISBN 978-80-248-1767-5.

ROZKOŠNÝ, M., SEDLÁČEK, P., SOVA, J., FUNKOVÁ, R. Dražovice reed beds and stabilisation pond wastewater treatment system: long-term operation and monitoring results. Water Practice & Technology, 2011, č. , s. -. ISSN 1751-231X.

ROZKOŠNÝ, M., ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M. Poznatky z průzkumu kořenových čistíren odpadních vod. In Černá, P.,Konc, Ľ. ENVIRO NITRA 2009, 14. Medzinárodná vedecká konferencia, Zborník recenzovaných vedeckých prác.. Nitra, 10.9.2009. Nitra : SPU v Nitre, 2010, s. 205-214. ISBN 978-80-552-0372-0.

ROZKOŠNÝ, M., ŠÁLEK, J., ŠÁLEK, J. Water Balance of the Constructed Wetlands – A Study of the Macrophyte's Evapotranspiration. In Dias, V., Vymazal, J. (eds.) 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Lisbon, Portugal, 24.9.2006. London : IWA Publishing, 2006, s. 123-130. ISBN 989-20-0361-6.

RUDIŠ, M. Vliv plavebního provozu na samočisticí schopnost vody v tocích, průplavech a nádržích. In Kubec J. Souvislosti vodní cesty D-O-L s ochranou přírody, krajiny a životního prostředí. Zlín, 6.6.2005. Praha : Porta Moravica, 2005, s. 10-25. ISBN N.

ŘEDINOVÁ, J. Calibration of TF model at experimental catchment in Jizera mountains. In Fakulta lesnická a environmentální 7th Conference of Young Scientists - COYOUS 2006. Praha, 23.11.2006. Praha : Fakulta lesnická a environmentální, 2006, s. 1-10. ISBN 80-213-1560-1.

ŘEDINOVÁ, J. Využití modelu neuronové sítě v modelování průtoků. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 6/2008, 2008, roč. 50, č. 3, s. 9-10. ISSN 0322-8916.

ŘEDINOVÁ, J., MÁCA, P., PAVLÁSEK, J. Real time flood forecasting: comparison of two linear models. In Neuveden 18. konferencia mladých hydrologův, 9. konferencia mladých meteorologův a klimatologův, 5. konferencia mladých vodohospodarův. Bratislava, 9.11.2006. Bratislava : SHMÚ, 2006, s. 1-10. ISBN 80-88907-56-X.

ŘEZNÍČKOVÁ P., OPATŘILOVÁ L., NĚMEJCOVÁ D. A KOKEŠ J. Makrozoobentos epipotamálních úseků řek Labe a Vltavy - příspěvek k poznání společenstev hlubokých částí dna. VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, roč. 53, č. I, s. 23-28. ISSN 0322 - 8916.

ŘEZNÍČKOVÁ P., OPATŘILOVÁ L., SYROVÁTKA V., KOKEŠ J., NĚMEJCOVÁ D. & H. JANOVSKÁ Společenstva makrozoobentosu nebroditelných úseků řek Vltavy a Labe. In Zahrádková S., Řezníčková P. Symposium Říční dno VII. Šlapanice u Brna, 2.11.2010. Brno : Masarykova univerzita, 2010, s. 46-. ISBN 978-80-210-5310-6.

ŘEZNÍČKOVÁ, P., OPATŘILOVÁ, L., SYROVÁTKA, V., KOKEŠ, J., NĚMEJCOVÁ, D., JANOVSKÁ, H. Makrozoobentos Labe a Vltavy – testování účinnosti odběrových zařízení na nebroditelných tocích.. In . , 0.0.0000. : , 2011, s. -. ISBN .

ŘEZNÍČKOVÁ, P., SOLDÁN, T., PAŘIL, P., ZAHŘÁDKOVÁ, S. Porovnání taxocenóz jepic (Ephemeroptera) intermitentního a permanentního malého toku střední Evropy prostřednictvím vlastností druhů. Biologia, 2010, roč. 65, č. 4, s. 720-729. ISSN 0006-3088.

SEMERÁDOVÁ, S., PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P., TUŠIL, P., FILIPPI, R., VYSKOČ, P. Rámcová směrnice pro vodní politiku v ČR - programy monitoringu oblastí povodí (interaktivní zpráva). 2007, VÚV T.G.M., v.v.i..

SHAVKAT RAKHMATULLAEV, FRÉDÉRIC HUNEAU, JUSIPBEK KAZBEKOV, PHILIPPE LE COUSTOMER, JAMOLJON JUMANOV, BOUCHRA EL OIFI, MIKAEL MOTELICA-HEINO, ZBYNEK

- HRKAL** Groundwater Resources and Management in the Amu Darya River Basin (Central Asia). Environmental Earth Sciences, 2009, roč. 59, č. 6, s. 1183-1193. ISSN 1866-6299.
- SCHENKOVÁ, J. & KROČA, J.** Seasonal Changes of an Oligochaetous Clitellata (Annelida) Community in a Mountain Stream. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, 2007, roč. 21 (2007), č. , s. 143–150-. ISSN .
- SCHENKOVÁ, J., KROČA, J.** Sezónní změny společenstva máloštětinatců (Oligochaeta, Annelida) horského toku Moravskoslezských Beskyd. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenské limnologické společnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, Podbabská 30, Praha 6, 2006, s. 68-69. ISBN 80-239-7257-X.
- SCHENKOVÁ, J., SYCHRA, J., KOŠEL, V., KUBOVÁ, N., HORECKÝ, J.** Freshwater leeches (Annelida: Clitellata: Hirudinida) of the Czech Republic (Central Europe): check-list, new records, and remarks on species distributions. Zootaxa, 2009, roč. 2227, č. 2227, s. 32-52. ISSN 1175-5326.
- SCHÖNBAUEROVÁ L., KUČERA J.** Zkoušení účinnosti čištění domovních ČOV. In Svoboda M., Roztočil T., Kulhánková V. Nové trendy v čistírenství. Soběslav, 11.11.2008. Tábor : ENVI-PUR, s.r.o., 2008, s. 21-23. ISBN 978-80-254-3089-7.
- SIKORA, E.** Jak využít volnou pracovní kapacitu mikrokolometrické titrace AOX. In Česká společnost chemická XXV. Moderní elektrochemické metody. Jetřichovice, 23.5.2005. Praha : Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, 2005, s. 172-174. ISBN 80-86238-45-8.
- SIMON, O.** Konflikt mezi vodáctvím a ochranou přírody?. VTEI, 2007, roč. 49, č. 3, s. 15-18. ISSN 0322-8916.
- SIMON, O.** Odpadní vody a ochrana vod v malých obcích po vstupu do EU.. In Valentová, M. a Klinkerová, J. eds. Ochrana vod v malých obcích po vstupu do EU. Jihlava, 20.1.2005. Praha : Ústav pro ekopolitiku, 2005, s. 2-7. ISBN N.
- SIMON, O.** Živel voda. Kynčl,R., Matoušková,M., Popovský,J., Tvrdková,V. (ed.) Praha: Agentura Koniklec 2005. [Kap] Voda jako krev krajiny - Voda v krajině budoucnosti, -. ISBN 80-902606-6-7.
- SIMON, O., DOUDA,K., KLADIVOVÁ,V., KUBÍKOVÁ,L., K.FRICOVÁ** Funkční vzorek gravitačního koncentračního kontinuálního sampleru. . 2011, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka. v.v.i..
- SIMON, O., FELBEROVÁ, L., HAVEL, L., KOŽENÝ, P., PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P., VLASÁK, P.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl D: Krajina a voda.
- SIMON, O., FELBEROVÁ, L., PRCHALOVÁ, H., HAVEL, L., ROSENDORF, P., VLASÁK, P., VAJNER, P.** Výzkum a ochrana hydrosféry. Oddíl D: Krajina a voda.
- SIMON, O., FIALA, D., KOŽENÝ, P., FRICOVÁ, K.** Zdroj, transformace a transport přirozeného POC – jako ekosystémová služba přirozené říční nivy?. In Pithart,D., Benedová, Z., Křováková, K. Ekosystémové služby říční krajiny. Třeboň, 28.4.2008. Třeboň : Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, 2008, s. 191-199. ISBN 9788025418345.
- SIMON, O., FRICOVÁ, K.** Kontinuální vzorkovač plavenin nové konstrukce. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 15-17. ISSN 0322-8916.
- SIMON, O., KLADIVOVÁ, V.** Studie vlivu splouvání na ekosystémy dna Teplé Vltavy. Vimperk : NP Šumava, 2006, 28 s., ISBN N.
- SIMON, O., KLADIVOVÁ, V., SVOBODOVÁ, J.,REBEC.** Nařízení Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava č.3/2009 - Návštěvní řád Národního parku Šumava - 5, II. : Nařízení Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava 3/ 2009 - NPS 03606/2009 [, 2009]
- SIMON, O., KLADIVOVÁ,V.** Výzkum změn pokryvnosti makrofyt na Teplé Vltavě v turisticky zatěžované části toku. In Měkotová, J., Stěrba,O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Universita Palackého, 2006, s. 96-104. ISBN 80-244-1495-3.
- SIMON, O., SVOBODOVÁ,J., KLADIVOVÁ, V., REBEC., J., HRUŠKA, J., MAJER,J.** Vyhláška 93/2008 Sb.ze dne 10. března 2008 o vyhlášení Národní přírodní památky Prameniště Blanice a stanovení jejích bližších ochranných podmínek. : 93/2008 Sb. [, 2008]

- SIMON, O., KLADIVOVÁ, V., SVOBODOVÁ, J., HRUŠKA, J., VEJMELOVÁ, J., BÍLÝ, M.** Ochrana oligotrofních povodí s perspektivními lokalitami výskytu perlorodky říční v ČR.. Příroda, 2006, roč. 2006, č. 1, s. 11-29. ISSN 1211-3603.
- SKÁCELOVÁ, O., UHER, B., KROČA, J.** Phytobentos of small streams in the Moravskoslezské Beskydy and Javorníky Mountains. Časopis Slezského Zemského Muzea (A), 2010, roč. 59, 2010, č. 1, s. 81-95. ISSN 1211-3026.
- SLAVÍK O., PEŠTA M., HORKÝ P.** Effect of grading on energy consumption in European catfish *Silurus glanis*. Aquaculture, 2011, roč. 313, č. 1-4, s. 73-78. ISSN 0044-8486.
- SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., HORKÝ, P.** Effect of river fragmentation and flow regulation on occurrence of landlocked brown trout in a fish ladder. Journal of Applied Ichthyology, 2009, roč. 25, č. 1, s. 67-72. ISSN 0175-8659.
- SLAVÍK, O., BARTOŠ, L., MATTAS, D.** Does stream morphology predict the home range size in burbot?. Environmental Biology of Fishes, 2005, roč. 74, č. 1, s. 89-98. ISSN 0378-1909.
- SLAVÍK, O., HORKÝ, P.** When fish meet fish as determined by physiological sensors. Ecology of Freshwater Fish, 2009, roč. 18, č. 4, s. 501-506. ISSN 0906-6691.
- SLAVÍK, O., HORKÝ, P., BARTOŠ, L., KOLÁŘOVÁ, J., RANDÁK, T.** Diurnal and seasonal behaviour of adult and juvenile. Journal of Fish Biology, 2007, roč. 71, č. 1, s. 101-114. ISSN 0022-1112.
- SLEZÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H., SOVOVÁ, K.** Závislost typu přinášeného znečištění na mikrobiální kontaminaci rybochovných rybníků. In Papajová D. Mikroorganizmy a kvalita života. Stará Lesná, Slovensko, 15.9.2010. Bratislava-Praha : Československá společnost mikrobiologická, 2010, s. 90-90. ISBN 970-80-970477-8-8.
- SOLDÁN, P., FREMROVÁ, L.** Jakost vod - Hodnocení účinnosti čištění průmyslových odpadních vod pomocí toxikologického stanovení. výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. 2006, VÚV T.G.M..
- SOLDÁN, P., FREMROVÁ, L.** TNV 75 7769 Jakost vod - Metoda stanovení chronických účinků znečištění povrchových vod. : TNV 75 7769 [2009]
- SOLDÁN, T., ZAHŘÁDKOVÁ, S., KUBOŠOVÁ, K., JANOVSKÁ, H.** Životní cykly jepic (Ephemeroptera) a jejich význam pro detekci změn vodních ekosystémů. In Kropfelová Lenka a Šulcová Jana Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Třeboň, 22.6.2009. Třeboň : Česká limnologická společnost, 2009, s. 241-241. ISBN 978-80-254-4698-0.
- SPISAR, O., SIMON, O.** Revitalizace Zbytinského potoka ve vztahu k populaci perlorodky říční v NPP Blanice. In Měkotová, J., Štěrba, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Universita Palackého, 2006, s. 284-291. ISBN 80-244-1495-3.
- STEJSKAL V., KOUŘIL J., MUSIL J., HAMÁČKOVÁ J., POLICAR T.** Growth pattern of all-female perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles - is monosex perch culture beneficial?. JOURNAL OF APPLIED ICHTHYOLOGY, 2009, roč. 25, č. 4, s. 432-437. ISSN 0175-8659.
- STRAKA M., SYROVÁTKA V., HELEŠIC J.** Časová a prostorová distribuce bezobratlých v drobném toku: mesohabitatová studie. In Světlana Zahrádková, Pavla Řezníčková Symposium Říční dno VII, Sborník abstraktů a příspěvků. Šlapanice u Brna, 2.11.2010. Brno : Masarykova univerzita, 2010, s. 49-51. ISBN 978-80-210-5310-6.
- SVETLIK, I., BELANOVA, A., VRSKOVA, M., HANSLIK, E., IVANOVOVA, D., MERESOVA, J., TOMASKOVA, L., NOVAKOVA, T.** Volatility of ²¹⁰Po in the gross alpha determination. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2010, roč. 286, č. 2, s. 547-551. ISSN 0236-5731.
- SVOBODA, J.** PPCP - nové polutanty, účinky a výskyt. In Veronika Sacherová Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti. Nečtiny, 26.6.2006. Praha : Česká limnologická společnost, 2006, s. 144-145. ISBN 80-239-7257-X.
- SVOBODA, J., FUKSA, J., VÁŇA, V., KUČERA, J., WANNER, F.** Trendy odstraňování vybraných PPCP na aktivačních ČOV. In Neuveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody -

Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha : ICARIS Conference Management, 2009, s. 187-195. ISBN 978-80-254-4068-1.

SVOBODA, J., FUKSA, J.K., MATOUŠOVÁ, L., SCHONBAUEROVÁ, L., SVOBODOVÁ, A., VÁŇA, M., ŠTASTNÝ, V. Léčiva a čistírny odpadních vod - možnosti odstraňování a reálná data.. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 4/2009, 2009, roč. 51, č. 2, s. 9-12. ISSN 0322-8916.

SVOBODOVÁ, J. Faktory ovlivňující raka kamenáče v Zákolanském potoce. VTEI, 2011, roč. 53, č. 4, s. 4-8. ISSN 0322-8916.

SVOBODOVÁ, J. Postoj vodáků k regulaci splouvání řek na území národních parků. In Měkotová, J., Štěrba, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Univerzita Palackého, 2006, s. 304-308. ISBN 80-244-1495-3.

SVOBODOVÁ, J., DOUDA, K., VLACH, P. Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. BULLETIN VÚRH VODŇANY, 2009, roč. 2009, č. 2-3, s. 100-109. ISSN 0007-389X.

SVOBODOVÁ, J., ŠTAMBERGOVÁ, M., VLACH, P., PICEK, J., DOUDA, K., BERÁNKOVÁ, M. Vliv jakosti vody na populace raků v České republice – porovnání s legislativou ČR. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2008, 2008, roč. 50, č. 6, s. 1-5. ISSN 0322-8916.

SVOBODOVÁ, J., VLACH, P., FISCHER, D. Legislativní ochrana raků v České republice a v ostatních státech Evropy. VTEI, 2010, roč. 52, č. 4, s. 1-5. ISSN 0322-8916.

SVOBODOVÁ, J., ŠTAMBERGOVÁ, M., KUČERA, Z. The impact of the water quality on the crayfish population in the Czech Republic. In Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburk, 7.10.2008. Wernigerode : MKOL, 2008, s. 222-. ISBN .

SÝKORA FRANTIŠEK, MIČANÍK TOMÁŠ, KRISTOVÁ ALENA Část G: Programy pro jednotlivé prioritní a vybrané znečišťující látky. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., OdborochranavyvodMŽP, Vršovická1442/65, Praha10, PSC10010 16.4.2010.

SYROVÁTKA V., BRABEC K. The response of chironomid assemblages (Diptera: Chironomidae) to hydraulic conditions: a case study in a gravel-bed river. FUNDAMENTAL AND APPLIED LIMNOLOGY, 2010, roč. 2010, č. 178, s. 43-57. ISSN 1863-9135.

ŠAJER, J. Modelová interpretace výsledků měření mísicí zóny v Labi pod vypouštěním z ČOV Hradec Králové. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 2010, roč. 58, č. 2, s. 126-134. ISSN 0042-790X.

ŠÁLEK, J., HYÁNKOVÁ, E., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. The Knowledge Gained by Using the Model and Pilot Research of Subsurface Filters with Vertical Flow Including the Suggestions For their Implementation in Practice. In Dias, V., Vymazal, J. (eds.) 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Lisbon, Portugal, 24.9.2006. London : IWA Publishing, 2006, s. 685-692. ISBN 989-20-0361-6.

ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., PIŠTĚKOVÁ, M., ROZKOŠNÝ, M. Poutání fosforu a tenzidů v půdním (zemním) filtračním prostředí. In Neuveden Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod. Blansko, 26.2.2009. Brno : AČE ČR, 2009, s. 115-123. ISBN 978-80-7399-687-1.

ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., PROKEŠOVÁ, L., ROZKOŠNÝ, M. Výzkum poutání nutrientů v půdních filtrech s vegetací. In Jakubíková, A. Sborník příspěvků z odborného semináře. Černice, 13.9.2005. Praha : Ediční středisko ČVUT Praha, 2005, s. 313-320. ISBN 80-01-03326-0.

ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. Čistící procesy v půdním a mokřadním prostředí. In "ČOV pro objekty v horách" Přírodní řešení nebo high tech?. Pec pod Sněžkou, 19.5.2011. : , 2011, s. 8-18. ISBN .

ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. Poznatky z modelového výzkumu půdních filtrů a kořenových čistíren odpadních vod. In Kröpfelová, L., Vymazal, J. Sborník přednášek z mezinárodního semináře Monitoring těžkých kovů a vybraných rizikových prvků při čištění odpadních vod v umělých mokřadech.. Třeboň, 14.10.2008. Třeboň : ENKI, o.p.s., 2008, s. 100-108. ISBN 987-80-254-3059-0.

ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. Uspořádání a vodní hospodářství bezodtokých zařízení v krajině. In Vrána K., Vokurka, A. Konference krajinné inženýrství 2009. Praha, 14.9.2009. Praha : ČSKl, 2009, s. 102-110. ISBN 978-80-903258-8-3.

- ŠÁLEK, J., ROZKOŠNÝ, M.** Vodní hospodářství umělých mokřadů. In Měkotová, J., Štěrbá, O. Říční krajina 3, sborník příspěvků z konference. Olomouc, 5.10.2005. Olomouc : UP Olomouc, PŘF, 2005, s. 307-314. ISBN 80-244-1162-8.
- ŠANDA, M., KULASOVA, A., CÍSLEROVÁ, M.** Hydrological Processes in the Subsurface Investigated by Water Isotopes and Silica. Soil and Water Research, 2010, roč. 4, č. Spec 2, s. 83-92. ISSN 1801-5395.
- ŠANDA, M., KULASOVA, A., CÍSLEROVÁ, M.** Hydrologické procesy pod povrchem detekované izotopy vody a křemíkem [CD-ROM]. , 2010.
- ŠANDA, M., KULASOVÁ, A., NĚMCOVÁ, R., CÍSLEROVÁ, M.** Hydrological response of the small catchment monitored by means of isotope and silica tracers. In Šír, M., Tesař, M. a Lichner, L. Hydrologie malého povodí 2008. Praha, 23.4.2008. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, 2008, s. 285-292. ISBN 978-80-87117-03-3.
- ŠANDA, R., SLAVÍK, O.** New record of the Blue bream (*Abramis ballerus*) in the Elbe River in the Czech Republic. Acta Soc. Zool. Bohem., 2007, roč. 71, č. , s. 25-26. ISSN 1211-376X.
- ŠIROKÁ, Z., KRIJT, J., RANDÁK, T., SVOBODOVÁ, Z., PEŠKOVÁ, G., FUKSA, J., HAJŠLOVÁ, J., JARKOVSKÝ, J., JÁNSKÁ, M.** Organic pollutant contamination of the River Elbe as assessed by biochemical markers. Acta veterinaria Brno, 2005, roč. 2005, č. 74, s. 293-303. ISSN 0001-7213.
- ŠTAMBERGOVÁ, M., SVOBODOVÁ, J., KOZUBÍKOVÁ, E.** Raci v České republice. Praha : AOPK ČR, 2009, 255 s., ISBN 978-80-87051-78-8.
- ŠTASTNÝ, V., PÍSAŘOVÁ, M., KÖLBL, J.** Praktické zkušenosti se sledováním malých zdrojů znečištění. In Mertlová Jitka, Hlavínek Petr, Prax Petr Optimalizace návrhu a provoz stokových sítí a ČOV 2005. Břeclav, 6.10.2005. Brno : NOEL 2000, s.r.o., 2005, s. 141-148. ISBN 80-86020-47-9.
- ŠTASTNÝ, V., PÍSAŘOVÁ, M., MRÁZKOVÁ, M.** Zkoušky účinnosti malých ČOV ve VÚV T.G.M. Praha. In Ing. Milan Svoboda Nové trendy v čistírenství. Soběslav, 14.11.2006. Tábor : ENVI PUR s.r.o., 2006, s. 19-24. ISBN 80-239-7762-8.
- ŠTASTNÝ, V., SCHÖNBAEUROVÁ, L., MRÁZEK, V.** Zkušenosti ze zkoušení účinnosti malých ČOV. In Růžičková I., Wanner J. Sborník posterových sdělení z 7. mezinárodní konference a výstavy Odpadní vody 2007. Brno, hotel Voroněž, 18.9.2007. Brno : TA-Service, s.r.o., Hlinky 48, 603 00, Brno, 2007, s. 131-134. ISBN 978-80-239-9618-0.
- ŠTASTNÝ, V., SCHÖNBAUEROVÁ, L., WANNER, F.** Intenzifikace malých ČOV pomocí filtrace. In neuveden Rekonstrukcie stokových sítí a čistiarní odpadových vod, sborník prednášok a posterov 6. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou. Podbánské, 21.10.2009. Bratislava : Výzkumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, 2009, s. 159-166. ISBN 978-80-89062-64-5.
- ŠTĚPÁNKOVÁ, P.** Jarní povodeň 2006 v České republice - příčiny a následky. In Šimková, Tatiana Zborník príspevkov z medzinárodnej konferencie Ochrana pred povodňami. Podbánské - Vysoké Tatry, 4.12.2006. Bratislava : Výzkumný ústav vodného hospodárstva, 2006, s. 234-237. ISBN 80-89062-48-2.
- TAJMROVÁ, L., HELEŠIC, J.** Circadian changes in feeding activity and diet of *Hydropsyche saxonica* McLachlan, 1884. In Němejcová, D. River bottom VI. Brno, 19.9.2005. Brno : Masaryk University, 2005, s. 63-63. ISBN N.
- TEREZA BERÁNKOVÁ, RICHARD M. VOGEL, DANIEL FIALA AND PAVEL ROSENDORF** Estimation of phosphorus loads with sparse data for agricultural watersheds in the Czech Republic. Hydrological Sciences Journal, 2010, roč. 55, č. 8, s. 1417-1426. ISSN 0262-6667.
- TREML P.** Období výskytu maximálních teplot vody na českých tocích ve 2. polovině 20. století. In Broža, V., Szolgay, J., Fošumpauer, P., Starý, M., Workshop Adolfa Patery 2010 - Extrémní hydrologické jevy v povodích (Extreme Hydrological Events in Catchments). Brno, 27.5.2010. Praha : ČVVS a ČVUT, 2010, s. 115-121. ISBN 978-80-02-02260-2.
- TREML, P.** Extrémy v teplotě vzduchu a vody - období výskytu a jejich typizace vzhledem k největšímu vzestupu a poklesu teploty. Meteorologické zprávy, 2010, roč. 63, č. 4, s. 108-116. ISSN 0026-1173.

TREML, P. Chances of the Water Resources Management in the Czech Republic to Cope with Expected Impacts of Climate Change. In Neuveden 2. Internationales DWA-Symposium zur Wasserwirtschaft. Berlín, 30.3.2009. Berlin : DWA, 2009, s. 44-44. ISBN 978-3-941089-56-3.

TREML, P. Největší sucha na území České republiky v období let 1875 – 2010. Meteorologické zprávy, 2011, č. , s. -. ISSN .

TREML, P. Vymezení období největšího růstu a největšího poklesu teploty vzduchu a vody pomocí metody součtových řad. Meteorologické zprávy, 2010, roč. 63, č. 2, s. 52-56. ISSN 0026-1173.

TREML, P. Výzkum sucha na území České republiky. In doc. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD. Aqua 2011 - Ochrana vód. Trenčín, 21.9.2011. Trenčín : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2011, s. 29-33. ISBN 978-80-227-3564-3.

TREML., P. Nejvýznamnější období sucha v letech 1956–2009 na území České republiky. VTEI - Vodohospodářské technicko - ekonomické informace, 2010, roč. 52, č. MČ2/2010, s. 13-16. ISSN 0322-8916.

TRUXOVÁ, I., CHRÁSTINA, D. Optimalizace metody skupinového stanovení fenolů kapalinovou chromatografií (HPLC) ve vodách a sedimentech. VTEI, příloha Vodního hospodářství č.3, 2011, roč. 53, č. 6, s. 23-26. ISSN 0322 - 8916.

UHLÍŘOVÁ KATEŘINA, NOVÁKOVÁ HANA Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – identifikace příčných překážek v korytě vodního toku. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2011, č. , s. -. ISSN 0322–8916.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Javorka 1. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Javorka 2. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Javorka 3. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Cidlina 1. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Cidlina 2. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Labe. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Šembera 1. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Šembera 2 - Výrovka 2. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Vlka. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování na tocích a v příbřežních zónách - Výrovka 1. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování pro vymezení povodí IV. řádu - S_030 střed. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování pro vymezení povodí IV. řádu - S_030 východ. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. Využití dat laserového laserového skenování pro vymezení povodí IV. řádu - S_030 západ. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 0.0.0000.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Možnosti využití laserového snímání povrchu pro vodohospodářské účely. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 12/2009, 2009, roč. 51, č. 6, s. 11-15. ISSN 0322-8916.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-6. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-7. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-8. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 6-9. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-6. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-7. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. Využití dat LLS ve vodním hospodářství Náchod 7-8. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 10010 9.12.2009.

VAJNER, P., SIMON, O. Mrtvé dřevo jako stabilizující faktor v nivách potoků, nebo překážka v korytě. In Měkotová, J., Stěrba, O. Říční krajina 3. Olomouc, 5.10.2005. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2005, s. 368-377. ISBN 80-244-1162-8.

VÁŇA, M., FUKSA, J.K., MATOUŠOVÁ, L., WANNER, F., HUBÁČKOVÁ, J., MARTINKOVÁ, P., JOBÁNEK, R. Léčiva - nové organické znečištění vodního prostředí. In Jiří Wanner, Lukáš Dvořák, Marcel Gómez Sborník přednášek a posterových sdělení VODA 2011. Poděbrady, 19.10.2011. : Triton EU, 2011, s. 335-343. ISBN 978-80-263-0045-8.

VÁŇA, M., HAMZA, M., KUČERA, J. Vliv odtoku ze stabilizačních nádrží na recipienty. In Bodík I., Bodíková E., Hutňan M. Zborník přednášok 5. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou ODPADOVÉ VODY 2008. Štrbské Pleso, Slovensko, 15.10.2008. Bratislava : NOI, 2008, s. 92-99. ISBN 978-80-89088-68-3.

VÁŇA, M., HAMZA, M., KUČERA, J., MLEJNSKÁ, E. Průběh samočištění anaerobních odpadních vod po vypuštění do recipientu. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 8/2009, 2009, roč. 51, č. 4, s. 4-7. ISSN 0322-8916.

VÁŇA, M., KUČERA, J. Ukazatel celkový organický uhlík a jeho vztah ke kontrole odpadních vod. VTEI příloha časopisu Vodní hospodářství 12/2010, 2010, roč. 52, č. 6, s. 9-11. ISSN 0322-8916.

VÁŇA, M., KUČERA, J., HANDOVÁ, V., JOKEŠOVÁ, M., BINDZAR, J. Ověření vzorkování odpadních vod pro stanovení těkavých organických látek. VTEI, příloha časopisu Vodní hospodářství, 2010, roč. 60, č. 6, s. 13-16. ISSN 0322-8916.

VÁŇA, M., KUČERA, J., HANDOVÁ, V., JOKEŠOVÁ, M., BINDZAR, J. Ověření vzorkování těkavých organických látek. In Sýkora, V., Kujalová, H. Hydroanalytika 2009. Hradec Králové, 15.9.2009. Neuvedeno : CSlab spol. s r.o., 2009, s. 39-44. ISBN 978-80-254-4823-6.

VÁŇA, M., KUČERA, J., HANDOVÁ, V., JOKEŠOVÁ, M., BINDZAR, J. Ověřování vzorkování těkavých organických látek. In Neuveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha : Neuveden, 2009, s. 280-287. ISBN 978-80-254-4068-1.

- VÁŇA, M., MLEJNSKÁ, E., HAVEL, L.** Vliv vypouštění vyčištěných odpadních vod v anaerobních podmínkách na recipient. In Jiří Wanner, Lukáš Dvořák, Marcel Gómez Sborník přednášek a posterových sdělení VODA 2011. Poděbrady, 19.10.2011. : Tribun EU, 2011, s. 183-192. ISBN 978-80-263-0045-8.
- VÁŇA, M., SCHÖNBAUEROVÁ, L., PÍSAŘOVÁ, M.** Zkoušení účinnosti lapáků tuku – námět na změnu zkušební postupu. In Neuveden 8. mezinárodní konference a výstava Odpadní vody - Wastewater 2009. Plzeň, 5.5.2009. Praha : ICARIS Conference Management, 2009, s. 288-290. ISBN 978-80-254-4068-1.
- VEJMELKOVÁ, J., SIMON, O.** První výsledky ze sledování vývoje revitalizovaného toku v oligotrofním povodí a návrh opatření na snížení nadměrné eroze. In Měkotová, J., Štěrbá, O. Říční krajina 4. Olomouc, 18.10.2006. Olomouc : Universita Palackého, 2006, s. 361-370. ISBN 80-244-1495-3.
- VENCÉLIDES, Z., HRKAL, Z., PRCHALOVÁ, H.** Determination of the natural background content of metals in ground waters of the Czech Republic. Applied Geochemistry, 2010, roč. 25, č. 5, s. 755-762. ISSN 0883-2927.
- VILHELM, Z., HRKAL, Z., NEDVĚDOVÁ E.** Change of transmissivity of shallow hard-rock aquifers induced by climate change. In Ribeiro L., Chambel A., Condesso de Melo M.T. Groundwater and Ecosystems. Lisbon, Portugal, 17.9.2007. Lisbon, Portugal : IAH, 2007, s. 600-600. ISBN 978-989-95297-2.
- VIZINA, A., KAŠPÁREK, L.** Dopad klimatické změny na průtoky v povodí Vltavy. In ČSSI Krajině inženýrství 2008. Praha, 18.9.2008. Pardubice : Česká společnost krajinných inženýru, 2008, s. 23-33. ISBN 978-80-903258-7-6.
- VIZINA, A., KAŠPÁREK, L., KNĚŽEK, M., KAŠPÁREK, J., UHLÍK, J., FRIDRICHOVÁ, R., RAKOVEC, O., HORÁČEK, S.** Vodní bilance v podmínkách klimatické změny v povodí horní Metuje. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., 2009, 144 s., ISBN 978-80-85900-94-1.
- VLASÁK, P., HAVEL, L.** Specifika krajiny narušené povrchovou těžbou uhlí, ekologické aspekty její obnovy. In Moučková, Petra (ed.) Těžba a její dopady na životní prostředí, sborník konference. Lísek, Bystřice nad Pernštejnem, 21.3.2006. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., 2006, s. 8-11. ISBN 80-86832-18-X.
- VLASÁK, P., HAVEL, L., ADÁMEK, Z.** Water reclamation of the residual coal mining pit in Czech Republic. In Symposium for european freshwater sciences. Palermo, Italy, 8.7.2007. Palermo : SEFS-5, 2007, s. 265-. ISBN N.
- VLASÁK, P., HAVEL, L., KAŠPÁREK, L.** Flooding - the way of residual mining pit reclamation in the Northwest Bohemia. In Gliwicz M., (ed.) 4th Symposium for European Freshwater Sciences. Krakow, Poland, 22.8.2005. Krakow : Jagiellonian University, Krakow, 2005, s. 155-155. ISBN N.
- VLASÁK, P., HAVEL, L., KOHUŠOVÁ, K.** Jezero Chabařovice - vývoj ekosystému řízené zatápné zbytkové jámy po těžbě uhlí. VTEI, příloha Vodního hospodářství č. 2/2009, 2009, roč. 51, č. 1, s. 9-11. ISSN 0322-8916.
- VLNAS, R.** Vliv relativní vlhkosti vzduchu na celkový odtok v podmínkách klimatické změny. VTEI, příloha Vodního hospodářství (mimořádní číslo), 2009, roč. 51, č. 1, s. 8-13. ISSN 0322-8916.
- VRBA, J., SVOBODA, J., FUKSA, J.K.** Fluorescenční stanovení aminopeptidázové aktivity jako alternativní indikátor kvality povrchových vod?. In J. Ambrožová a P. Tlustá Vodárenská biologie. Praha, 2.2.2005. Praha : VŠCHT, 2005, s. 37-45. ISBN 80-86832-07-4.
- VÚV T.G.M., V.V.I..** Detritový kontinuální vzorkovač pro proudící vody tlakový. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Simon, O., Douda, K., Fricová, K., Kubíková, L.. Int. 20173. ÚPV ČR. 23.8.2009
- VÚV T.G.M., V.V.I..** Pasivní časově integrující vzorkovač vody a nerozpuštěných látek. Původce vynálezu: Fiala Daniel. Int. . Úřad Průmyslového Vlastnictví. 18.8.2011
- VÚV T.G.M., V.V.I..** Pasivní časově integrující vzorkovač vody a nerozpuštěných látek. Původce vynálezu: Fiala Daniel. Int. . Úřad Průmyslového Vlastnictví. 18.8.2011

- VÚV T.G.M., V.V.I.** Pasivní lapák plavenin. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Rozkošný, M., Sova, J., Hudcová, H.. Int. 20284. Úřad průmyslového vlastnictví. 13.10.2009
- VÚV T.G.M.,V.V.I.** Pasivní bodový vzorkovač vody a plavenin. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Fiala Daniel, Rosendorf Pavel. Int. 19465. Úřad průmyslového vlastnictví. 30.9.2008
- VUV T.G.M.** užité vzor PUV 18924 -2008 Kontinuální vzorkovač DDG. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Simon, O., Douda, K.. Int. 18924/2008. ÚPV ČR. 29.5.2008
- VÚV TGM, V.V.I.** Sonda pro stanovení výšky hladiny kapaliny. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Bagal, Z., Huzlík, B.. Int. 19576. Úřad průmyslového vlastnictví, ČR. 25.2.2009
- VYSKOČ, P.** Informační zabezpečení. In Josef K. Fuksa Rámcová směrnice o vodní politice EU a Zpráva 2005. Brno, 15.12.2005. Praha : ČVTS VH a VÚV T.G.M., 2005, s. 69-72. ISBN 80-02-01782-X.
- VYSKOČ, P., FILIPPI, R.** Rámcová směrnice pro vodní politiku v ČR - charakterizace oblastí povodí ČR. prototyp. 2005, VÚV T.G.M..
- VYSKOČ, P., KRISTOVÁ, A.** Průmyslové bodové zdroje znečištění - nebezpečné látky. prototyp. 2005, VÚV T.G.M..
- VYSKOČ, P., PICEK, J., SEMERÁDOVÁ, S.** Aplikace pro stanovení emisních limitů kombinovaným způsobem. 2009, VÚV T.G.M., v.v.i..
- VYSKOČ, P., PICEK, J., SEMERÁDOVÁ, S.** Internetový portál - Informační podpora stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem. 2010, VÚV T.G.M., v.v.i..
- VYSKOČ, P., PRCHALOVÁ, H., ZEMAN V.** Maketa Zprávy 2005 o charakterizaci oblastí povodí ČR. prototyp. 2005, VÚV T.G.M..
- VYSKOČ, P., PROCHÁZKOVÁ, E.** Implementace Rámcové směrnice v Mezinárodní oblasti Labe (interaktivní zpráva). 2005, VÚV T.G.M..
- VYSKOČ, P., ZEMAN, V.** Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., OOVMP 20.11.2008.
- VYSKOČ, P., PRCHALOVÁ, H., ROSENDORF, P., FIALA, D., FOJTÍK, T. ET AL.** Vodní útvary v ČR. autorizovaný software. 2007, VÚV T.G.M., v.v.i..
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, V.V.I., PODBABSKÁ 2582/30, 160 00 PRAHA 6.** Plovákové zařízení pro instalaci Malaiseho pastí na hladinách stojatých vod. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J.. Int. 22652. Česká republika. 7.4.2011
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, V.V.I., PODBABSKÁ 2582/30, 160 00 PRAHA 6.** Kotevní zařízení pro stabilizaci dřevní hmoty v korytech vodních toků. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kožený, Pavel. Int. 21018. Úřad průmyslového vlastnictví. 31.3.2010
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, V.V.I., PODBABSKÁ 2582/30, 160 00 PRAHA 6.** Zařízení k odběru kvantitativních vzorků makrozoobentosu na malých tocích. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J.. Int. 20986. Úřad průmyslového vlastnictví. 7.4.2010
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, V.V.I., PODBABSKÁ 2582/30, 160 00 PRAHA 6.** Zařízení pro odchyt dospělých hmyzu v migračním koridoru. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Kroča, J.. Int. 21557. Úřad průmyslového vlastnictví. 19.10.2010
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G. MASARYKA V.V.I., PRAHA, CZ.** Držák nízkonákladových semipermeabilních membrán. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Pospíšil, Z.. Int. 20258. Úřad průmyslového vlastnictví. 28.7.2009
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G. MASARYKA V.V.I.** Papír z chladnomilných prameništích chromist. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Simon, O., Kladvová, V., Kubíková, L., Wanner, F., Desortová, B., Fricová, K., Bílý, M.. Int. 21930. Úřad průmyslového vlastnictví. 1.12.2010
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, V.V.I., PRAHA, CZ.** Elektronický půdní mrazoměr. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Bagal Zdeněk, Daneš Libor. Int. 21177. Úřad průmyslového vlastnictví - Česká republika <http://isdv.upv.cz>. 13.4.2010

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, V.V.I., PRAHA, CZ. Srážkoměr s bezobslužnou kontrolou funkce. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Bagal Zdeněk, Daneš Libor. Int. 22321. Úřad průmyslového vlastnictví - Česká republika <http://isdv.upv.cz>. 27.2.2011

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, V.V.I. Nosič DGT vzorkovače. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Rozkošný, M.. Int. 22560. Úřad průmyslového vlastnictví. 9.12.2010

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, V.V.I. Vzorkovač smyvu a průsaku. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Rozkošný, M., Sova, J.. Int. 22772. Úřad průmyslového vlastnictví. 8.12.2010

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, V.V.I. Přenosné měřidlo výšky hladiny vody na trojúhelníkovém přelivu. Původce užitého nebo průmyslového vzoru: Rozkošný, M.. Int. 22561. Úřad průmyslového vlastnictví. 10.12.2010

WANNER F., MLEJNSKÁ E. The review of non-conventional technologies applied in the Czech Republic. *Water Practice and Technology*, 2011, roč. 6, č. 3, s. 1-8. ISSN 1751-231X.

WANNER F., VÁŇA M., FUKSA J.K., MATOUŠOVÁ L. Odstraňování vybraných farmak při čištění odpadních vod v ČOV. *Vodní Hospodářství*, 2011, roč. 61, č. 9, s. 361-363. ISSN 1211-0760.

WANNER FILIP Možnosti použití kombinovaných způsobů čištění odpadních vod. *Vodní Hospodářství*, 2010, roč. 60, č. 3, s. 66-68. ISSN 1211-0760.

WANNER, F. Možnosti použití špičkových technologií čištění odpadních vod v územích se zvláštními požadavky na ochranu jakosti vod. *Čistírenské listy, příloha Vodního hospodářství*, 2009, roč. 59, č. 5, s. 1-3. ISSN 1211-0760.

WANNER, F. Zkušenosti s dvouletým provozem nízkozatěžovaných biologických dočišťovacích rybníků na ČOV Zbytiny. In I.Bodík, M.Hutňan Zborník posterov 6. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou ODPADOVÉ VODY 2010. Štrbské Pleso, Slovensko, 20.10.2010. Bratislava, Slovensko : VÚP-NOI, 2010, s. 142-146. ISBN 978-80-89088-94-2.

WANNER, F., MLEJNSKÁ, E. The review of non-conventional technologies applied in the Czech Republic. The review of non-conventional technologies applied in the Czech Republic. In F.Masi, J.Nivala 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Venice, Italy, 4.10.2010. San Giovanni Valdarno, Italy : Palombi Editori, 2010, s. 1563-1570. ISBN 978-88-6060-300-5.

WANNER, F., MLEJNSKÁ, E. Uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru in-situ aplikací enzymů. *VTEI, příloha Vodního Hospodářství 12/2010*, 2010, roč. 52, č. 6, s. 15-18. ISSN 0322-8916.

WANNER, F., VÁŇA, M., MLEJNSKÁ, E., KUČERA, J. Srovnání vypovídací schopnosti dvouhodinových a 24 hodinových vzorků. In Bodík I., Bodíková E., Hutňan M. Zborník prednášok 5. bienalnej konferencie s medzinárodnou účasťou ODPADOVÉ VODY 2008. Štrbské Pleso, Slovensko, 15.10.2008. Bratislava : NOI, 2008, s. 207-214. ISBN 978-80-89088-68-3.

WANNER, F., VÁŇA, M., MRÁZEK, V. Měření hodnot DOC a CHSK cr v odpadní vodě optickou sondou. In Sýkora, V., Kujalová, H. *Hydroanalytika 2009*. Hradec Králové, 15.9.2009. Neuvedeno : CSlab spol. s r.o., 2009, s. 61-64. ISBN 978-80-254-4823-6.

WERNER, M., BLAŽKOVÁ, Š. AND PETR, J. Spatially distributed observations in constraining inundation modelling uncertainties. *Hydrological Processes*, 2005, roč. 19, č. 16, s. 3081-3096. ISSN 0885-6087.

Z.HRKAL, J.BURDA, D.FOTTOVÁ, M.HRKALOVÁ, H.NOVÁKOVÁ, E.NOVTNÁ Water Quality /Book 2. Kostas Voudouris (ed.) Rijeka, Chorvatsko: INTECH 2011. [Kap] Groundwater quality development in area suffering from long term impact of acid atmospheric deposition – the role of forest cover in Czech Republic case study, -. ISBN 979-953-307-745-0.

ZAHRÁDKOVÁ S., SOLDÁN T., HELEŠIC, J., NĚMEJCOVÁ, D. Species traits revival aneb co vše lze využít pro hodnocení ekologického stavu toků pomocí makrozoobentosu.. In Kropfelová L., Šulcová J. Sborník příspěvků 15. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti.. Třeboň, 22.6.2009. Třeboň : Česká limnologická společnost, 2009, 2009, s. 288-. ISBN 978-80-254-4698-0.

- ZAHRÁDKOVÁ, S., BRABEC, K., KOKEŠ, J., NĚMEJCOVÁ, D., SOLDÁN, T., JARKOVSKÝ, J., PAŘIL, P., HÁJEK, O.** Abiotic stream types and specific assemblages: is there any simple linkage? Czech streams and benthic macroinvertebrates as an example. Verh. Internat. Verein. Limnol., 2005, roč. 2005, č. 29, s. 1087-1094. ISSN 0368-0770.
- ZAHRÁDKOVÁ, S., SOLDÁN, T., BOJKOVÁ, J., HELEŠIC, J., JANOVSKÁ, H., SROKA, P.** Distribution and biology of mayflies (Ephemeroptera) of the Czech Republic: present status and perspectives. Aquatic Insects, 2009, roč. 31, č. 1, s. 629-652. ISSN 0165-0424.
- ZBORIL ALES, FOJTIK TOMAS, UHLIROVA KATERINA** La innovación geotecnológica como soporte para la toma de decisiones en el desarrollo territorial. Universidad Autónoma del Estado de México (ed.) Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México 2011. [Kap] Use of thermal imaging and laser scan in updating the water management database, -. ISBN 978-607-00-4387-1.
- ZBORIL ALES, FOJTIK TOMAS, UHLIROVA KATERINA** Use of thermal imaging and laser scan in updating the water management database. In Lidia Alejandra González Becerril Programa general y resúmenes de ponencias. Toluca, México, 25.5.2011. Toluca, México : Universidad Autónoma del Estado de México, 2011, s. 79-. ISBN .
- ZBOŘIL, A.** 01-34 Rolava. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-11 Aš. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-12 Kraslice. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-13 Hazlov. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-14 Cheb. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-32 Lázně Kynžvart. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 11-34 Tachov. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBOŘIL, A.** 21-12 Rozvadov. 2008, VÚV T.G.M., v.v.i., Ministerstvo životního prostředí ČR, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65 Praha 10, 100 10 20.11.2008.
- ZBYNĚK HRKAL** Climate Change and Water Resources – Challenge of Our Civilisation. In Baba, A., Gokmen, T., Gunduz, O., Howard, K., Friede Climate Change and its Effects on Water Resources. Izmir, Turkey, 1.9.2010. Spolková republika Německo : Springer, 2011, s. 35;41-. ISSN 978-94-007-1142-6.
- ZDEŇEK PROUZA , EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ** ROLE POVODÍ, STÁTNÍ PODNIK V SYSTÉMU HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOSTI V PŘÍPADĚ RADIČNÍ HAVÁRIE. In Diana Marešová XVII. KONZULTAČNÍ DNY PRO PRACOVNÍKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH RADIOLOGICKÝCH LABORATOŘÍ. Trosky, 21.9.2010. Praha : VÚV TGM, v.v.i., 2011, s. 38-46. ISBN 978-80-87402-10-8.
- ZEMAN, V.** Vodní bilance a Rámcová směrnice pro vodní politiku EU. Vodohospodářské a technicko-ekonomické informace, 2006, roč. 48, č. 1, s. 15-17. ISSN 0322-8916.