

PROBLEMATIKA URČENÍ MÍSICÍ ZÓNY PŘI INTERAKCI ODPADNÍ A POVRCHOVÉ VODY

Interakcí odpadní a povrchové vody dochází k jejich vzájemnému mísení, které v toku probíhá nejprve v příbřežní oblasti a po proudu se posléze rozšiřuje na celou šířku toku. Oblast, ve které je již dokonale promíchána odpadní voda s vodou povrchovou v celém příčném profilu, nazýváme mísicí zónou. Vymezení mísicích zón je důležité z hlediska implementace požadavků nové evropské legislativy v oblasti ochrany vod, konkrétně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES. S podporou tohoto projektu jsou mísicí zóny určovány na různých typech toků ČR a pod vybranými zdroji znečištění experimentálně i pomocí modelových nástrojů.

Legislativní rámec

Článek 16 Rámcové směrnice pro vodní politiku Společenství 2000/60/ES stanovuje strategii omezování chemického znečištění 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 Komise ES v prosinci 2008 zveřejnila směrnici 2008/105/ES o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky a o změně směrnice 2000/60/ES. Ta stanovuje normy environmentální kvality pro všechny 33 prioritních látek v povrchových vodách a pro tři z nich i v biotě a v říčním sedimentu. Tyto normy jsou vyjádřeny jako roční průměrné hodnoty (ochrana proti chronickým účinkům) a jako maximální nepřekročitelné hodnoty (ochrana proti akutním účinkům na vodní organismy).

Nová směrnice umožní členským státům vymezit tzv. přechodné oblasti překračování nebo mísicí zóny, tj. úseky toků, kde mohou být normy kvality překračovány. Pokud se členský stát rozhodne mísicí zóny vymezit, je pak jeho povinností popsat Komisi přístup a metody, jakým byly tyto zóny určeny. Přitom musí respektovat následující zásady:

- omezit oblast mísicí zóny na místo blízké bodu vypouštění,
- vymezit oblast mísicí zóny úměrně koncentraci vypouštěného znečištění (prioritní látky); přitom lze vzít v úvahu podmínky stanovené ve vodoprávním povolení k vypouštění při aplikaci nejlepších dostupných technik.

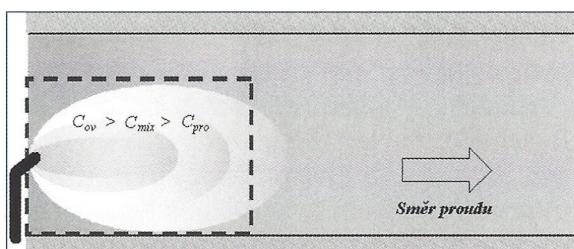
Tento projekt si klade za cíl zabývat se problematikou stanovení mísicí zóny na tocích

ČR, včetně zpracování vhodného metodického postupu.

Teorie mísicí zóny

Park (1985) definuje mísicí zónu jako oblast vodního útvaru bezprostředně navazující na místo vypouštění odpadních vod, ve které není jakost vody standardní. Podle Neelyho (1982) je to oblast, kde se projevuje ve všech směrech rozptyl složek vypouštěné odpadní vody a kde je snaha dosáhnout stálých koncentrací v recipientu.

V souvislosti se stanovením mísicí zóny se nejčastěji věnuje pozornost tepelnému a chemickému znečištění. Zpravidla jsou rozlišovány dva druhy mísicích zón: akutní a chronická mísicí zóna.



Obr. 1. Schéma mísicí zóny

Nejblíže k místu vypouštění přiléhá akutní mísicí zóna – je to oblast počáteční fáze ředění, kde dochází k vyrovnaní koncentrací z hlediska akutních účinků na vodní organismy. Následuje chronická mísicí zóna, což je úsek toku, kde dochází k vyrovnaní koncentrací typických pro chronické účinky. Koncentrace polutantů klesá s rostoucí vzdáleností od místa vypouštění (obr. 1). Mísicí zóna je ve srovnání s okolním vodním prostředím charakterizována vysokou koncentrací vypouštěných polutantů a je definována takto:

$$c_{ov} \geq c_{mix} \geq c_{pro}$$

kde je

c_{ov} koncentrace polutantů v odpadní vodě,
 c_{mix} koncentrace polutantů v mísicí zóně,
 c_{pro} koncentrace polutantů v prostředí neovlivněném vypouštěním.

Koncentraci polutantu v zóně úplného smíchání vyjadřuje následující rovnice:

$$C_{ov} = C_{zcm} \geq \frac{C_w Q_w + C_r Q_r}{Q_w + Q_r}$$

kde je

C_{ov} koncentrace polutantu v odpadní vodě,
 C_{zcm} koncentrace polutantu v zóně komplexního míchaní,
 C_r původní koncentrace polutantu v řece,
 Q_w objemová rychlosť toku odpadní vody do toku,
 Q_r objemová rychlosť toku řeky.

Průběh mísení odpadní a povrchové vody závisí na mnoha faktorech, zvl. na rychlosti proudění, teplotě a hustotě odpadní a povrchové vody, šířce a hloubce toku.

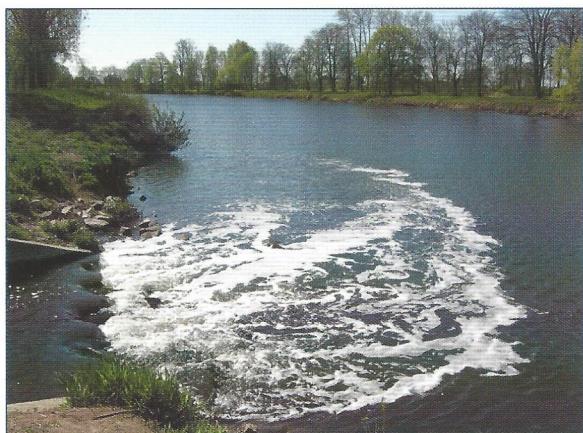
Experimentální ověřování mísicí zóny

Experimentální ověřování mísicí zóny se provádělo na několika typech toků a za různých hydrologických podmínek. Byly vybrány čtyři modelové oblasti na tocích Labe, Bílina, Bečva a Ostravice. Mísicí zóny byly určovány pod významnými zdroji znečištění. K měření průběhu mísení byla zvolena konduktivita (měrná vodivost), která je snadno stanovitelná přenosným přístrojem přímo v terénu. Měření probíhalo v příčných profilech toku až do takové vzdálenosti od místa vypouštění, kde se rozdíl konduktivity všech hodnot naměřených v příčném profilu rovnal odchylce měření. V některých případech bylo možno rozhraní mísení pozorovat i vizuálně změnou barvy nebo unášenou pěnou na hladině toku. Měření probíhalo broděním nebo z nafukovací kánoe, aktuální poloha byla zjišťována pomocí GPS. V jednom případě (Bečva) byla mísicí zóna stanovena také pomocí analytického stanovení konzervativního ukazatele (polyaromatické uhlovodíky).

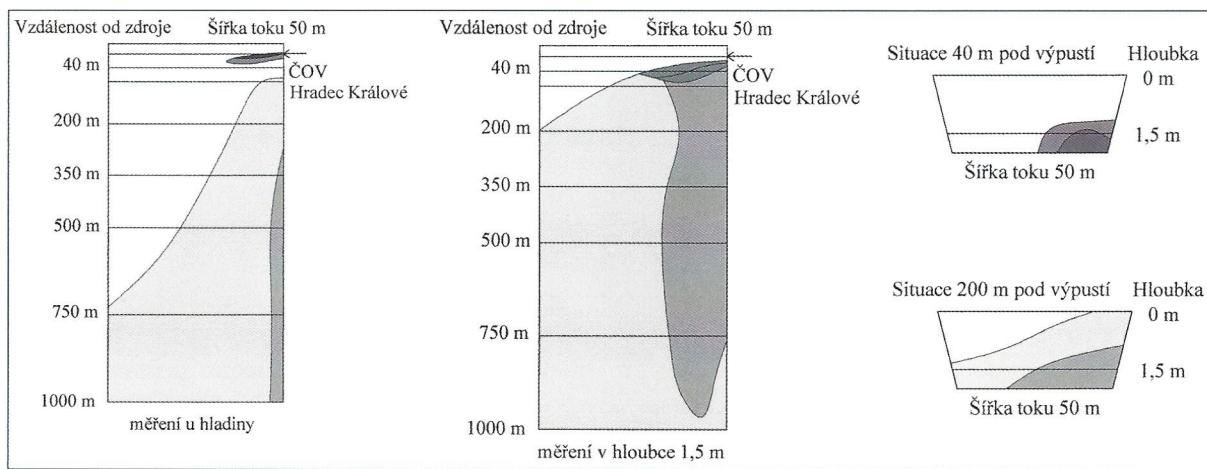
Řeka Labe reprezentuje větší tok, kde může být mísení ovlivněno i třetím rozměrem, tj. hloubkou. Pro ověření byly zvoleny dva úseky řeky, a to pod výstupí z ČOV města Hradec Králové a pod výstupí ČOV města Pardubice, obě za nízkých průtoků v recipientu. V počáteční fázi je mísení povrchové a odpadní vody velmi intenzivní, kdy dochází k rychlému poklesu konduktivity. Poté nastupuje klidnější fáze mísení. Vlečka znečištění (vypouštěné odpadní vody) se v naprosté většině případů drží při tom břehu, ze kterého je realizováno vypouštění a postupně se rozšiřuje na celou šířku toku. V poslední fázi mísení se vodivost vyrovňává jen pozvolna. Mísení výrazně napomáhají objekty v toku (jez, stupeň, obtok přes vodní elektrárnu) nebo morfologie toku (změny směru proudění u málo hlubokých toků, změny šířky toku).

V případě Labe pod ČOV Hradec Králové (obr. 2) bylo mísicí zóny dosaženo ve vzdálenosti 1 500 m od výstupi, a to vlivem jezu a činnosti vodní elektrárny, kdy všechna povrchová voda protékala přes turbínu. Rozdíl teplot a měrné hmotnosti povrchové a odpadní vody má významný vliv na charakter mísení v bezprostřední vzdálenosti od místa vypouštění. V případě, že teplota odpadní vody je nižší než teplota vody povrchové, nemusí být mísení při hladině pozorováno. Proud odpadní vody směřuje nejprve ke dnu, odkud dochází k postupnému promísení směrem k hladině (obr. 3).

Poněkud odlišný je průběh mísení v méně hlubokých tocích (pod 1 m). Vertikální stra-



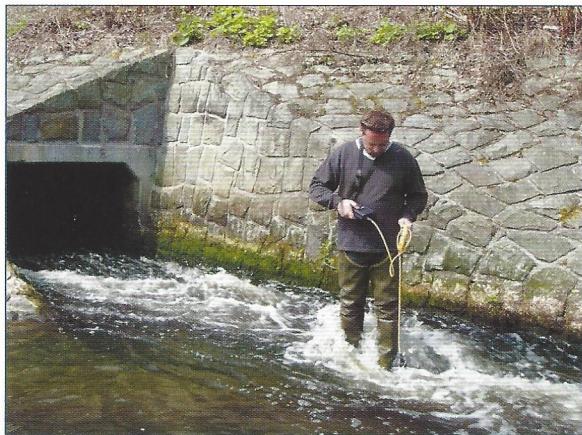
Obr. 2. Průběh mísení pod ČOV Hradec Králové na řece Labi



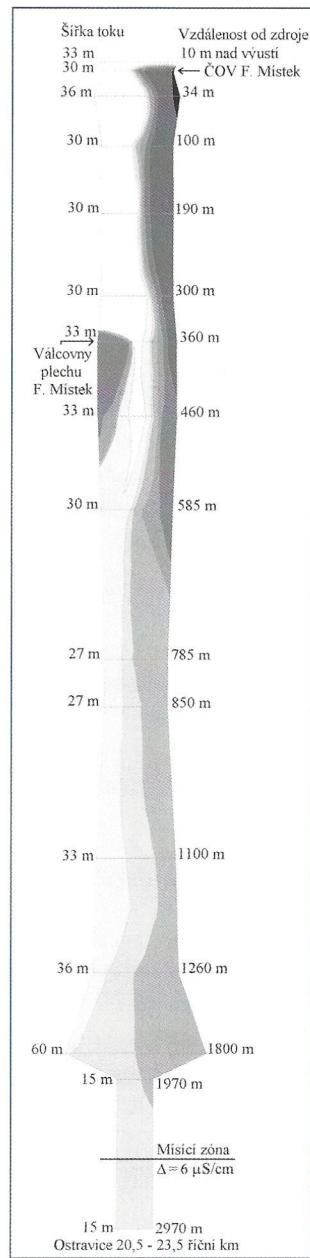
Obr. 3. Průběh mísení pod ČOV Hradec Králové v červenci 2007

tifikace odpadní a povrchové vody se neprojevuje. Nejvýznamnější vliv na délku mísicí zóny mají aktuální průtokové poměry, šířka a morfologie toku. Příkladem širokého, broditelného koryta s bystřinným charakterem toku je řeka Ostravice. Způsob měření průběhu mísení pod komunální ČOV Frýdek-Místek je zobrazen na obr. 4 a vlastní průběh na obr. 5. Mísicí zóna byla experimentálně ověřena ve vzdálenosti 2 300 až 2 970 m (v závislosti na průtocích).

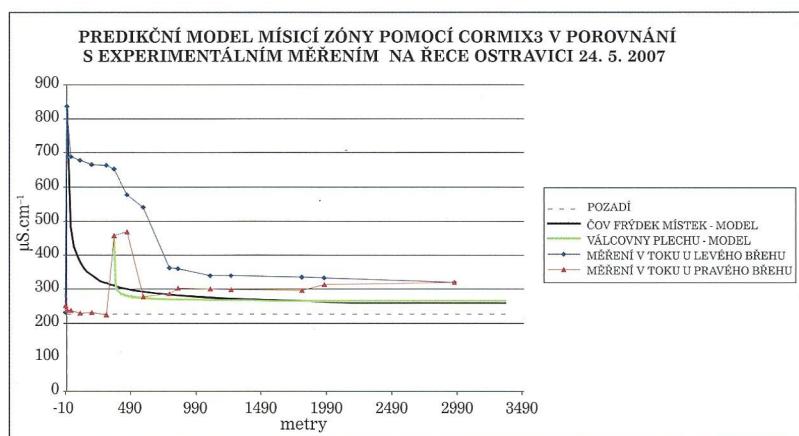
V případě drobných toků nižšího rádu je mísicí zóna dosahována podstatně blíže, desítky až stovky metrů od místa vypouštění. Například na řece Bílině pod zaústěním odpadních vod z podniku Chemopetrol Litvínov, a.s., byla vzhledem k významnému objemu vypouštěných odpadních vod (5 výustí) mísicí



Obr. 4. Měření průběhu mísení pod ČOV Frýdek-Místek na řece Ostravici



Obr. 5. Experimentálně zjištěný průběh mísicí zóny na řece Ostravici



zóna dosahována do vzdálenosti 140 m od první výstupy.

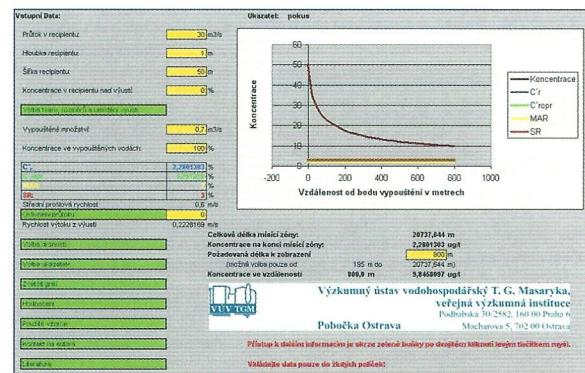
Šířka toku je tedy rozhodujícím parametrem majícím vliv na délku úseku toku, ve kterém k mísení dochází. To odpovídá i publikovaným vztahům pro výpočet délky mísicí zóny (Jirka et al., 2004).

Modelování mísicí zóny

Pro modelování mísicí zóny je možno použít několik sofistikovaných programů. K nejrozšířenějším patří program CORMIX (US EPA), jehož Version 5.0E s omezenou dobou platnosti byla testována na příkladu řek Labe a Ostravice (obr. 6). Oproti experimentálně zjištěným datům klesá koncentrace znečišťující látky vypočtená modelem v počáteční oblasti mísení výrazněji. Další pokles koncentrace a její vyrovnaní s koncentrací povrchové vody je velmi pozvolné, což vede k dosažení mísicí zóny výpočtem zpravidla v mnohem větší vzdálenosti od zdroje znečištění, než je tomu ve skutečnosti.

Ověřována byla možnost použití imisního testu používaného v Holandsku k vymezování mísicích zón pro různé polutanty a zveřejněného na internetových stránkách Helpdesk

Obr. 6. Srovnání skutečného a modelového průběhu mísení odpadních a povrchových vod na řece Ostravici



Obr. 7. Ukázka vyvýjeného imisního testu

Water. V současné době je VÚV T.G.M., v.v.i., na stejném základě vyvýjen a ověřován vlastní imisní test, který by měl lépe korespondovat s experimentálně zjištěnými daty v českých tocích (obr. 7).

Literatura

Park, SS. (1985) Mathematical modeling of mixing zone characteristics in natural streams. Ph.D. dissertation, Rutgers University, New Brunswick, NJ, 180 pp.

Neely, WB. (1982) The definition and use of mixing zones. *Environ. Sci. technol.*, 16, 518A–521A pp.

Jirka, G., Bleninger, T., Burrows, R., and Larsen, T. (2004) Environmental Quality Standards in the EC-Water Framework Directive: Consequences for Water Pollution Control for Point Sources.

http://www.ewaonline.de/journal/2004_01h.pdf.

Kontakt:

Ing. Tomáš Mičaník, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
pobočka Ostrava, Macharova 5, 702 00 Ostrava, tel.: 595 134 811, e-mail: tomas_micanik@vuv.cz
Ing. František Sýkora, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
pobočka Ostrava, Macharova 5, 702 00 Ostrava, tel.: 595 134 854, e-mail: frantisek_sykora@vuv.cz
Ing. Jiří Šajer, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
pobočka Ostrava, Macharova 5, 702 00 Ostrava, tel.: 595 134 842, e-mail: jiri_sajer@vuv.cz
Ing. Jiří Kučera, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
Podbabská 30, 160 00 Praha 6, tel.: 220 197 223, e-mail: jiri_kucera@vuv.cz