VTEI
4/2014 Ročník 56
VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

ODHAD STÁŘÍ A MÍŠENÍ PODZEMNÍCH VOD V OBLASTI HŘENSKO–KŘINICE/KIRNITZSCH
Souhrn výsledků projektu GRACE za roky 2012 a 2013

Pavel Šimek

Klíčová slova
tritium – ^3H – dusičnany – NO_3^- – Hřensko–Křinice/Kirnitzsch – podzemní voda – kolektor – vrt – pramen

Souhrn

Tato studie je dílčím výstupem projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE). Pro odhad stáří podzemních vod byla v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch použita tzv. tritiová metoda. Odběry vzorků proběhly v roce 2012 až 2013. Stanovení tritia provedla laboratoř radioekologie VÚV TGM, v.v.i., pomocí kapalinové scintilační metody po elektrolytické koncentraci vzorku. Pro doplnění byly stanoveny fyzikálně-chemické a anorganické parametry. Analýzy fyzikálně-chemických a anorganických parametrů provedla Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů a Zkušební laboratoř technologie vody ve VÚV TGM, v.v.i. Pro odhad stáří podzemních vod byl využit výpočet na základě modelu Piston-flow, do kterého vstupují zjištěné objemové aktivity tritia v podzemních vodách a objemové aktivity tritia ve srážkách. Koncentrace dusičnanů (NO_3^-) v závislosti na objemové aktivitě tritia v podzemních vodách indikují míru míšení podzemních vod s povrchovými vodami.

1 Úvod

Studie je dílčím výstupem projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE), podporovaného z Programu Cíl 3 (Evropského fondu pro regionální rozvoj) na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko.

Projekt GRACE je zaměřen na ochranu vodních zdrojů a objasnění příčin klesání hladin podzemních vod ve vymezených přeshraničních oblastech Hřensko–Křinice/Kirnitzsch a Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin. Výsledky projektu přispějí k udržitelnému využívání podzemních vodních zdrojů a zlepšení jejich ochrany, dále zlepší ekologické povědomí veřejnosti, doplní odborné znalosti a pomohou vytvořit společné strategie ochrany podzemních vod těchto oblastí.

Tento příspěvek slouží k informaci o výsledcích monitoringu v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch získaných v rámci projektu za rok 2012 a 2013.

2 Vymezení zájmové oblasti

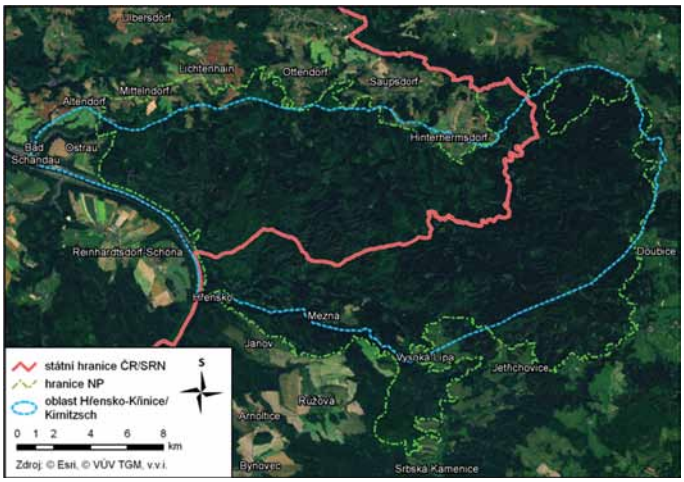
Přehledná mapa vymezení zájmové oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch je uvedena na *obr. 1*. Západní hranici představuje tok Labe, jihozápadní hranici tvoří tok Kamenice, na severovýchodě je oblast ohraničena lužickým zlomem. Na severu vymezuje zájmové území průběh hranice NP Saské Švýcarsko. Hlavním vymezujícím faktorem jsou hydrogeologické poměry a možný dosah depresí hladin podzemních vod. Česká část území leží v Ústeckém kraji. Německá část území je součástí Svobodného státu Sasko.

3 Geologická a tektonická stavba oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch

Převážná část zájmového území je budována druhohorními (turonskými) kvádrovými pískovci. Tato pískovcová oblast je nejsevernější součástí rozlehlé české křídové pánve. Přibližně před více než 90 miliony let zde došlo k transgresi svrchnokřídového moře. Postupně při poklesu mořského dna se zde usadil významný vrstevní sled hornin, tvořený hlavně pískovci a slínovci, lokálně i prachovci a slepenci. Podloží křídových sedimentů a oblasti severně od lužické poruchy tvoří horniny lužického plutonu, převážně granodiority a granity (např. Valečka et al., 2000).

Střední část vrstevního sledu tvoří rozsáhlé 350–420 m mocné těleso pískovců. Z geologického hlediska sedimentovalo v poměrně krátké době, a to necelých tří milionů let (od středního turonu do začátku turonu svrchního, tzv. jizerské souvrství) a pokrývá v současnosti většinu daného území. Pískovce Českého a Saského Švýcarska jsou obecně označovány jako „kvádrové" podle typického blokového rozpadu podél puklin (*obr. 2*). V období terciéru zde probíhala intenzivní vulkanická činnost. K nejvýraznějším vulkanickým elevacím v Českém Švýcarsku patří např. Růžovský vrch. V Saském Švýcarsku reprezentuje nejvýraznější vulkanickou elevaci Großer Winterberg. Kvartérní akumulace reprezentují nejmladší horniny zájmové oblasti. Typické jsou suťové lemy pokrývající příkřejší svahy a úpatí skalních stěn či kamenná moře na Růžovském vrchu i hojné plošné pokryvy sprašových hlín v okolí obce Vysoká Lípa (Valečka et al., 2000).

Výraznou tektonickou poruchou je lužický zlom. Tato ca 110 km dlouhá, složitá a velmi stará tektonická linie založená hluboko v zemské kůře má mezi Drážďany a Jitravou charakter plochého přesmyku (Mísař et al., 1983).



Obr. 1. Mapa zájmové oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (VÚV TGM, 2014)
Fig. 1. Map of the area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (WRI TGM, 2014)

Obr. 2. Pískovce v NP České Švýcarsko, lokalita Jetřichovice (foto © P. Šimek)
Fig. 2. Sandstones in the National Park Czech Switzerland, locality Jetřichovice (photo © P. Simek).

4 Hydrodynamika a stav podzemních vod v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch

Zájmové území podle českého členění přibližně odpovídá hydrogeologickému rajonu 466 – Křída dolní Kamenice a Křinice. Podle českého členění zde nacházíme tři kolektory (Valečka, Herčík a Herrmann, 1999).

Bazální kolektor A je tvořen sedimenty perucko-korycanského souvrství (cenoman). Kolektor tvoří převážně pískovce, pouze v oblasti peruckých vrstev jsou prokládány jílovci. Granodiority, granity pod bází kolektoru jsou považovány za izolátor. Stropní izolátor tvoří bazální část bělohorského souvrství tvořená slínovci. Vzhledem k velké hloubce a poměrně vysoké mineralizaci není kolektor A využíván pro vodárenské účely (Valečka, Herčík a Herrmann, 1999).

Kolektor BC tvoří pískovce bělohorského B a jizerského C souvrství (spodní a střední turon). Nadloží kolektoru představuje teplické a březenské souvrství ve facii vápnitých jílovců a slínovců a tvoří stropní izolátor kolektoru BC. Ve značné části zájmového území má kolektor volnou hladinu, jeho stropní izolátor byl denudován. Kolektor BC je v oblasti prameniště Hřensko využíván k vodárenským účelům (Valečka, Herčík a Herrmann, 1999).

Kolektor D reprezentují pískovce březenského a merboltického souvrství. Kolektor D není využíván pro vodárenské účely (Valečka, Herčík a Herrmann, 1999). V zájmové oblasti se nevymezuje, ale podle analýzy pramenů může lokálně existovat (Eckhardt, 2013).

Saská část patří do útvaru podzemních vod EL 1-6-2. V zájmovém území jsou z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější tři kolektory v křídových horninách (Rösner et al., 2007).

Bazální cenomanský kolektor 4 je rozšířen v celém zájmovém území a tvoří vlastní zvodnělé patro. Kolektor 4 leží přímo na zvětralé zóně granodioritu a granitu, která je považována za izolátor. Podzemní voda z kolektoru 4 je vodárensky méně zajímavá (Rösner et al., 2007).

Kolektor 3 tvoří pískovce spodního až středního turonu stupně labiatus t_1s a pískovcový stupeň a_1. V zájmovém území je společně s kolektorem 2 intenzivně vodohospodářsky využíván, a to čerpáním vodárenských vrtů na lokalitách Felsenmühle a Neumannmühle (Rösner et al., 2007).

Kolektor 2 se skládá ze středněturonského pískovce a_3, b. Vzhledem k převažující absenci stupně ß, který zadržuje podzemní vodu ze stupně c_1, má kolektor 2 v zájmovém území vodohospodářsky pouze podřadný význam (Rösner et al., 2007).

Jednoznačné vymezení kolektoru 1a až 1c neexistuje kvůli převažující absenci mezistupně ß, který uvozuje svrchní střední turon, takže oba horní kolektory jsou ve velké části zájmového území vzájemně propojeny (Rösner et al., 2007).

Definice kolektorů v české a saské části zájmové oblasti jsou shrnuty v *tabulce 1*.

5 Metodika

5.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků podzemních vod v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch proběhl v letech 2012 až 2013. Schematické rozložení odběrných míst je zachyceno na *obr. 3*. Celkem byly odebrány vzorky podzemních vod z 12 vodárenských vrtů, 9 pozorovacích vrtů a 12 pramenů. Reprezentativní vzorek podzemní vody pro stanovení tritia byl vždy odebírán do dvoulitrové plastové vzorkovnice. Pro určení fyzikálně-chemických a anorganických parametrů byl vzorek odebírán do dvou 250ml a jedné 100ml plastové vzorkovnice. V případě vodárenských vrtů probíhal odběr ze vzorkovacího kohoutu při spuštěném čerpadle. U pramenů probíhal odběr v těsné blízkosti prameniště z přirozeného vývěru, přepadového profilu nebo odtokové roury. Vzorky z pozorovacích vrtů byly odčerpány pomocí přenosné čerpací techniky. Odběr vzorků podzemní vody probíhal v souladu s normou ČSN ISO 5667-11.

5.2 Metodika stanovení tritia, fyzikálně-chemických a anorganických parametrů

Analýzu tritia provedla Laboratoř radioekologie VÚV TGM, v.v.i., pomocí kapalinové scintilační metody po elektrolytické koncentraci vzorku (Rozanski a Gröning, 2004).

Pro doplnění byly u vybraných lokalit stanoveny fyzikálně-chemické a anorganické parametry, a to pH, sírany (SO_4^{2-}), chloridy (Cl^-), ortofosforečnany (o-PO_4^{3-}), dusičnany (NO_3^-), hydrogenuhličitany (HCO_3^-), sodík (Na), draslík (K), vápník (Ca), železo (Fe), hořčík (Mg) a mangan (Mn). Analýzy fyzikálně-chemických a anorganických parametrů provedla Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů VÚV TGM, v.v.i., a Zkušební laboratoř technologie vody VÚV TGM, v.v.i.

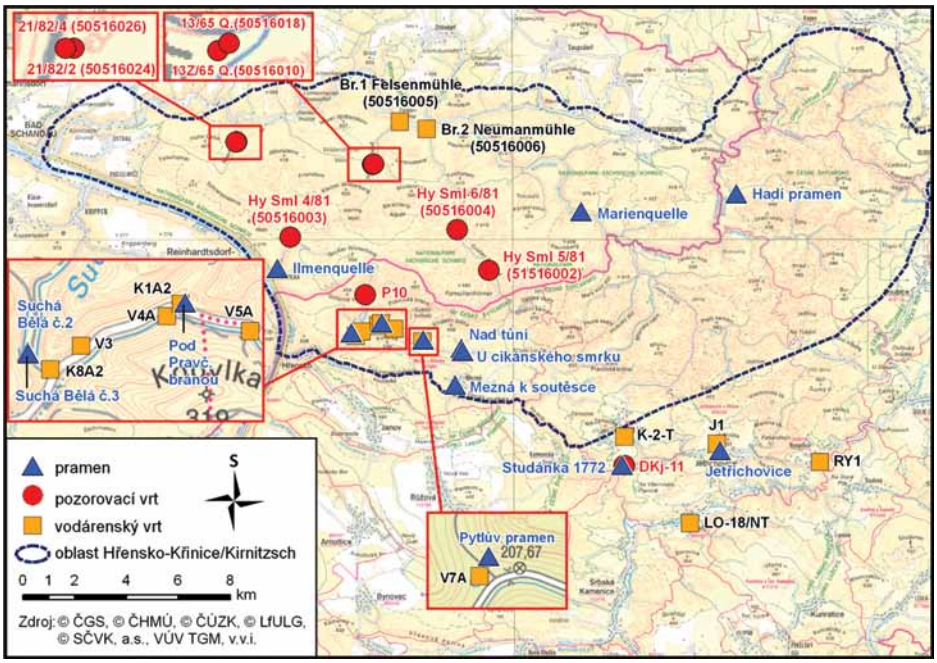
Aktivita tritia byla stanovena za použití nízkopozaďového kapalinového scintilačního detektoru Quantullus 1220 vyrobeného firmou Wallac. Stanovení tritia bylo v souladu se standardem ČSN ISO 9698. Relativní detekční účinnost byla 22 %. Detekční limit pro směs 8 ml vzorku a 12 ml scintilačního roztoku Ultima Gold a času měření 700 min byl 1,2 Bq/l. Výsledky analýzy se vyjadřují v Bq/l s nejistotou měření na hladině 2 sigma.

Stanovení pH proběhlo potenciometricky v souladu se standardem ČSN ISO 10523. Nejistota stanovení je ± 0,2. Dusičnany byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem ČSN ISO 7890-3. Výsledky

Tabulka 1. Definice kolektorů na české a saské části zájmové oblasti (upraveno podle: Rösner et al., 2007 a Nol, 2014)
Table 1. Definition of aquifers in the Czech and Saxon part of the area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (adjusted by: Rösner et al., 2007 and Nol, 2014)

Hydrogeologické zařazení v české části	Geologické zařazení v české části	Hydrogeologické zařazení v saské části	Geologické zařazení v saské části
Nevymezuje se, ale podle analýzy pramenů může lokálně existovat (Eckhardt, 2013)	–	Kolektor 1c	coniac – pískovcový stupeň *e*
		Kolektor 1b	svrchní turon – pískovcové stupně c_3 a *d*
		Kolektor 1a	svrchní střední turon – pískovcový stupeň c_1
Kolektor BC	pískovce spodního a středního turonu (existují bodová data o lokální existenci 2 kolektorů, nicméně 2 kolektory nelze vymezit); východně od Křinice se jedná o spojený kolektor spodního a středního turonu	Kolektor 2	spodní střední turon – pískovcové stupně a_3 a *b*
		Kolektor 3	spodní turon – pískovec labiatus t_1s spodní střední turon – pískovcový stupeň a_1
Kolektor A	cenomanské pískovce	Kolektor 4	cenomanské pískovce

analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 10 %. Ortofosforečnany byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem ČSN ISO 6878. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 10 %. Chloridy byly stanoveny titračně v souladu se standardem ČSN ISO 9297. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 10 %. Kyselinová neutralizační kapacita ($KNK_{4,5}$) byla stanovena titračně v souladu se standardem ČSN ISO 9963-1. Výsledky analýzy se vyjadřují v mmol/l s nejistotou měření ± 10 %. Sírany byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem EPA 375.4. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 10 %. Hydrogenuhličitany byly vypočítány na základě znalosti pH a $KNK_{4,5}$. Výsledky analýz se vyjadřují v mg/l. Stanovení sodíku a draslíku proběhlo pomocí plamenné atomové absorpční spektrometrie (AAS) v souladu se standardem ČSN ISO 9964 1-2. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 5 %. Stanovení vápníku, železa , hořčíku a manganu proběhlo pomocí optické emisní spektrometrie v induktivně vázaném plazmatu (ICP-AES) v souladu se standardem ČSN EN ISO 11885. Nejistota stanovení je ± 10 %. Výsledky analýzy vápníku a hořčíku se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření ± 10 %. Výsledky analýzy železa a manganu se vyjadřují v µg/l s nejistotou měření ± 10 %. Do stanovení Na, K, Ca, Fe, Mg a Mn byly zahrnuty i jejich nerozpuštěné formy.



Obr. 3. Schematické rozložení vrtů a pramenů v rámci zájmové oblasti Hřensko–Křinice/ /Kirnitzsch (VÚV TGM, 2014)
Fig. 3. Position of wells and springs within the area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (WRI TGM, 2014)

5.3 Model Piston-flow

Nejvýznamnějším umělým zdrojem tritia v životním prostředí byly v minulosti testy jaderných zbraní, a to především ty v atmosféře. Tritium z testů jaderných zbraní je ideálním stopovacím indikátorem pro vodní prostředí, protože je zabudováno do molekuly vody, a proto se v podzemí neustále pohybuje stejně rychle jako voda (Maloszewski a Zuber, 1996; Penzhorn, 2013).

Pod pojmem stáří podzemní vody se rozumí časový rozdíl, který leží mezi okamžikem odběru vzorku v měřicí stanici podzemních vod (t) a okamžikem, kdy začal vzorek vody jako dešťové srážky prosakovat do půdy (t_o). Pro odhad stáří vzorku podzemní vody je nutné porovnání objemové aktivity tritia tohoto vzorku s objemovou aktivitou tritia ve srážkách daného regionu (Rösner et al., 2007; Bruthans a Churáčková, 2010; Bruthans, 2011).

Model Piston-flow je nejjednodušší vyhodnocovací model, který je k dispozici. Popisuje způsob pístového proudění v napjatém podzemním zásobníku ve zvodnělé vrstvě. Model Piston-flow je použitelný i pro nenapjaté zvodně, jejichž infiltrační zóna je poměrně malá. Model má homogenní strukturu stáří. Pro výpočet byly použity rovnice [1] a [2] (Maloszewski a Zuber, 1996):

$$c_v(t) = c_v(t_o) \times \exp^{(-\lambda \times t)} \qquad [1]$$

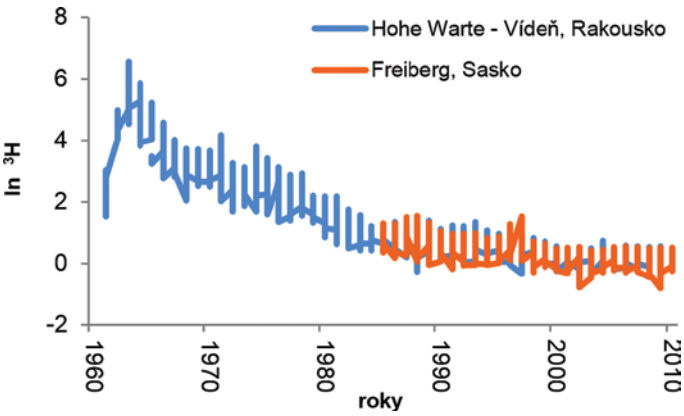
kde: t stáří podzemní vody (r)
λ rozpadová konstanta tritia (1/r)
$c_v(t)$ objemová aktivita tritia v podzemní vodě v čase t (Bq/l)
$c_v(t_o)$ objemová aktivita tritia ve srážkách v čase t_o (Bq/l).

Rozpadovou konstantu tritia λ lze vyjádřit z rovnice:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \qquad [2]$$

kde: $T_{1/2}$ poločas rozpadu (r)
λ rozpadová konstanta tritia (1/r)

Pro vstupní hodnotu objemové aktivity tritia ve srážkách byly použity dvě časové řady ze dvou lokalit. Lokalita Freiberg leží 50 km jihozápadně od Drážďan v SRN. Monitoring tritia ve srážkách zde probíhá kontinuálně v měsíční periodě. Použitá data zahrnují období 1985 až 2010 (LfULG, 2012). Lokalita Hohe Warte se nachází ve Vídni v Rakousku a monitoring tritia ve srážkách zde probíhá kontinuálně v měsíční periodě. Použitá data zahrnují období 1961 až 2009 (IAEA, 2014). Vzhledem k vyšším rozdílům mezi maximálními a minimálními hodnotami je obsah tritia ve srážkách vynesen v přirozeném logaritmickém měřítku na *obr. 4*.



Obr. 4. Trend obsahu tritia ve srážkách v přirozeném logaritmickém měřítku na stanici Freiberg, Sasko (LfULG, 2012) a Hohe Warte-Vídeň, Rakousko (IAEA, 2014)
Fig. 4. The trend of tritium activity in precipitation in the natural logarithmic scale on the station Freiberg, Saxony (LfULG, 2012) and Hohe Warte-Vienna, Austria (IAEA, 2014)

6 Souhrn hodnocení fyzikálně-chemických a anorganických parametrů podzemních vod

Souhrnné hodnocení prezentuje srovnání vybraných fyzikálně-chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu v ČR, a to podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění (dále jen limit). Pro českou a saskou část zájmové oblasti je hodnocení zobrazeno v *tabulce 2*. Na české části zájmového území jsou hodnoty pH mírně pod limitem u vodárenských vrtů a pramenů K1A2, V4A, V5A, Pod Pravčickou bránou, Pytlův pramen, K-2-T, dále pozorovacího vrtu P10 a pramenů Suchá Bělá č. 3 a Suchá Bělá č. 2. Koncentrace vápníku je v souladu s limitem pouze u Hadího pramene, u zbylých lokalit jsou koncentrace pod limitem. Koncentrace železa jsou výrazně nad limitem u vodárenského vrtu V4A a pozorovacího

vrtu P10. V případě zbylých parametrů, a to konduktivity, dusičnanů, hořčíku, chloridů, manganu, síranů a sodíku, nebyl limit překročen.

Na saské části zájmového území jsou hodnoty pH mírně pod limitem u vodárenského vrtu Br. 2 Neumannmühle (50516006), dále u pozorovacích vrtů Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 6/81 (51516004), 13Z/65 (50516010), Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sca 21/82/2 (50516024) a pramene Marienquelle. Koncentrace manganu je výrazně nad limitem u pozorovacího vrtu 13Z/65 (50516010) a dále koncentrace Mn překračují limit u pozorovacích vrtů Hy SMIL 4/81 (50516003), 13/65 (51516018), Hy Sca 21/82/4 (50516026) a Hy Sca 21/82/2 (50516024). Zjištěné koncentrace vápníku jsou pod limitem na všech lokalitách. Koncentrace železa jsou nad limitem u vodárenského vrtu Br. 1 Felsenmühle (50516005) a u pozorovacích vrtů Hy Sml 6/81 (51516004) a Hy Sca 21/82/2 (50516024). Dále koncentrace železa výrazně překračují limit u pozorovacích vrtů Hy Sml 5/81 (51516002), 13Z/65 (50516010), Hy SMIL 4/81 (50516003), 13/65 (51516018) a Hy Sca 21/82/4 (50516026). V případě zbylých parametrů, a to konduktivity, dusičnanů, hořčíku, chloridů, síranů a sodíku, nebyl limit překročen.

7 Mapa stáří podzemních vod v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch

V oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch byly identifikovány podzemní vody různého stáří, což pomáhá určit jejich původ v kolektorech podzemní vody (Šimek, 2014).

Výsledky odhadu stáří podzemních vod byly pro lepší přehlednost rozčleněny na šest časových intervalů a graficky vyneseny do mapy. K níže uvedeným intervalům stanoveným na základě jednoho odběru je zapotřebí zahrnout také rok 1961, kdy docházelo k rychlému nárůstu objemové aktivity ^3H následkem atmosférických testů jaderných zbraní. Pokud by byl proveden další odběr, u kterého by nebylo pozorováno prudké navýšení objemové aktivity tritia, lze období začátku bombového píku (1961) vyloučit. Mapa stáří podzemních vod na *obr. 5* zobrazuje jednotlivé zkoumané objekty.

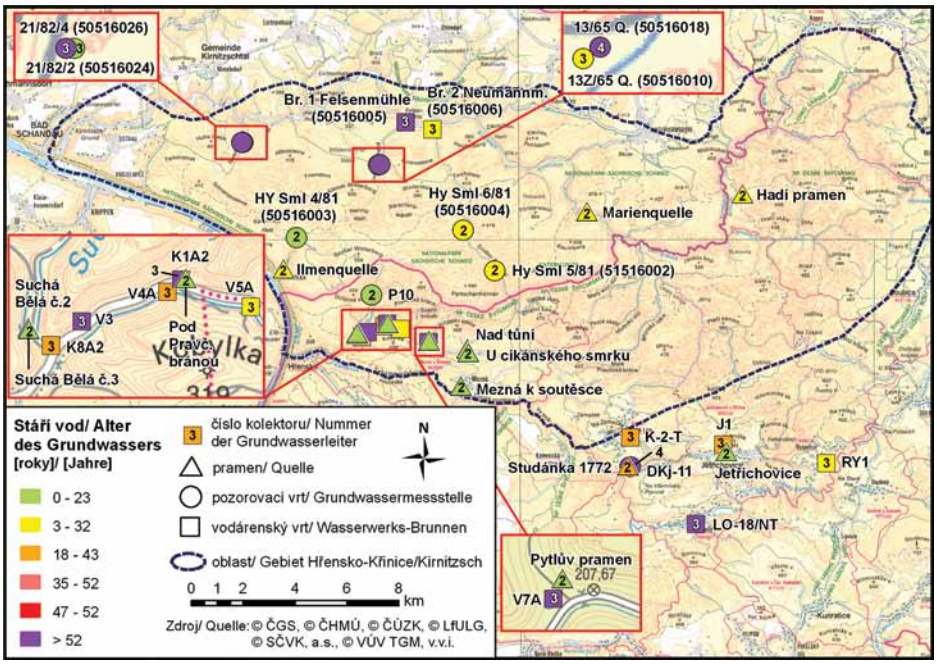
Interval 0–23 roků reprezentuje nejmladší objekty. Jedná se z větší části o prameny v oblasti prameniště ÚV Hřensko, dále pak v menší míře některé mělké pozorovací vrty a jeden vrt vodárenský. Do tohoto intervalu spadají prameny Suchá Bělá č. 2, Suchá Bělá č. 3, Nad tůní, U Cikánského smrku, Pytlův pramen, Pod Pravčickou bránou, Mezná k soutěsce a Jetřichovice. Dále sem patří pozorovací vrty Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sca 21/82/2 (50516024), P10 a vodárenský vrt RY1.

Interval 3–32 roků reprezentuje mladší objekty. Jedná se z větší části o prameny v západní části zájmového území, dva vrty vodárenské a tři vrty pozorovací. Do tohoto intervalu spadají prameny Ilmenquelle (51512002) a Hadí pramen. Dále sem spadá vodárenský vrt Br. 2 Neumannmühle (50516006) a J1. Z pozorovacích vrtů sem patří Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 6/81 (51516004) a 13Z/65 (50516010).

Tabulka 2. Srovnání fyzikálně-chemických a anorganických parametrů podzemních vod
Table 2. Physico-chemical and inorganic parameters of groundwater

Ukazatel	pH	koduktivita	NO_3^-	Mg	Cl^-	Mn	SO_4^{2-}	Na	Ca	Fe
jednotky		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
K1A2	6,4	36	0,69	0,43	0,86	< 5	0,72	1,40	3,20	< 20
K8A2	6,6	57	2,83	0,75	2,24	< 5	6,01	1,70	5,60	36,2
V4A	6,1	57	3,29	0,65	2,41	< 5	7,16	1,78	5,51	543
V5A	6,0	57	3,28	0,67	2,35	< 5	7,90	1,81	5,57	55,6
Pod Pravčickou bránou	5,9	61	6,24	0,54	3,21	< 5	8,36	2,46	5,08	< 20
Pytlův pramen	5,9	–	11,3	2,62	4,49	< 5	55,2	4,41	23,3	85,9
J1	6,7	93	6,04	2,21	3,76	5,40	14,2	2,96	9,23	52,9
RY1	8,3	135	7,97	2,31	4,99	< 5	31,0	4,98	13,0	54,3
LO-18/NT	6,5	81	2,41	1,12	1,69	< 5	2,97	1,89	10,6	< 20
K-2-T	6,2	79	7,96	0,96	4,46	5,10	8,15	3,36	7,60	29,0
P10	5,5	79	7,66	2,03	2,02	46,7	18,7	2,63	6,27	656
Hadí pramen	7,6	363	3,27	8,72	2,59	< 5	38,1	3,45	55,9	20,2
Suchá Bělá č. 3	5,7	86	8,56	1,69	< 5	< 5	20,3	2,76	9,11	< 20
Suchá Bělá č. 2	5,9	79	8,50	1,55	< 5	< 5	18,2	2,81	7,80	< 20
Br.1 Felsenmühle (50516005)	6,5	75	< 0,1	1,15	2,02	9,70	5,35	1,38	9,61	481
Br.2 Neumannmühle (50516006)	5,9	88	3,37	1,29	3,70	< 5	20,3	3,61	7,61	160
Hy Sml 5/81 (51516002)	5,9	164	6,92	2,67	4,97	32,1	40,0	3,48	15,7	2650
Hy Sml 6/81 (51516004)	5,7	111	4,70	1,81	4,12	15,2	28,8	3,50	9,84	227
13Z/65 (50516010)	5,8	82	0,63	3,77	2,62	506	29,9	2,67	8,52	111 000
Hy SMIL 4/81 (50516003)	6,1	102	7,69	1,84	4,28	139	34,8	3,02	6,78	58 000
13/65 (51516018)	7,7	149	< 0,1	0,58	2,52	50,6	< 0,5	3,73	10,5	911
Hy Sca 21/82/4 (50516026)	6,6	115	0,15	1,71	1,36	201	5,88	1,50	15,1	17 800
Hy Sca 21/82/2 (50516024)	5,4	115	6,82	3,23	3,84	76,7	33,8	2,91	9,73	372
Marienquelle	6,3	141	5,68	4,45	3,40	14,3	39,6	2,77	11,2	23,3
Vyhláška č. 252/2004 Sb.	**6,5–9,5**	**1 250**	**50**	**10**	**100**	**50**	**250**	**200**	**40–80**	**200**
Typ limitu	MH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH

Použité zkratky: MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota



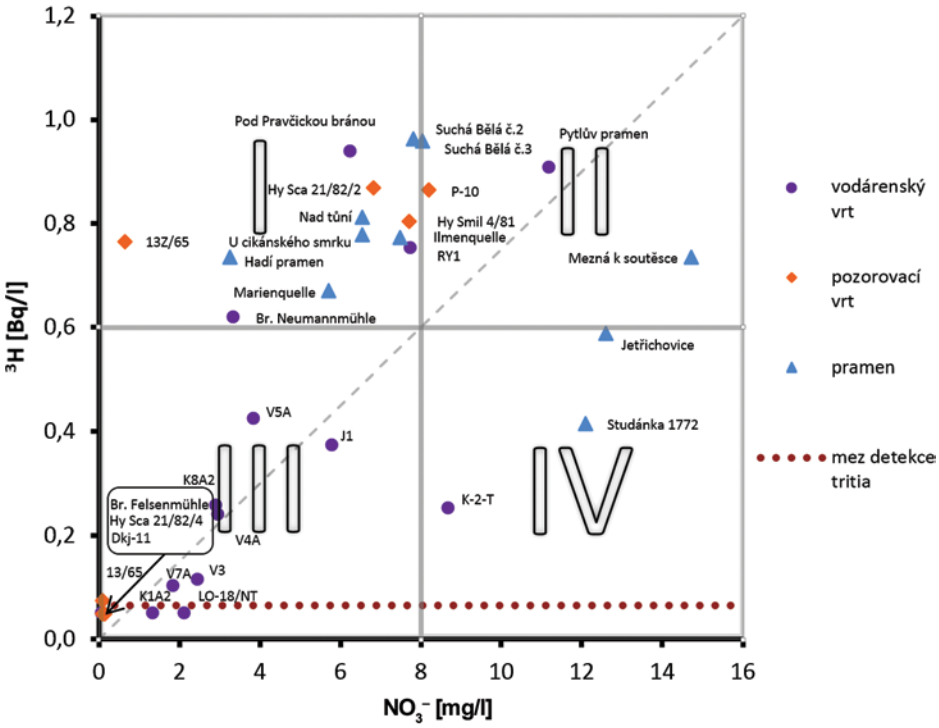
Obr. 5. Mapa stáří podzemních vod s vyznačenými kolektory v oblasti Hřensko–Křinice/ /Kirnitzsch (VÚV TGM, 2014)
Fig. 5. Map showing the age of groundwater and collectors in the area Hřensko–Křinice/ /Kirnitzsch (WRI TGM, 2014)

Interval 18–43 roků reprezentuje středně staré objekty. Jedná se o vodárenské vrty a pramen. Do tohoto intervalu spadají vodárenské vrty K8A2, V4A, V5A, K-2-T a dále prameny Studánka 1772 a Marienquelle.

Interval 35–52 roků reprezentuje starší objekty. Žádný objekt v zájmové oblasti do této kategorie nespadá. Voda tohoto stáří by pocházela přímo z období testů jaderných zbraní.

Interval 47–52 roků reprezentuje staré objekty. Žádný objekt v zájmové oblasti do této kategorie nespadá. Voda tohoto stáří by pocházela přímo z období testů jaderných zbraní.

Interval > 52 roků reprezentuje nejstarší objekty. Jedná se o vodárenské a pozorovací vrty. Do tohoto intervalu spadají vodárenské vrty K1A2, V3, V7A, LO-18/NT a Br. 1 Felsenmühle (50516005) a dále pozorovací vrty DKj-11, Hy Sca 21/82/4 (50516026) a 13/65 (51516018).



Obr. 6. Míšení podzemních vod s povrchovými vodami v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch
Fig. 6. The mixing of groundwater with surface water in the area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch

8 Míšení podzemních vod

Míšení podzemních vod s povrchovými bylo posouzeno na základě relace objemové aktivity tritia a koncentrace dusičnanů (*obr. 6*). Dusičnany jsou ve vodě dobře rozpustné a do podzemních vod se dostávají především vlivem antropogenní činnosti – znečištěním povrchových vod a srážek. Přítomnost dusičnanů v podzemních vodách, které jsou obecně na dusičnany chudé, indikuje jejich míšení s povrchovými vodami (Churáčková et al., 2010).

Identifikace infiltrace mladších vod do kolektoru je nezbytná pro odhadnutí přiměřeného věku podzemních vod v kolektoru. Tento jev lze spolehlivě vysledovat porovnáním objemové aktivity tritia a koncentrace dusičnanů, jež jsou produkty moderní antropogenní činnosti. Dusičnany se obvykle vyskytují ve zvýšené míře v zemědělských oblastech a pouze v mělkých vrstvách, protože snadno podléhají redukci v průběhu svého přechodu do hloubky. Koncentrace dusičnanů zřídka překročí 5,0 mg/l. Například koncentrace dusičnanů 31,0 mg/l a 22,2 mg/l byly pozorovány v cenomanském a turonském kolektoru podél údolí řeky Jizery, což je nepochybně v důsledku silně rozvinuté zemědělské činnosti (Jiráková et al., 2010).

Čtverec III reprezentuje nejstarší vody hlubokého oběhu s nejnižší objemovou aktivitou tritia a koncentrací dusičnanů, jsou to zejména vrty využívané k vodárenským účelům. Čtverec IV reprezentuje nejstarší vody hlubokého oběhu s nejnižší objemovou aktivitou tritia, ale vyšší koncentrací dusičnanů. Jsou zde zastoupeny především vodárenské vrty a prameny v blízkosti aglomerací. Naproti tomu čtverec II reprezentuje nejmladší vody mělkého oběhu s nejvyšší objemovou aktivitou tritia a koncentrací dusičnanů, jsou to zejména mělké pozorovací vrty a prameny. Ve čtverci I se nacházejí nejmladší vody mělkého oběhu s nejvyšší objemovou aktivitou tritia, ale nižší koncentrací dusičnanů. Jsou to zejména mělké pozorovací vrty a prameny nacházející se v centru národních parků České a Saské Švýcarsko, kde je vliv antropogenní činnosti minimální.

9 Závěr

Oblast Hřensko–Křinice/Kirnitzsch rozkládající se na území národních parků České a Saské Švýcarsko představuje významnou oblast zásob podzemních vod. Infiltrační oblast významných pramenišť ÚV Hřensko a WW Endlerkuppe v zájmové oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch není přesně vymezena. Rozvodnice mezi českou a saskou částí jetřichovické antiklinály není doposud definována. Kolísání hladin podzemní vody a odhad vzdálenosti infiltrační zóny pravděpodobně úzce koresponduje s poklesem hladin podzemní vody na saském území. V případě výskytu podílu mladší vody v křídových kolektorech lze předpokládat, že infiltrační zóna se nachází v blízkém okolí prameniště Hřensko. U starších vod bez krátké doby zdržení dochází k dotaci kolektoru BC (kolektor 3) ve větší vzdálenosti na saském území. Vzhledem k výskytu poloizolátoru mezi kolektory 2 a 3 je komunikace mezi kolektory omezená, což je patrné především v západní části zájmové oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch.

Ze souhrnného hodnocení vybraných fyzikálně-chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu v ČR, a to podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění, vyplývá, že podzemní vody v zájmové oblasti jsou vhodné pro čerpání a úpravu pitné vody. Nižší hodnoty pH a koncentrace vápníku jsou u čerpaných podzemních vod pro vodárenské účely upravovány pomocí vápnění. Nadlimitní koncentrace železa, které jsou především charakteristické u pozorovacích vrtů, jsou způsobeny především korozí výstroje vrtů a celkovým technickým stavem vrtů. Zvýšené hodnoty manganu souvisí s lokálním charakterem geologického podloží.

Pomocí modelu Piston-flow bylo na základě zjištěné objemové aktivity tritia v podzemních vodách a dlouhodobého trendu objemové aktivity tritia ve srážkách odhadnuto stáří vzorku podzemní vody. V oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch byly identifikovány podzemní vody různého stáří, což pomáhá určit jejich původ v kolektorech podzemní vody. Míra koncentrace dusičnanů v závislosti na objemové aktivitě tritia v podzemních vodách indikovala míšení podzemních vod s povrchovými vodami. U podzemních vod vysokého stáří (nad 50 let) bude stáří upřesněno metodami ^{14}C a ^3H-^3He.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován na základě poznatků získaných v projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE) podporovaného z programu Evropské unie Cíl 3 na podporu přeshraniční spolupráce 2007–2013 mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko, Evropského fondu pro regionální rozvoj, investice do vaší budoucnosti. Řešitel tímto děkuje za spolupráci Správě Národního parku České Švýcarsko (NP ČS), Správě Národního parku Saské Švýcarsko (NP SS), Českému hydrometeorologickému ústavu (ČHMÚ) a společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK, a.s.).

Literatura

LfULG (2012) Archiv Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Bruthans, J., Svetlik, D., Soukup, J., Schweigstillova, J., Valek, J., Sedlackova, M., and Mayo, L.A. (2012) Fast evolving conduits in clay-bonded sandstone: Characterization, erosion processes and significance for the origin of sandstone land-

forms. *Geomorphology* (2012), p. 178–193. http://www.dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.028
Bruthans, J. a Churáčková, Z. (2011) Využití stopovačů pro studium proudění, původu a vývoje chemického složení vody pramene (sv. Vojtěch, česká křídová pánev). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010*, Česká geologická služba Praha, s. 227–232. ISSN 0514-8057, ISBN 978-80-7075-769-7.
ČSN ISO 5667-11 (2012) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 11: Návod pro odběr vzorků podzemních vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 32 s., třídicí znak 75 7051.
ČSN ISO 9698 (2011) Jakost vod: Stanovení objemové aktivity tritia – Kapalinová scintilační měřicí metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 26 s., třídicí znak 75 7635.
ČSN ISO 10523 (2010) Jakost vod: Stanovení pH. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 20 s., třídicí znak 75 7365.
ČSN ISO 7890-3 (1995) Jakost vod: Stanovení dusičnanů. Část 3: Spektrometrická metoda s kyselinou sulfosalicylovou. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 8 s., třídicí znak 75 7453.
ČSN EN ISO 6878 (2005) Jakost vod: Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 24 s., třídicí znak 75 7465.
ČSN ISO 9297 (1996) Jakost vod: Stanovení chloridů – Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 8 s., třídicí znak 75 7420.
ČSN ISO 9963-1 (1997) Jakost vod: Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK). Část 1: Stanovení $KNK_{4,5}$ a $KNK_{8,3}$. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 12 s., třídicí znak 75 7371.
ČSN ISO 9964-1 (1996) Jakost vod: Stanovení sodíku a draslíku. Část 1: Stanovení sodíku metodou atomové absorpční spektrometrie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 8 s., třídicí znak 75 7378.
ČSN ISO 9964-2 (1996) Jakost vod: Stanovení sodíku a draslíku. Část 2: Stanovení draslíku metodou atomové absorpční spektrometrie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 8 s., třídicí znak 75 7378.
ČSN EN ISO 11885 (2009) Jakost vod: Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 28 s., třídicí znak 75 7387.
Eckhardt P. (2013) Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Závěrečná zpráva. Praha: VÚV TGM, prosinec 2013, 95 s.
EPA 375.4. Sulfate – Turbidimetry (1971) Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (MCAWW) (EPA/600/4-79/020), Editorial Revision 1978. U.S. EPA National Exposure Research Laboratory (NERL), Microbiological and Chemical Exposure Assessment Research Division (MCEARD), Issued 1971.
Churáčková, Z., Bruthans, J., Lachman, V., Musil, V. a Kadlecová, R. (2010) Proudění podzemní vody ve východní a severovýchodní části české křídové pánve (^3H, ^{14}C a SF_6 stopovače, obsahy dusičnanů): doba zdržení a otázky efektivního monitoringu kontaminace. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009*, Česká geologická služba Praha, ISSN 0514-8057.
Jiráková, H., Huneau, F., Hrkal, Z., Celle-Jeanton, H., and 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*, 25 (2010), p. 1265–1279.
Maloszewski, P. and Zuber, A. (1996) Lumped parameter models for interpretation of environmental tracer data. In: Manual on mathematical models in isotope hydrology. IAEA-TECDOC-910, Austria, 1996, p. 9–58, ISSN 1011-4289.
Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V. a Weiss, J. (1983) Geologie ČSSR I. Český masív. Praha: SPN, 333 s., 1. vyd.
Nol, O. (2014) Společně využívané vody na česko-saském pomezí (GRACE). Matematický model proudění podzemní vody v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Závěrečná zpráva. Praha: AQUATEST, květen 2014, 119 s.
Penzhorn, R.D. (2013) Natural and man-made sources of tritium: applications of tritium. In: Tosti, S. and Ghirelli, N. (eds) Tritium in fusion. New York: Nova Science Publ., 2013, p. 3–21, ISBN 978-1-62417-270-0.
Rösner, S., Szymczak, P. und Höhn, R. (2007) Gutachten Zustandsüberwachung Grenzgrundwasser (Operatives Messnetz. Regierungspräsidium Dresden, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Seitenzahl). Text 59, Zahl Anlagen 10, mit 101 Blatt, unveröff.
Rozanski, K. and Gröning, M. (2004) Tritium assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry. Quantifying uncertainties in nuclear analytical measurements, IAEA-TECDOC-1401, p. 195–217, http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1401_web.pdf
Šimek, P. (2014) Stáří a mísení podzemních vod. Oblast 1: Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Závěrečná zpráva. Praha: VÚV TGM, 106 s., 15 příl.
Valečka, J., Herčík, F. a Herrmann, Z. (1999) Hydrogeologie české křídové pánve. Praha: Český geologický ústav, ISBN 80-7075-309-9.
Valečka, J., Rudolský, J., Pošmourný, K. a Pálenský, P. (2000) Geologie národních parků České republiky – České Švýcarsko. Praha: ČGÚ, ISBN 80-7075-463-X.
VÚV TGM (2014) Zdroje podzemních vod na česko-saském pomezí. 1. Oblast Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (Kalinová, M. aj.), Praha: VÚV TGM, 2014.
http://www.iaea.org (2014)

Mgr. Pavel Šimek
VÚV TGM, v.v.i.
Tel.: +420 220 197 256, +420 604 25 19 19
e-mail: pavel_simek@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

The study of age and mixing of groundwater in the Hřensko–Křinice/Kirnitzsch area. Summary of the project GRACE for the years 2012 and 2013 (Šimek, P.)

Key words
tritium – ^3H – nitrates – NO_3^- – Hřensko–Křinice/Kirnitzsch – groundwater – aquifer – well – spring

This study is a part of the GRACE project, which is supported by the Programme Ziel 3 / Cíl 3 (European Regional Development Fund) to promote cross-border cooperation between the Czech Republic and the Free State of Saxony (Germany). The project is focused on protecting drinking water resources and clarify the causes of falling groundwater levels in defined border area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch.

The study of age and mixing of groundwater was based on the determination of the activity concentration of tritium (^3H). Sampling was conducted in the years 2012 and 2013. In total, groundwater samples were collected from 12 waterworks wells, 9 monitoring wells and 12 springs. Analyses of tritium were performed by Laboratory of Radioecology in TGM WRI by liquid scintillation counting after electrolytic concentration. Analyses of physico-chemical and inorganic parameters were performed by the Reference laboratory for the environment and waste and Testing laboratory for water technologies in TGM WRI. To estimate the age of groundwater Piston-flow model was used. The model evaluates the activity of tritium in groundwater and long-term volume activity of tritium in precipitation. Nitrates (NO_3^-) concentrations depending on activity of tritium in groundwater indicate mixing of groundwater with surface water.

Based on the dating of groundwater in the area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch the groundwater that represents a different age was identified. These results help to identify the origin of groundwater in aquifers. The area Hřensko–Křinice/Kirnitzsch covers the territory of Czech and Saxon Switzerland national parks and represents a very important area of groundwater with high age over 50 years.

ŘEKY JAKO RECIPIENT ODPADNÍCH VOD – VÝVOJ SITUACE ZA SUCHA

Josef K. Fuksa

Klíčová slova
komunální čistírny odpadních vod – vypouštění – recipient – sucho

Souhrn

Vypouštění z komunálních čistíren odpadních vod může představovat významný podíl průtoku v recipientech (řekách, potocích). Za nízkých průtoků nebo až za sucha může být podíl čištěné odpadní vody v toku zásadní – jak pro celkový průtok vody, tak pro jakost vody a stav říčního ekosystému.

Propočítali jsme podíl vypouštění z 1 350 komunálních ČOV s více než 100 připojenými obyvateli na ČOV (98 % obyvatel připojených na ČOV) v průměrném průtoku (Qa) v profilech vypouštění. Výsledky potvrzují, že i velké ČOV vypouštějí do malých toků. Za průměrných průtoků (Qa) vypouští 74 ČOV více než 10 % Qa. Při poklesu na 30 % Qa vypouští 221 ČOV (16,3 %) více než 10 % aktuálního průtoku v recipientu (45 ČOV vypouští více než 50 %). Produkce splaškových odpadních vod je stálá a nezávislá na srážkových/odtokových podmínkách, takže podíl vyčištěné odpadní vody za nízkých průtoků roste, zejména za sucha (průtoky významně pod 30 % Qa). Současně s hydromorfologickými změnami lze za sucha předpokládat změny odvádění znečištění tokem, změny teplotních podmínek v toku a významné poškození říčního ekosystému. Pod vyústěním ČOV se mohou opět vytvořit silně ovlivněné úseky. Kombinované účinky sucha na toky musí být proto studovány komplexně.

Úvod

Vodní tok je součástí pozemského systému oběhu vody a součástí krajiny – zčásti ekonomicky využitelnou a zčásti fungující jako kulturní a sociální hodnota s nevyčíslitelnou hodnotou, natož cenou. Funkce vodního toku v českých zákonech je primárně zaměřena na jeho užívání, ale postupně se objevují také formulace odvozené z Rámcové směrnice pro vodní politiku ES (60/2000/ES) pojímající ochranu vod jako dlouhodobého zdroje (podpoří trvale udržitelné užívání vod založené na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů atd.). Základní postulát je uveden v čl. 1 Preambule [1]. Dále je tu aspekt obecně kulturní (od rybaření po historické a estetické hodnoty), který je také významnou součástí konceptu ekosystémových služeb [2, 3, 4]. Ekosystémové služby jsou definovány jako přínos, který lidstvo získává přímo či nepřímo od ekosystémů, od jejich struktur nebo funkcí (které se od určité úrovně exploatace mění – vratně až nevratně). Za celým projektem definování ekosystémových služeb stojí především pragmatické zjištění, že zemský ekosystém jako (bezplatný) zdroj a podpora podnikání má určité limity a další rozvoj tzv. „postaru" již dnes není udržitelný.

Řeky můžeme brát jako stroje, které převádějí potenciální energii vody na kinetickou a konají práci v podobě transformace koryta a krajiny obecně. Míra této práce závisí na faktorech ovlivňujících průtok, s celkem pravidelnými ročními cykly včetně příslušných odchylek. Jejím výsledkem je krajina, do které jsme přišli a ve které žijeme – podél řek a s řekami společně. Bylo by nesmyslné očekávat, že se tato věčná činnost řek v dnešní hustě obydlené krajině zastaví, i když jí dnes lidská činnost významně konkuruje [5]. Z větších odchylek od ročního cyklu průtoků a vodních stavů u nás dnes známe hlavně povodně, se kterými od roku 1997 už celkem umíme zacházet. Součástí očekávaných změn klimatu mohou být vedle kumulovaných intenzivních srážek také dlouhá období sucha, jejichž význam teprve začínáme odhadovat. Dopady povodní i srážek jsou dnes jistě odlišné od dopadů popisovaných ve starých kronikách, protože se významně změnila „krajina" i poškozované obce a majetek. Novým aspektem v historii je úloha řek jako zásadních recipientů (čištěných) odpadních vod, což je funkce, kterou mohou „sucha" významně ovlivnit.

Sucho je obecně definováno jako dlouhodobý nedostatek vody, způsobený nedostatkem srážek (meteorologické sucho), nadměrným užíváním vody, stavem a užíváním povodí apod. Jeho dopady v oblasti zemědělství i v oblasti ekonomické a sociální jsou pravidelně řešeny v řadě států jižní Evropy, předpovědi vývoje klimatických poměrů ale jeho riziko posunují i k nám – a začínáme je brát vážně. Hydrologické sucho se projevuje „jen" jako snížení průtoku v tocích, pokles hladiny v nádržích a s jistým zpožděním jako snížení zásoby podzemních vod. Z hlediska průtoku vody se u nás za hranici sucha považuje hodnota Q_{355d}, tedy průtok zajištěný 355 dnů v roce v dlouhodobém průměru. Tato hodnota je ovšem přístupná jen pro malou část hydrologických profilů v ČR, naše odhady se proto drží hranice 30 % průměrného průtoku (30 % Qa), tedy spolehlivě nad limitem Q_{355}.

Aniž bychom „sucho" předem definovali, je celkem jasné, že za dlouhodobého významného snížení průtoku (a zásob vody) se omezí možnosti veškerého užívání toku – od energetiky po odběry vody. Řeka je ovšem významný ekosystém, pro který má období sucha následující obecné dopady:

- Sníží se postupová rychlost vody po proudu, sníží se výška vodního sloupce, tok bude směřovat k soustavě oddělených tůní.
- Obnažené úseky dna rychle zarostou makrovegetací.
- Změní se teplotní režim a denní oscilace v minimalizovaném korytě – v zimě může vymrznout atd., v létě mohou teplotní maxima vést ke zničení všech organismů – přímo nebo v důsledku nedostatku kyslíku. Teplotní režim může být ovlivněn relativně zvýšeným přísunem podzemní vody do koryta, zastíněním apod.
- Vodní organismy (pokud přežijí) budou snadnou kořistí predátorů, a to i suchozemských.
- Významně vzroste podíl vody, která prošla „užíváním", zejména vody znečištěné.

Jedním z typů užívání toků, který občas zaniká mezi velkými plány vodních stavitelů a dopravců atd., je případ, kdy toky slouží také jako (jediné možné) recipienty odpadních vod. Zacházení s lidskými odpady v organizované společnosti je kodifikováno odpradávna, v naší kulturní tradici již ve Starém zákoně [DEU 23; 12/13]. Od kanalizace ve starém Římě, postavené již kolem roku 600 př. n. l. (s hlavní stokou známou jako Cloaca maxima), lze považovat za standardní řešení přísun dostatečného množství kvalitní vody, která splašky odplavuje a svádí do toku, dnes přes čistírnu odpadních vod. S ohledem na růst počtu obyvatel ve městech začíná být ovšem globálním problémem jak zdroj té vody, tak kapacita recipientů. Tato voda samozřejmě pochází z přírodního oběhu, její trať je však zkrácená, pochází z jiných povodí, než kam je vypouštěna, apod.

Zastavíme-li teoreticky ostatní „užívání", zůstane produkce komunálních odpadních vod (od obyvatel i z průmyslu) konstantní. To znamená, že není a nemůže být závislá na kolísání průtoků v recipientech, takže podíl odpadních vod ve vodě v toku s poklesem průtoku významně poroste. Vypouštění z komunálních ČOV zajisté vykazuje mírné oscilace denní a týdenní, je ale konstantní, protože produkce splašků odpovídá „metabolismu" obyvatelstva. Pokud tedy snížíme spotřebu pitné vody, sníží se vypouštěný objem, ale ne obsah „látek". V případech sucha a nouze lze omezit vypouštění průmyslových odpadních vod, ale ne produkci splašků, protože by to mj. vedlo k sociálním i hygienickým problémům. K uvedeným dopadům „sucha" tedy musíme přidat vliv znečištění z bodových zdrojů, také rostoucí s poklesem průtoku. Stoupne také eutrofizace, resp. relativní přísun fosforu a dusíku, což vyvolá vyšší primární produkci (biomasy sinic, řas a makrofyt), tj. další přísun organického uhlíku. To se bude týkat jak proudících úseků, tak i malých jezových zdrží, kde se výrazně zvýší doba zdržení. Na rozdíl od bodových jsou nebodové zdroje aktivní podle počasí, takže jejich zátěž nemusíme v období „sucha" uvažovat – i když může být vliv prvních srážek po suchu až fatální. Rovněž můžeme za sucha ignorovat akce dešťových oddělovačů na kanalizacích.

Tento text je pokusem o jednoduchou kvantifikaci tohoto všem známého problému. Vycházíme z předpokladu spotřeby 120 l vody na člověka a den, která se přemění ve splaškovou vodu a přichází do toku přes standardně fungující ČOV. Neuvažujeme ČOV s méně než 100 připojenými obyvateli (z důvodu možné nestability procesu či vypouštění).

Metody

Podle Statistické ročenky ČR pro rok 2013 [6, 7] je v ČR 2 382 čistíren odpadních vod, z toho je 2 334 mechanicko-biologických, a je na ně připojeno 82,8 % obyvatelstva (8 704 544 lidí). Jejich účinnost vypočtená z globálních dat je 98 % pro BSK, 93,4 % pro CHSK, 97,5 % pro NL, 73,6 % pro celkový dusík a 82,3 % pro celkový fosfor. My jsme získali a zpracovali dostupné údaje o 1 520 ČOV, vykazujících sumárně 7 824 279 připojených obyvatel, a k nim jsme přiřadili průměrné denní průtoky vztažené k profilu jejich vypouštění. Abychom vyloučili interferenci průmyslových vod, balastních vod atd., stanovili jsme produkci splaškových vod na obyvatele 120 l na den, nezávisle na údajích čistíren (podle Statistické ročenky 2013 je spotřeba fakturované vody na připojeného obyvatele 131 l/den). Náš limit tedy vypouštění spíše podhodnocuje. Po vyřazení ČOV s méně než 100 připojenými obyvateli měla databáze 1 350 ČOV se 7 803 366 připojenými obyvateli, čili cca 98,6 % obyvatel připojených na mechanicko-biologické ČOV. Pracovali jsme pouze s počty připojených obyvatel, takže průmyslové zdroje nejsou zahrnuty.

Pak už jsme jednoduše modelovali podíl vypouštěné odpadní vody a průtoku v recipientu.

Definicí sucha jsme se nezabývali, protože to není naše práce a její stanovení (průtoku limitujícího „sucho“) bude individuální pro každou oblast či profil. Vyšli jsme z historie stanovení minimálních zůstatkových průtoků. Otázka ekologických průtoků je obecně známá a je zakotvena ve Vodním zákoně (zákon č. 273/2010 Sb.: Úplné znění zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, jak vyplývá ze změn. Sbírka zákonů, ročník 2010, částka 101). Důvody pro stanovení minimálních zůstatkových průtoků jsou zde definovány jako průtok, „který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku“. Technicky zatím podporuje jeho stanovení Metodický pokyn MŽP z roku 1998 [8] a připravuje se, podle odst. 3 § 36 Vodního zákona, nařízení vlády k jeho stanovení. Způsob jeho stanovení musí vycházet z konkrétních podmínek příslušného úseku toku, ale obecně se ve všech metodických podkladech pohybuje pod 30 % průměrného denního průtoku (Qa).

Původní smysl minimálních zůstatkových průtoků je ochrana toků před nerozumným užíváním, ale perspektiva dlouhodobého sucha nutně vede k úvahám o obdobné situaci, která může nastat na dlouhých úsecích toků nezávisle na tom, jsou-li na nich nějaké stavby a užívání, pro které byl institut „ekologický“ nebo minimální zůstatkový průtok původně zaveden. Naše úvahy tedy končí „jen“ u hodnot 30 % průměrného průtoku, tedy spolehlivě nad hranicí „sucha“, pokud bude v budoucnosti pro příslušné profily stanovena či vyhlášena.

Výsledky

Sumární odhad pro ČR

Odtok povrchových vod z ČR je ve srážkově průměrném roce zhruba 15 257 mil. m³/rok. *Tabulka 1* ukazuje procento vypouštěné (čištěné) komunální vody v odtoku za různých situací. Lze z ní odvodit, že při 30 % průměrného průtoku činí komunální splašky vypouštěné přes ČOV do toků 8,37 % průtoku (při 20 % Qa je to již 12,5 %). To je ovšem údaj vypočtený ze sumárních ročenkových čísel, nerespektující jednotlivé ČOV, jednotlivé toky a ovlivněné úseky. Nelze jej tedy použít pro jakýkoliv konkrétní případ.

Vypouštění za průměrných podmínek

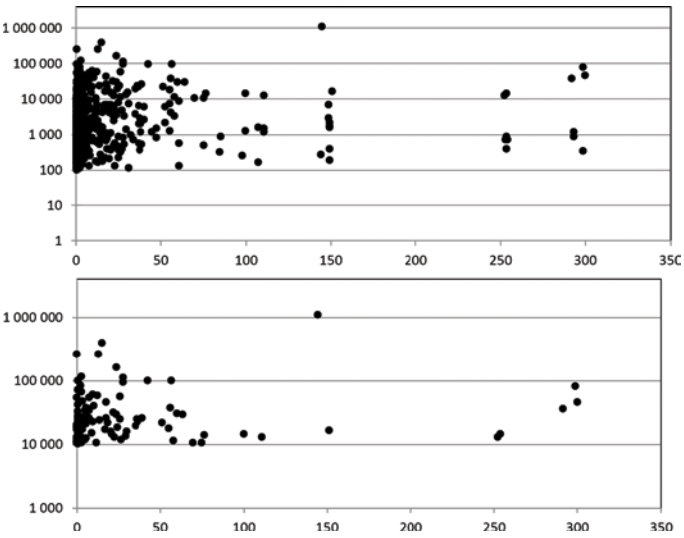
Pro představu o zatížení jednotlivých úseků toků příslušným vypouštěním byla data zpracována do *obr. 1*, ukazujícího souhrnné rozdělení ČOV v ČR podle počtu připojených obyvatel (v logaritmické stupnici) proti průměrnému průtoku v profilu vypouštění. Obecná představa „velké město/velká ČOV vypouští do větší řeky“ jak vidno neplatí (viz dolní graf, zahrnující jen ČOV nad 10 000 připojených obyvatel). Je patrné, že kromě ČOV vypouštějících do Labe pod Mělníkem a dolní Vltavy (tři „sloupce bodů“ ve středu a v pravé polovině pole bodů) řada velkých ČOV vypouští odpadní vody i do relativně malých toků. Existují samozřejmě případy, kdy velká ČOV vypouští do malého toku, pro který představuje zásadní přísun vody, který po krátké trati ústí do velké řeky (Ostrava, Pardubice apod.).

Vypouštění za sníženého průtoku

Na *obr. 2* jsou zpracovány hodnoty procenta vypouštění z jednotlivých ČOV v celkovém průtoku v profilu vypouštění pro různé průtokové situace. Počty připojených obyvatel jsou v logaritmickém

Tabulka 1. Procento čištěné komunální odpadní vody v průtoku za různých průtokových situací; sumární data pro ČR podle Ročenek 2013 [6, 7]
Table 1. Percentage of treated domestic wastewater in the stream discharge under various discharge situations; aggregated data for the Czech Republic from 2013 yearbooks [6, 7]

	Odtok z ČR m³/rok	Odtok komunální odpadní vody přes ČOV m³/rok	% komunální odpadní vody v celk. odtoku
Qa	15 257 000 000	382 976 000	2,5
50 % Qa	7 628 500 000	382 976 000	5,02
30 % Qa	4 577 000 000	382 976 000	8,37



Obr. 1. Distribuce ČOV různé velikosti (osa y – počet připojených obyvatel) podle průměrného průtoku v profilu vypouštění (Qa, osa x); dolní graf obsahuje jen ČOV nad 10 000 připojených obyvatel
Fig. 1. Distribution of WWTPs by capacity (y-axis – number of connected inhabitants) and mean daily discharge in the profie of discharge (Qa on x-axis)

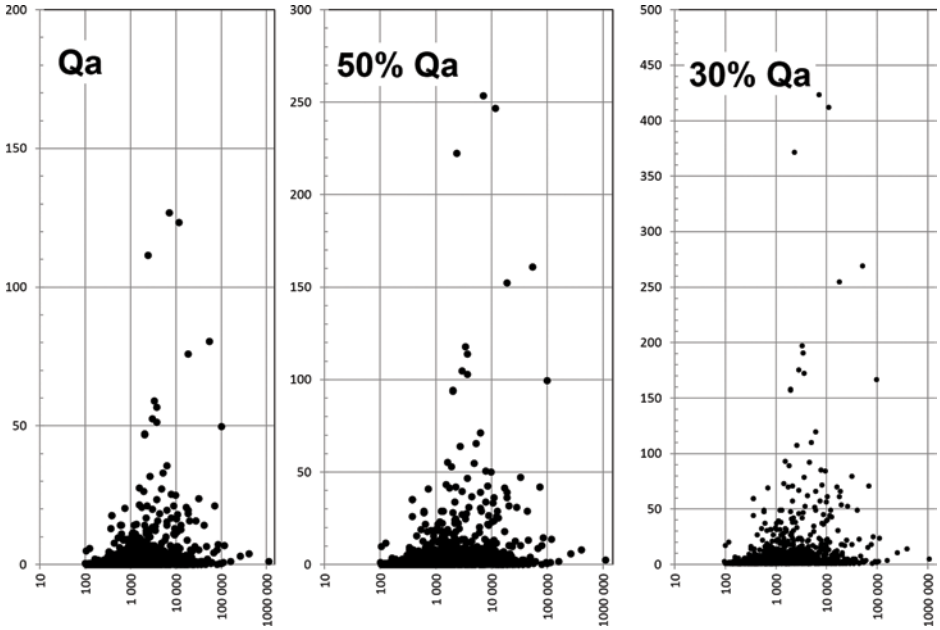
Tabulka 2. Počet ČOV vypouštějících 5, 10, 50 % aktuálního průtoku v recipientu za průtoku 100 %, 50 % a 30 % Qa
Table 2. Number of WWTPs discharging 5, 10 and 50% of actual discharge in recipient rivers during 100%, 50% and 30% of Qa

Přísun do recipientu %	Qa	50 % Qa	30 % Qa
> 50 %	10	20	**45** (3,3 %)
> 10 %	74	145	**221** (16,3 %)
> 5 %	145	255	**365** (26,9 %)

měřítku na ose (vypouštění ČOV Ostrava-Přívoz do Černého potoka je zcela mimo rozsah grafu). Jak je patrno, ve všech velikostních kategoriích ČOV s poklesem průtoku v recipientu významně roste podíl vypouštěné odpadní vody v aktuálním průtoku. Výsledky jsou sumarizovány v *tabulce 2* – pro situace Qa a pro 50 %, resp. 30 % Qa, tedy obecně do úrovně nad limitem minimálních zůstatkových průtoků. Při 30 % Qa už 45 ČOV vypouští více než 50 % aktuálního průtoku v recipientu, 221 ČOV více než 10 %. Distribuce podle jednotlivých ČOV je zpracována na *obr. 2*.

Diskuse

Uvedené úvahy vycházejí z toho, že každý obyvatel ČR napojený na kanalizaci a ČOV spotřebuje denně 120 litrů pitné vody, kterou použije přímo pro svou potřebu (pití, příprava jídel, mytí nádobí, praní, hygiena) v domácnostech, restauracích a na pracovištích, a ta je následně vypuštěna do kanalizace s ČOV. Není tedy zahrnuta voda použitá k jakýmkoliv výrobám, včetně výroby hojně používaných



Obr. 2. Procento vypouštěné odpadní vody od obyvatel (120 l/den/připojený obyvatel) v průtoku v recipientu – při Qa, 50 % Qa a 30 % Qa
Fig. 2. Percentage of discharged wastewater (120L/day per connected inhabitant) in the discharge in the recipient stream in situations of Qa, 50% Qa and 30% Qa

nápojů, které rovněž skončí v kanalizaci. Další předpoklad je, že jednotlivé čistírny odpadních vod pracují podle svých technologických parametrů (a plní všechny dnes předepsané limity) a i za případného sucha se jejich účinnost významně nezmění, tedy ani v případě, že postupně klesne spotřeba pitné vody. Rozdíl bude v tom, že splašky budou více zahuštěné a změní se poměry v kanalizačních svodech.

Nejistoty našich úvah jsou v odhadu hodnot Qa, protože hodnoty transponované od referenčních profilů k profilům vypouštění mohou být ovlivněny samotným výtokem z ČOV. Samozřejmě nepočítáme s „uživateli" nezapočítanými do počtu obyvatel ČR – s turismem apod. a s migrací obyvatelstva za prací. Také nepočítáme s odchylkami od chování „běžného" spotřebitele, tj. např. s drtiči kuchyňských odpadů. Tyto nejistoty mohou posunovat některé ČOV po našich grafech po ose „počet připojených obyvatel", i po ose průměrných průtoků, resp. příspěvku k průtoku v recipientu, pro tuto úroveň odhadu však nejsou zásadní.

Naše předpoklady zatížení toků čištěnými odpadními vodami za sucha jsou velmi optimistické, resp. hodnotíme rizika nízko: 120 litrů čištěné splaškové odpadní vody na obyvatele a den je pod hodnotou Statistické ročenky 2013 (130–170 l/obyv. podle různých výpočtů), a reálné situace „sucha" se budou vyskytovat až při průtoku obecně nižším než zde použitá hodnota 30 % průměrného průtoku v profilu (nad limitem minimálních zůstatkových průtoků). Z úvahy zcela vypouštíme průmyslové zdroje (počítáme pouze s připojenými obyvateli, ne s EO). Situace „sucho" během několika měsíců podstatně neovlivní výrobu a spotřebu pitné vody, čili i přísun komunálních odpadních vod do kanalizací. Nelze také předpokládat, že by se náhle zvýšily účinnosti fungujících ČOV, a to ani v případě snížení/omezení spotřeby pitné vody, čili zvýšení koncentrace splašků.

Předpokládáme-li stálý přísun z ČOV, logicky významně poroste jeho podíl v aktuálním průtoku v profilu vypouštění. Současně se však bude snižovat rychlost transportu tohoto znečištění dále po proudu (vyšší drsnost, nižší hydraulický poloměr, akumulace v tůních atd.). Obecně to tedy povede k vytvoření relativně silně znečištěných úseků v blízkosti vypouštění, s klasickými průvodními jevy – vyčerpání kyslíku, úhyn ryb a dalších vodních organismů, zápach, estetické problémy a také významné hygienické problémy. Obnažené části dna mohou ve vegetační sezoně zarůst vegetací, s problémy po obnovení průtoku. Významným faktorem může být přísun fosforu a dusíku – jeho relativní zvýšení a zároveň zpomalení postupu řeky po proudu může vést k výraznému nárůstu koncentrace fytoplanktonu v pomalu proudící vodě a jezových zdržích již na horních úsecích toků. U ČOV pod 100 připojených obyvatel, které jsme nezahrnuli do výpočtů, mohou být významné i změny jejich funkce za nízkých průtoků, vedle obecného dopadu na malé toky, do kterých vypouštějí. Kromě předvídatelných projevů „klasického znečištění" nelze za těchto situací jednoznačně hodnotit osud a působení specifických polutantů, zejména PPCP (Pharmaceuticals and Personal Care Products) používaných v domácnostech – v různých případech lze očekávat jak zvýšené působení na ekosystém, tak i zvýšenou degradaci. Pokud budou sucha ukončena výraznými srážkami, nastoupí pravděpodobně eroze a další extrémní situace, rovněž s vlivem na toky – na jakost vody i stav koryta.

Závěry

1. Výsledky ukazují, že zatížení toků výtokem čištěných komunálních odpadních vod (bez průmyslových vod atd.) je v řadě případů i za průměrného průtoku významným příspěvkem k průtoku v recipientu. S poklesem průtoku tento vliv významně roste, ještě nad hranicí průtoků předpokládaných v situaci „sucho".
2. V případě dlouhodobého sucha na tocích lze možná omezit řadu typů užívání toků, přísun splašků z komunálních čistíren odpadních vod však bude stálý.
3. S poklesem průtoku bude stoupat relativní přísun odpadních vod z ČOV, který významně ovlivní ekosystémy toků a významně budou ovlivněny i standardní ukazatele jakosti vody v recipientu. Významně stoupne význam denních cyklů teploty.
4. V úsecích toků pod vypouštěním odpadních vod lze očekávat zvýšené znečištění, také z důvodu zpomaleného transportu po proudu, tedy obnovení významně zatížených úseků na tocích.
5. Podstatné je to, že tyto situace mohou vzniknout, i když všechny komunální ČOV budou dodržovat technologie, povolení k vypouštění apod. (průmyslové zdroje zde nejsou uvažovány, ale jejich příspěvek je významný).
6. Sledování vlivu sucha na toky je nutno rozšířit o efekty nezbytného vypouštění odpadních vod v konkrétních profilech a oblastech, včetně hodnocení technických opatření na tocích a legislativních možností kontroly.
7. V situacích dlouhodobých nízkých průtoků v tocích, resp. sucha, jsou změny „jakosti vody", poškození vodních ekosystémů a změny hydrologické propojeny a nelze je posuzovat odděleně.

Poděkování
Na přípravě dat se podíleli J. Čapková, A. Čejková, E. Mlejnská a zejména P. Vyskoč, všichni z VÚV TGM, v.v.i.
Výsledky byly prezentovány na Národním dialogu o vodě (Medlov, 10.–11. 6. 2014). http://www.vuv.cz/index.php?id=2&tx_ttnews[tt_news]=319&cHash=7afe91d6df

Literatura

[1] Směrnice 2000/60/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. 2455/2001/ES 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.
[2] Costanza, R. et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, p. 253–260.
[3] Fuksa, J.K. (2008) Ekosystémové služby – nový pohled na užívání a ochranu vod. *Vodní hospodářství* 58(11), s. 398–403.
[4] Fuksa, J.K. (2011) Ecosystem services of rivers: What can we exploit now and what are the risks. *Acta Environ. Univ. Comenianae,* 19 (Suppl. 1), s. 71–75.
[5] Hynes, H.B.N. (1975) The stream and its valley. *Verh. IVL*, 19, p. 1–15.
[6] ČSÚ (2014) Statistická ročenka České republiky 2013. Praha: Český statistický úřad, 813 s.

[7] MŽP (2014) Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2013. Praha: Ministerstvo životního prostředí, Cenia, 414 s.
[8] MŽP (1998) Metodický pokyn odboru ochrany vod Min. životního prostředí ke stanovení minimálních hodnot zůstatkového průtoku ve vodních tocích. *Věstník MŽP,* 1998 (5).

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.
VÚV TGM, v.v.i.
josef_fuksa@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Rivers as recipients of sewage water – situation under the drought (Fuksa, J.K.)

Key words
communal waste water treatment plants – discharge – recipient – drought

Discharge from communal wastewater treatment plants could represent significant percentage of the whole discharge in the recipient stream in many cases. During low discharges or even drought the share of treated wastewater in streams should be crucial both for the total discharge and for water quality and state of river ecosystem.

We calculated the percentage of discharge from the number of 1 350 WWTPs (with more than 100 connected inhabitants) in the mean discharge (Qa) in the recipient river/stream. Data show that even great WWTPs discharge into relative small watercourses. In conditions of Qa, 74 WWTPs discharge more than 10% of the discharge in the river. When the discharge decreases to 30% of the Qa, 221 (16,3%) WWTPs discharge more than 10% of discharge in the river (45 WWTPs discharge more than 50%). As the production of communal wastewater should be considered stable and independent on the precipitation/ /discharge conditions, the percentage of (treated) wastewater in the recipient river will increase during the low discharge or even during the draught (discharge far lower than 30% Qa). Together with changes of hydro-morphology, downstream transport and temperature conditions significant damage of river ecosystems should be expected during the drought. The appearance of impacted areas downstream the WWTP discharges seems probable. Cross-linked impacts of the drought on rivers should be studied in complex.

Pobočka Brno

Brněnské pracoviště VÚV bylo založeno na konci 40. let minulého století s cílem přispět k řešení vodohospodářských problémů a zlepšení kvality povrchových vod na střední a jižní Moravě. Vyčleněním pracovníků z bývalého Zemského národního výboru v Brně vzniklo v roce 1949 oddělení laboratoří jako součást tehdejšího Státního hydrologického ústavu v Praze, později se stalo samostatným pracovištěm Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze.

Aktivity pracoviště byly z počátku zaměřeny především na průzkumy mapující znečištění povrchových vod odpadními vodami z měst i průmyslových závodů. Úkoly tohoto charakteru řídili Ing. Karel Keith, Ing. Karel Kartous, Ing. Vlasta Komendová a Ing. Lubomír Mazel.

V rámci sledování kvalitativního stavu povrchových vod prováděli pracovníci pobočky výzkum změn kvality vody v tocích (Ing. L. Mazel, RNDr. Eva Kočková) a v přehradách, a to jak na již existujících, tak i na nově budovaných (RNDr. Miloš Zelinka, CSc., a RNDr. Petr Marvan, CSc). Dále se výzkum zaměřil na otázky agresivního působení vody, omezování zátěže vod fenoly (prof. Dr. Ing. Zdeněk Valtr, CSc.) a též na procesy uplatňované při budování nových čistíren odpadních vod (Ing. Jan Jadrný, Ing. Karel Kartous).

Důležitým oborem bylo vodárenství (Dr. Ing. Zdeněk Novák, CSc.), zaměřené na výzkum vločkového mraku a galeriových čiřičů. Dále byly řešeny otázky eliminace vybraných druhů pesticidních látek a tenzidů při úpravě povrchových a podzemních vod, eliminace živin z vodních zdrojů určených pro zásobování obyvatelstva vodou, zkoumaly se postupy filtrace (Ing. Josef Vostrčil, CSc., Ing. Vladimír Mičan, Ing. Josef Kundera, CSc.), moderní technologické postupy úpravy silně organicky znečištěných povrchových a podzemních vod (Dr. Ing. Zdeněk Novák, CSc., Dr. Jaroslav Rosol, CSc., RNDr. Jaroslav Mega), analytika odpadních vod (Ing. Zdeněk Vavrouch, Ing. Jan Večerka), řešily se rovněž otázky toxicity některých chemických sloučenin pro vodní organismy a vliv oteplených vod na bentická společenstva (RNDr. Petr Obrdlík, CSc.). V roce 1964 získala pobočka provozní objekt s laboratoří ve Víru, který byl využit pro výzkum zaměřený na dokumentaci kvalitativního stavu vodárenské nádrže Vír.

V následujících letech pokračovalo sledování kvality povrchových vod (RNDr. Eva Kočková), numerické řešení změn jakosti vody (Ing. Václav Hrazdil, CSc., později Ing. Petr Kříž), sledování vlivu biologicky čištěných odpadních vod na rozvoj vodní vegetace, hodnocení eutrofizace povrchových vod (RNDr. Zdeňka Žáková, CSc.) a průzkum biologického oživení toků (RNDr. Petr Obrdlík, CSc.).

Byl prováděn výzkum nových technologií úpravy vody, které by umožnily za mimořádných podmínek odstraněním chemické, biologické a bakteriologické kontaminace úpravu vody na vodu pitnou (Ing. J. Vostrčil, CSc., Ing. Vladimír Mičan). Na začátku 60. let se úkoly pobočky rozšířily o problematiku radioaktivity vody. V souvislosti s těžbou a úpravou uranové rudy se začala sledovat radioaktivita povrchových vod Svratky a Brněnské údolní nádrže a vzhledem k výstavbě Jaderné elektrárny Dukovany i radioaktivita řeky Jihlavy (RNDr. Zdeněk Staněk).

Postupem času byly s rozvojem strojírenství řešeny úkoly orientované na zneškodňování průmyslových odpadních vod (Ing. Jan Jadrný, Ing. Vlasta Komendová). Výzkum byl též zaměřen na problematiku kalů (Dr. Ing. Bořivoj Drábek) – sledování jejich fyzikálně-chemických vlastností, jejich další využívání, likvidaci aj.

Od konce 50. let prováděli českoslovenští odborníci sledování a hodnocení kvality vod na hraničních vodách s Rakouskem. Později bylo na základě smlouvy mezi tehdejším Československem a Rakouskem prováděno pravidelné sledování kvality vody v hraničních úsecích řek Moravy a Dyje (RNDr. Eva Kočková, RNDr. Zdeňka Žáková, CSc.).

Významným mezníkem bylo rozšíření působnosti pobočky v druhé polovině sedmdesátých let o problematiku rozvoje vodního hospodářství, ke které došlo přeřazením pracovníků z vodohospodářského rozvoje. Šlo o pracovníky, kteří se zásadním způsobem podíleli na řešení koncepčních otázek vodního hospodářství v povodí Moravy a Odry. Za významné oblasti řešení lze označit především otázky vodohospodářských soustav (Ing. Alois Medla, Ing. Stanislav Novotný, CSc., Ing. Evžen Polenka, Ing. Ladislav Pavlovský, CSc.), problémy přívodu vody ze Žitného ostrova (Ing. Jaroslav Sochorec), rozvoj vodárenské soustavy Pomoraví (Ing. Lubomír Rejda, Ing. Jan Heisler), Směrný vodohospodářský plán (Ing. E. Polenka), ochrana plánované vodní cesty Dunaj–Odra–Labe (Ing. L. Pavlovský, CSc., Ing. Alois Medla). Především z metodologického hlediska byla přínosná činnost oddělení vodohospodářských bilancí (Ing. Květoslav Mrázek, Ing. Jaromír Hlavínek). Vedle rozvoje nástrojů státní vodohospodářské bilance šlo zejména o rozvoj metod saprobiologického hodnocení stavu povrchových tekoucích vod (Ing. Květoslav Mrázek, RNDR. Miloš Zelinka, CSc., RNDr. Petr Marvan). Tento systém zajistil podrobnou dokumentaci saprobního stavu většiny významných toků České republiky od poloviny sedmdesátých let (Ing. Soňa Lanková, později Ing. Milena Forejtníková). Saprobiologický monitoring a sledování kvality podzemních vod vedlo k myšlence zavedení biondikačních metod také v podzemních vodách (RNDr. Jaroslav Rosol, CSc.). Na úseku zavádění výsledků výzkumu do praxe je třeba připomenout modelování vlivu výluk ČOV Brno na kvalitativní režim řeky Svratky a podporu aktivit Povodí Vltavy při hodnocení stavu významných toků tohoto povodí (Ing. Ilja Bernardová, Ing. Květoslav Mrázek).

Vývoj resortu životního prostředí a hospodářské a společenské změny na počátku 90. let minulého století měly bezprostřední vliv i na proměny, kterými procházela brněnská pobočka. Lze je charakterizovat na jedné straně nárůstem požadavků na řešení problematiky zlepšování jakosti povrchových vod, kontroly množství znečištění vypouštěného do vodního prostředí a zlepšování podmínek pro vodní ekosystémy. Na druhé straně naopak docházelo k omezování požadavků na řešení problematiky kapacity vodních zdrojů a k výraznému omezování požadavků na řešení technologických problémů úpravy vody a čištění odpadních vod. Přispěly k tomu jak privatizace oborů zásobování pitnou vodou a likvidace komunálních odpadních vod, tak změna statutu organizace na státní příspěvkovou organizaci v r. 1993. Podstatné omezení státních zakázek a zúžení jejich odborného zaměření si vynutily v průběhu let 1990 až 1994 podstatné omezení celkového počtu pracovních míst brněnské pobočky z dřívějších 80 na 50.

Od počátku 90. let se soustředila mnohem větší pozornost na problematiku kvalitativního stavu povrchových vod, a to v zájmové oblasti povodí Moravy. V tomto směru se úspěšně rozvíjela spolupráce se slovenskými i rakouskými organizacemi, a rovněž tak i v oblasti povodí Dunaje.

Z dlouhodobého hlediska byl klíčovým systematicky řešeným projektem „Projekt Morava". Pod vedením Ing. Květoslava Mrázka byl zahájen v roce 1991 a jeho náplň tvořilo osm dílčích úkolů zaměřených na monitorování jakosti vod, bodové i plošné zdroje znečištění, zdroje pitné vody, hospodaření s vodou ve vztahu k ochraně vod, celkové hodnocení a modely kvality vody, přírodní hodnoty a stupeň odpřírodnění moravských řek a v závěru na syntézu a návrhy opatření.

Vlastní řešení tohoto projektu probíhalo ve čtyřech po sobě navazujících etapách 1992–1995, 1996–1999, 2000–2002 a 2003–2006, kdy koordinace postupně přecházela od Ing. Květoslava Mrázka přes Ing. Ladislava Pavlovského, CSc., Ing. Jaroslava Zdařila, CSc., na Ing. Zdeňka Šunku. Cílem projektu bylo hodnocení míry plnění požadavků národních a po vstupu do Evropské unie i evropských předpisů z oblasti ochrany vod a Úmluvy o spolupráci pro ochranu a únosné využívání Dunaje a v návaznosti na to i vypracování návrhů nápravných opatření ke zlepšení stavu vod v povodí Moravy a Dyje. Od roku 2008 navazuje na dosažené výsledky projekt VaV „Identifikace antropogenních tlaků na kvalitativní stav vod a vodních ekosystémů v oblastech povodí Moravy a Dyje" (koordinace Ing. Zdeněk Šunka).

Dalším projektem strategického významu byl „Environmentální program pro povodí Dunaje", jehož počáteční metodický vstup v brněnské pobočce VÚV TGM koncem roku 1992 předznamenal následující každoroční programové kroky mezinárodních aktivit na ochranu vod v povodí Dunaje. Po podpisu Úmluvy o spolupráci pro ochranu a trvalé využívání Dunaje byly převedeny na Mezinárodní komisi pro ochranu Dunaje. Národním Střediskem dunajských aktivit pro ČR byl zpočátku ustaven brněnský VÚV, později Povodí Moravy a od roku 2000 opět brněnská pobočka VÚV.

Kromě uvedených komplexních projektů, zaměřených na zlepšení jakosti vody v povodí Moravy, popř. ve vodohospodářské soustavě povodí Odry, byly zpracovávány i rozsáhlejší zakázky privátních investorů nebo regionálních úřadů, jako např. „Studie vlivu změny odvedení odpadních vod z JE Dukovany na řeku Jihlavu" (Ing. E. Polenka) nebo „Zabezpečení trvale příznivého stavu jakosti vody pro zachování přirozených biocenóz a krajinotvorné hodnoty řeky Dyje v oblasti mezinárodního přírodního parku Podyjí-Thayatal" (RNDr. E. Kočková). Na výsledky tohoto projektu navázala v roce 2000 a 2002 úloha **„**Jakost vody v oblasti Národního parku Podyjí**"**.

Součástí úkolu „Hospodaření s vodou a ochrana vodních zdrojů v oblasti jižní Moravy" byl i výzkum možností zlepšení jakosti vody v lagunách u horní Novomlýnské nádrže (1988–1989, řešitel Ing. Jaroslav Sochorec). Koncem roku 1991 byl v návaznosti na tento úkol v brněnské pobočce VÚV TGM vypracován systémový dokument „Shromáždění a zpracování podkladů pro vodohospodářské posouzení" (Ing. Ladislav Pavlovský, CSc., Ing. Jaromír Hlavínek, Ing. Lubomír Rejda, RNDr. Eva Kočková), jenž se stal součástí studie „Zhodnocení pozitivních a negativních ekonomických i mimoekonomických dopadů vybraných variant dokončení vodního díla Nové Mlýny".

V letech 1989–1992 se dokončovaly i některé dílčí úkoly tzv. „Zásobování Pomoraví pitnou vodou". Došlo k přehodnocení potřeb a zdrojů vody, aktualizovala se některá dříve doporučovaná řešení (nádrž Hanušovice na Moravě apod.) a v roce 1992 se hodnotily potřeby pitné vody na Šumpersku. K hlavním řešitelům patřili Ing. Jaroslav Sochorec, Ing. Jarmila Krejčířová a Ing. Marta Štamberová.

V období 1989–1993 pokračovaly na pobočce VÚV TGM práce na zpřesňování Směrného vodohospodářského plánu. Otázkám využívání vodní energie se i nadále a v nových podmínkách věnoval především Ing. Jaromír Hlavínek, problematikou nádrží pro vodní rekreaci a ochranou před povodněmi se zabývali zejména Ing. Lubomír Rejda, Ing. Jana Synková, Ing. Pavel Horák, CSc., a Ing. Karel Drbal, Ph.D., vodohospodářské soustavy řešili Ing. Stanislav Novotný, CSc., a Ing. Evžen Polenka a vodohospodářské bilance Ing. Květoslav Mrázek, Ing. Jaromír Hlavínek a Ing. Pavel Horák, CSc. Významným počinem na úseku podpory státní správy ve vodním hospodářství druhé poloviny devadesátých let bylo dopracování Metodického pokynu MŽP ke stanovení minimálního zůstatkového průtoku, doplněného Metodickou příručkou ke stanovení minimálních zůstatkových průtoků (Ing. Ilja Bernardová, Ing. Květoslav Mrázek). Uvedený dokument slouží stále jako podklad pro rozhodování státních orgánů na úseku povolování provozu malých vodních elektráren.

Na počátku devadesátých let řešilo na biologickém pracovišti laboratoří výzkumné úkoly několik významných osobností zaměřujících se na různé taxonomické skupiny společenstev vodních organismů. Studiem fytoplanktonu a fytobentosu vodních toků a nádrží se zabývali RNDr. Zdeňka Žáková, CSc., doc. RNDr. Blahoslav Maršálek, CSc., a RNDr. Ondřej Komárek, Ph.D., faunou podzemních vod a mikrobiologií RNDr. Jaroslav Rosol, CSc. V úkolech saprobiologického monitoringu, v Projektu Morava a Projektu Labe se společenstvům makrozoobentosu tekoucích vod věnovali doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D., a RNDr. Michal Fiala.

Přibližně do konce devadesátých let se provádělo dlouhodobé intenzivní sledování vlivu provozu Jaderné elektrárny Dukovany a těžby uranových rud na znečištění vodního prostředí radionuklidy v povodích řek Svratky a Jihlavy i v nádržích Dalešice a Mohelno (RNDr. Eva Kočková, RNDr. Zdeňka Žáková, CSc., RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.). Výzkum věnovaný vývoji biologických a chemických poměrů ve vertikálách nádrží Dalešice a Mohelno je považován za ojedinělý v celé střední Evropě, neboť zahrnuje stav jakosti vody před výstavbou nádrží, v době jejich napouštění až do uvedení celé jaderné elektrárny do provozu. Výsledky sledování vlivu JE Dukovany byly v letech 2002–2005 také aplikovány při hodnocení vlivu JE Temelín na řeku Vltavu a nádrž Orlík. Řada studií věnovaných sledování přirozené radioaktivity byla zaměřena především na okolí JE Dukovany a vliv černobylské havárie na radioaktivní pozadí této oblasti (RNDr. Zdeněk Staněk, RNDr. Jiří Procházka). Další významnou radiologicky zatíženou lokalitou je oblast Dolní Rožínky na Českomoravské vysočině, která byla monitorována ve spolupráci s Karlovou univerzitou (RNDr. Eva Kočková, RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D., Ing. Hana Hudcová).

K dalším rozsáhlejším a dlouhodobějším projektům patřil úkol Koncepce vodohospodářského plánování a institucionální reforma (Ing. Pavel Horák, CSc.), jehož záměrem bylo připravit třetí zpracování Směrného vodohospodářského plánu (SVP) a návrhy na institucionální uspořádání oboru vodního hospodářství a správy vodních toků v nových společensko-hospodářsko-politických podmínkách. Významným výstupem úkolu bylo vydání druhého dílu Vodohospodářského sborníku SVP ČR 1995 v roce 1997.

Obdobně i v úkolech Novelizace vodohospodářské evidence, popř. Státní vodohospodářská bilance (Ing. Pavel Horák, CSc., Ing. Magdalena Karberová, Ing. Milena Forejtníková) byl sledován cíl modifikovat dosud užívané způsoby shromažďování informací o vodním hospodářství do formy moderních informačních systémů. I v těchto pracích bylo cílem dosáhnout maximální kompatibility s požadavky na výkaznictví pro evropské orgány.

Značný význam na úseku podpory státní správy mají úkoly v rámci mezinárodní spolupráce na hraničních vodách s Rakouskem (RNDr. Hana Mlejnková) a se Slovenskem (Ing. Stanislav Juráň). V letech 1998–1999 se také řešitelský tým RNDr. Michala Pavoniče podílel na řešení projektu „Zlepšování kvality vody v povodí Dunaje" financovaného z programu PHARE, jehož hlavním řešitelem byla britská firma Halcrow. Náplň projektu byla zaměřena na problematiku komunálních čistíren odpadních vod.

Událostí s mezinárodním významem byla účast čtyř expertů VÚV TGM (z brněnského pracoviště RNDr. Michal Pavonič a RNDr. Jiří Kokeš, dále Ing. Jan Bouček z Prahy a RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., z Ostravy) v misi OSN zorganizované počátkem roku 2000 po kyanidové havárii v Rumunsku, která nejvíc postihla druhou největší maďarskou řeku Tisu. Ke zhodnocení dopadu jedné z nejhorších evropských říčních katastrof po úniku velkého množství kyanidu a dalších toxických produktů přispěl v rámci mezinárodní spolupráce významnou měrou i pracovní tým této pobočky.

Výrazným prvkem, který ovlivnil zaměření prací brněnské pobočky ve druhé polovině devadesátých let, byly katastrofální povodně v r. 1997 v povodí Moravy, Odry a horního Labe. Po odeznění první vlny povodní byla pobočka požádána o zpracování „Koncepce základních opatření v povodích Moravy, Odry a Labe k omezení povodňových stavů" (Ing. Evžen Polenka). Ve spolupráci s podniky Povodí Moravy, Odry a Labe byl zpracován návrh, který se zaměřil na stěžejní opatření, na něž je účelné se orientovat pro zlepšení ochrany proti povodňovým událostem obdobného typu. V dalších letech navázala na tuto práci řada projektů zaměřených na ochranu před povodněmi.

V letech 1997 až 2000 byla zpracována série studií ochranných nádrží v povodí Opavy – Nové Heřminovy a Spálené na Opavici a série studií řešících možnosti ochranných opatření před povodněmi v nejpostiženějším okrese Šumperk (Ing. Pavel Horák, CSc., Ing. Karel Drbal, Ph.D., Ing. Jaromír Hlavínek). Pro okresy Zlín a Šumperk byl přepracován povodňový plán. Současně bylo obnoveno řešení problematiky ochrany před povodněmi i v obecnějších souvislostech v projektech VaV: „Ekologické aspekty ochrany vodního bohatství", „Optimalizace strategie, přístupu a metod ochrany před povodněmi ve velkých celcích povodí", „Vyvinutí metody pro odhad odezvy říční sítě na spadlé srážky v povodích, kde nejsou kalibrované předpovědní modely" (Ing. K. Drbal, Ph.D.). Problematika povodní byla zachycena i ve třech populárně naučných videofilmech pro potřeby instruktáží (Ing. Evžen Polenka, Ing. K. Drbal, Ph.D.) a školení v ochraně před povodněmi, a to pro školy, orgány samosprávy i veřejné knihovny.

Řešení otázek ochrany před negativními účinky povodní věnují pracovníci pobočky soustavnou pozornost i v posledním desetiletí. Významnou měrou se podíleli na vyhodnocení všech významných povodňových událostí z let 1997, 2002, 2006 a na formulování doporučení vyplývajících z těchto událostí. Jsou propracovávány metody hodnocení povodňových rizik a škod a postupy zpracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik (Ing. Karel Drbal, Ph.D., Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.). Poznatky byly průběžně aplikovány do připravovaných metodik, směrnic apod.

Tým pracovníků pod vedením Ing. Karla Drbala, Ph.D., tak postupně navrhl a aplikoval postupy pro předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice a zpracoval metodiku tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Konkrétně byly tyto mapy zpracovány pro dvě oblasti s významným povodňovým rizikem na řece Moravě – v úseku mezi Uherským Hradištěm a Veselím nad Moravou a v oblasti Olomouce (Ing. Libor Chlubna). Povodňové události roku 2009 svými tragickými důsledky připomněly, že povodně z přívalových srážek představují další typ nebezpečí, kterým je třeba se vážně zabývat. Byla proto navržena a pro celou Českou republiku aplikována tzv. metoda kritických bodů, která má za cíl identifikovat zastavěná území potenciálně ohrožená povodněmi z přívalových srážek (Ing. Karel Drbal, Ph.D.). Proces implementace povodňové směrnice v ČR je dále pracovníky brněnské pobočky (Ing. Karel Drbal, Ph.D., Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.) metodicky podporován.

Významnou oblastí výzkumů zajišťovanou pro resort dopravy byla problematika vlivu silničního provozu na životní prostředí. V letech 2008–2009 byl řešen ve spolupráci s CDV, v.v.i., projekt „Kontrola jakosti dálničních splachů a hodnocení účinnosti jejich dočišťování při decentralizovaném systému odvodnění" (Ing. Danuše Beránková) navazující na dřívější výzkum dopadů provozu dálnic a rychlostních silnic na okolní recipienty 2005–2007. Na tyto dva projekty se podařilo navázat výzkumným projektem „Vývoj technologií pro čištění srážkových smyvů z komunikací a jiných zpevněných ploch" (Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.), řízeným společností Dekonta, a.s., ve spolupráci s VÚV TGM, v.v.i., ČZU v Praze a VUT v Brně.

Příkladem úspěšné bilaterální spolupráce odborných institucí České republiky a Rakouska při realizaci směrnice 2000/60/ES ustavující rámec činnosti Společenství v oblasti vodní politiky je mezinárodní „Projekt Dyje-Thaya", který byl v letech 2006–2008 zaměřen na biologické, hydromorfologické, chemické a fyzikálně-chemické složky pro klasifikaci ekologického stavu vodních útvarů řeky Dyje. Výsledky dosažené týmem pod vedením Ing. D. Beránkové mají charakter expertního hodnocení, projekt rozvíjí i některé postupy a alternativní metody, které mohou být dále využity v procesu vodohospodářského plánování. Dále byl řešen projekt ProFor „Výzkum procesů samočištění drobných, silně degradovaných toků v oblasti Weinviertel a Jižní Moravy: Vývoj metodiky pro trvale udržitelná opatření ke zlepšení jakosti vod" (Ing. Milena Forejtníková) a posledním přeshraničním projektem, na němž se pracovníci brněnské pobočky podíleli, byl ETZ Projekt Polder Soutok – Renaturierungskonzept (Ing. Danuše Beránková, Ing. Milena Forejtníková), jenž se zabývá využitím prostoru nad soutokem Moravy a Dyje pro protipovodňovou ochranu.

Dalším projektem s mezinárodní účastí zabývajícím se povodňovou problematikou byl projekt CEframe (Central European Flood Risk Assessment and Management in CENTROPE), který představoval spolupráci s partnery z Rakouska, Slovenska a Maďarska. Pracovníci brněnské pobočky se podíleli na řešení dvou pracovních balíčků projektu, které za českou stranu zaštiťovalo Ministerstvo životního prostředí. Oba pracovní balíčky byly zpracovány ve spolupráci s FAST VUT v Brně, brněnskou pobočkou ČHMÚ a Povodím Moravy, s.p.

V oblasti nadnárodních aktivit náleží k trvalým činnostem pobočky odborná podpora účasti ČR v Mezinárodní komisi na ochranu Dunaje (Ing. I. Bernardová, Ing. S. Juráň, Ing. M. Karberová, Ing. P. Kupec, Ing. M. Rozkošný, Ph.D., Mgr. P. Štěpánková, Ph.D., od r. 2011 RNDr. D. Němejcová). V roce 2007 ústav zajišťoval národní účast na projektu „Společný průzkum Dunaje 2" podrobně mapující aktuální stav Dunaje včetně jeho přítoků, kde národním koordinátorem byla Ing. Ilja Bernardová a vlastní expedice se zúčastnila Ing. Hana Hudcová. U třetího společného průzkumu Dunaje (JDS 3), který proběhl v roce 2013 v úspornější míře, se pracovníci VÚV TGM podíleli jen na přípravě, na vlastním monitoringu vodních toků již ne. Dále je pro MKOD zajišťováno široké spektrum aktivit, které v současné době souvisejí především s přípravou a zajišťováním národních podkladů pro tvorbu Plánu mezinárodního povodí Dunaje a mnohé další.

Pracovníci pobočky jsou od roku 1998 zapojení i do aktivit zajišťovaných pod Úmluvou EHK OSN o ochraně a využití hraničních vodních toků a mezinárodních jezer, a to v rámci činnosti pracovních skupin Monitoring a hodnocení, Tlaky a opatření a expertní skupiny Nutrienty (Ing. I. Bernardová, Ing. S. Juráň, od roku 2011 RNDr. D. Němejcová). K ověření Směrnic pro hodnocení hraničních vodních toků, připravených touto skupinou, byly na přelomu tisíciletí zpracovány pilotní projekty osmi mezinárodních vodních toků, mezi kterými byl i Pilotní projekt řeky Moravy (Ing. Stanislav Juráň, Ing. Ilja Bernardová, Ing. Milan Bedřich).

Z významných témat, kterým je věnována pozornost na brněnském pracovišti, je vhodné uvést výzkum čištění odpadních vod pomocí extenzivních technologií, jako jsou vegetační kořenové čistírny a stabilizační rybníky (Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.). Tento úkol byl řešen jak v rámci výzkumného záměru, tak nového projektu TA ČR Výzkum možností optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií (hlavní řešitelka Ing. Eva Mlejnská) a dalších, a to za spoluúčasti brněnské pobočky. Současně jsou každoročně získávány zakázky zaměřené na sledování a hodnocení provozu a funkčnosti čistíren odpadních vod využívajících extenzivní technologie.

Pracovníci hydrobiologie v devadesátých letech 20. století řešili několik výzkumných projektů, za nejvýznamnější projekt lze označit „Predikční modely říčních ekosystémů" (1996–2001, řešitelé RNDr. Jiří Kokeš, Mgr. Jana Holasová, RNDr. Denisa Němejcová). Tento projekt ideově vycházel z britského predikčního modelu RIVPACS. Ve spolupráci s Masarykovou univerzitou (doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D.) a tehdejší Státní meliorační správou byla sestavena databáze informací o referenčních společenstvech makrozoobentosu, fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických proměnných prostředí. Z databáze bylo možné za pomoci programu HOBENT hodnotit ekologický stav, predikční systém byl nazván PERLA. V roce 2008 pak dlouhodobé zkušenosti s odběry vzorků makrozoobentosu tekoucích vod vyústily ve vydání normy ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA.

V dalších letech se pracovníci pobočky zabývali vývojem metodiky evropského systému hodnocení ekologického stavu toků s užitím makrozoobentosu (RNDr. Denisa Němejcová, RNDr. Jiří Kokeš) a také interkalibrací metod pro hodnocení ekologického stavu tekoucích vod, kdy proběhlo srovnání hodnocení ekologického stavu podle národních metod (v ČR systém PERLA) s hodnocením podle mezinárodní metody vyvinuté během projektu AQEM.

V roce 2011 byla finalizována a certifikována Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentos a v roce 2013 byly dokončeny práce na národních metodikách odběru a hodnocení ekologického stavu velkých nebroditelných řek podle makrozoobentosu. Současně s procesem vývoje metod hodnocení ekologického stavu byly metody podrobeny mezinárodnímu porovnání v rámci daných geografických mezikalibračních skupin evropské komise. V roce 2014 byly výpočetní postupy metod hodnocení ekologického stavu implementovány do výpočetního software, aby těmito metodami mohly být vyhodnoceny datové soubory jako součást přípravy druhých plánů povodí.

V souvislosti s narůstajícími dopady změn klimatu je od roku 2012 řešen projekt Vysychání toků v období klimatické změny: predikce rizika a biologická indikace epizod vyschnutí jako nové metody pro management vodního hospodářství a údržby krajiny (RNDr. Petr Pařil, Ph.D., doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D., Mgr. Marek Polášek aj.). Jeho výstupy umožní identifikovat nejrizikovější oblasti a směřovat efektivně ochranná opatření. Snahou řešitelského kolektivu je najít uplatnění zvoleného přístupu i v okolních zemích.

Výzkumné projekty v oblasti mikrobiologie (RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D., Ing. Katarína Slezáková, Ing. Pavel Sedláček) byly zaměřeny zejména na hodnocení kontaminace povrchových a odpadních vod z různých zdrojů (znečištění komunální, ČOV, rybářsky obhospodařované rybníky, zemědělství, JE Dukovany, potravinářský průmysl aj.), na výskyt patogenních bakterií (např. *E. coli* O157), vývoj a aplikaci molekulárně-biologických metod detekce mikroorganismů ve vodách (metoda PCR, FISH), charakterizaci mikrobiálního oživení horských toků, problematiku znečištění hraničních toků či problematiku výskytu nepůvodního druhu řas *Compsopogon aeruginosus* v povrchových tekoucích vodách.

Mezi nově zahájené výzkumné aktivity se řadí významné projekty NAKI Identifikace významných území s kulturně historickými hodnotami ohrožených přírodními a antropogenními vlivy (Ing. M. Forejtníková) a Zatopené kulturní a přírodní dědictví jižní Moravy (RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.), jejichž výsledkem má být metodika hodnocení ohrožení národních kulturních památek, památek UNESCO a dalších významných památek České republiky z hlediska působení přírodních a antropogenních vlivů a zhodnocení historické, sociálně-kulturní a ekologické kontinuity území, která byla zcela pozměněna vodohospodářskými úpravami (zejména jde o soustavu vodních nádrží Nové Mlýny a vodní nádrže Vranov a Brněnská) i další projekty.

Pracovníci brněnské pobočky také spolupracovali s brněnskými vysokými školami na vzdělávacích projektech Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Jednalo se o dva projekty řízené Mendelovou univerzitou v Brně (Perspektivy krajinného managementu – RNDr. Denisa Němejcová, Informační platforma pro kulturní krajinu – Ing. Hana Hudcová) a jeden projekt vedený Masarykovou univerzitou (Protipovodňové vzdělávací a výzkumné centrum – Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.). V rámci těchto projektů byla pracovníky brněnské pobočky uspořádána řada seminářů, workshopů, konferencí a exkurzí pro studenty a pracovníky organizací zapojených do projektů. Dále bylo připraveno mnoho výukových (prezentace, e-learningové vzdělávací materiály, videa) a propagačních materiálů.

Redakce

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE
Water Management Technical and Economical Information

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství. Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Redakční rada: RNDr. D. Baudišová, Ph.D., Ing. Š. Blažková, DrSc., Ing. P. Bouška, Ph.D., prof. Ing. A. Grünwald, CSc., doc. Ing. A. Havlík, CSc., prof. Ing. P. Pitter, DrSc. (†), prof. RNDr. A. Sládečková, CSc., prof. Ing. J. Zezulák, DrSc.

Ročník 56

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR 6365

VÚV TGM

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30
160 00 Praha 6
IČO 00020711

Kontakt: Mgr. S. Garcíová
tel.: 220 197 282, e-mail: garciova@vuv.cz