

Význam využití matematických modelů proudění podzemní vody v prostředí české křídové pánve (a v pánevních strukturách)

RNDr. Martin Milický

Ing. Jan Uhlík, Ph.D.

Ing. Jan Baier, Ph.D.

Mgr. Michal Polák

Ing. Matěj Černý, Ph.D.

PROGEO s.r.o.



PROGEO s.r.o., 2026

Témata prezentace:

- **Metodika modelového hodnocení – cíle, postup prací**
 - konceptní model
 - vstupní data, sestavení hydraulického modelu
 - kalibrace modelu
 - modelové simulace proudění podzemní vody – stacionární, transientní a prognózní
- **Výsledky hodnocení – průměrné (stacionární) a dynamické (transientní proudění):**
 - doplňování zásob ze srážkové infiltrace
 - drenáž podzemní vody do toků
 - bilance proudění podzemní vody
 - prostorová interpretace proudění podzemní vody
- **Význam zpracování modelů v pánevních strukturách**

Metodika modelového hodnocení - cíle

- **Obvyklé cíle:** Stanovení (zpřesnění) bilance množství podzemní vody v hodnocených hydrogeologických rajónech (územích),
- **Vliv odběrů podzemní vody na proudění, vzájemné ovlivnění**
- Ochrana jakosti podzemní vody – stanovení ochranných pásem
- Ochrana zásob podzemní vody – stanovení minimálních hladin
- **PREDIKCE – vliv vývoje klimatu nebo změny odběrů na zásoby podzemní vody, perspektiva odběrů**

Metodika hodnocení:

- Zpracování archivních dat a **realizace koncepčního modelu**,
- Základní zpracování a kalibrace **stacionárních simulací** (na známé stavy),
- **Transientní simulace** proudění – hodnocení období více hydrologických roků (min. 10), **měsíční krok**
- **Prognózní simulace** – varianty výhledu vývoje zásob a odběrů podzemní vody (blízká perspektiva a další)

Hydraulický model proudění – postup zpracování

1. Stanovení cílů

2. Konceptní model

3.

Geometrické údaje

Hydraulické charakteristiky

Okrajové podmínky

Software

4.

Kalibrace modelu – známá situace

Expertní znalost

Odběry podzemní vody
Přetoky (přes hranice území)
Efektivní infiltrace
Drenáž do úseků toků
= BILANCE

5.

Výsledky
Predikce

Analýza
výsledků

Interpretace

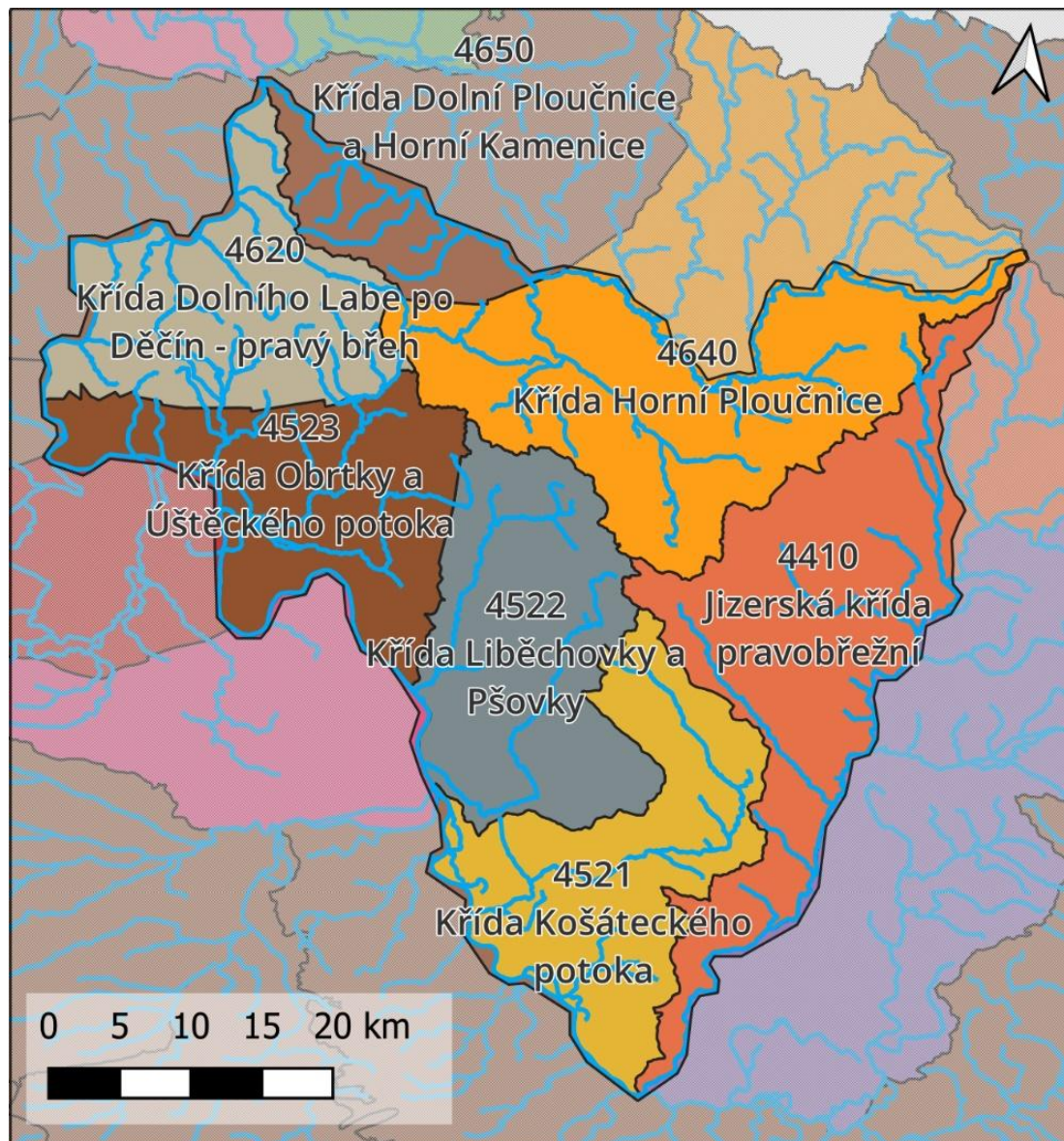
**Hydraulický
model**

6.

*Rozhodovací
proces*

Modelový region české křídové pánve – PERUN

Základní hydrogeologické rajony (7), bazální hydrogeologické rajóny (2)

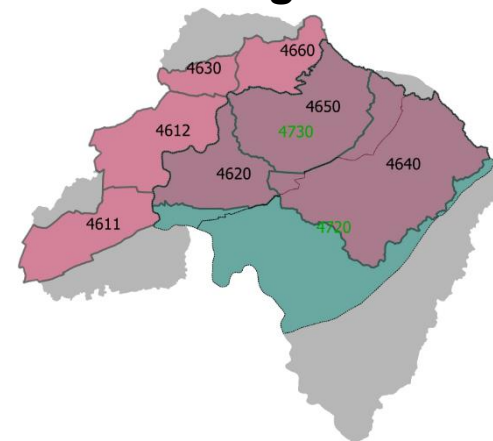


Projekt PERUN – predikce vývoje zásob podzemní vody - vliv sucha a změny klimatu

Oblast PPL+

Volba rozsahu území – podle CÍLE hodnocení regionální x lokální

**Projekt REBILANCE
Region 13**



PROGEO s.r.o., 2026

Geometrické údaje

Morfologie terénu + Báze křídý, mocnost 400 – 950 m

- Báze jednotlivých modelových vrstev (kolektorů)

- zlomy, kerná stavba



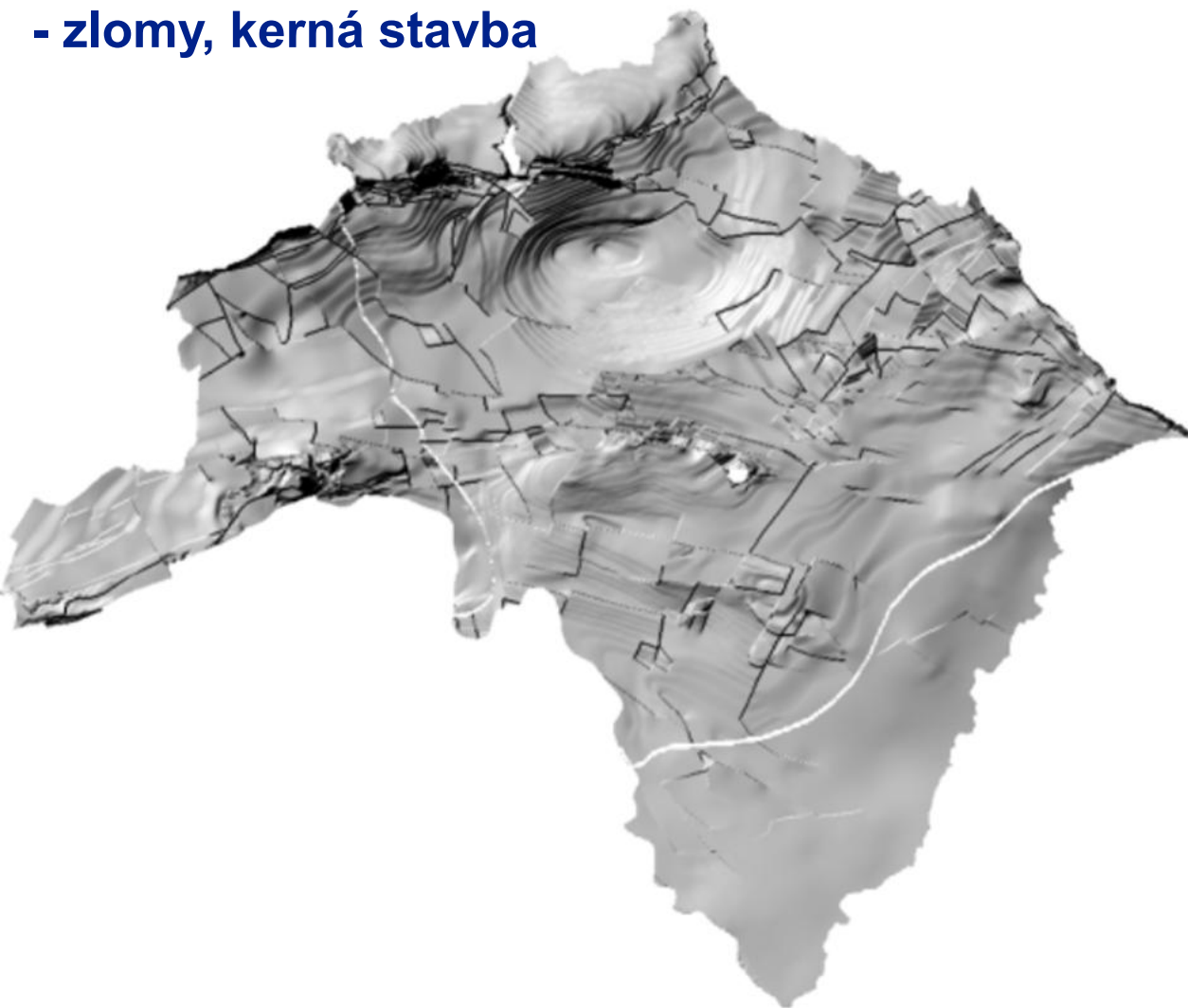
Geometrie říční sítě

(obvykle *DIBAVOD*, *VÚV TGM*)

Výškové údaje

(obvykle *DMR 5G*)

dostatečné pro regionální
hodnocení, pro detailní
hodnocení (např. jímací
území) - geodet. zaměření

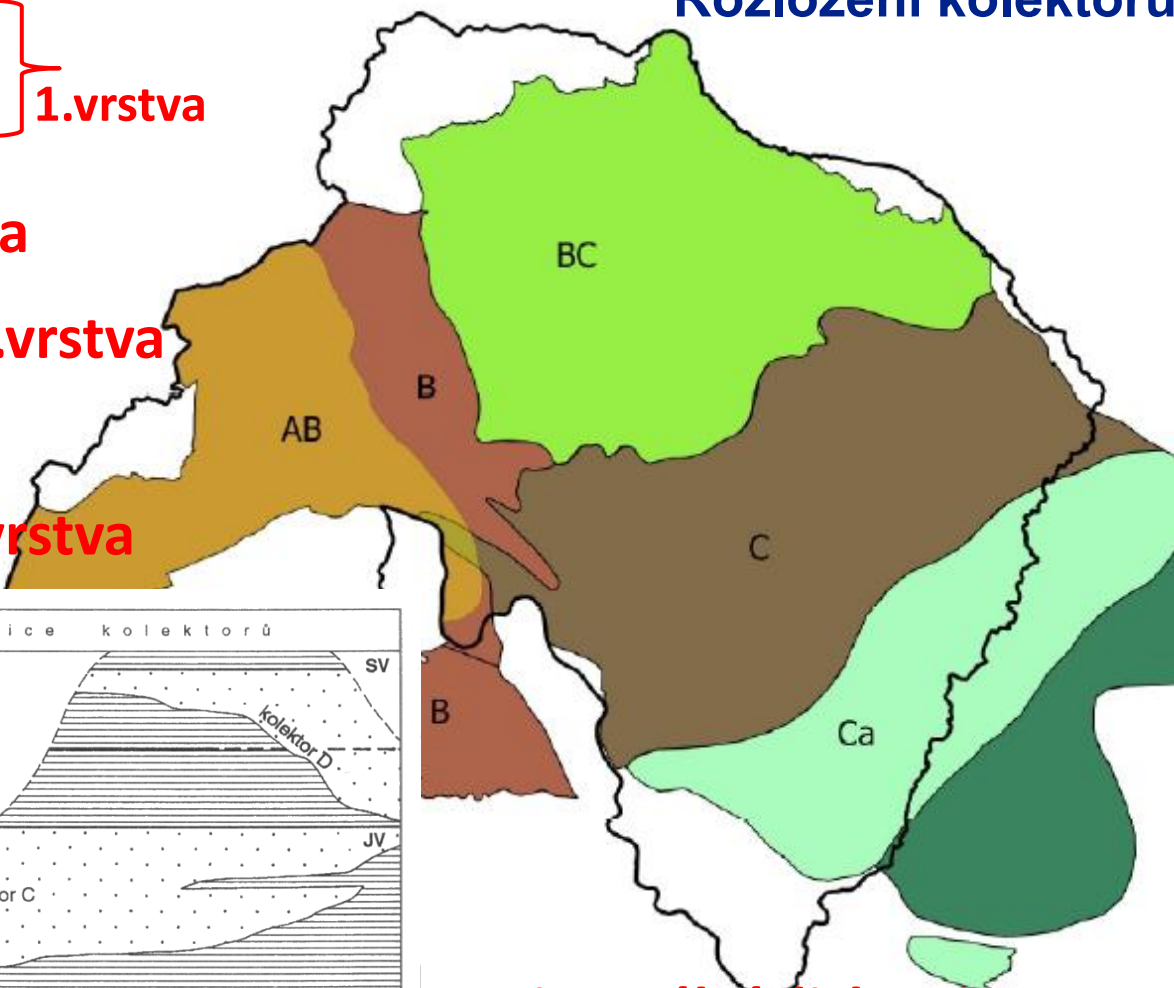


Koncepční model proudění podzemní vody

Vertikální diskretizace - 5 modelových vrstev:

- **připovrchová vrstva** } 1.vrstva
- **kolektor D**
- **izolátor c/d** 2.vrstva
- **kolektor B - BC - C** 3.vrstva
- **Izolátor a/b** 4.vrstva
- **kolektor A – AB** 5.vrstva

Rozložení kolektorů

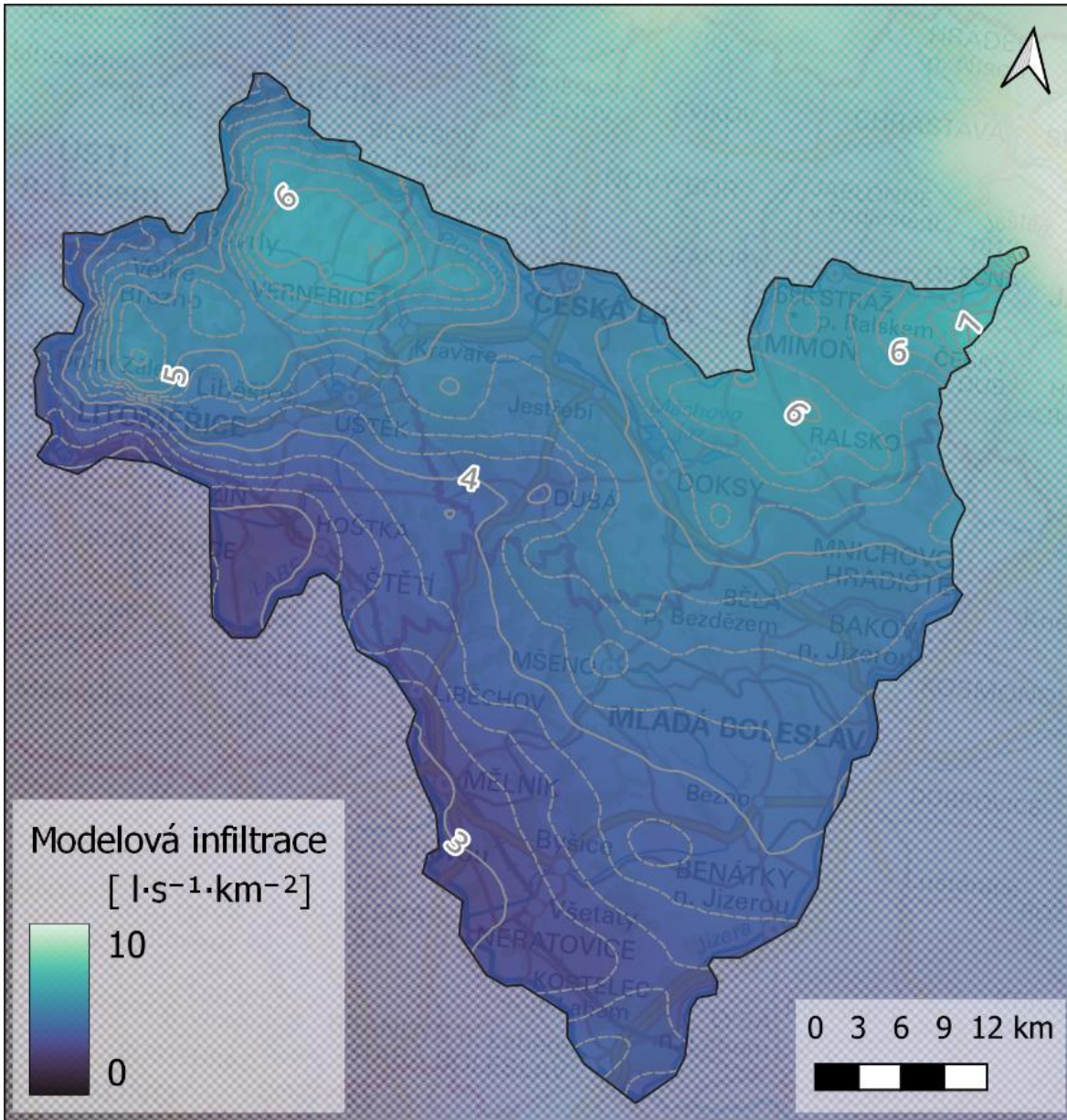


stupeň, podstupeň	souvrství, vrstvy	litologie	mocnost (m)	pozice kolektorů	
coniac	břeženské souvrství	vápnité jílovce, slínovce, pískovce, flyšoidní facie	> 150	JZ	SV
	rohatecké vrstvy	vápnité jílovce, slínovce, pískovce, místy flyšoidní facie	50–120		
svrchní turon	teplické souvrství				
střední turon	jizerské souvrství	pískovce, slínovce, prachovce	200–280	SZ	JV
spodní turon	bělohorské souvrství	slínovce	~ 30–60		
cenoman	perucko-korycanské souvrství	pískovce, prachovce, jílovce	20–110		

Horizontální diskretizace – 100 * 100 m

PROGEO s.r.o., 2026

Okrajové podmínky - infiltrace srážek



Velikost infiltrace:

- stanovená hydrologickým modelem,
- Separace podzemního odtoku (z měření),
- z mapy základního odtoku (Krásný, Bruthans)

- PPL - cca 2 - 8 l·s⁻¹·km⁻²
- Může docházet k úpravě infiltrace stanovené hydrologickým modelem podle kolísání hladiny podzemní vody

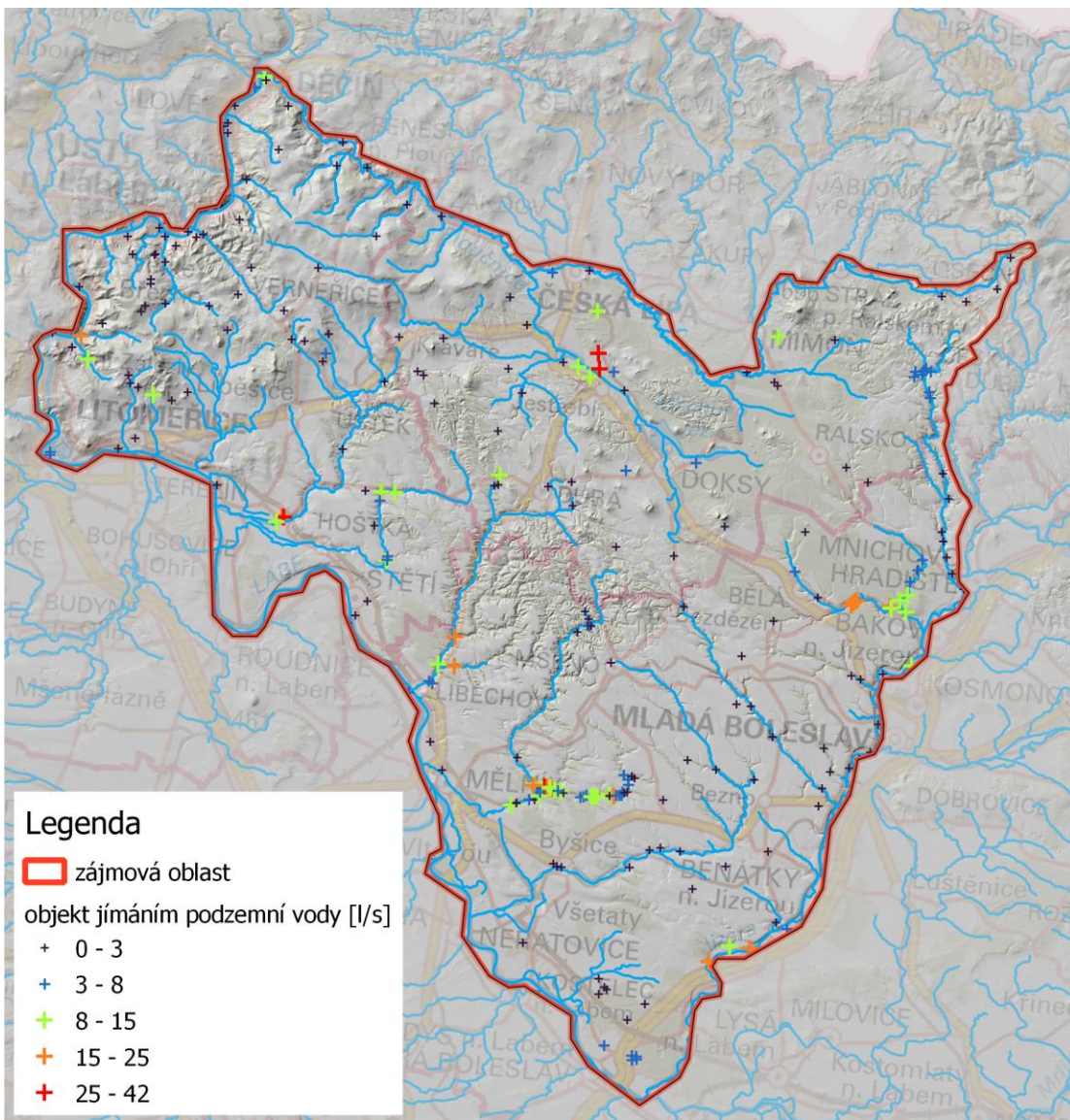
Okrajové podmínky - odběry podzemní vody

Pro regionální hodnocení :
2019 – 187 odběrů,
- množství 1 142 l·s⁻¹

Kalibrační data - měřené hodnoty:

Hladiny podzemní vody
Průtoky povrchové vody
(separace základního odtoku)

Hydraulická vodivost – (ale to
je převážně kalibrovaná
hodnota)



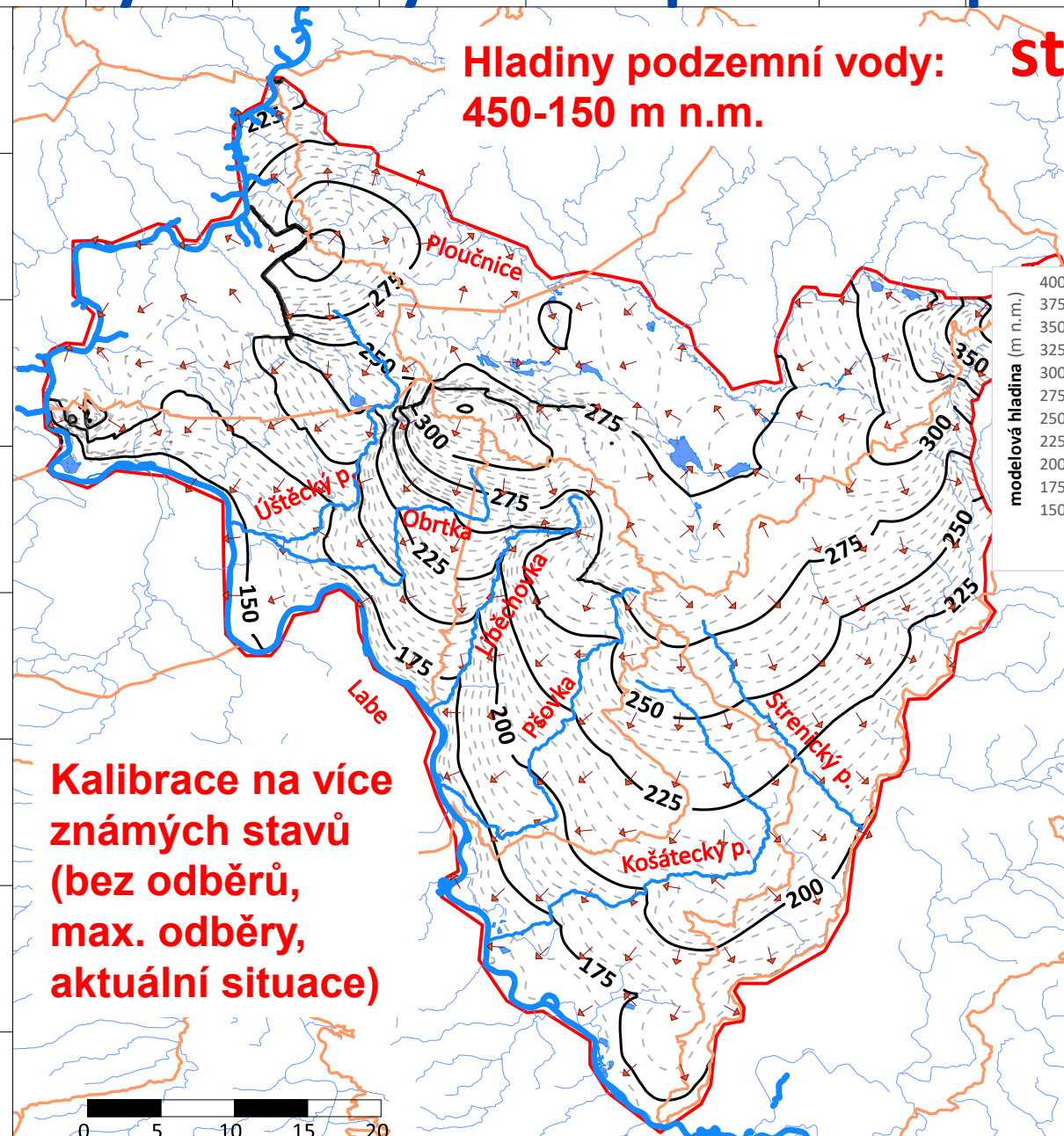
Hydraulický model proudění podzemní vody –

Hladiny podzemní vody:
450-150 m n.m.

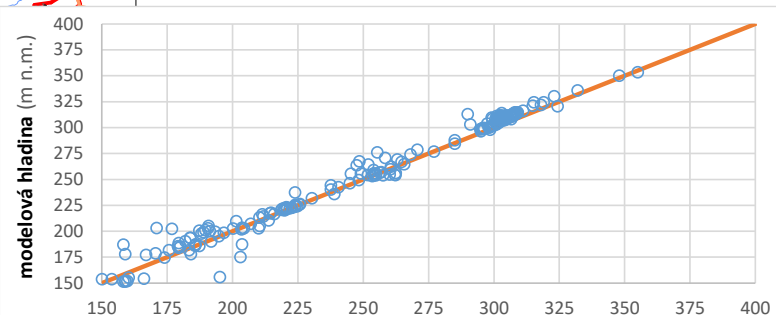
stacionární proudění

Kalibrace:

Hladinové a průtokové
(bilanční) kritérium



**Kalibrace na více
známých stavů
(bez odběrů,
max. odběry,
aktuální situace)**



tok	profil 1° / (3°)	km2	lokalita	průtoky (l·s ⁻¹) - měřené				modelové	
				měř. 1°	měř. 2°	měř. 3a	měř. 3b	R_F	R_O
Košátecký potok	KP6/KO-6	135.5	Krpy	155.6	271	247		138.0	116.9
	KP4/KO-5	150.6	Košátky	302.8		456	415	391.0	351.0
	KP3/KO-4	158.0	Byšice mlýn	321.1		398	440	416.4	375.2
	KP1/KO-1	221.8	Tišice	466		562	630	443.2	397.2
Pšovka	p17/PŠ-14	47.8	Mčeni	63.6		60	47	77.1	68.7
	p16/PŠ-13	48.8	Kanina	70		54	46	77.1	68.7
	p15/PŠ-12	52.7	Kroužek	36.7		47	47	77.1	68.7
	p14/PŠ-11	70.6	Lhotka ČD	33.9		47	41	132.3	110.8
	p13/PŠ-10	78.5	Lhotka	31.8		44	34	142.7	113.3
	p12/PŠ-9	82.3	Hledebe	20.8		20.8	18	256.4	113.3
	p11/PŠ-5	138.1	Měl. Vrutice	184.5		0	1	440.5	133.6
	p10/PŠ-2	144.9	Skuhrov	389.2		163	117	446.1	133.6
	p1/PŠ-1	160.0	Mělník	358.2		188	131	448.1	135.4
Zakšínský potok	Z1/ZA-1	17.7		75		51	43	33.4	15.5
	L1/LI-6	59.3	Zakšín	263		144	216	191.4	166.6
Liběchovka	L12/LI-5	65.0	Medonosy	248		196	184	266.0	239.0
	L13/LI-4	70.4	Chudolazy	290		247	232	297.3	269.7
	L14/LI-3	118.2	Tupadly	320		217	202	311.5	276.5
	L15/LI-2	149.5	Želíz	303	334	259	207	411.5	348.3
	L16/LI-1	157.2	Liběchov	475	516	436	297	459.4	385.0
	OB-10	35.3	Velký Hubenov			5	3		0.0
Obrtka	OB-4	74.1	pod Radouňi			110	99		40.0
	Ob16/OB-1	86.6	Mastřovice	120	nic	186	185	169.7	52.8
Úštěcký potok	Ob19		Okna	145	132*			173.8	56.8
	(6Ú)/ÚŠ-2	124.0	Vrutice		273*	115*	205*	193.7	170.8
Luční potok	(7Ú)/ÚŠ-1	216.0	Okna		239*	342*	415*	248.8	194.5
	(4L)/LU-1	58.0	Třeboutice		61.5*	58*	131*	27.9	28.0

1° - měřené průtoky - VÚV - roky 1964 až 1966

* - průtoky mimo povodí HGR

2° - měřené průtoky - expediční záměr Aquatest SG Praha, 3. až 6.12.1991

3° - měřené průtoky - záměr Aquatest, a.s., (a) 2013 a (b) 2014

R_F - modelová drenáž při neovlivněném režimu proudění; R_O - modelová drenáž při proudění ovlivněném odběry

Hydraulický model proudění podzemní vody –

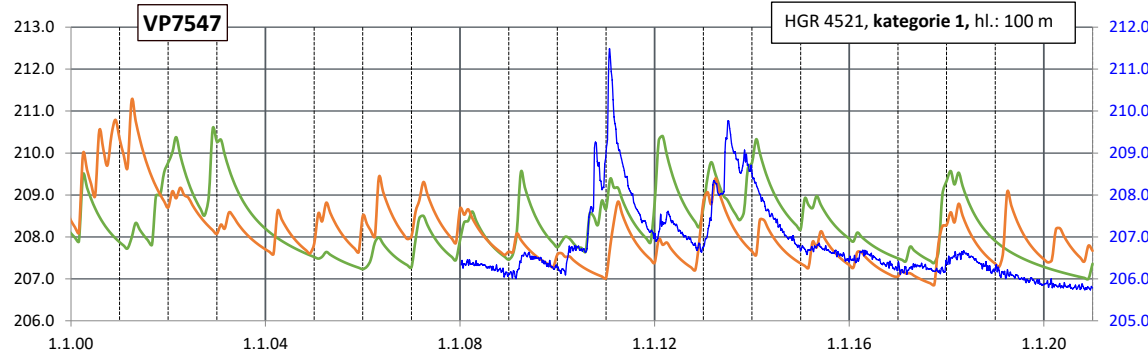
Kalibrace:

Hladinové a průtokové (bilanční) kritérium

V grafech – rozdílné zadání infiltrace (z modelu BILAN): HGR (oranž.) a ÚPOV (zel.)

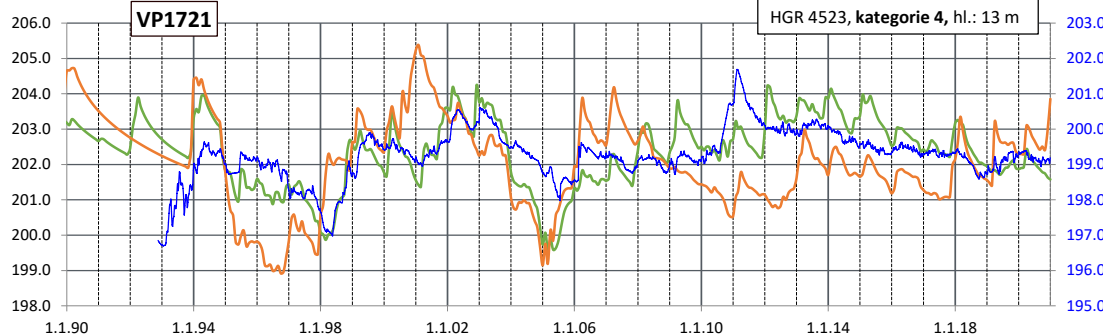
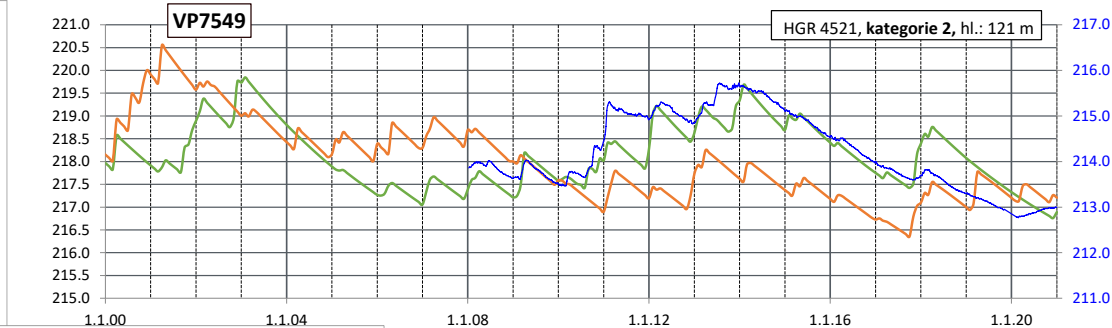
transientní proudění

Kolektor C – HGR 4521



**Z projektu PERUN –
výzkumný projekt – posouzení
výstupů hydrologického
mod.**

Kolektor C – HGR 4523



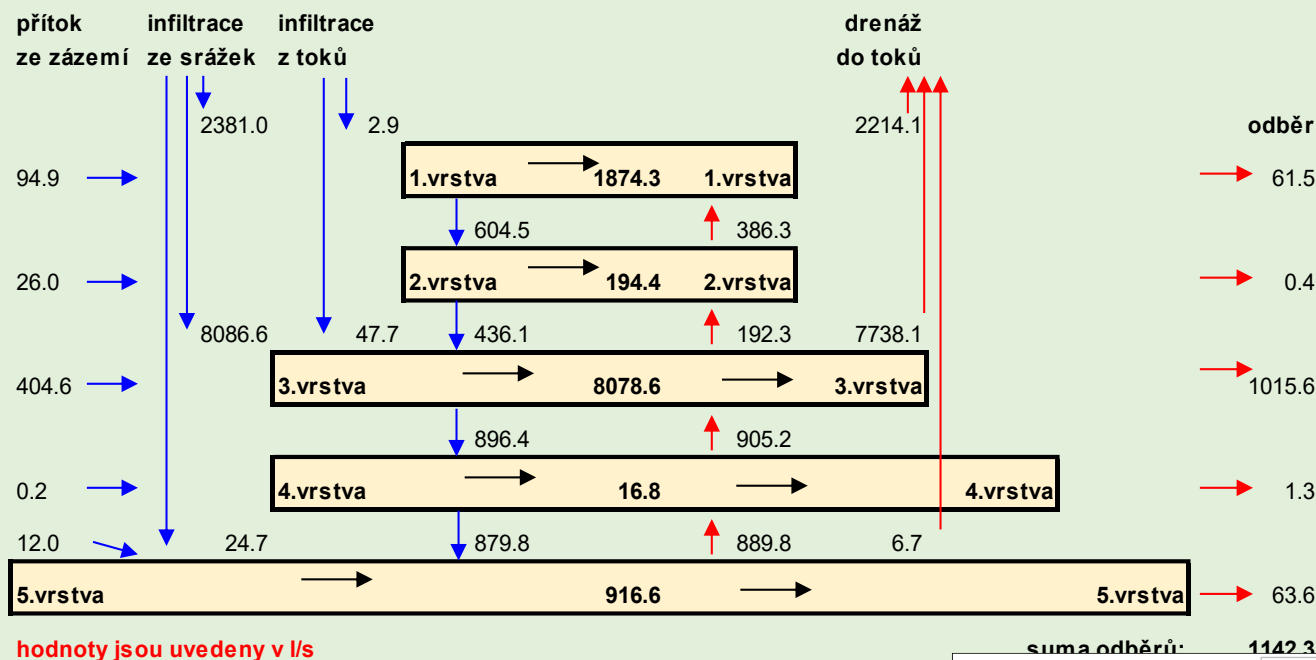
**Obvykle dochází k úpravě
infiltrace stanovené
hydrologickým modelem podle
kolísání hladiny podzemní
vody**

PROGEO s.r.o., 2026

Hydraulický model proudění podzemní vody –

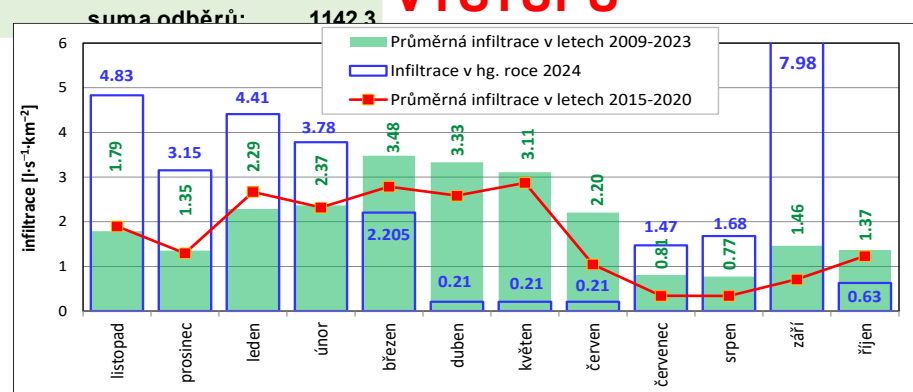
BILANCE

Bilanční schéma pro modelové vrstvy – „PERUN“



Infiltrace, drenáž, odběry, přetoky mezi vrstvami, velikost proudění (množství vody) v kolektorech

Hodnocení infiltrace (JP) OP – ALE kalibrovaná, jeden z VÝSTUPŮ



Možno vyhodnotit pro HGR, pro jímací území, vymezenou oblast, kolektor

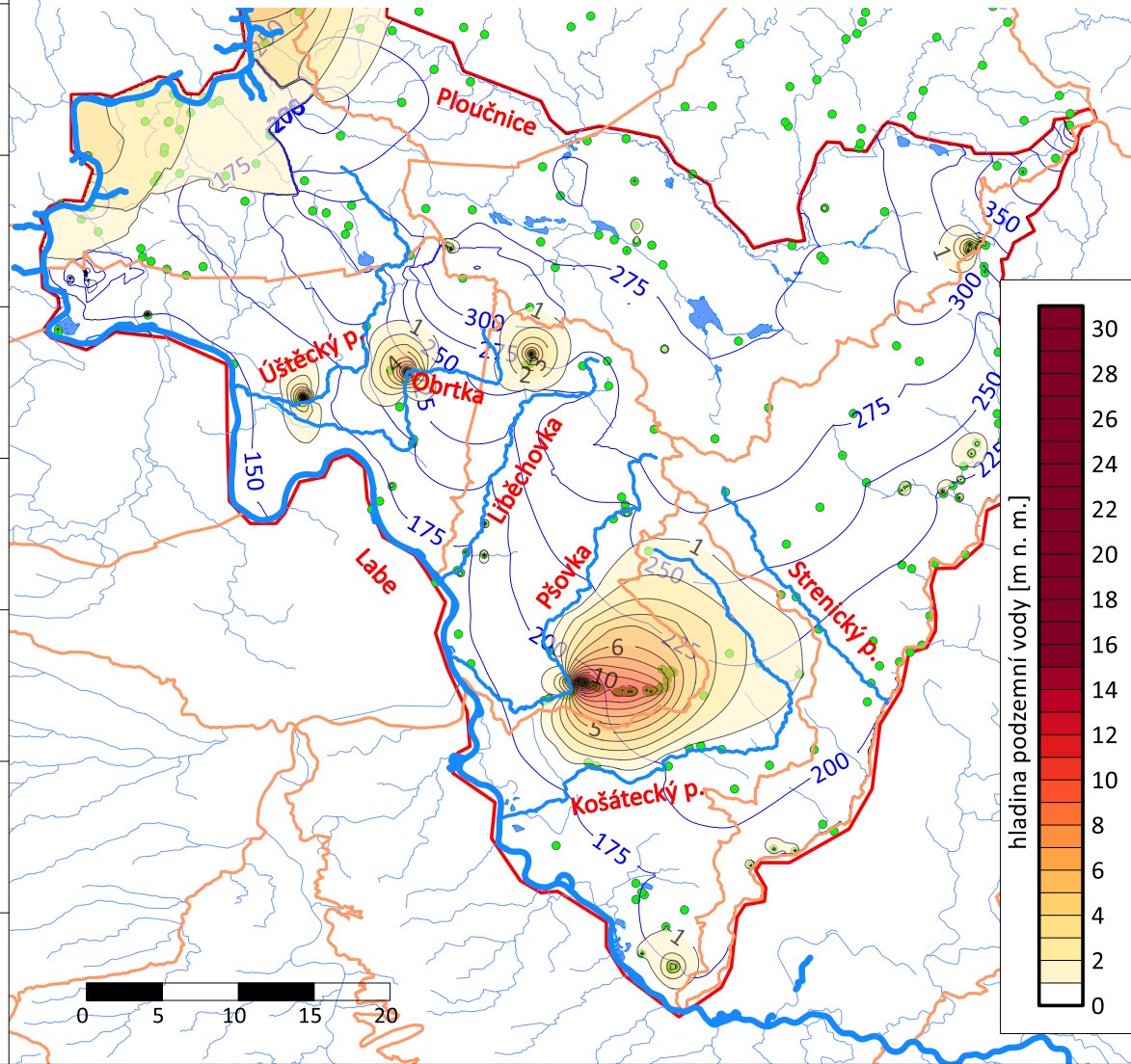
= Hlavní VÝSTUP – bez modelu nejsem schopen zrealizovat

PROGEO s.r.o., 2026

Optimalizace využívání a ochrany zdrojů podzemních vod české křídové pánve, 23.2.2026

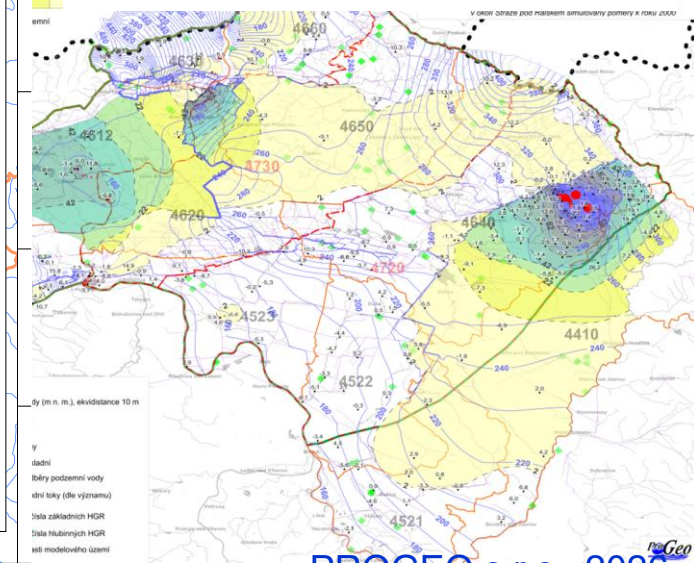
Model proudění – **VÝZNAM = HODNOCENÍ ODBĚRŮ**

Stacionární ovlivnění – PPL – kolektor C



Regionální vliv – **NELZE** použít pro hodnocení jímacího území, **musí být detail**

Stacionární ovlivnění – kolektor A-AB (maximální odběry podzemní vody) - z projektu REBILANCE



PROGEO s.r.o., 2026

-48C

-50000

-50000

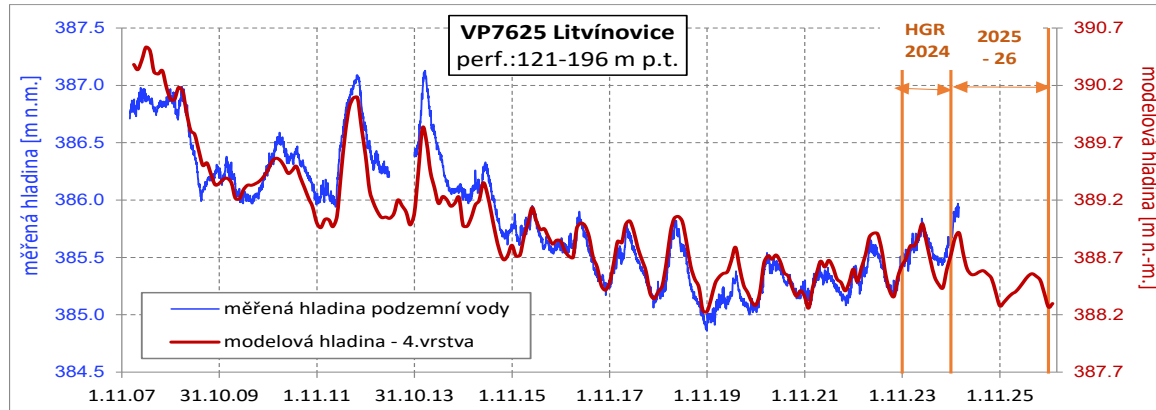
PROGEO s.r.o., 2026

Optimalizace využívání a ochrany zdrojů podzemních vod české křídové pánve, 23.2.2026

Model proudění – VÝZNAM = HODNOCENÍ ODBĚRŮ

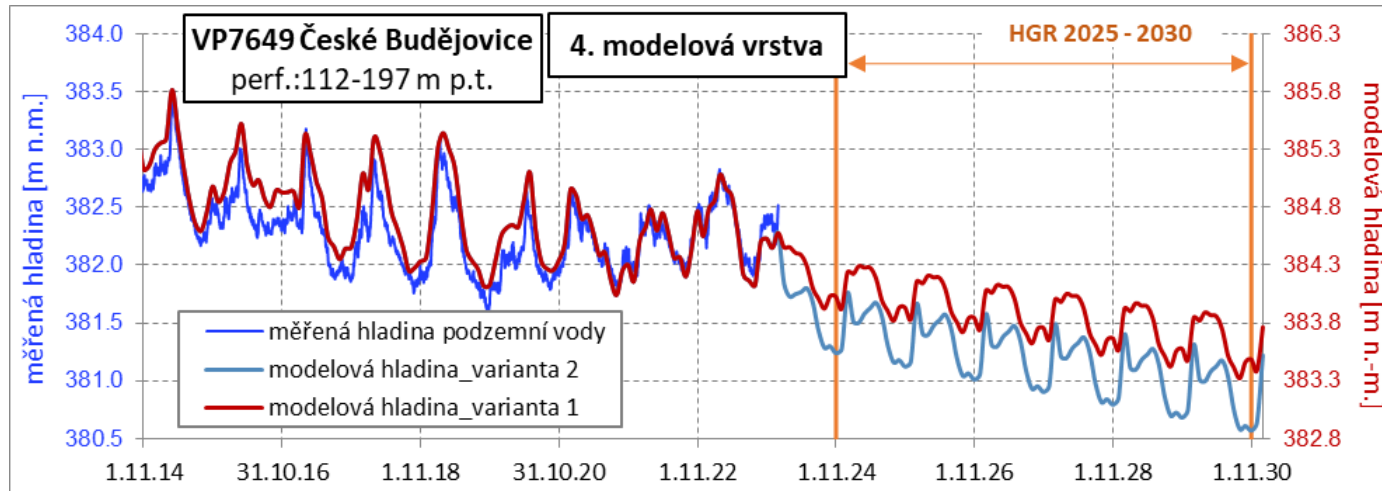
Transientní ovlivnění

+ PREDIKCE vývoje



Krátkodobá predikce vývoje hladin při mírném navýšení velikosti odběrů (o cca 10%) – pro bilanční hodnocení (PVL)

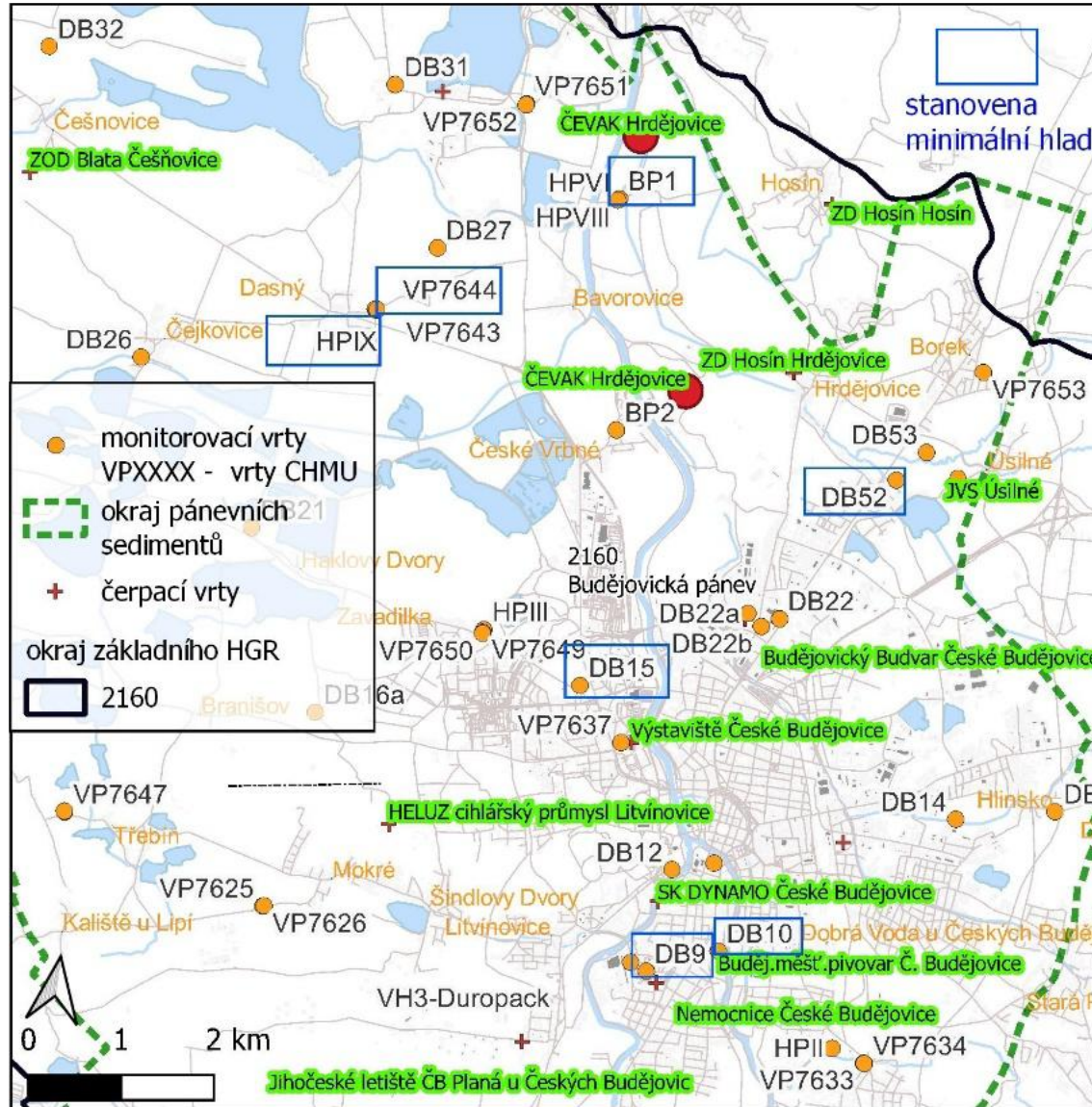
Varianty – různá velikost odběru – pro povolení (rozdíl 5 l/s)



různá distribuce v průběhu roku

Hodnoceny i varianty poklesu infiltrace na 85 a 95%

Model proudění – VÝZNAM = HODNOCENÍ ODBĚRŮ + stanovení minimálních hladin



Centrální část BP –
množství odběratelů a
monitorovacích vrtů
**V rámci ochrany zásob a
kvality p.v. pro významné
odběratele požadavek na
stanovení minimálních
hladin**

*Přiřazené vrtý se
stanovenou minimální
hladinou mají odběratelé
povinnost (v rámci
povolení) provozovat,
monitorovat a vyhodnocovat*

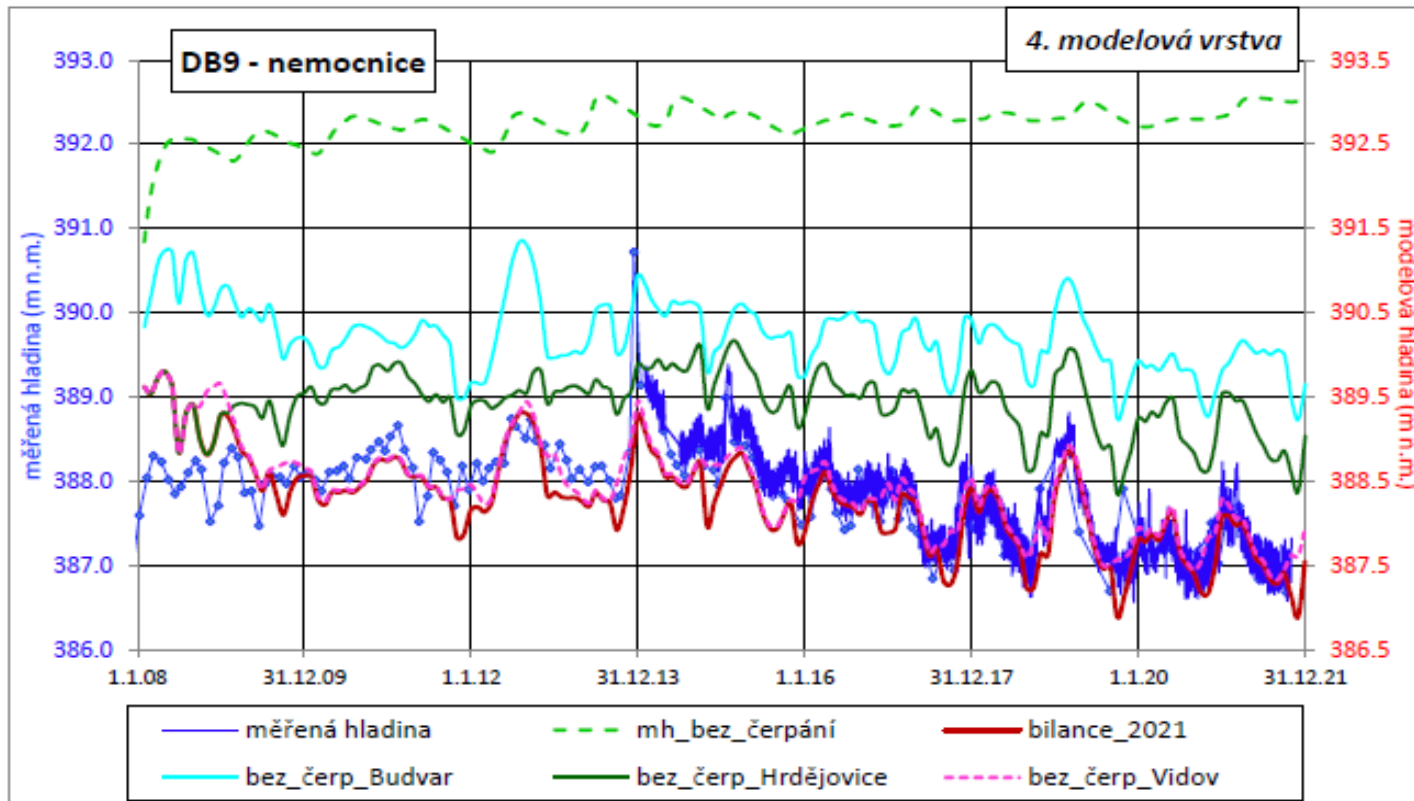
**Jak stanovit úrovně? Jaký
vrt přiřadit konkrétnímu
odběrateli?**

Model proudění – VÝZNAM = HODNOCENÍ ODBĚRŮ + stanovení minimálních hladin

Jak stanovit úrovně minimálních hladin?

Jaký vrt přiřadit konkrétnímu odběrateli?

Modelové hodnocení ovlivnění vývoje hladin odběry – modelové varianty **bez odběrů**, **realizovaných odběrů**, a při **omezení konkrétního odběru** – stanovení ovlivnění všemi odběry (snížení) a konkrétního odběru – možno přiřadit vrty konkrétním odběratelům → bez modelu velice komplikované (nereálné?)

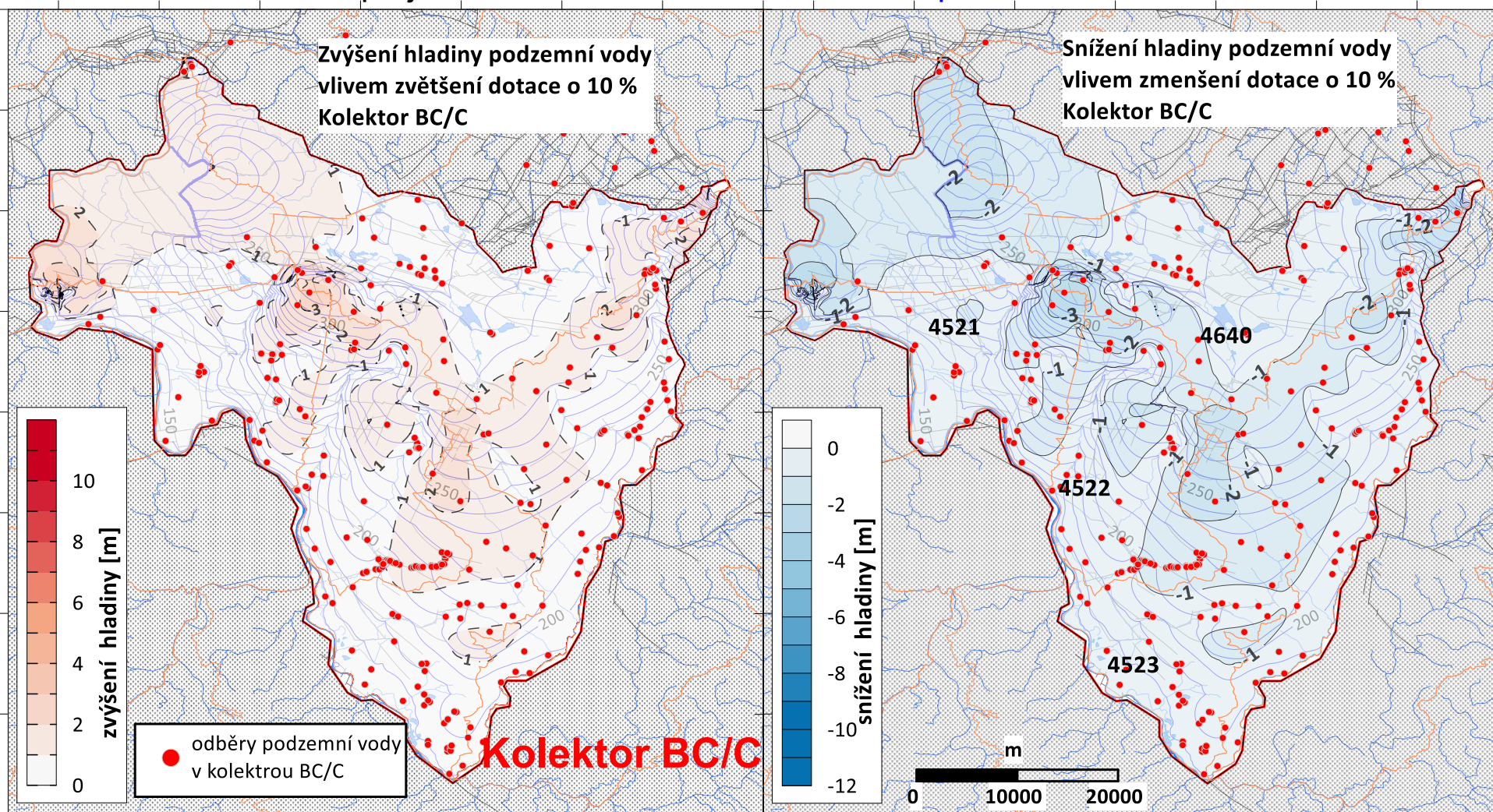


Vyřešení
sporů
odběratelů

Využití i při
stanovení
maximálních
čerpaných
množství (do
povolení)

PREDIKCE vývoje klimatu (projekt PERUN)

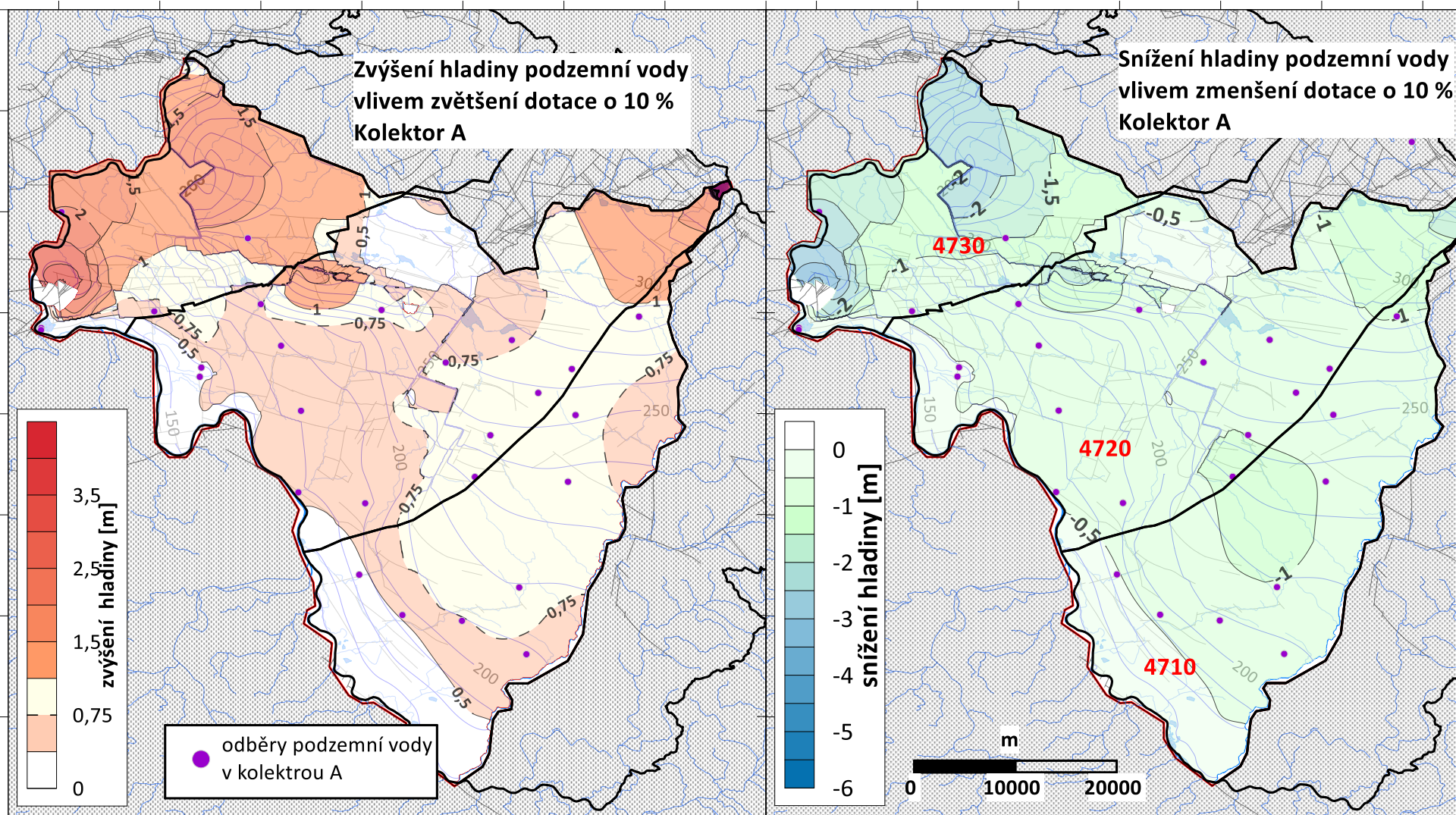
Projekt PERUN – predikce vývoje zásob podzemní vody podle klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ a emisního scénáře SSP2-4.5 – vlivem predikovaného zvýšení srážkových úhrnů v zimních měsících je ve většině HGR predikován nárůst dotace podzemní vody – stále předmětem diskuze v rámci řešení projektu – **aktuálně řešen vliv nárůstu i poklesu infiltrace**



PREDIKCE vývoje klimatu (projekt PERUN)

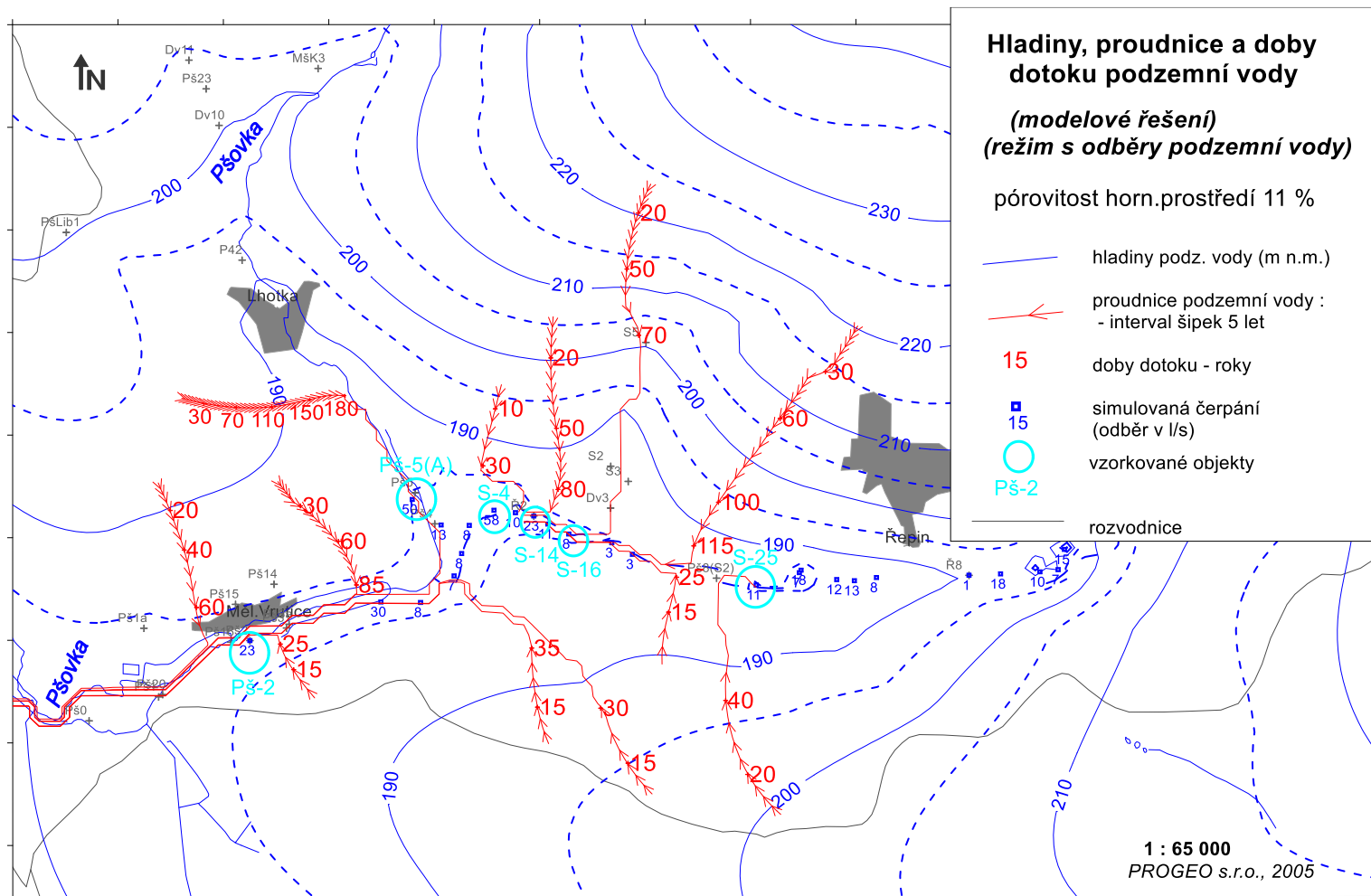
Změny úrovně hladiny podzemní vody – zvýšení a snížení dotace infiltrací

Kolektor A



Hodnocení doby dotoku k jímacím vrtům

Doby dotoku v k jímacím vrtům j.ú. Mělnická Vrutice (*starší model, 2005*)



Doby dotoku – desítky až stovky let, v závislosti na pórovitosti, cestě (důly nebo neporušená hornina)

PROGEO s.r.o., 2026

Optimalizace využívání a ochrany zdrojů podzemních vod české křídové pánve, 23.2.2026

Význam modelových simulací proudění+nejistoty

1. Modelové simulace proudění – numericky přesné, ale často s méně přesnými nebo neúplnými daty → nejistota výsledku (modely ji dokáží zhodnotit – variantní řešení),
2. Kvalitu výstupů hydraulických modelů ovlivňuje především množství a typ užitých dat a zvolená metodika prací,
3. Základy věrohodné interpretace poměrů hydrogeologických struktur (včetně využití modelů) spočívají v terénních měřeních.

Význam

1. Komplexní zhodnocení zájmového území – DIGITÁLNÍ DVOJČE hydrogeologické struktury,
2. Možnosti hodnocení vývoje klimatu a velikosti odběrů a jejich dopadů na proudění podzemní vody – včetně KOMBINACÍ vlivů

Poděkování 1:

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SQ01010176 „Dopady změny klimatu na minimální zůstatkové průtoky v říční síti Jizery a na odběry podzemní vody v blízkosti toku“.

Poděkování 2:

V tomto příspěvku byly použity výsledky hodnocení zpracovaných pro Povodí Vltavy, s.p.

Poděkování 3:

Děkuji za pozornost

