

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2017 / 6



4/ Klasifikace kvality povrchových vod

24/ Stanovení úrovně dna vodních děl z historických projektových dokumentací

32/ Rozhovor s odborníky na téma ochranných pásem vodních zdrojů

Vodárenská věž v Českých Budějovicích

Vodárenská věž v Českých Budějovicích byla postavena v roce 1724 a sloužila k zásobování kašny v Českých Budějovicích, která rozváděla vodu do značné části města. Součástí původní věže byla budova, která obsahovala čerpací zařízení, které v té době bylo v podobě vodního kola. Čerpací zařízení odbíralo říční vodu, která putovala do nádrže, která se nacházela na vrcholu Vodárenské věže. Z nádrže pak voda odtékala do kašny.

O pár desítek let později v roce 1882 byla věž přestavěna a byly zde umístěny dvě nádrže, z toho jedna byla umístěna níže. Jednalo se o menší nádrž, která sloužila pro případné čištění a opravy nádrže hlavní.

V rámci inovací byla místo původních vodních kol umístěna Ponceletova vodní kola a zároveň byla přistavěna uhelná kotelná s parním strojem, která sloužila pro potřeby větší čerpací síly. Postupně se Vodárenská věž modernizovala, až v roce 1926 došlo k montáži chloračního zařízení.

Vodárenská věž přestala sloužit ve 20. století a nyní funguje pro účely zkušebny vodoměrů.

www.vodarenskavezcb.cz

zdroj fotografie: ČEVAK a. s.



Obsah



3 Úvod

4 Klasifikace kvality povrchových vod

Tomáš Mičaník, Eduard Hanslík, Denisa Němejcová, Dana Baudišová

12 Mikrobiální znečištění povrchových vod

Dana Baudišová, Hana Mlejnková



18 Změny obsahu radionuklidů v povrchové vodě v okolí Jaderné elektrárny Temelín v období 1990–2016

Eduard Hanslík, Diana Marešová, Eva Juranová, Barbora Sedlářová

24 Stanovení úrovně dna vodních děl z historických projektových dokumentací

Martin Caletka, Pavla Štěpánková



31 Autoři

32 Rozhovor s odborníky na téma ochranných pásem vodních zdrojů

Robert Kořínek

34 Odvádění a čištění odpadních vod v Moldavsku – současný stav a perspektivy

Jiří Kučera, Daniel Fiala, Josef K. Fuksa, Hana Nováková



40 Předpokládaná plavba římských lodí z Carnunta do Mušova – I

Arnošt Kult

50 50 let česko-polské spolupráce ve vodním stavitelství

Milan K. Jermář



Vážení čtenáři,

tento rok byl pro časopis VTEI rokem změn. Vydali jsme po delší době mimořádné číslo, změnilo se vedení ústavu a také vedení časopisu. Po dvanácti letech opustil ústav Mgr. Mark Rieder a posunul se ve svém profesním životě zase o kus dál. Jeho zásluhou vznikl časopis v takové podobě, v jaké ho teď držíte. Díky jeho péči a ambicím se dokázal časopis vybrodit z klasické tištěné formy odborných příspěvků a stal se důstojnou platformou pro výstupy z oblasti vodního hospodářství.

Rok 2017 představoval pro časopis velký posun vpřed. Publikovali jsme přes 40 recenzovaných článků, sedm rozhovorů s odborníky z různých oborů spjatých s vodou a také spoustu příspěvků z populárně-naučné oblasti. Samozřejmě na tvorbě časopisu se podílí i jiné osoby než redakce a autoři, jsou to také členové redakční a vědecké rady, kteří pravidelně sledují náplň časopisu, lektoři, kteří bedlivě pročítají slovo od slova každého recenzovaného článku a píší vyčerpávající posudky, a grafici, kteří se snaží dát každému číslu krásný vzhled. Tvorba jednoho čísla časopisu tvoří synchronizovanou spolupráci mnoha lidí a za to jim patří velký dík.

Již vzniká ediční plán na rok 2018 a věřím, že každý čtenář si tam najde své dobré čtení, a já se velmi těším na další ročník, jelikož i když si vše naplánujeme, vždy se něco změní, a tedy i pro nás se jedná do poslední chvíle o překvapení, jaký bude celkový dojem z dalšího čísla. Není lepší pocit, než vzít do rukou čerstvě vytištěné číslo a moci si po svém pomuchlat stránky a zařadit číslo do knihovny.

Nyní mi nezbývá nic jiného, než vám popřát všechno nejlepší do nového roku, který strávíte opět s námi prostřednictvím časopisu. Přeji krásné svátky.

Lenka Jeřábková
šéfredaktorka

Klasifikace kvality povrchových vod

TOMÁŠ MIČANÍK, EDUARD HANSLÍK, DENISA NĚMEJCOVÁ, DANA BAUDIŠOVÁ

Klíčová slova: kvalita vody — povrchová voda — klasifikace vody

SOUHRN

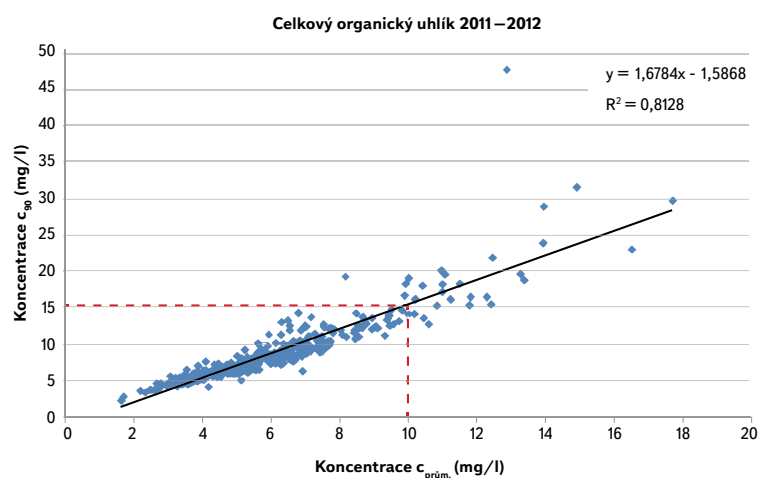
Článek představuje novelizovanou normu ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod [1], která nahrazuje předchozí 19 let platnou normu [2]. Předmětem novely bylo zohlednit požadavky na současnou úroveň ochrany povrchových vod, a to jak z hlediska ukazatelů znečištění, tak i úrovně přípustného znečištění. Revizí prošel jak rozsah ukazatelů, tak mezní hodnoty tříd kvality. Rozšíření doznal i text normy, a to především v přílohové části: kromě způsobu výpočtu charakteristické hodnoty, který zůstává nezměněn, přibýly další nezbytné pomocné výpočty. Nově je zařazena informativní příloha se stručnou charakterizací jednotlivých ukazatelů kvality vody nebo jejich skupin pro snadnější orientaci především zástupců samosprávných celků na úrovni obcí i široké veřejnosti. Norma nově umožňuje orientační určení kvality vody při nižších četnostech, než je požadováno pro klasifikaci.

ÚVOD

Kvalita vody je pravidelně klasifikována a vyhodnocována od 60. let 20. století. Klasifikací se přitom rozumí výpočet charakteristické hodnoty (u většiny ukazatelů ze souboru 11 až 24 měření je hodnota nepřesahovaná v 90 %), její porovnání se soustavou mezních hodnot tříd kvality vody a zařazení ukazatele do jedné z pěti tříd kvality podle znečištění vody. První norma, která se zabývala touto problematikou, byla ČSN 83 0602 z 23. 6. 1965. Norma obsahovala celkem 25 ukazatelů (ukazatele kyslíkového režimu, ukazatele základního chemického složení, zvláštní ukazatele a ukazatele mikrobiálního znečištění). Norma pro klasifikaci kvality povrchových vod byla pravidelně revidována a v souvislosti s výskytem nových znečišťujících látek v životním prostředí byly do normy doplňovány další ukazatele kvality vody. V tomto článku je představena revize předchozí normy ČSN 75 7221 z října 1998. Obsahuje celkem 65 ukazatelů sdružených v pěti skupinách (obecné, fyzikální a chemické ukazatele, organické látky, kovy a metaloidy, mikrobiologické a biologické ukazatele, radiologické ukazatele).

METODIKA

Za dobu platnosti normy od roku 1998 do současnosti došlo celkem pětkrát ke změně nařízení vlády, upravující hodnoty přípustného znečištění povrchových vod.¹ Během té doby byly limitní hodnoty znečištění v souladu se zvyšující se úrovní poznání negativních účinků na vodní prostředí v těchto nařízeních několikrát změněny. V prvním kroku prací na novele ČSN bylo třeba ověřit, zda mezní hodnoty tříd kvality v normě odpovídají současným požadavkům ochrany vodního prostředí, či nikoli. Vycházelo se přitom z předpokladu, že III. třída kvality



Obr. 1. Závislost průměrné koncentrace TOC na vypočtené hodnotě C_{90} v profilech sledování jakosti povrchových vod ve dvouletí 2011–2012; červená přerušovaná čára naznačuje způsob odvození III. třídy kvality z NEK-RP

Fig. 1. Concentration dependence of C_{90} to concentration $C_{prům}$ of TOC in the surface water monitoring sites in two-year period 2011–2012; the red dash line shows method to derive III. class of the water quality from AA-EQS

normy ČSN 75 7221, charakterizující znečištěnou vodu, by měla být srovnatelná s hodnotou přípustného znečištění povrchových vod, resp. s normou environmentální kvality nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [3]. Tento předpoklad byl patrně uplatněn i v době přípravy normy z roku 1998. Pokud se provede porovnání hodnot přípustného znečištění povrchových vod určených nařízením vlády č. 171/1992 Sb. [4] s III. třídou kvality původní normy, tak u řady ukazatelů jsou patrné shodné limitní hodnoty (užitím shodné charakteristické hodnoty koncentrace C_{90} v obou předpisech bylo možné provést přímé srovnání).

Hodnoty přípustného znečištění a norem environmentální kvality (NEK) uvedené v příloze č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. byly přepočítány z průměru, popř. z nejvyšší přípustné koncentrace, na charakteristickou hodnotu C_{90} (koncentrace nepřesahovaná v 90 %). Základem pro přepočet se staly výsledky monitorování jakosti povrchových vod na území celé ČR za období 2006 až 2012. Data byla pro potřeby výpočtu C_{90} agregována do dvouletí 2006–2007, 2007–2008 a 2011–2012. Následně byly vypočteny koncentrační charakteristiky: průměr, minimum, maximum, medián a C_{90} pro každý ukazatel znečištění. Výpočet C_{90} byl proveden shodně podle odst. 4.6 a normativní přílohy A ČSN 75 7221. Hodnoty pod mezí stanovitelnosti ($< MS$) byly v souladu s používanými metodickými postupy upraveny na $\frac{1}{2} MS$ nebo na 0 u sdružených ukazatelů. Z vynesené závislosti průměrné koncentrace v profilech sledování $C_{prům}$ na C_{90} byla dosazením NEK do získané rovnice vypočtena hodnota C_{90} , která se

stala základem pro určení III. třídy kvality (obr. 1). Porovnáním závislosti za testovanou dvouletí bylo také ověřeno, že se konverzní faktor $C_{90}/C_{prům.}$ mezi testovanými dvouletími u naprosté většiny ukazatelů příliš nemění (tabulka 1). Výjimkou jsou ukazatele, které vykazují vyšší rozptyl koncentrací nebo převládají výsledky pod mezí stanovitelnosti s občasnými pozitivními nálezy (např. u pesticidů).

Pokud bylo potřeba III. třídu kvality revidovat, což bylo u většiny ukazatelů, byly následně upraveny i ostatní mezní třídy tak, aby co nejlépe vystihovaly jednotlivé třídy kvality I. až V. Bylo dbáno na to, aby navržená V. třída kvality – velmi silně znečištěná voda – nebyla vyšší než nejvyšší přípustná koncentrace (NPK) daná přílohou č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (v případě ukazatelů, pro které je NEK-NPK určena).

Revizi byly podrobeny i jednotlivé ukazatele. Ty z nich, které již na základě výsledků dlouhodobého pravidelného monitoringu prováděného v ČR nepředstavují riziko pro vodní prostředí nebo pro další užívání vod, byly z tabulky 1 normy ČSN 75 7221 vyjmuty: vápník, hořčík, chlorované uhlovodíky 1,2-dichlorethan, trichlormethan, tetrachlormethan, chlorbenzen, lindan a PCB. Naopak vlivem postupně se rozšiřujícího rozsahu monitorovaných ukazatelů v povrchových vodách byly přidány ukazatele, jejichž míra výskytu ve vodách je významná (koncentrace C_{90} zasahovala do odvozené III. a vyšší třídy kvality). K rozšíření došlo především ve skupinách „Organické látky“ a „Kovy a metaloidy“. Mezní hodnoty tříd kvality jsou tak určeny pro celkem 65 ukazatelů (v původní normě pro 46 ukazatelů).

KLASIFIKACE

Princip klasifikace zůstává shodný s předchozí verzí normy. Tekoucí povrchové vody se podle kvality vody zařazují do pěti tříd kvality:

- I. neznečištěná voda,
- II. mírně znečištěná voda,
- III. znečištěná voda,
- IV. silně znečištěná voda,
- V. velmi silně znečištěná voda.

Rovněž princip výpočtu charakteristické hodnoty C_{90} zůstává nezměněn. Charakteristická hodnota ukazatele kvality vody (odstavec 4.4) je hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90 %, u rozpuštěného kyslíku s pravděpodobností překročení 90 %. U ukazatele saprobní index makrozoobentosu se jako charakteristická hodnota použije aritmetický průměr v hodnoceném období. Jako charakteristická hodnota ukazatele chlorofyl-a se použije maximální hodnota z daného počtu naměřených hodnot za vegetační období (březen až říjen). Kvalita vody se klasifikuje na základě výsledků monitoringu z delšího hodnoceného období, doporučuje se dvouletí, maximálně však pětiletí.

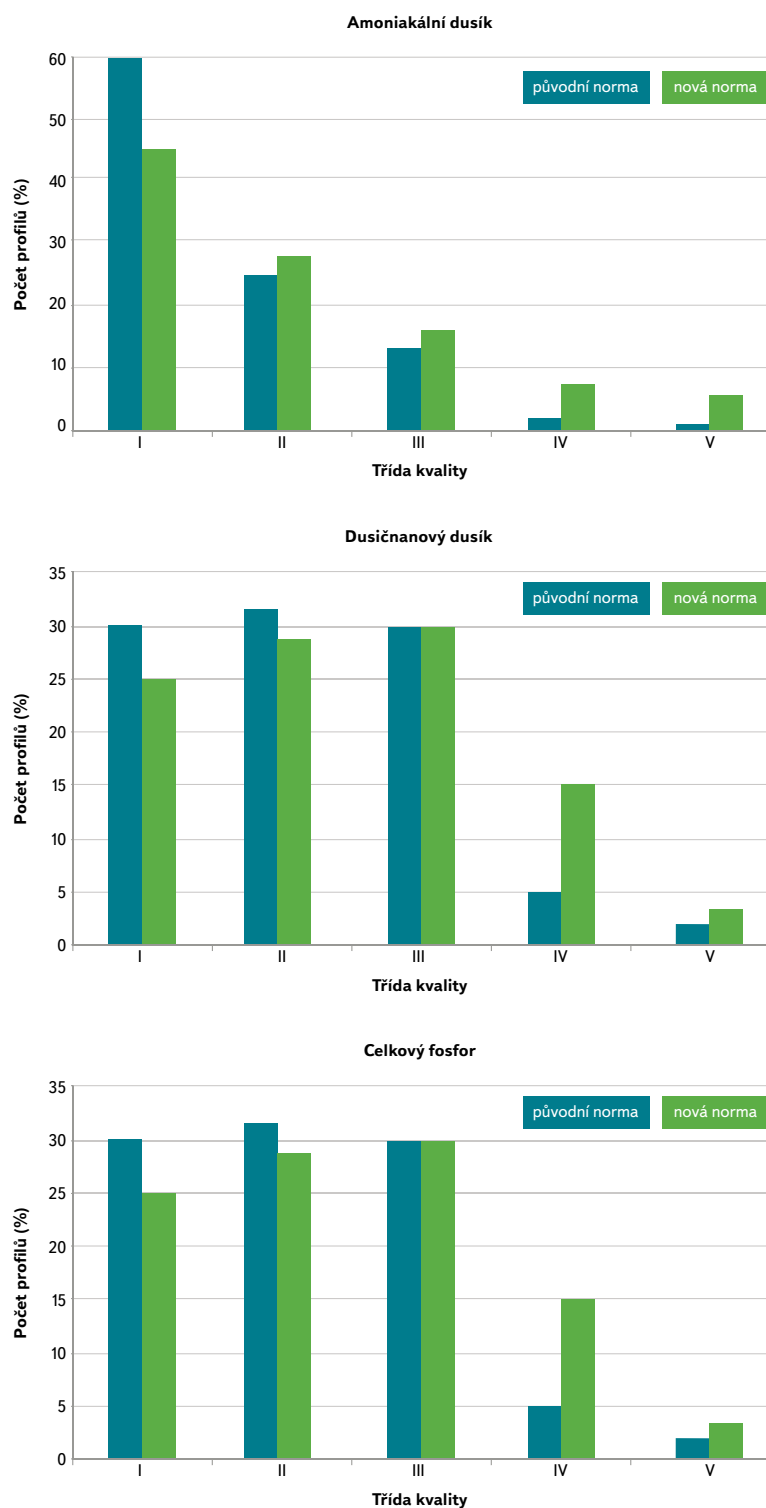
Rozsah ukazatelů spadajících do tzv. základní klasifikace zůstal zachován: BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $P_{celk.}$ a saprobní index makrozoobentosu. Kromě základní klasifikace je možné pro doplňkovou (účelovou) klasifikaci libovolně (na základě daného účelu hodnocení) zvolit vlastní rozsah ukazatelů. Je ale nutné dodržet podmínku, aby výsledky stanovení všech ukazatelů obsažených ve skupinách byly klasifikovány na všech společně hodnocených profilech. Výsledná třída se určí podle nejnepříznivějšího zatřídění zjištěného u jednotlivých vybraných ukazatelů. Norma je rozšířena o novou informativní přílohu B, která stručně charakterizuje jednotlivé ukazatele kvality vody nebo jejich skupin.

Tabulka 1. Poměr koncentračních charakteristik $C_{90}/C_{prům.}$ v testovaných dvouletích pro vybrané ukazatele

Table 1. Relationship between $C_{90}/C_{avg.}$ concentration in two-year periods for selected parameters

Ukazatel	Poměr $C_{90}/C_{prům.}$ za dvouletí		
	2006–2007	2007–2008	2011–2012
rozpuštěné látky sušené	1,31	1,26	1,21
nerozpuštěné látky sušené	1,81	2,10	2,06
rozpuštěný kyslík	0,68	0,68	0,67
biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní	1,69	1,65	1,63
chemická spotřeba kyslíku dichromanem	1,45	1,38	1,41
amoniakální dusík	2,30	2,17	2,26
dusičnanový dusík	1,48	1,53	1,34
celkový dusík	1,47	1,46	1,49
celkový fosfor	1,60	1,73	1,73
adsorbovatelné organicky vázané halogeny	1,62	1,58	1,62
1,1,2,2-tetrachlorethen (perchlorethylen)	2,76	1,50	1,38
hexazinon	1,56	1,67	1,43
chlorotoluron	–	2,38	2,03
kyselina ethylendiamintetraoctová	1,97	1,96	1,74
polycyklické aromatické uhlovodíky	2,64	4,46	2,38
arsen	1,75	1,72	1,71
měď (celkový vzorek)	1,70	1,80	1,90
olovo (celkový vzorek)	1,95	2,02	–
olovo (rozpuštěná fáze)	–	–	2,67
rtuť (celkový vzorek)	2,00	2,29	–
zinek	1,85	1,75	1,70

Nově je umožněno tzv. orientační určení kvality vody ze souboru méně než 11 naměřených hodnot (méně než 6 hodnot v případě koncentrace chlorofylu-a, popř. jedné hodnoty saprobního indexu podle makrozoobentosu). V tom případě se použije maximální naměřená hodnota, která se porovná s mezní hodnotou příslušné třídy kvality.



Obr. 2. Srovnání zatřídění profilů sledování jakosti povrchových vod podle původní a nové normy ČSN 75 7221, n = 932 profilů (N-NH_4^+), n = 913 profilů (N-NO_3^-) a n = 919 profilů (P_{celk}) z dat monitoringu za období 2011–2012

Fig. 2. A comparison of the surface water monitoring site classification according to the original and new ČSN 75 7221, n = 932 sites (N-NH_4^+), n = 913 sites (N-NO_3^-) and n = 919 sites (P_{total}) from monitoring period 2011–2012

OBECNÉ, FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ UKAZATELE

Ukazatele uvedené v tabulce 1 normy Mezní hodnoty tříd kvality jsou rozděleny do několika skupin. V rámci skupiny „Obecné, fyzikální a chemické ukazatele“ došlo především ke zpřísnění mezních hodnot charakterizujících úživnost vod, a to především v případě amoniakálního dusíku. Nově byly zařazeny ukazatele dusitanový dusík a celkový dusík. Stávající a nově navržené mezní hodnoty tříd kvality pro vybrané ukazatele jsou uvedeny v tabulce 2. Jak se změnil rozsah klasifikovaných profilů v jednotlivých třídách podle stávající a nové normy, znázorňuje obr. 2. Amoniakální dusík ve vodním prostředí vlivem biochemických přeměn za přítomnosti kyslíku oxiduje na dusitany a dále na dusičnany. Dusitany jsou ve zvýšené míře obsaženy i v odpadních vodách z vybraných strojírenských procesů (obrábění kovů) nebo se mohou vyskytovat ve vodách s intenzivním chovem ryb [5]. V celkovém dusíku je zahrnuta i složka organického dusíku, která není zanedbatelná [6]. Celkový dusík byl do normy zařazen také z toho důvodu, že je povinným ukazatelem kontroly jakosti odpadních vod podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. pro kategorie ČOV nad 10 tis. ekvivalentních obyvatel. Nově byly odvozeny mezní hodnoty tříd také pro fluoridy a kyanidy. Je potěšující, že u většiny základních ukazatelů (elektrolytická konduktivita, rozpuštěné látky, biochemické i chemické spotřeby kyslíku, celkového organického uhlíku, chloridů a síranů) nedošlo ke změnám mezních hodnot. Tím zůstává zachována kontinuita hodnocení kvality povrchových vod tekoucích z předchozích let.

ORGANICKÉ LÁTKY

Největších změn v nové normě doznala skupina ukazatelů „Organické látky“. Z původního výčtu zůstaly 1,1,2-trichlorethen, 1,1,2,2-tetrachlorethen, dichlorbenzeny, adsorbovatelné organické halogeny (AOX) a polyaromatické uhlovodíky (PAU). Mezní hodnoty tříd kvality pro dichlorbenzeny a PAU byly výrazně zpřísněny, naopak u AOX změkčeny. Důvodem tohoto změkčení je potvrzený významný podíl AOX přírodního původu v lesních půdách a povrchové vodě vlivem přírodní chlorace organické hmoty [7]. Nově bylo v rámci této skupiny do normy zařazeno 16 ukazatelů, převážně pesticidů, jejichž zastoupení v povrchových vodách je v takové míře, že byly, i když ojediněle, klasifikovány III. nebo i vyšší třídou kvality. Protože mnohé pesticidy v životním prostředí metabolizují v takové míře, že jejich metabolity ve vodním prostředí převládají, v případech, kdy je to stanoveno, se k původní účinné látce zahrnují. Způsob přepočtu metabolitů na účinnou složku je uveden v části A4 normativní přílohy A.

K nově zařazeným ukazatelům náleží dále bisfenol A, který je široce používán a je potvrzen jako endokrinní disruptor [8]. Téměř jedna třetina z celkového počtu monitorovaných profilů (n = 94) spadá do III. třídy kvality. Skupinu široce používaných změkčovadel plastických hmot v nové normě ČSN 75 7221 reprezentuje bis(2-ethylhexyl)ftalát, známý též pod zkratkou DEHP. Tato látka náleží k prioritním rizikovým látkám pro vodní prostředí a je také na seznamu látek vzbuzujících mimořádné obavy podle legislativy REACH (toxická pro reprodukci) [9]. Více než 1/3 z celkového počtu profilů, ve kterých je monitorován (n = 67), spadá do III. třídy kvality a ojediněle i do IV. třídy kvality. Poslední látku, kterou je potřeba v této skupině zmínit, je kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA). Pro své komplexotvorné vlastnosti se používá pro změkčování vody, je součástí pracích prostředků a přípravků v průmyslu i v domácnostech. Ve vodním prostředí je limitována kvůli špatné biologické odbouratelnosti. V hodnoceném období 2011–2012 se 90 % profilů z celkového počtu monitorovaných s dostatečnou četností vzorkování (n = 91) nacházelo ve II. třídě kvality, jen ojediněle ve III. třídě kvality. Vybrané údaje jsou uvedeny v tabulce 3 a na obr. 3.

Tabulka 2. Mezní hodnoty tříd kvality – živiny (původní hodnoty černě, nové hodnoty červeně)

Table 2. Threshold limit values of the water quality classes – trophic parameters (original values – black, new values – red)

Ukazatel	Zkratka, značka	Měrná jednotka	Třída kvality				
			I	II	III	IV	V
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	< 0,3 < 0,2	< 0,7 < 0,4	< 2 < 0,8	< 4 < 1,6	≥ 4 ≥ 1,6
dusitanový dusík	N-NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,25	< 0,4	≥ 0,4
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l	< 3 < 2,5	< 6 < 5	< 10 < 8	< 13 < 12	≥ 13 ≥ 12
celkový dusík	N _{celk.}	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 14	≥ 14
celkový fosfor	P _{celk.}	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4 < 0,3	< 1 < 0,6	≥ 1 ≥ 0,6

KOVY A METALOIDY

Poslední velkou skupinou chemických ukazatelů jsou „Kovy a metaloidy“. V této skupině byly původně mezní hodnoty tříd kvality specifikovány pro 10 kovů, pro sedm z nich zůstávají v nové normě mezní hodnoty nezměněny. Ke zpřísnění tříd kvality došlo v případě chromu, mědi a niklu (tabulka 4). Nově jsou v normě stanoveny třídy kvality pro osm dalších kovů (Ba, Be, B, Al, Co, Se, U, V). Z vyhodnocení výsledků monitoringu jakosti povrchových vod za období 2001–2012

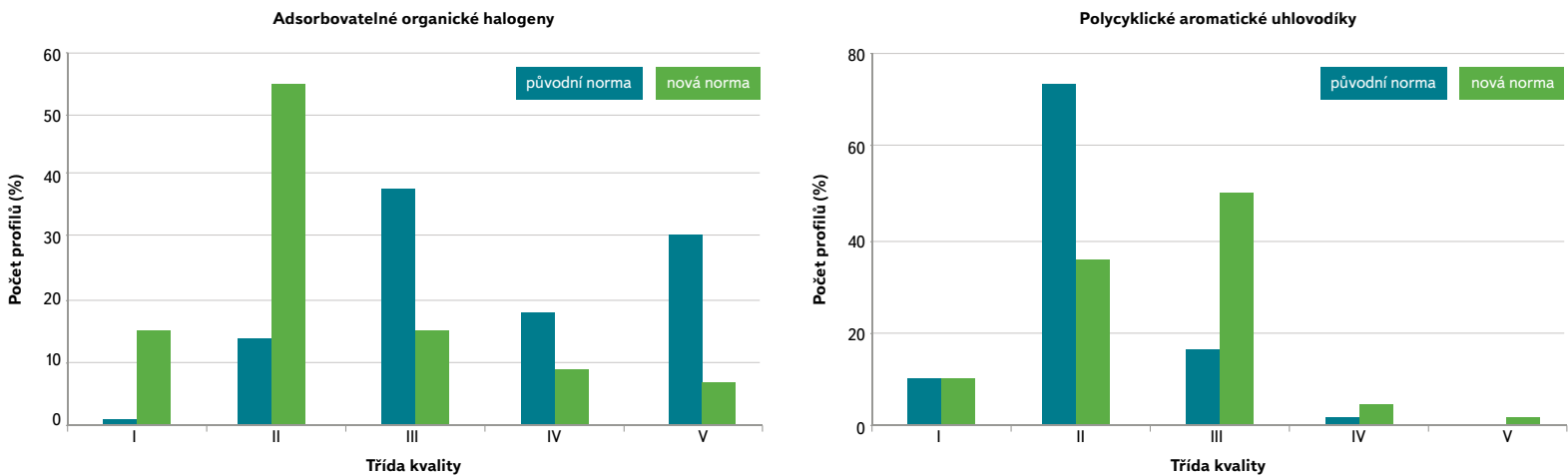
vyplývá, že v případě kovů (celkový, tj. nefiltrovaný vzorek) dochází k dosahování III. a vyšší třídy kvality jen sporadicky s výjimkou niklu, železa a manganu, u kterých 30 %, 23 % a 12 % profilů bylo klasifikováno III. třídou.

Tabulka 3. Mezní hodnoty tříd kvality – vybrané organické látky (původní hodnoty černě a nové hodnoty červeně)

Table 3. Threshold limit values of the water quality classes – selected organic compounds (original values – black, new values – red)

Ukazatel	Zkratka, č. CAS	Měrná jednotka	Třída kvality				
			I	II	III	IV	V
1,1,2-trichlorethen	79-01-6	µg/l	< 0,2	< 1	< 2	< 3	≥ 3
1,1,2,2-tetrachlorethen	127-18-4	µg/l	< 0,2	< 1	< 3	< 10	≥ 10
adsorbovatelné organické halogeny	AOX	µg/l	< 10 < 20	< 20 < 40	< 30 < 60	< 40 < 80	≥ 40 ≥ 80
bisfenol A	80-05-7	µg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,6	< 1,2	≥ 1,2
bis(2-ethylhexyl)ftalát	DEHP	µg/l	< 0,5	< 1,1	< 2,2	< 4	≥ 4
dichlorbenzeny	DCB	µg/l	< 0,2 < 0,1	< 1 < 0,2	< 2 < 0,3	< 3 < 0,5	≥ 3 ≥ 0,5
kyselina ethylendiamintetraoctová	EDTA	µg/l	< 1	< 20	< 60	< 100	≥ 100
metolachlor a jeho metabolity	51218-45-2	µg/l	< 0,05	< 0,2	< 0,4	< 0,8	≥ 0,8
metazachlor	67129-08-2	µg/l	< 0,05	< 0,4	< 1,2	< 2,4	≥ 2,4
polycyklické aromatické uhlovodíky ¹⁾	PAU	µg/l	< 0,01	< 0,1 < 0,03	> 0,5 < 0,1	< 3 < 0,4	≥ 3 ≥ 0,4

¹⁾ PAU vyjádřené jako součet koncentrací šesti sloučenin: fluoranthen, benzo[b]fluoranthen, benzo[k]fluoranthen, benzo[a]pyren, benzo[g,h,i]perylene a indeno[1,2,3-c,d]pyren v jednotlivých vzorcích.



Obr. 3. Srovnání zatřídění profilů sledování jakosti povrchových vod podle původní a nové normy ČSN 75 7221, n = 325 profilů (AOX) a n = 344 profilů (Σ6PAU) z dat monitoringu za období 2011–2012

Fig. 3. A comparison of the surface water monitoring site classification according to original and new ČSN 75 7221, n = 325 sites (AOX) and n = 344 sites (Σ6PAU) from monitoring period 2011–2012

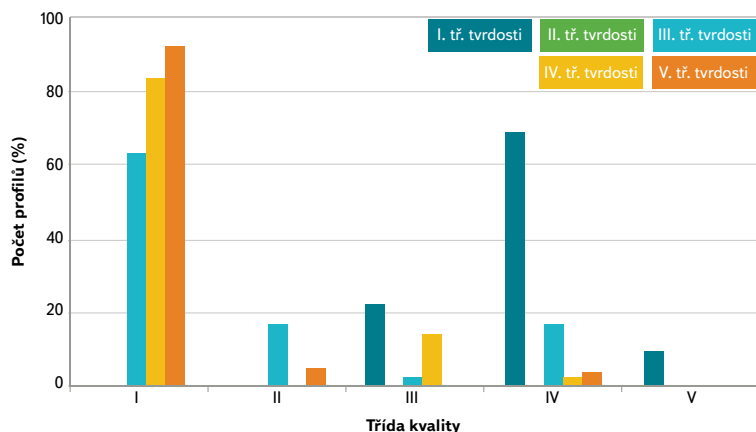
Pro vodní organismy je snáze dostupná a tedy i více riziková rozpuštěná forma sloučenin kovů oproti celkové formě [10]. Proto jsou v posledních letech normy environmentální kvality určeny pro rozpuštěnou fázi (filtrovaný vzorek filtrem o velikosti pórů 0,45 mm); na úrovni členských států EU v případě kadmia, niklu, olova a rtuti. Třídy kvality byly tedy pro tyto kovy a měď odvozeny i pro rozpuštěnou formu. Mezní hodnoty v průměru zohledňují poměr mezi celkovým a rozpuštěným obsahem kovu v povrchových vodách ČR. V tabulce 4 jsou mezní hodnoty pro rozpuštěné kadmium uvedeny pouze pro nejčastěji se vyskytující 5. třídu tvrdosti vody, nicméně v normě jsou odvozeny pro všechny

třídy tvrdosti vody. Způsob výpočtu tvrdosti vody vyjádřené jako CaCO₃ je uveden v části A.2 normativní přílohy A. Na obr. 4 můžete vidět výsledky klasifikace rozpuštěného kadmia v profilech sledování jakosti povrchových vod za období 2011–2012 (žádný profil nespadal do 2. třídy tvrdosti vody, do 1. třídy pak pouze 9 profilů ze 189).

Tabulka 4. Mezní hodnoty tříd kvality – vybrané kovy (původní hodnoty černě a nové hodnoty červeně)

Table 4. Threshold limit values of the water quality classes – selected metals (original values – black, new values – red)

Ukazatel	Značka	Měrná jednotka	Třída kvality				
			I	II	III	IV	V
chrom	Cr	µg/l	< 5	< 20 < 15	< 50 < 35	< 100 < 70	≥ 100 ≥ 70
kadmium (celkový vzorek)	Cd _{celk.}	µg/l	< 0,1	< 0,5	< 1	< 2	≥ 2
kadmium (rozp. fáze) 5. tř. tvrdosti vody	Cd _{rozp.}	µg/l	< 0,2	< 0,3	< 0,45	< 1,3	≥ 1,3
měď (celkový vzorek)	Cu _{celk.}	µg/l	< 5	< 20 < 15	< 50 < 30	< 100 < 60	≥ 100 ≥ 60
měď (rozp. fáze)	Cu _{rozp.}	µg/l	< 3	< 8	< 16	< 32	≥ 32
nikl (celkový vzorek)	Ni _{celk.}	µg/l	< 5 < 3	< 20 < 6	< 50 < 12	< 100 < 40	≥ 100 ≥ 40
nikl (rozp. fáze)	Ni _{rozp.}	µg/l	< 2,5	< 5	< 10	< 30	≥ 30
olovo (celkový vzorek)	Pb _{celk.}	µg/l	< 3	< 8	< 15	< 30	≥ 30
olovo (rozp. fáze)	Pb _{rozp.}	µg/l	< 0,8	< 1,6	< 3,2	< 8	≥ 8
rtuť (celkový vzorek)	Hg _{celk.}	µg/l	< 0,05	< 0,1 < 0,06	< 0,5 < 0,08	< 1 < 0,1	≥ 1 ≥ 0,1
rtuť (rozp. fáze)	Hg _{rozp.}	µg/l	< 0,04	< 0,05	< 0,06	< 0,07	≥ 0,07



Obr. 4. Vyhodnocení klasifikace profilů sledování jakosti povrchových vod pro rozpustné kadmium podle nové normy ČSN 75 7221 z dat monitoringu za období 2011–2012
Fig. 4. Evaluation of the surface water monitoring site classification according to new ČSN 75 7221 from monitoring period 2011–2012

BIOLOGICKÉ A MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE

V normě ČSN 75 7221 jsou uvedeny dva mikrobiologické ukazatele (indikátory fekálního znečištění), a to termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky (intestinální enterokoky) a dva biologické ukazatele – saprobní index makrozoobentosu a chlorofyl-a. Mikrobiologickým ukazatelům je v tomto vydání časopisu VTEI věnován samostatný článek.

Biologické ukazatele saprobní index makrozoobentosu a chlorofyl-a byly uvedeny již v předchozí verzi normy, v rámci aktualizace normy bylo odsouhlaseno jejich zachování v seznamu ukazatelů s ohledem na jejich výhody a byla provedena revize mezních hodnot hranic tříd klasifikačních stupnic. Výhody hodnocení kvality tekoucích povrchových vod pomocí biologických ukazatelů spočívají zejména v tom, že ukazatele umožňují detekovat působení vlivů komplexně a po určité, delší dobu, čímž vyjadřují kvalitu vodního prostředí ze střednědobého hlediska. Délka této doby je závislá na použitém indikátorovém organismu – řasy poskytnou informaci krátkodobější než např. makrozoobentos.

Saprobní index makrozoobentosu vyjadřuje vztah vodních bezobratlých živočichů obývajících dnové sedimenty k ukazatelům organického znečištění a průběhu rozkladných procesů. Hodnocení kvality vody podle saprobního systému vychází z předpokladu, že v rozdílně znečištěných vodách žijí různé organismy, které se podílejí na probíhajících rozkladných procesech. Systém hodnocení je založen na toleranci jednotlivých indikačních druhů (saprobiontů) ke stupni znečištění vody. Vlastním výsledkem je tzv. saprobní index (SI), číslo, vyjadřující na stupnici saprobity (0,5–8,5) stupeň znečištění biochemicky odbouratelnými organickými látkami. Saprobní index primárně indikuje organické znečištění, ale pozitivně koreluje také s intenzitou eutrofizace, zemědělským

využitím říční nivy i povodí a některými prvky hydromorfologické degradace. Nevýhodou tohoto systému je, že nerozlišuje mezi přirozeným a člověkem způsobeným organickým znečištěním. Hodnota saprobního indexu tak přirozeně narůstá s řádem toku/velikostí povodí, proto je přesnější hodnotit výslednou hodnotu SI s ohledem na typ toku.

V současné době je saprobní index makrozoobentosu součástí multimetrických indexů, které se používají pro typově specifické hodnocení ekologického stavu/potenciálu vodních útvarů pro potřeby plánování v oblasti vod. Při vývoji multimetrických indexů pro hodnocení ekologického stavu podle makrozoobentosu byly provedeny u vybraných taxonů úpravy či doplnění hodnot individuálních saprobních valencí, které se využívají pro výpočet saprobního indexu. Byly také aktualizovány podklady pro výpočetní programy, které jsou na odborných pracovištích (např. státních podnicích Povodí) používány, poslední aktualizace byla provedena v roce 2016.

Pro účely normy se saprobní index počítá jako vážený aritmetický průměr individuálních saprobních indexů všech živočichů zjištěných rozбором vzorku, který byl odebrán a zpracován podle ČSN 75 7701 nebo ČSN 75 7714 a pro který jsou hodnoty tohoto individuálního indexu uvedeny v informačním systému ARROW [11]. Výpočet se provádí z primárních dat, tj. data se taxonomicky neupravují (neadjustují). Při revizi došlo ke zpřísnění mezních hranic II. a III. třídy klasifikační stupnice kvality (tabulka 5).

Parametr koncentrace chlorofylu-a je snadno dostupný biologický ukazatel odrážející množství řas (fytoplanktonu) ve vodě a je základním ukazatelem biomasy řasové složky. Vysoká biomasa fytoplanktonu ovlivňuje svou fotosyntetickou činností koncentraci a diurnální změny kyslíku ve vodě a zvyšuje obsah organických látek (BSK₅, CHSK_C). K rozvoji fytoplanktonu dochází zejména v pomalu tekoucích řekách a stojatých vodách. V tekoucích vodách je biomasa fytoplanktonu, resp. koncentrace chlorofylu-a, závislá především na průtokových poměrech (inverzní vztah) a teplotě vody (pozitivní vztah) a také na množství dostupných živin. V povrchových tekoucích vodách je parametr koncentrace chlorofylu-a standardně používán pro hodnocení ekologického stavu/potenciálu v tocích vyšších řádů, tj. v řekách 7.–9. řádu podle Strahlera. Parametr je součástí multimetrického indexu pro hodnocení fytoplanktonu. V úsecích toků nižšího řádu, které charakterizuje rychlejší proudění vody, je množství fytoplanktonu vesměs velmi nízké, a pokud se tam vyskytuje zvýšené množství fytoplanktonu, je to obvykle způsobeno existencí eutrofní vodní nádrže výše po toku.

Klasifikační stupnice byla v rámci řešení projektu podrobena revizi s ohledem na akceptovanou metodu hodnocení ekologického stavu/potenciálu, ale ke změně mezních hranic tříd nedošlo. Upraven byl však požadavek minimálního počtu vzorků (6) a období odběru vzorků (ve vegetační sezoně).

RADIOAKTIVITA

Radioaktivní látky jsou v povrchových vodách jak přírodního původu, tak i jako důsledek lidské činnosti daný zejména těžbou a zpracováním uranových rud nebo vypouštěním umělých radionuklidů odpadními vodami z jaderných zařízení.

Tabulka 5. Mezní hodnoty tříd kvality – saprobní index (původní hodnoty černě, nové hodnoty červeně)

Table 5. Threshold limit values of the water quality classes – saprobic index (original values – black, new values – red)

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída kvality				
		I	II	III	IV	V
saprobní index makrozoobentosu	číslo	< 1,5	< 2,2 < 2	< 3,0 < 2,5	< 3,5	≥ 3,5

Pro klasifikaci kvality vod byly pro radioaktivní látky vybrány ukazatele celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta, celková objemová aktivita beta po korekci na 40 K, radium 226 a tritium. Radioaktivní látkou je i uran, který je ale zařazen mezi kovy.

Celková objemová aktivita alfa na nezatížených profilech je v I. třídě kvality menší než 100 mBq/l. Celková objemová aktivita alfa větší než 100 mBq/l již indikuje jistou míru ovlivnění antropogenní činností. Úrovně nad 500 mBq/l jsou nalézány pouze v blízkosti vypouštění důlních vod nebo průsaků z odvalů z těžby uranových rud a průsaků z odkališť. Vliv vypouštěných odpadních vod z jaderných zařízení nezvyšuje úroveň celkové objemové aktivity alfa.

V ukazateli celková objemová aktivita beta jsou hodnoty neovlivněné antropogenní činností pod 300 mBq/l a patří do I. třídy kvality. Podobně jako v případě celkové objemové aktivity alfa hodnoty vyšší než 100 mBq/l indikují antropogenní ovlivnění, zejména vypouštěním důlních vod a průsaků z odkališť, jak bylo uvedeno v případě celkové objemové aktivity alfa. Významnou složkou celkové objemové aktivity beta je beta aktivita přírodního draslíku. Koncentrace draslíku 1 mg/l odpovídá celkové objemové aktivitě beta 0,027 Bq/l.

Na základě hodnocení vlivu vypouštěných odpadních vod z jaderných zařízení je zjišťováno, že objemová aktivita beta umělých radionuklidů, konkrétně cesia 137 a stroncia 90, je zcela překrývána úrovní tohoto ukazatele na neovlivněných profilech. Vlivy jaderných zařízení spočívají v zakoncentrování odebíraných technologických vod na chladicích věžích. Významným beta zářičem je tritium, emituje však velmi měkké záření beta a jeho přítomnost není detekována při stanovení beta aktivity.

Vedle celkových objemových aktivit je limitován přípustný obsah radia 226, jehož koncentrace na nezatížených profilech je menší než 10 mBq/l. Vyšší úrovně nejsou běžné a znamenají vliv důlních vod z těžby uranových rud. V této souvislosti je třeba ještě zmínit koncentraci uranu, která je v nezatížených tocích nižší než 5 µg/l a vyšší hodnoty pak odpovídají vlivu vypouštění důlních vod, popř. průsaků z odvalů a odkališť. Koncentrace 1 µg/l odpovídá objemové aktivitě alfa 0,025 Bq/l v případě zastoupení radioizotopů uranu v přírodním poměru.

Tritium, nejtěžší izotop vodíku, je vypouštěno běžně s odpadními vodami z jaderných elektráren. Přirozené pozadí tritia, resp. jeho reziduální úroveň po testech jaderných zbraní a část přirozeně vznikajícího přírodními procesy, interakcí kosmického záření s atmosférou, je menší než 10 Bq/l. Za jednoznačně ovlivněné profily lze pokládat objemové aktivity vyšší než 100 Bq/l. Nejvýznamnějším zdrojem tritia v hydrosféře byly atmosférické testy jaderných zbraní, kdy v 60. letech minulého století byla úroveň objemové aktivity tritia v hydrosféře 100–200 Bq/l. Po ukončení testů jaderných zbraní dochází k postupnému snižování koncentrace tritia, a to jednak radioaktivním rozpadem s poločasem rozpadu $T_{1/2} = 12,32$ r a postupným ředěním při koloběhu vody v přírodě. Je tak pozorován stálý pokles koncentrace tritia a jeho výskyt v současné době v povrchových vodách je kolem 1 Bq/l (pozadí). Havárie jaderného reaktoru v Černobylu a ve Fukušimě nevedla ke zvýšení koncentrace tritia v České republice.

Stanovení koncentrace radioaktivních látek ve vodě se běžně provádí v rozpuštěných a nerozpuštěných látkách celkem. Celkové objemové aktivity alfa a beta lze stanovit samostatně v rozpuštěných a nerozpuštěných látkách. Součet těchto celkových objemových aktivit znamená hodnotu celkových objemových aktivit alfa a beta ve veškerých látkách. To platí i o součtu koncentrací radia 226 nebo uranu.

Souhrnně lze konstatovat, že dochází k poklesu koncentrací radioaktivních látek v povrchových vodách, tedy ke zlepšování kvality vod v těchto ukazatelích, s výjimkou koncentrace tritia, které je však na velice nízkých pozadových hodnotách.

ZÁVĚR

Novelizovaná norma ČSN 75 7221 lépe koreluje se současnými požadavky ochrany povrchových vod při zachování shodného principu klasifikace. Pro více ukazatelů, než se původně předpokládalo, jsou zachovány mezní hodnoty tříd kvality, čímž je zachována alespoň částečná kontinuita vyhodnocování kvality z předchozích let. Došlo k rozšíření spektra ukazatelů znečištění ze 46 na 65, resp. 70, pokud zahrneme i rozpuštěné formy vybraných kovů. Norma představuje nástroj možného každoročního hodnocení kvality vody a srovnání jakosti povrchových vod. Tím, že využívá charakteristickou hodnotu C_{90} , popř. maximum, může být také doplňujícím nástrojem k hodnocení stavu vod podle Rámcové směrnice pro vodní politiku Společenství 2000/60/ES, využívající většinou roční průměrnou koncentraci nebo medián. Nově je umožněno orientační posouzení kvality vody při četnosti naměřených hodnot menší, než je stanoveno v odstavcích 4.5 a 4.6 normy. To umožňuje využití normy širší skupinou uživatelů z řad fyzických i právnických osob a samosprávy v provedení rychlého orientačního zhodnocení znečištění povrchové vody v libovolném zvoleném místě říční sítě.

Poznámky

1. Nařízení vlády č. 171/1992 Sb., nařízení vlády č. 82/1999 Sb., nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a č. 23/2011 Sb., a nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Poděkování

Článek vznikl za podpory projektu *Kvalita a hodnocení povrchových vod – TD 03000215* v rámci Programu na podporu aplikovaného společenského vědního výzkumu a experimentálního vývoje OMEGA.

Literatura

- [1] ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [2] ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut, 1998.
- [3] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- [4] Nařízení vlády č. 171/1992 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod.
- [5] PITTER, P. *Hydrochemie 4*. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-9.
- [6] FIEDLER, D., GRAEBER, D., BADRIAN, M., and KÖHLER, J. Growth response of four freshwater algal species to dissolved organic nitrogen of different concentration and complexity. *Freshwater Biology*, 2015, 60, p. 1613–1621.
- [7] GRIMVALL, A., ASPLUND, G., BORÉN, H., and JONSSON, S. Origin of Adsorbable Organic Halogens (AOX) in Aquatic Environment. In: Angeletti, G., et. al. *Organic Micropollutants in the Aquatic Environment*. Springer Science + Business Media Dordrecht, 1991.
- [8] RUBIN, B.S. Bisphenol A: an endocrine disruptor with widespread exposure and multiple effects. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.*, 2011, vol. 127, No. 1–2, p. 27–34.
- [9] European Chemicals Agency. Seznam látek vzbuzujících mimořádné obavy podléhajících povolení. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/candidate-list-table?>
- [10] SOLOMON, F. *Impacts of Metals on Aquatic Ecosystems and Human Health*. MINING.com, April 2008.
- [11] Informační systém ARROW. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/isarrow/>

Autoři

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.

✉ tomas.micanik@vuv.cz

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

✉ eduard.hanslik@vuv.cz

RNDr. Denisa Němejcová

✉ denisa.nemecova@vuv.cz

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

✉ dana.baudisova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

CLASSIFICATION OF SURFACE WATER QUALITY

MICANIK, T.; HANSLIK, E.; NEMEJCOVA, D.; BAUDISOVA, D.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: water quality — surface water — water classification

This article deals with new Czech Standard 75 7221 Water quality – Classification of surface water quality [1] and replaces the previous 19 years old standard [2]. It was necessary to take into account actual demands of the surface water protection from two points of view: pollution indicator selection and current environmental quality standards. The range of pollution indicators and limit values of water classification were revised. The text part of the Czech Standard has been extended: Annex A – water hardness calculation and pesticide metabolites expression as a “mother” substance; Annex B – brief pollution indicators characterization. It allows you better to know each type of pollution. Calculation principle of the characteristic value C_{90} remains unchanged. Newly, this standard allows to determine approximate water quality at the lower frequency than is needed for classification.





Mikrobiální znečištění povrchových vod

DANA BAUDIŠOVÁ, HANA MLEJNKOVÁ

Klíčová slova: povrchová voda — fekální znečištění — mikrobiologické ukazatele — ČSN 75 7221

SOUHRN

Tento příspěvek shrnuje problematiku mikrobiálního znečištění tekoucích povrchových vod v České republice. Jsou zde uvedeny limity indikátorových mikroorganismů v aktuálních právních předpisech a technických normách, dále jsou uvedeny charakteristiky nejpoužívanějších indikátorů fekálního znečištění a metody jejich stanovení. Příspěvek je určen především pracovníkům, kteří se zabývají hodnocením výsledků mikrobiologických ukazatelů a posuzováním kvality vody.

ÚVOD

Sledování mikrobiálního znečištění povrchových vod má v České republice dlouholetou tradici, stanovení a hodnocení mikrobiologických ukazatelů je součástí pravidelného monitoringu kvality vod od 60. let minulého století. Informace o mikrobiologické kvalitě vody jsou významné nejen z hlediska

sledování vývoje znečištění, což zajímá odbornou veřejnost, ale zájem o tyto informace mají i občané, zejména z důvodů případných zdravotních rizik. S riziky spojenými s kontaminovanou vodou je možné se setkat nejen při vlastním koupání, ale také v souvislosti s provozováním vodních sportů (např. vodáctví), rekreací u vodních toků (např. chatové oblasti, letní tábory atd.). V loňském roce proběhlo v rámci projektu TA ČR (Kvalita a hodnocení povrchových vod) dotazníkové šetření za účelem zjištění zájmu obyvatel o informace týkající se kvality vody. Bylo osloveno 245 vodoprávních úřadů v České republice, z nichž odpovědělo 66 (27 %). Výsledky ukázaly, že dotazy na kvalitu vody od občanů obdrželo 98 % úřadů, které odpověděly na dotazník; v 11 % případů bývá dotazů více než deset ročně. V 50 % případů se občané zajímají o jakoukoli kvalitu vody a ve 33 % jmenovitě (a především) o mikrobiální znečištění.

České právní předpisy řeší mikrobiální kontaminaci toků především v souvislosti s užíváním vody ke koupání na vyhlášených koupacích profilech [1] a k odběru na vodu pitnou [2]. Limity mikrobiologických ukazatelů jsou zařazeny i do nařízení vlády o přípustném znečištění toků [3].

V současné době byla v rámci projektu TA ČR (Kvalita a hodnocení povrchových vod) dokončena revize normy ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality vod, která bude platná od prosince 2017 [4]. V rámci této revize byla věnována i ukazatelům mikrobiálního znečištění dostatečná pozornost. Pro revizi klasifikace mikrobiálního znečištění v rámci pěti tříd kvality vody byla použita rozsáhlá sada reálných výsledků mikrobiologických stanovení v povrchových vodách v ČR v období 2007–2012. Zároveň byly mezní hodnoty tříd kvality konfrontovány s ostatními právními předpisy a na základě získaných výsledků byla navržena změna mezních hodnot tříd kvality v ukazateli termotolerantní (fekální) koliformní bakterie. V rámci změn byly zvažovány také změny v rozsahu stanovovaných ukazatelů s přihlédnutím na jejich indikační hodnotu a metody stanovení. Současně je dosud v platnosti technická norma, určující jakost vody pro závlahu [5]. Přehled limitů mikrobiologických ukazatelů v jednotlivých právních předpisech a technických normách je uveden v *tabulce 1*.

Veškeré tyto normy a právní předpisy jsou založeny na stanovení indikátorů fekálního znečištění, což jsou střevní bakterie, ukazující na přímé ovlivnění povrchových vod nečistěnými nebo nedostatečně čistěnými odpadními vodami, z čehož plyne riziko výskytu střevních patogenů, včetně enterických virů.

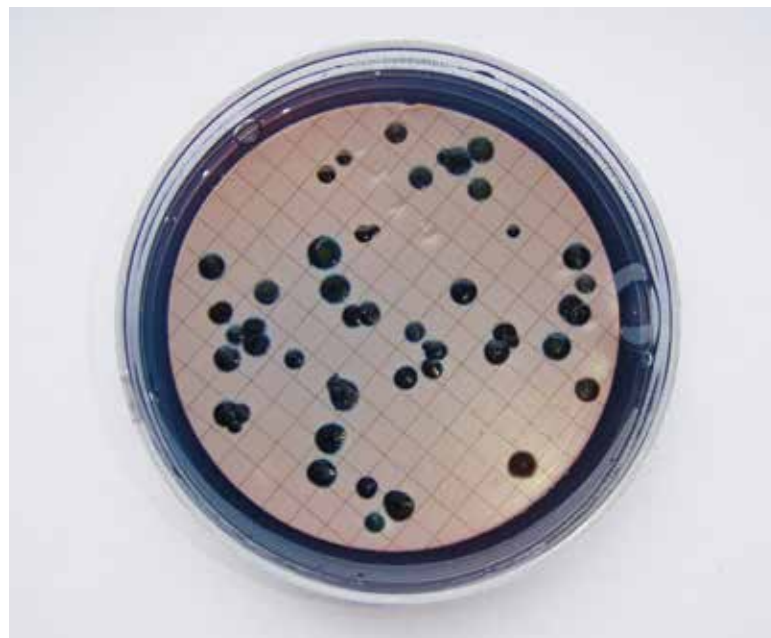
Současná zahraniční odborná literatura se zabývá oblastmi, které se ještě zcela nepromítly do naší vodohospodářské praxe. Jedná se například o problematiku výskytu patogenních mikroorganismů (jako jsou parazitární prvoci, např. rodu *Cryptosporidium*, termotolerantní mikroaerofilní bakterie rodu *Campylobacter* nebo různé skupiny virů) v různých typech povrchových vod [6], výzkum patogenních mikroorganismů v sedimentech a biofilmech, které mohou být jejich zásobárnou a při vyšších průtocích v souvislosti s významnými srážkami se uvolňují do tekoucí vody [7], nebo výzkum či modelování mikrobiálního znečištění vod za různých průtoků, především v souvislosti s přívalovými dešti [8–10]. V německých vnitrozemských přírodních koupacích vodách byla provedena epidemiologická studie [11], která se pokusila stanovit „bezpečné hodnoty mikrobiologických indikátorů“ (hodnota nejvyšší dávky, která ještě nezpůsobila v organismu odezvu), při které už nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pokusnou a kontrolní (neexponovanou) skupinou. Jedná se o 25 enterokoků (KTJ/100 ml), 100 *Escherichia coli* (KTJ/100 ml) a 10 *Clostridium perfringens* (KTJ/100 ml).

Mikrobiologické ukazatele a metody jejich stanovení

Klasickým (a v minulosti významně používaným) indikátorem fekálního znečištění jsou koliformní bakterie (veškeré koliformní bakterie, total coliforms). Patří sem většina druhů bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* (dříve podle definice tyto kmeny měly fermentovat laktózu, dnes postačuje aktivita enzymu β -D-galaktosidázy, tj. enzymu, který štěpí disacharid laktózu na glukózu a β -D-galaktózu). Tato skupina bakterií, jak již jejich název naznačuje (COLI = COLON = střevo), byla s fekálním znečištěním od začátku 20. století spojována. Nicméně díky dalšímu výzkumu a také díky přesnějším metodám analýz se ukázalo, že koliformní bakterie ideálním indikátorem fekálního znečištění určitě nejsou. Jejich zdrojem nemusí být výhradně střevní mikroflóra teplokrevných živočichů (ale také půda, zbytky rostlin apod.) a ve vodě se některé druhy mohou pomnožovat. Jedná se například o druhy rodu *Serratia*, *Yersinia*, některé druhy rodů *Citrobacter* a *Enterobacter* atd.

Podskupinou koliformních bakterií jsou termotolerantní koliformní bakterie (u nás jsou též známy i pod vhodnějším názvem fekální koliformní bakterie, faecal coliforms). Tato skupina zahrnuje především termotolerantní druhy rodů *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* a *Enterobacter*. Jsou to ty kmeny koliformních bakterií, které si ponechaly svoje růstové a biochemické vlastnosti i při vyšší teplotě kultivace (44 °C) a jsou mnohem více spjaté s fekálním znečištěním než koliformní bakterie. Pro stanovení fekálních koliformních bakterií není v současné době k dispozici žádná platná mezinárodní norma, lze však použít

českou normu ČSN 75 7835 [12], která byla vytvořena podle metodiky uvedené v Amerických standardních metodách [13] a která spočívá v jejich kultivaci na MFC médiu (*obr. 1*). Metoda je dostatečně citlivá a specifická a zcela vyhovuje účelu stanovení fekálních koliformních bakterií v povrchových vodách.



Obr. 1. Stanovení termotolerantních (fekálních) koliformních bakterií na MFC médiu
Fig. 1. Detection of faecal coliforms on MFC medium

Ideálním indikátorem fekálního znečištění se zdá být bakteriální druh *Escherichia coli* (dále *E. coli*). Tento druh je součástí střevní mikroflóry teplokrevných živočichů i člověka, ve vodě se nepomnožuje, přežívá v závislosti na přírodních podmínkách pouze omezenou dobu a lze jej specificky detekovat. Patogenní (enteropatogenní) *E. coli* jsou jen určité sérotypy, které jsou však naštěstí relativně vzácné. *E. coli* se detekuje na principu aktivity enzymu β -D-glukuronidázy. V novele normy ČSN 75 7221 bylo zvažováno i nahrazení ukazatele fekální koliformní bakterie druhem *E. coli*, nakonec se to však nestalo ze dvou důvodů. Za prvé by se přerušily dlouhodobé časové řady výsledků sledování termotolerantních (fekálních) koliformních bakterií a za druhé existují určité metodické problémy stanovení *E. coli* v povrchových vodách [14]. Metoda podle ČSN 75 7835 [12] je vysoce selektivní, ale málo citlivá (podhodnocuje až o 30 %), a metoda podle ČSN EN ISO 9308-1 (stanovení *E. coli* mezi koliformními bakteriemi [15]) je příliš citlivá s vysokým nárůstem doprovodné mikroflóry. Jako nejlepší metoda stanovení *E. coli* v povrchových vodách se jeví metoda Colilert Quantitray od firmy IDEXX, která je zakotvena i v ČSN EN ISO 9308-2 [16].

Intestinální enterokoky (enterokoky, enterococci) jsou též dobrým indikátorem fekálního znečištění a svým charakterem doplňují stanovení termotolerantních (fekálních) koliformních bakterií, resp. *E. coli*. Většina druhů pochází ze střevního traktu teplokrevných živočichů a člověka (výjimku tvoří například druh *Enterococcus casseliflavus*, který může pocházet z tlejících rostlinných zbytků). Pro stanovení intestinálních enterokoků v povrchových vodách je metoda podle normy ČSN EN ISO 7899-2 [17], která je dostatečně citlivá a specifická. Velký důraz však musí být kladen na provedení předepsaných konfirmačních testů a v případě vyššího výskytu presumptivních enterokoků zvážit zařazení dalšího konfirmačního testu, kterým je stanovení katalázy [14].

Tabulka 1. Limitní hodnoty mikrobiologických ukazatelů v platných právních předpisech a technických normách; všechny hodnoty jsou uvedeny v jednotkách KTJ/100 ml; u každého předpisu jsou uvedeny způsoby hodnocení výsledků; výpočet charakteristické hodnoty C_{90} je podrobně rozepsán v normě ČSN 75 7221; jedná se o oblast nepříznivých hodnot a tato hodnota může být považována za maximum

Table 1. Limits of microbiological indicators in current legislation and technical standards; the unit CFU/100 ml is used in all standards

Předpis a ukazatele			Poznámky		
Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. – přípustné znečištění	Percentil P95	Maximum	Neporušená samočisticí schopnost toku. Stav bez přítomnosti organismů s potenciálně patogenními vlastnostmi.		
E. coli	900	2 500			
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	2 000	2 000			
Intestinální (střevní) enterokoky	1 000/330	4 000			
238/2011 Koupání ve volné přírodě	Percentil P95	Percentil P95	Percentil P90		
	výborná jakost	dobrá jakost	příjemná jakost		
E. coli	500	1 000	900		
Intestinální (střevní) enterokoky	200	400	330		
428/2001 Sb. příloha 13 – požadavky na jakost surové vody	A1	A2	A3	Je uvedena mezní hodnota pro jednotlivé třídy (má vyhovovat 95 % vzorků).	
Koliformní bakterie	50	5 000	50 000		
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	20	2 000	20 000		
Intestinální (střevní) enterokoky	20	1 000	10 000		
ČSN 75 7221 (2017)					
Mezní hodnoty třídy kvality vody na základě charakteristické hodnoty (C ₉₀)					
	I	II	III	IV	V
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	< 2 000	< 10 000	< 20 000	< 40 000	≥ 40 000
Enterokoky	< 600	< 1 300	< 2 500	< 4 600	≥ 4 600
ČSN 75 7143 voda pro závlahu					
	I / voda vhodná	II / voda podmíněně vhodná	III / voda nevhodná		
Koliformní bakterie	10 000	100 000	> 10 0000		
Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	1 000	10 000	> 10 000		
Enterokoky	1 000	10 000	> 10 000		
Patogenní mikroorganismy, salmonely	negativní v 500 ml	negativní v 200 ml	pozitivní v 200 ml		
Kolifágy	10	1 000	> 1 000	Používá se jednotka PTJ – plakotvorná jednotka (nikoliv KTJ kolonie tvořící jednotka).	

Hlavní problémy mikrobiálního znečištění tekoucích povrchových vod

Zdrojem fekální kontaminace povrchových vod jsou především nedostatečně čištěné odpadní vody – bodové zdroje znečištění. Kromě vlastních odtoků čištěných či nečištěných odpadních vod se na fekální kontaminaci povrchových vod podílejí prosakující septiky, netěsné kanalizační potrubí, rozvodněná kanalizace apod. Dlouhodobě zvýšená kontaminace toků mikroorganismy byla zjištěna např. po povodních v srpnu 2002. Ještě začátkem září, kdy již byly u většiny nemikrobiologických ukazatelů zjištěny běžné hodnoty, byla fekální mikrobiální kontaminace zvýšená, především pod většími městy s nefunkčními ČOV [18].

Celkově se kvalita povrchových vod v České republice v souvislosti se zlepšováním čištění odpadních vod postupně zlepšuje. Je to patrné i z tabulky 2, kde je uveden počet profilů, spadajících do tříd kvality vody podle novely normy ČSN 75 7221 podle ukazatele fekální koliformní bakterie. Do hodnocení byly zařazeny pouze profily, u kterých bylo v jednotlivých dvouletích k dispozici minimálně 24 odběrů, aby byla vhodným způsobem spočtena charakteristická hodnota (C_{90}).

Hlavními problémy, se kterými je třeba počítat při hodnocení výsledků, jsou nejistoty stanovení mikrobiologických ukazatelů a velké výkyvy počtů sledovaných bakterií v povrchové tekoucí vodě v souvislosti se změnami průtoků.

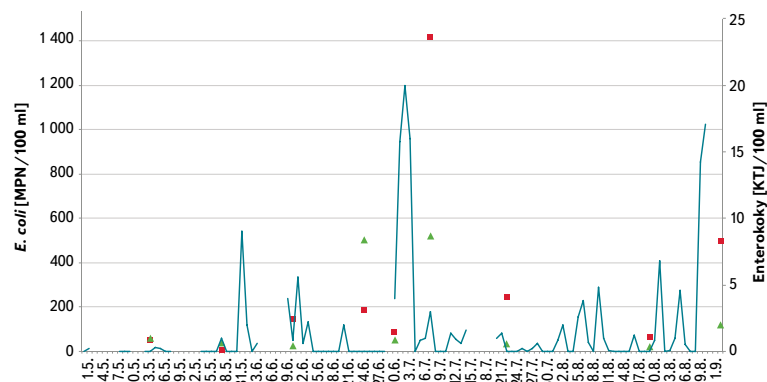
NEJISTOTY MIKROBIOLOGICKÝCH STANOVENÍ

Metody stanovení mikrobiologických ukazatelů nejsou robustní a jakékoliv odchylky od předepsané metody (výběr vhodné/předepsané/doporučené metody, dodržení podmínek transportu (chlazení) vzorku a maximální doby do jeho zpracování (24 hodin), provedení dostatečného počtu ředění) vedou k nepřesným výsledkům. I v případě, že je vše výše uvedené dodrženo, je nutné počítat s nejistotou stanovení mikrobiologických ukazatelů minimálně 30 %. To je nutné zohlednit i při odborném hodnocení výsledků.

ZMĚNY PRŮTOKŮ

Jak již bylo uvedeno, výsledky stanovení mikrobiologických ukazatelů vykazují velké výkyvy (řádové až několika řádové zvýšení počtů), především v souvislosti se změnami průtoků (jarní tání, srážkové epizody – zejména silné deště, kterým předcházelo delší období sucha). Bylo prokázáno [8], že letní příválové deště mají na zhoršení stavu větší vliv než jarní tání. Maximální počty indikátorových bakterií nebyly zaznamenány v době maximálního průtoku, ale v době jeho zvyšování (vzestupná část vlny). Pro orientační hodnocení mikrobiální kontaminace toků tak není vhodné vzorkovat v extrémních podmínkách (pokud to není vyloženo účelově). Na této situaci se kromě splachů, odlehčovacích výpustí a přísunu nedostatečně čištěných odpadních vod významně podílí především resuspendace sedimentů, které jsou významným rezervoárem

hygienicky významných mikroorganismů. Příklad kolísání mikrobiologických ukazatelů během léta v profilu Berounka-Černošice v souvislosti se srážkami je uveden na obr. 2.



Obr. 2. Kolísání počtů *E. coli* a enterokoků během léta 2012 v říčním profilu Berounka-Černošice

Fig. 2. Changes of counts of *E. coli* and enterococci during summer season (2012) in the river profile Berounka-Černošice

ZÁVĚR

Mikrobiální znečištění povrchových vod je založeno na sledování indikátorů, které ukazují na míru fekálního znečištění a možnost výskytu střevních patogenů ve vodním prostředí. Při této kontrole je důležité vybrat vhodné indikátorové mikroorganismy (termotolerantní (fekální) koliformní bakterie, resp. *E. coli*, intestinální enterokoky), zajistit stanovení vhodnými (předepsanými) metodami a při hodnocení výsledků brát v úvahu specifika mikrobiologického rozboru vody a výkyvy počtů mikroorganismů v souvislosti se změnami průtoků.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu Technologické agentury České republiky Kvalita a hodnocení povrchových vod – TD 03000215.

Tabulka 2. Počet profilů odpovídajících hraničním mezním tříd podle novely normy ČSN 75 7221 – fekální koliformní bakterie

Table 2. The count of profiles meet the requirements of quality classes according to the new version of standard ČSN 75 7221 – faecal coliforms

Třídy kvality	Mezní hodnota – KTJ/100 ml	2006–2007		2007–2008		2011–2012	
I	< 2 000	45	17 %	65	21 %	177	55,5 %
II	< 10 000	154	60 %	158	51,2 %	81	25,4 %
III	< 20 000	31	12 %	51	16,5 %	30	9,4 %
IV	< 40 000	17	7 %	19	6,1 %	10	3,1 %
V	≥ 40 000	11	4 %	16	5,2 %	21	6,6 %
Celkem		258		309		319	

Literatura

[1] Vyhláška 238/2011 Sb. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů.

[2] Vyhláška 428/2001 Sb. Vyhláška ministerstva zemědělství ze dne 16. listopadu 2001, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

[3] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

[4] ČSN 75 7221 Kvalita vod. Klasifikace kvality povrchových vod, 2017.

[5] ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vod pro závlahu, 1991.

[6] HOKARJÄVI, A.M., PITKÄNEN, T., SILJANEN, H.M.P., et. al. Occurrence of thermotolerant *Campylobacter* spp. and adenoviruses in Finnish bathing waters and purified sewage effluents. *Journal of Water and Health*, 2013, vol. 11, No. 1, p. 120–134.

[7] BALZER, M., WITT, N. FLEMMING, H.C., and WINGENDER, J. Faecal indicator bacteria in river biofilms. *Water Science Technology*, 2010, vol. 61, No. 5, p. 1105–1111.

[8] BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. a HLAVÁČEK, J. Vliv zvýšených průtoků na změny mikrobiální kontaminace vody v povodí Olešky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2012, roč. 54, č. 1, s. 13–16.

[9] PAN, X., and JONES, K.D. Seasonal variation of fecal indicator bacteria in storm events within the US stormwater database. *Water Science Technology*, 2012, vol. 65, No. 6, p. 1076–1080.

[10] STERK, A., SCHUIJVEN, J., DE RODA HUSMAN, A.M., and DE NIJS, T. Effect of climate change on runoff of *Campylobacter* and *Cryptosporidium* from land to surface water. *Water research*, 2016, 95, p. 90–102.

[11] WIENDENMANN, A., KRÜGER, P., DIETZ, K., LÓPEZ-PILA, J.M., SZEWYK, R., and BOTZENHART, K. A randomized controlled trial assessing infectious disease risks from bathing in fresh recreational waters in relation to the concentration of *Escherichia coli*, intestinal enterococci, *Clostridium perfringens*, and somatic coliphages. *Environ. Health Perspect*, 2006, vol. 114, No. 2, p. 228–236.

[12] ČSN 75 7835 Jakost vod – Stanovení termotolerantních koliformních bakterií a *Escherichia coli*, 2009.

[13] Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. APHA, 2012.

[14] BAUDIŠOVÁ, D. Metody stanovení *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků v koupacích vodách. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2013, roč. 55, č. 1, s. 5–7.

[15] ČSN EN ISO 9308-1 (75 7836): Kvalita vod – Stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií – Část 1: Metoda membránových filtrů pro vody s nízkým obsahem doprovodné mikroflóry, 2015.

[16] ČSN EN ISO 9308-2 (75 7836): Kvalita vod – Stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií – Část 2: Metoda nejpravděpodobnějšího počtu, 2014.

[17] ČSN EN ISO 7899-2 (75 7831) Jakost vod – Stanovení intestinálních enterokoků – Část 2: Metoda membránových filtrů, 2001.

[18] MLEJNKOVÁ, H. a HORÁKOVÁ, K. Jakost povrchových a podzemních vod za povodňové situace – kontaminace záplavových vod bakteriemi. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2004, roč. 46, č. 1, s. 6–8, příloha *Vodního hospodářství*.

MICROBIAL POLLUTION OF SURFACE WATERS

BAUDISOVA, D.; MLEJNKOVA, H.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: surface water — faecal pollution — microbiological indicators — ČSN 757221

The aim of this study is a summary of problems dealing with microbial pollution of flowing surface waters in the Czech Republic. Limits of counts of indicator microorganisms in current legislation and technical standards are presented, together with characteristics of the mostly used indicators of faecal pollution and methods of their detection. The paper is intended for workers, engaged in the evaluation of microbiological results and the water quality.

Autoři

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

✉ dana.baudisova@vuv.cz

RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.



Změny obsahu radionuklidů v povrchové vodě v okolí Jaderné elektrárny Temelín v období 1990–2016

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, EVA JURANOVÁ, BARBORA SEDLÁŘOVÁ

Klíčová slova: tritium — stroncium 90 — cesium 137 — efektivní poločas — povrchová voda

SOUHRN

V příspěvku jsou prezentovány výsledky dlouhodobého sledování výskytu a chování radionuklidů ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs v povrchové vodě v okolí Jaderné elektrárny Temelín (JE Temelín). Tyto umělé radionuklidy pochází především z reziduálního znečištění po atmosférických testech jaderných zbraní a havárii jaderného reaktoru v Černobylu v minulém století. Hodnoceny byly časové prostorové změny těchto radionuklidů. Byl vypočten efektivní poločas jejich ubývání. V případě ^3H byl zjištěn mírný pokles jeho objemové aktivity v profilech nad zaústěním odpadních vod z JE Temelín. Pokles objemových aktivit ^{90}Sr a ^{137}Cs byl pozorován v odběrových místech nad i pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín. Pouze v případě ^3H byl zjišťován nárůst objemové aktivity v profilech pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín.

ÚVOD

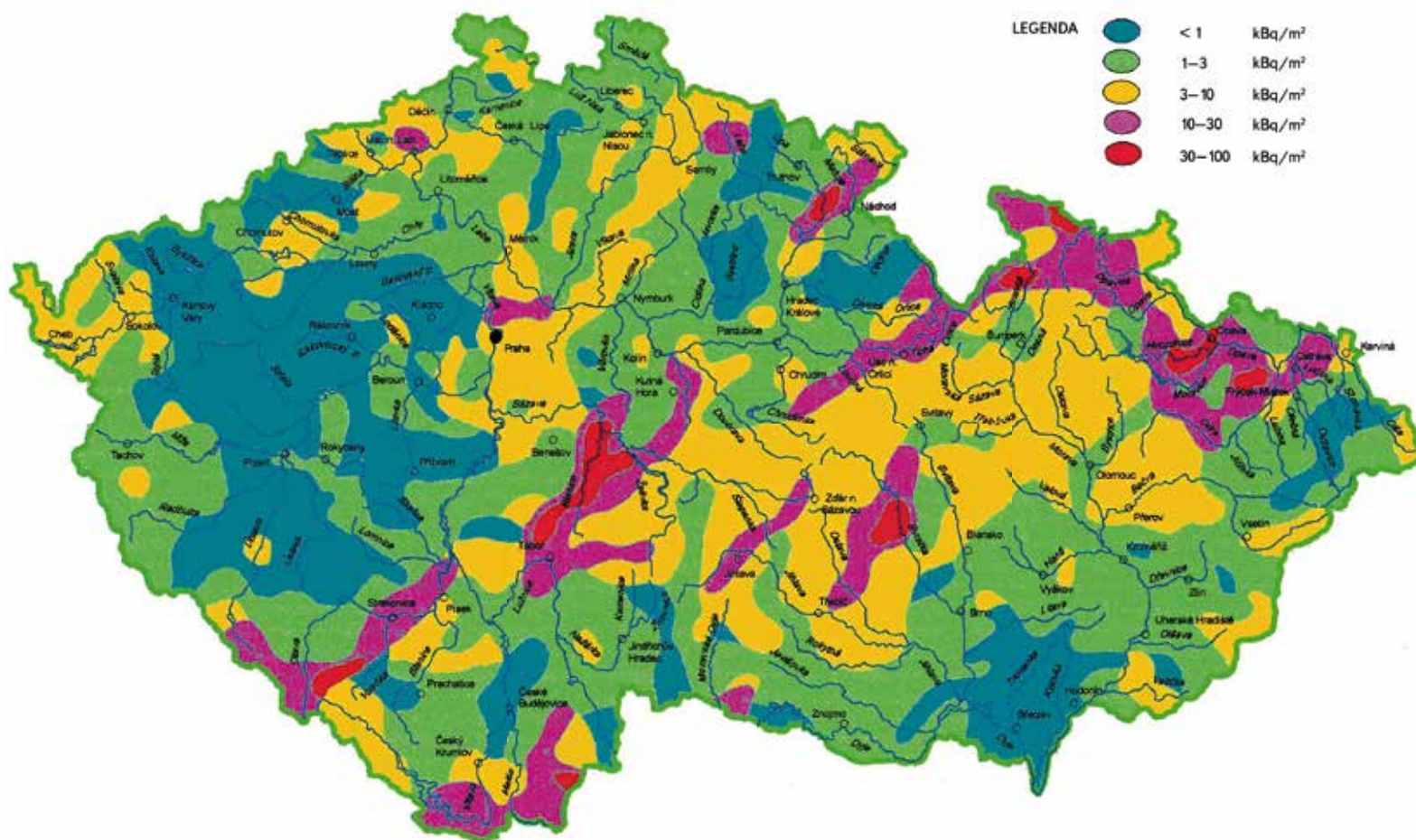
Běžný provoz jaderné elektrárny je doprovázen produkcí radionuklidů, které mohou být ve velmi malých objemových aktivitách vypouštěny do životního prostředí. Na jadernou bezpečnost a radiační ochranu jsou v této souvislosti kladeny vysoké nároky [1–4]. Mezi nejvýznamnější potenciálně přítomné izotopy v odpadních vodách patří kromě tritia (^3H) především stroncium 90 (^{90}Sr) a cesium 137 (^{137}Cs).

^3H je radioaktivní izotop vodíku s poločasem rozpadu 12,32 r, který se přirozeně vyskytuje v množství 1 atom na 10^{18} atomů vodíku [5]. Z uměle vyvolaných procesů mají největší význam reakce využívané v jaderných elektrárnách a reakce doprovázející výbuch jaderné bomby. ^{90}Sr (poločas rozpadu 28,8 r) a ^{137}Cs (poločas rozpadu 30,17 r) jsou izotopy, které vznikají pouze při uměle vyvolaných jaderných reakcích. Do prostředí se dostávají výhradně v souvislosti s využíváním jaderné energie a ionizujícího záření ať už k mírovým, nebo vojenským účelům.

Z důvodu výstavby a provozu JE Temelín jsou umělé radionuklidy v lokalitě jižních Čech studovány již řadu let. JE Temelín čerpá surovou vodu z vodní nádrže Hněvkovice a vypouští odpadní vody do řeky Vltavy v místě hráze vodní nádrže Koňensko. Ve světě jsou odpadní vody z jaderných zařízení obvykle zaústěny do velkých řek, popř. přímo do moře [6]. Ve srovnání s řekami, jako je Dunaj, Rýn nebo Ebro, je řeka Vltava relativně malý tok. Vzhledem k očekávaným klimatickým změnám včetně zvýšeného výskytu hydrologického sucha [7] se lze obávat možného nárůstu objemových aktivit radionuklidů pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín, a proto je jejich sledování věnována velká pozornost.

Přestože ^{90}Sr a ^{137}Cs jsou radionuklidy umělé, vyskytovaly se spolu s ^3H v měřitelném množství v životním prostředí ještě před spuštěním JE Temelín. Důvodem je přetrvávající znečištění po testech jaderných zbraní v padesátých a šedesátých letech dvacátého století a po jaderné havárii v Černobylu v roce 1986. Množství radionuklidů uvolněné během testů jaderných zbraní v atmosféře je odhadováno na $186 \cdot 10^3$ PBq ^3H (PBq = 10^{15} Bq), 622 PBq ^{90}Sr a 948 PBq ^{137}Cs [8]. Černobylská havárie, ke které došlo 26. 4. 1986, byla nejvážnější havárií v historii jaderné energetiky jak co do množství uniklé aktivity, tak co do rozsahu kontaminace území. Celková aktivita produktů havárie, které unikly do prostředí, se odhaduje na $2 \cdot 10^3$ PBq [9]. Do prostředí se dostalo velké množství radionuklidů, především s krátkým poločasem rozpadu, z nichž nejvýznamnější byl ^{131}I ($1 \cdot 10^3$ PBq). Z radionuklidů se středně dlouhým poločasem bylo nejvýznamnější ^{137}Cs (85 PBq) [8]. Informace o radiační situaci na území České republiky shrnuje Zpráva Institutu hygieny a epidemiologie [10]. Odhady množství depozovaného ^{137}Cs na území ČR pocházejí především z průzkumu provedeného Centrem hygieny záření Institutu hygieny a epidemiologie v červnu 1986 [10], které bylo později doplněno leteckým mapováním [11], a byla vytvořena mapa plošné kontaminace [12], která je uvedena na obr. 1. V mapě je tedy zahrnut i příspěvek ^{137}Cs z atmosférických testů jaderných zbraní, který UNSCEAR [8] pro rok 1986 odhaduje na $1,9$ kBq/m² (kumulativní depozice). Nejvíce zasažené plochy našeho území s plošnou depozicí nad 10 kBq/m² nacházíme ve směru SV–SZ, což odpovídá směru proudění vzduchu v době prvního průchodu kontaminovaných vzdušných hmot. Druhá a třetí vlna zasáhla naše území v JV–SZ směru. Průměrná plošná depozice ^{137}Cs v České republice v důsledku jaderné havárie v Černobylu je odhadována na $7,6$ kBq/m² [13]. Objemová aktivita ^{137}Cs v povrchových vodách byla na území ČR v období 1. 5.–10. 6. 1986 zaznamenána v rozmezí $0,08$ – $8,0$ Bq/l [10].

Okolí JE Temelín patří mezi území zasažená prvním radioaktivním mrakem na našem území. IHE CHZ [10] uvádí spád v dané lokalitě $2,3$ až 13 kBq/m². Dědáček a Pliško [14] provedli v roce 1992 detailní letecký průzkum, který byl následně upřesněn měřeními v roce 1996 [12], ze kterých vyplývá plošná kontaminace ^{137}Cs v okolí JETE v roce 1996 1 – 16 kBq/m², což by odpovídalo spádu v roce 1986 v rozmezí $1,3$ – $20,2$ kBq/m². Údajů o ^{90}Sr ve spádu po havárii je výrazně méně, oficiální údaje o celkové depozici ^{90}Sr nebyly publikovány. IHE CHZ [10] uvádí poměr ^{90}Sr a ^{137}Cs v přízemní vrstvě atmosféry měřen v lokalitě Praha-Libuš v rozmezí $0,02$ – $0,13$. UNSCEAR [5] odhaduje příspěvek ^{90}Sr , tj. kumulativní depozice ^{90}Sr z atmosférických testů jaderných zbraní v roce 1986, na $1,23$ kBq/m².



Obr. 1. Mapa plošné aktivity ^{137}Cs v půdě (kBq/m^2) po havárii jaderné elektrárny v Černobylu v roce 1986 včetně příspěvku ^{137}Cs z testů jaderných zbraní [12]

Fig. 1. ^{137}Cs surface activity in soil (kBq/m^2) after the 1986 Chernobyl disaster, including ^{137}Cs from nuclear weapon tests [12]

Hlavním cílem příspěvku bylo prezentovat výsledky dlouhodobého sledování výskytu vybraných radionuklidů v řece Vltavě ovlivněné provozem JE Temelín a vyhodnotit případný příspěvek elektrárny. Byly sledovány radionuklidy ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs v profilech ovlivněných i neovlivněných provozem elektrárny. Byly hodnoceny jednotlivé složky současného pozadí těchto radionuklidů, tj. přírodní (^3H) a antropogenní (^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs) z reziduální kontaminace po testech jaderných zbraní v atmosféře a jaderné havárii v Černobylu v minulém století, a příspěvek jaderných zařízení jinde ve světě atmosférickým přenosem.

METODIKA

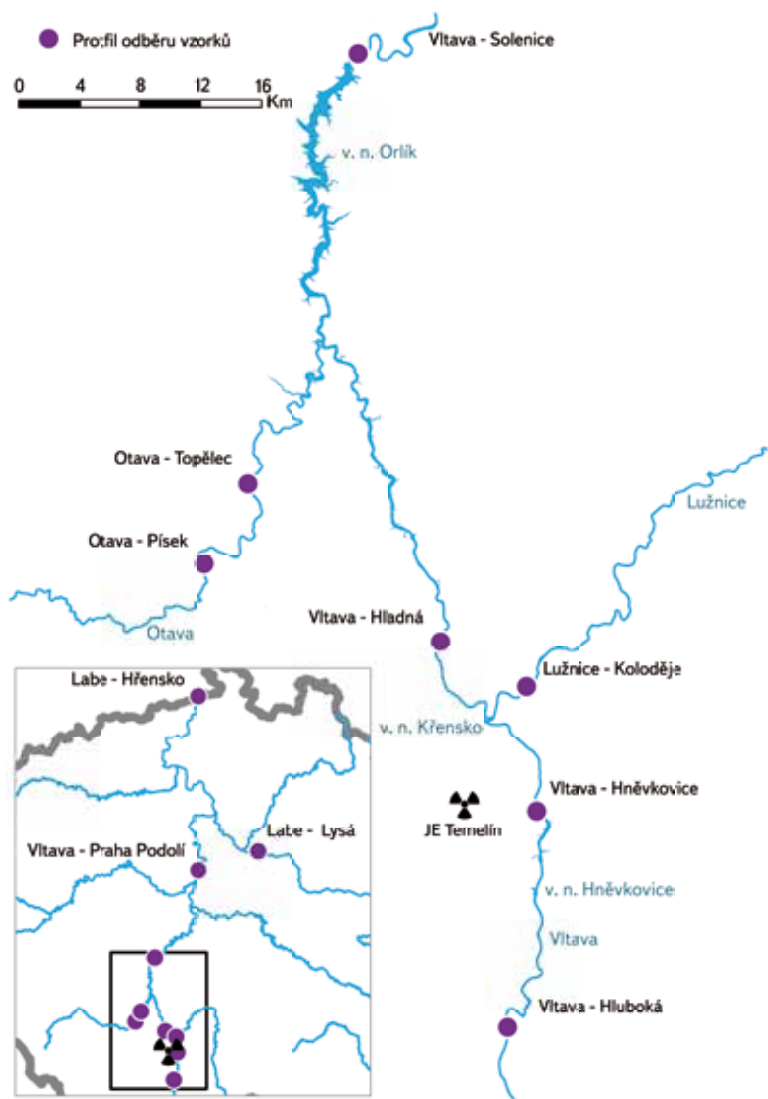
Byly zpracovávány nefiltrované vzorky, tj. objemové aktivity radionuklidů ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs byly stanoveny ve veškerých látkách (rozpuštěné a nerozpuštěné látky dohromady). Místa odběrů jsou na obr. 2.

Odběr a úprava vzorků byly prováděny podle norem ČSN ISO 5667-1 [15], ČSN ISO 5667-3 [16], ČSN ISO 5667-4 [17] a ČSN ISO 5667-6 [18]. Sledování povrchových vod bylo zahájeno v roce 1990 na profilech Vltava-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje, Otava-Písek (profile v budoucnu neovlivněné odpadními vodami z JE Temelín, dále označované pouze jako neovlivněné profile) a Vltava-Solenice (profil v budoucnu ovlivněný výpustmi). Od roku 1996 bylo sledování rozšířeno o profil Vltava-Hladná, profil cca 4 km pod zaústěním odpadních vod. Profil Otava-Písek byl v roce 2001 nahrazen odběrem z profilu Otava-Topělec.

Vzorky byly odebírány čtvrtletně. V příspěvku jsou dále zpracovány i výsledky sledování ^3H v profilech ČHMÚ, resp. Pováří Vltavy a Labe, státní podnik, Vltava-Hluboká (neovlivněný profil), Vltava-Solenice, Vltava-Praha Podolí a Labe-Hřensko (ovlivněné profile), které byly odebírány s četností 12x za rok.

Vzorky povrchových vod byly odebírány v množství 0,25 l (^3H) a 50 l (vzorek pro stanovení ^{90}Sr a ^{137}Cs). Vzorky pro stanovení ^3H byly konzervovány chlazením. Velkoobjemové vzorky byly konzervovány kyselinou dusičnou na $\text{pH} < 2$. Ke vzorku byl přidán směsný nosič. Dále byly vzorky odpařeny pod bodem varu do sucha, následně byly sušeny při 105°C a žíhány při 350°C . Vyžíhaný odparek byl uzavřen do příslušné měřicí nádoby.

Stanovení objemové aktivity tritia bylo prováděno podle ČSN ISO 9698 [19]. Vzorky byly předupraveny destilací. Měřena byla směs 8 ml vzorku a 12 ml scintilačního roztoku Ultima Gold LLT v 20 ml polyetylenové nádobce od firmy Canberra Packard v nízkopozadovém kapalinovém scintilačním spektrometru Quantulus 1220 od firmy WALLAC a TriCarb 3170/TRSL od firmy Canberra Packard. Pro kalibraci byl použit etalon tritia od Českého metrologického institutu (ČMI) typ ER 2. Pro danou geometrii měření byla relativní účinnost měření přibližně 25 %. Doba měření jednotlivých vzorků byla optimalizována v závislosti na míře ovlivnění jednotlivých vzorků, resp. profilů. Vzorky z profilů neovlivněných výpustmi byly měřeny 800 min. Vzorky z ovlivněných profilů byly měřeny 300 min. Nejmenší detekovatelná aktivita c_{ND} na hladině významnosti $\alpha = \beta = 0,05$ byla pro zvolený objem vzorku a dobu měření cca 1,0 Bq/l, resp. 2,0 Bq/l. Od roku 2012 byly vybrané vzorky z neovlivněných profilů předupraveny elektrolytickým nabohacením, kdy se 0,5 l vzorku zakonzcentruje na objem přibližně 25 ml,



Obr. 2. Mapa odběrových profilů

Fig. 2. Map of the sampling sites

díky tomu došlo ke snížení c_{ND} na 0,07 Bq/l. Ve velkoobjemových vzorcích zakoncentrovaných odpařením bylo nejprve stanoveno ^{137}Cs podle ČSN EN ISO 10703 [20] a následně ^{90}Sr srážecí metodou. Pro gamaspektrometrické stanovení byla použita gamaspektrometrická trasa s polovodičovým germaniovým detektorem REGe s relativní účinností 30 % firmy Canberra Packard. K vyhodnocování byl použit program Genie 2000, firmy Canberra Packard. Pro energetickou kalibraci byly použity etalony ^{152}Eu od ČMI. Účinnostní kalibrace byla prováděna směsnými standardy také od ČMI příslušné geometrie. Doba měření byla 48 h. Nejmenší detekovatelná objemová aktivita na hladině významnosti $\alpha = \beta = 0,05$ byla v závislosti na době měření a množství zpracovaného vzorku cca 0,5 mBq/l. ^{90}Sr bylo stanoveno štavelanovou srážecí metodou podle příručky viz [21]. Principem metody je oddělení stroncia spolusrážením se štavelanem vápenatým. Po přečištění možných radiochemických nečistot srážením hydroxidů, chromanů a uhličitů se nechá ustanovit rovnováha s dceřiným produktem ytřium 90 (^{90}Y). Ytřium je následně odděleno jako štavelan ytřitý a proměřeno na proporcionálním detektoru. Vzorek se měří první tři dny po srážení ytřia a 22 dní po srážení pro kontrolu radiochemické čistoty preparátu vždy 2×1000 s. Pro stanovení byl použit proporcionální detektor firmy TESLA s vyhodnocovací jednotkou MC 2256. Pro nastavení a kontrolu přístroje byl použit plošný etalon ^{90}Sr - ^{90}Y , typu Em 145 od ČMI. Pro stanovení účinnosti byl

použit etalonový roztok ^{90}Sr typu ER 2 také od ČMI. Byl sledován výtěžek vápníku a ytřia, kterými je korigován výpočet objemové aktivity. Nejmenší detekovatelná objemová aktivita na hladině významnosti $\alpha = \beta = 0,05$ byla v závislosti na době měření a množství zpracovaného vzorku a chemického výtěžku cca 3 mBq/l. V případě hodnot menších než nejmenší detekovatelná objemová aktivita byl pro jejich další zpracování aplikován postup podle směrnice Komise 2009/90/ES, resp. Nesměráka [22]. Byl použit redukční koeficient $k = 0,5$, tj. byla použita hodnota rovná $0,05 c_{ND}$.

Pro hodnocení vývoje objemových aktivit radionuklidů v čase byla použita regresní analýza rovnice (1):

$$\ln C_t = -\lambda_{ef} \cdot t + C_0 \quad (1)$$

kde C_t je objemová aktivita radionuklidu v čase t ,
 λ_{ef} efektivní (pozorovaná) rozpadová konstanta, získaná jako směrnice přímky poklesu ($1/t$),
 t čas (r),
 C_0 přirozený logaritmus aktivity v čase $t = 0$.

Statistická významnost regresní křivky byla ověřena pomocí Pearsonova koeficientu. Následně byl vypočten efektivní (pozorovaný) poločas radionuklidu T_{ef} (r) podle rovnice (2):

$$T_{ef} = \frac{\ln 2}{\lambda_{ef}} \quad (2)$$

VÝSLEDKY A DISKUSE

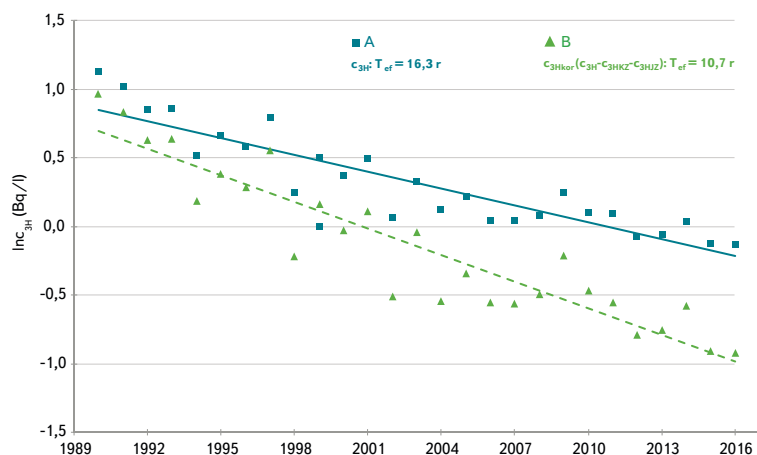
Tritium

Nejprve byl hodnocen vývoj objemové aktivity tritia v profilech neovlivněných výpustmi z JE Temelín. Vývoj za období 1990–2016 je graficky zpracován na obr. 3 A. Na počátku tohoto období byly pozorované objemové aktivity přibližně 3 Bq/l, na konci období to bylo méně než 1 Bq/l.

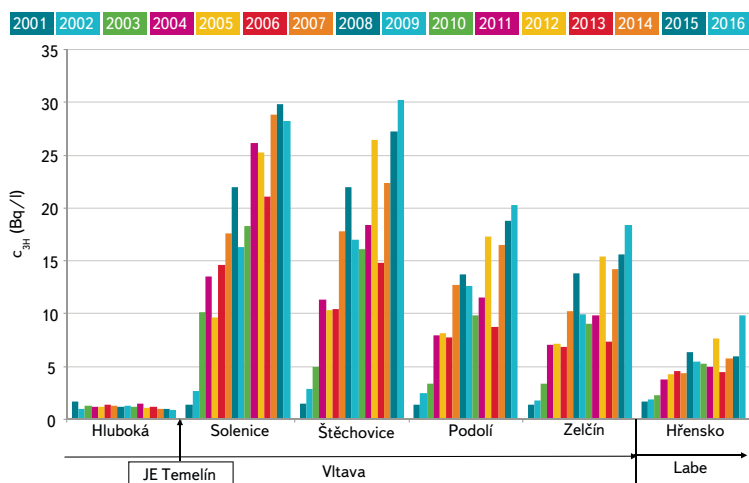
Pro hodnocené období 1990–2016 byl vyhodnocen statisticky významný trend poklesu. Podle rovnice (1) je vypočtený efektivní poločas 16,3 r (obr. 3 A), což je delší poločas než fyzikální poločas ^3H 12,32 r [5]. Důvodem je příspěvek tritia přírodního původu (tritium vzniká neustále interakcí kosmického záření s atmosférou ($c_{3H_{kor}}$)) a emise ^3H z jaderných zařízení jinde ve světě ($c_{3H_{jz}}$). Pro další zpracování byly tyto dvě složky ^3H v hodnoceném období uvažovány jako konstantní. Pro jejich kvantifikaci byl použit odhad 0,48 Bq/l [23] a pozorované objemové aktivity tritia byly korigovány odečtením této hodnoty. Následně byl pro korigované objemové aktivity ($c_{3H_{kor}}$) vypočten efektivní poločas 10,7 r (obr. 3 B), tedy kratší poločas než v případě nekorigovaných objemových aktivit.

Složka tritia pocházejícího z atmosférických testů se bude dále postupně rozpadat, až zůstane pouze konstantní složka tritia přírodního původu a pomalu narůstající příspěvek tritia z jiných jaderných zařízení ve světě i České republice.

Objemová aktivita tritia v neovlivněných profilech odpovídá hodnotám pozorovaným jinde v České republice i Evropě. V rámci monitorování radiační situace v České republice, které zajišťuje Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB), jsou uváděny objemové aktivity tritia na profilech neovlivněných provozem našich jaderných elektráren cca 1 Bq/l [24, 25].



Obr. 3. Roční průměrné objemové aktivity tritia v povrchové vodě v profilech neovlivněných provozem JE Temelín za období 1990–2016, bez korekce (A) a po korekci (B) o složku tritia přírodního původu a příspěvek z jiných jaderných zařízení ve světě
Fig. 3. Annual average tritium concentrations in surface water unaffected by waste water discharges from the Temelín NPP in the period of 1990–2016, without (A) and after correction (B) by subtracting the natural component and the activity originating from the atmospheric transfer from nuclear facilities worldwide

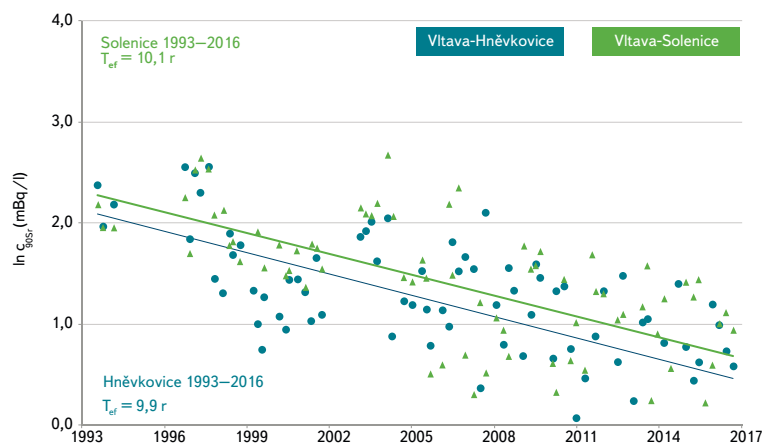


Obr. 4. Vývoj ročních průměrných objemových aktivit nad a pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín v podélném profilu Vltavy a Labe v období 2001–2016
Fig. 4. Annual average tritium concentrations in the Vltava and Elbe Rivers upstream (Hluboká) and downstream (the other sites) of the outflow of waste water from the Temelín NPP

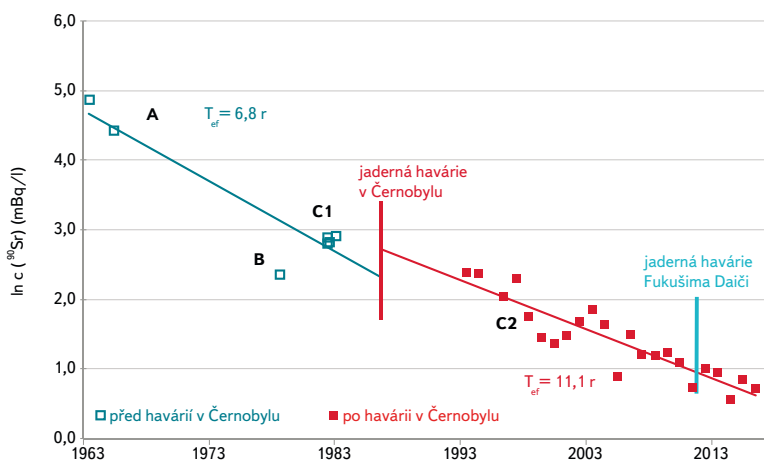
Například Palomo a kol. [26] uvádí objemovou aktivitu na profilech v blízkosti jaderné elektrárny Asco (neovlivněných jejím provozem) v roce 2005 v rozmezí 0,6–0,9 Bq/l.

V profilech ovlivněných odpadními vodami z JE Temelín je situace odlišná. Od roku 2001, kdy byl zahájen provoz elektrárny, můžeme v ovlivněném úseku Vltavy a Labe pozorovat postupný nárůst zjišťovaných objemových aktivit tritia. Tento nárůst odpovídá postupnému navyšování celkových ročních výpusť tritia spolu s odpadními vodami z JE Temelín. Vývoj ročních průměrných objemových aktivit ve Vltavě a Labi v období 2001–2016 je na obr. 4.

Pro informaci uvádíme, že všechny naměřené objemové aktivity tritia i jejich roční průměrné hodnoty vyhovují nejvyššímu přípustnému znečištění 3 500 Bq/l i normě environmentální kvality roční průměr 1 000 Bq/l podle přílohy 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [27]. Vliv JE Temelín je tedy měřitelný, ale limity jsou spolehlivě plněny.



Obr. 5. Vývoj objemové aktivity ^{90}Sr ($c_{90\text{Sr}}$) v profilu Vltava-Hněvkovice (neovlivněný profil) a Vltava-Solenice (ovlivněný profil) v období 1993–2016
Fig. 5. Temporal changes of ^{90}Sr concentration ($c_{90\text{Sr}}$) in the Vltava River at Hněvkovice (reference site) and the Vltava River at Solenice (downstream of the Temelín waste water outflow) in the period of 1993–2016



Obr. 6. Vývoj objemové aktivity ^{90}Sr ($c_{90\text{Sr}}$) v povrchové vodě v období 1963–1986 a 1993–2016, A – Vltava-Praha Podolí, B – Expedice Dunaj 1978, C – okolí JE Temelín
Fig. 6. Time changes of ^{90}Sr concentration ($c_{90\text{Sr}}$) in the surface water in the periods 1963–1986 and 1993–2016, A – Vltava-Prague Podolí site, B – Donau Expedition 1978, C – Temelín NPP vicinity

Stroncium 90

Stroncium 90 je v odebíraných vzorcích vody stanovováno od roku 1993. Pro hodnocené období 1993–2016 byl na všech profilech vyhodnocen trend poklesu. Pro jednotlivé profile byly vyhodnoceny efektivní poločasy v rozmezí 7,8–10,3 r. Pro příklad je na obr. 5 uveden vývoj objemové aktivity ^{90}Sr v profilu Vltava-Hněvkovice (neovlivněný profil, zdroj technologické vody pro JE Temelín) a Vltava-Solenice (ovlivněný profil). Roční průměrná objemová aktivita byla v závěru hodnoceného období na obou profilech shodně 2,5 mBq/l.

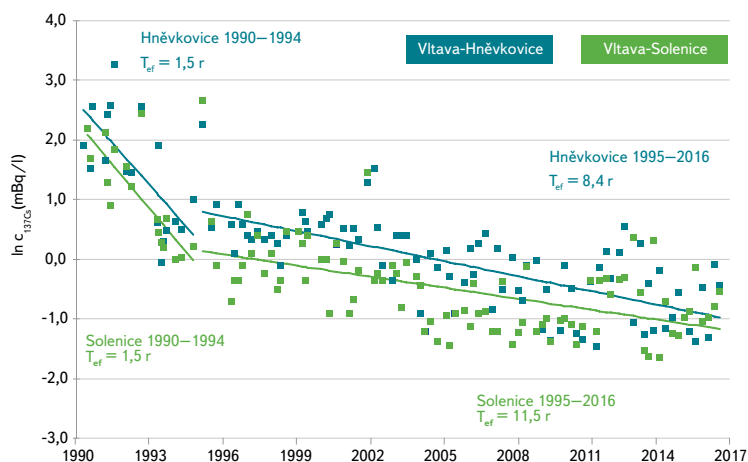
Výsledky sledování ^{90}Sr v lokalitě JE Temelín jsou dále porovnány s dřívějšími výsledky sledování, které provádělo ÚVÚ TGM. Na obr. 6 jsou porovnány objemové aktivity ^{90}Sr ve Vltavě-Podolí v období atmosférických jaderných testů (A), výsledky z expedice po Dunaji v roce 1978 (B) a výsledky z lokality JE Temelín z období 1981–1984 (C1) a po roce 1993 (C2). Pro období jaderných testů (před černobylskou havárií) byl vyhodnocen efektivní poločas ^{90}Sr 6,8 r, v období po černobylské havárii 11,1 r. Vyhodnocené poločasy je možné vzhledem k nejistotám

stanovení považovat za velmi podobné. Provoz JE Temelín nebo např. havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě se na výsledcích ani trendu poklesu nijak neprojevily, resp. při použité metodě nebyly detekovatelné. Z výsledků je zřejmé, že zjišťované hodnoty jsou o dva až tři řády menší, než je hodnota nejvyššího přípustného znečištění (1,0 Bq/l), resp. norma environmentální kvality roční průměr (0,2 Bq/l) podle přílohy 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. pro stroncium 90 [27].

Cesium 137

Vývoj objemové aktivity ^{137}Cs v povrchové vodě ve studované lokalitě je zobrazen na obr. 7, jako příklad jsou uvedeny profily Vltava-Hněvkovice a Vltava-Solenice. Objemová aktivita ^{137}Cs byla na konci hodnoceného období v obou profilech méně než cca 0,6 mBq/l. Byla zjištěna rozdílná rychlost poklesu ^{137}Cs v období po černobylské havárii a pozdějším období po roce 1995. Vyhodnocené efektivní poločasy byly na jednotlivých profilech v období 1990–1994 v rozmezí 1,5–2,2 r a v období 1995–2016 8,4–11,9 r. Trend poklesu objemových aktivit ^{137}Cs na všech hodnocených profilech pokračoval i po zahájení provozu JE Temelín. Vliv JE Temelín v tomto ukazateli nebyl detekován na žádném profilu, resp. možný vliv je zcela překrytý reziduální kontaminací.

Pro informaci uvádíme, že zjišťované objemové aktivity ^{137}Cs jsou o dva až tři řády nižší než hodnota nejvyššího přípustného znečištění (2,0 Bq/l), resp. norma environmentální kvality roční průměr (0,5 Bq/l) podle přílohy 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. pro cesium 137 [27].



Obr. 7. Vývoj objemové aktivity ^{137}Cs ($c_{137\text{Cs}}$) v profilech Vltava-Hněvkovice a Vltava-Solenice v období 1990–1994 a 1995–2016

Fig. 7. Temporal changes of ^{137}Cs concentration ($c_{137\text{Cs}}$) in the Vltava River at Hněvkovice and the Vltava River at Solenice in the periods of 1990–1994 and 1995–2016

Výsledky sledování ^{137}Cs v lokalitě JE Temelín odpovídají výsledkům jiných studií v oblastech zasažených černobylskou havárií, resp. v oblastech zasažených druhým radioaktivním mrakem po havárii. Rozdílné trendy poklesu, tj. rychlejší pokles v počátečním období po havárii a pomalejší v následném období, popsal např. Zibold a kol. [28] v lokalitách v Bělorusku, Ukrajině a Finsku nebo Smith a Beresford [29] v řece Pripyat (černobylská oblast, Ukrajina).

ZÁVĚR

Výsledky sledování umělých radionuklidů v lokalitě Temelín ukazují, že detekované radionuklidy, především ^{90}Sr a ^{137}Cs pochází z reziduální kontaminace po testech jaderných zbraní a černobylské havárii. Vliv JE Temelín na obsah těchto radionuklidů v řece Vltavě nebyl detekován, resp. není ho možné odlišit od reziduální kontaminace. Tato kontaminace velmi pomalu ubývá, pozorované poločasy jsou výrazně kratší, než je fyzikální poločas rozpadu obou radionuklidů. Byl pozorován odlišný charakter v poklesu ^{90}Sr a ^{137}Cs . V případě ^{137}Cs byl pozorován počáteční rychlý pokles objemové aktivity v období po černobylské havárii a pomalejší pokles po roce 1995. V případě ^{90}Sr nebyly pozorovány změny v rychlosti jeho ubývání. V současnosti jsou oba radionuklidy na úrovni nejmenších detekovatelných objemových aktivit.

V případě tritia je situace odlišná. Na profilech, které nejsou ovlivněny přímými výpustmi z elektrárny, byl pozorován pokles objemových aktivit tritia pocházejícího z atmosférických testů jaderných zbraní v minulém století až na úroveň méně než 1 Bq/l. Postupně se zjišťované objemové aktivity blíží hodnotám, které odpovídají přirozenému pozadí. Naopak v profilech pod zaústěním odpadních vod byl zaznamenán postupný nárůst zjišťovaných objemových aktivit, který odpovídá postupnému navyšování výpustí tritia z JE Temelín.

Literatura

- [1] CORNER, A., VENABLES, D., SPENCE, A., POORTINGA, W., DEMSKI, C., and PIDGEON, N. Nuclear power, climate change and energy security: exploring British public attitudes. *Energy Policy*, 2011, vol. 39, No. 9, p. 4823–4833.
- [2] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.
- [3] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
- [4] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 360/2016 Sb. o monitorování radiační situace.
- [5] ROZANSKI, K. and GRÖNING, M. Tritium assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry. *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004, IAEA-TECDOC-1401, p. 195–217.
- [6] PUJOL, L. and SANCHEZ-CABEZA, J. Use of tritium to predict soluble pollutants transport in Ebro river waters (Spain). *Environmental Pollution*, 2000, vol. 108, No. 2, p. 257–269.
- [7] POTOP, V., MOŽNÝ, M., and SOUKUP, J. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2012, 156, p. 121–133.
- [8] UNSCEAR, 2000. Report to the General Assembly: Sources and effects of ionizing radiation. Dostupné z: www.unscear.org.
- [9] WARNER, F. and HARRISON, R.M. *Radioecology after Chernobyl, Biogeochemical Pathways of Artificial Radionuclides*. Chichester: Wiley, 1993, 400 p.
- [10] IHE CHZ. Zpráva o radiační situaci na území ČSSR po havárii jaderné elektrárny Černobyl [online]. Praha: Institut hygieny a epidemiologie, Centrum hygieny záření. Dostupné z: www.sujb.cz
- [11] GNOJEK, I., HANÁK, J. a DĚDÁČEK, K. Distribuce spadu Cs-137 ve vztahu k možné kontaminaci vodních toků v České republice, 1997, Geofyzika Brno.
- [12] HANSLÍK, E. *Kontaminace životního prostředí v důsledku havárie jaderného reaktoru v Černobylu na úrovni roku 1996 a vliv na kontaminaci povrchových toků a dnových říčních sedimentů*. Zpráva. Praha: VÚV TGM, 1998.
- [13] Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident. Office for Official Publications of the Europe Communities, 1998, Luxembourg.
- [14] DĚDÁČEK, K. a PLŠKO, J. *Letecký geofyzikální průzkum okolí jaderné elektrárny Temelín*. Brno: MS Geofyzika, 1992.
- [15] ČSN EN ISO 5667-1 (75 7051). Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků, 2007, ČNI, Praha.
- [16] ČSN EN ISO 5667-3 (75 7051). Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi, 2013, ČNI, Praha.
- [17] ČSN ISO 5667-4 (75 7051). Jakost vod – Odběr vzorků – Část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží, 1994, ČNI, Praha.
- [18] ČSN ISO 5667-6 (75 7051). Jakost vod – Odběr vzorků – Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků, 2008, ČNI, Praha.

[19] ČSN EN ISO 9698 (75 7635). Jakost vod – Stanovení objemové aktivity tritia, kapalinová scintilační měřicí metoda, 2011, ÚNMZ, Praha.

[20] ČSN EN ISO 10703 (75 7630). Jakost vod – Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama s vysokým rozlišením, 2008, ČNI, Praha.

[21] MŽP. Metodická příručka pro stanovení ukazatelů znečištění vod, 1993, Praha: MŽP.

[22] NESMĚRÁK, I. *K problematice náhrad hodnot pod mezí stanovitelnosti při chemických analýzách a monitorování stavu vod. Vliv náhrady hodnot pod mezí stanovitelnosti polovinou meze stanovitelnosti na statistické charakteristiky souborů hodnot.* Výzkum pro praxi 57, Praha: VÚV TGM, 2009.

[23] HANSLÍK, E., BUDSKÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B. a ŠIMONEK, P. Trendy změn obsahu radionuklidů v hydrosféře v okolí jaderné elektrárny Temelín. In: *XVI. Konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství*. Sborník. ČVTVHS, 1999.

[24] SUJB. MonRaS – Monitorování radiační sítě. [online]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/monitorovani-radiazni-situe>.

[25] MAREŠOVÁ, D., SEDLÁŘOVÁ, B., HANSLÍK, E. a JURANOVÁ, E. Spolupráce VÚV TGM, v.v.i., a státních podniků Povodí v rámci Radiační monitorovací sítě ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2017, roč. 59, č. 3, s. 23–26.

[26] PALOMO, M., PENALVER, A., AGUILAR, C., and BORRULL, F. Tritium activity levels in environmental water samples from different origins. *Applied radiation and isotopes*, 2007, 65, p. 1048–1056.

[27] Nařízení vlády 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostí povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

[28] ZIBOLD, G., KAMINSKI, S., KLEMT, E., and SMITH, J.T. Time-dependency of the ^{137}Cs activity concentration in fresh lakes, measurement and prediction. *Radioprotection*, 2002, vol. 37, C1. In: *Proceeding of the International Congress ECORAD 2001*. France: Aix-en-Provence, p. 75–80.

[29] SMITH, J.T. and BERESFORD, N.A. *Chernobyl – Catastrophe and Consequences*. Chichester, UK: Praxis Publishing Ltd., 2005, p. 310. ISBN 3-540-23866-2.

Autoři

Ing. Eduard Hanslík, CSc.¹

✉ eduard.hanslik@vuv.cz

RNDr. Diana Marešová, Ph.D.¹

✉ diana.maresova@vuv.cz

Ing. Eva Juranová^{1,2}

✉ eva.juranova@vuv.cz

Ing. Barbora Sedlářová¹

✉ barbora.sedlarova@vuv.cz

¹ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

² Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DEVELOPMENT OF SELECTED RADIONUCLIDES IN SURFACE WATER IN THE VICINITY OF THE TEMELÍN NUCLEAR POWER PLANT IN THE PERIOD 1990–2016

HANSLIK, E.¹; MARESOVA, D.¹; JURANOVA, E.^{1,2}; SEDLAROVA, B.¹

¹ TGM Water Research Institute, p. r. i.

² Institute for Environmental Studies, Faculty of Science, Charles University in Prague

Keywords: tritium — strontium 90 — caesium 137 — effective half life — surface water

The paper presents results and interpretation of long-term monitoring of occurrence and behaviour of radioisotopes ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in surface water in the vicinity of the Temelín Nuclear Power Plant. ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs originate predominantly from residual contamination due to atmospheric nuclear weapons tests and the Chernobyl disaster in the last century. The basic evaluated radioecological characteristics can be used in assessing the long-term kinetics of decline and behaviour of radionuclides and their potential release into the environment. A very slow decline in ^3H concentration at unaffected sites was observed. At sites downstream from the power plant the ^3H concentrations were significantly higher, an evident impact of the power plant operation. A decline in ^{90}Sr and ^{137}Cs concentrations was observed in all the monitored sites.

Stanovení úrovně dna vodních děl z historických projektových dokumentací

MARTIN CALETKA, PAVLA ŠTĚPÁNKOVÁ

Klíčová slova: dno — georeferencování — GIS — morfologie — sedimenty — sonar — vodní díla

SOUHRN

Monitoring a údržba vodních děl vyžadují znalost jejich referenčního stavu charakterizujícího návrhové parametry. Referenční stav je odvozován primárně z dostupných projektových dokumentací, které jsou vhodně zvolenými metodami převedeny na digitální model terénu dna. Aktuální úroveň dna je stanovována pomocí sonarových prostředků. Rozdílovou analýzou jednotlivých datových sad, které budou výhledově ukládány do specializovaného informačního systému, bude možné provádět efektivní řízení monitoringu údržby.

Předložená práce na příkladech vybraných pilotních lokalit shrnuje problematické aspekty identifikované při georeferencování digitalizovaných historických situačních výkresů, které mohou negativně ovlivňovat korektní lokalizaci jednotlivých částí vodních děl a následnou analýzu morfologických změn. V pilotní lokalitě vodní nádrže je rovněž hodnocena přesnost měřicí technologie použité při zaměřování dna.

ÚVOD

Problematika sedimentů představuje jedno z významných témat státní politiky v oblasti vodního hospodářství. Správci vodních děl musí podle § 59 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách [1], plnit povinnosti a dodržovat podmínky, za kterých bylo vodní dílo povoleno a uvedeno do provozu. Hlavní cíle státní politiky v oblasti vodního hospodářství vycházejí z Vodní rámcové směrnice 2000/60/ES [2] a z obnovené Strategie EU pro udržitelný rozvoj z roku 2006.

Na evropské úrovni je patrná aktivita směrem k problematice sedimentů především v souvislosti s vnitrozemskou plavbou, potažmo rozvojem a údržbou Transevropské dopravní sítě (TEN-T). Ve snaze o implementaci Integrovaného evropského akčního plánu pro vnitrozemskou vodní plavbu z roku 2006 vznikl dokument Good Practice Manual on Inland Waterway Maintenance [3]. Uvedená práce má charakter komplexního manuálu údržby vodních cest vycházející z příkladů dobré praxe. Pozornost je rovněž soustředěna na vliv sedimentů na kvalitu vod, a to zejména zásluhou tzv. SedNet (European Sediment Network) [4].

Během dlouhého období existence vodních děl dochází k přirozeným i antropogenně podmíněným a akcelerovaným morfologickým změnám jejich dna, resp. koryta. V exponovaných částech může docházet k zahluštění, naopak v oblastech s nižší dynamikou proudění jsou unášeny plaveniny deponovány. Tyto změny mají v konečném důsledku dopad na průtočnou kapacitu a schopnost vodního díla (VD) plnit funkce, pro které bylo vybudováno. Proto je potřebné průběžně monitorovat stav vodních děl a v případě potřeby přistoupit k potřebným opatřením.

Při monitorování stavu vodních děl či jezer z hlediska erozně-akumulačních procesů se v současné době stále více uplatňují moderní metody bezkontaktního průzkumu pomocí sonarů, např. [5–10], či zařízení AUV (z angl. Autonomous Underwater Vehicle) [11]. Aby bylo možné posoudit míru změn morfologie VD, je třeba vycházet z porovnání s informacemi o návrhovém stavu uvedeném v patřičné projektové dokumentaci VD. Ty zahrnují technické zprávy a situační plány v tištěné podobě, mnohdy v různých formátech a v různé kvalitě „čitelnosti“. Tyto podklady je nezbytné převést do digitální podoby a provést jejich lokalizaci (georeferencování) do souřadnicového systému. Problematika digitalizace georeferencování historických map je široce popsána v odborné literatuře, např. [7, 12–14]. Praxe ukazuje, že jednotlivé podklady při zpracovávání vyžadují často individuální přístup vzhledem k době, kdy vznikly a s jakou přesností a pečlivostí byly vyhotoveny.

Předložený článek popisuje na příkladech pilotních lokalit postupy zvolené pro digitalizaci projektových dokumentací vybraných vodních děl různého stáří a velikosti. Výsledky těchto procesů jsou pak využity při prvotním srovnání získaného digitálního návrhového stavu VD se stavem současným, který reprezentují výsledky sonarového měření.

METODIKA

Návrhový stav

Návrhový stav vodních děl shrnuje technická dokumentace. Většina podkladů je staršího data a je k dispozici pouze v tištěné podobě v různých formátech. Některé z nich jsou často poškozené, popř. hůře čitelné. Digitalizace situačních výkresů proto probíhala po částech s dostatečnými překryvy, které umožnily navázat jednotlivé díly na sebe.

Přesná lokalizace jednotlivých částí výkresové dokumentace, tzv. georeferencování, byla prováděna v prostředí ESRI ArcGIS. Zpracováním po jednotlivých dílech bylo eliminováno riziko přenesení možných chyb georeferencování, které vyplývá z rozlišení skenovaných snímků, z jedné části výkresu do dalších. Jako vlivovací body byly využity objekty či jejich části zakreslené v situačních výkresech, které bylo možné identifikovat na současných mapách. Obvykle se jedná o rohy budov a význačné tvary projektovaných mostů, hrází či jezů. Pokud to bylo možné, bylo využito rovněž hranic parcel. V některých částech výkresů se však potřebné záchytné body nevyskytovaly. V takových případech byla lokalizace částí výkresu provedena pomocí překryvu se sousedními výkresey a s využitím výrazných terénních tvarů, jako jsou charakteristické ohyby vrstevnic ve stržích apod. Následně byly z takto upravených podkladů do vektorových formátů převáděny základní informace o morfologii dna pilotních lokalit podle návrhového stavu.

Vodní nádrže

V případě vodních nádrží byly z georeferencovaných situačních výkresů do mapové vrstvy vykresleny linie vrstevnic, jimž byla přiřazena odpovídající nadmořská výška v souladu s použitým výškovým systémem (obr. 1).



Obr. 1. Ukázka digitalizace vrstevnic na podkladu situačního výkresu části zátopy vodní nádrže Letovice

Fig. 1. An example of the contour vectorization on the basis of the situational plan of the Letovice Dam

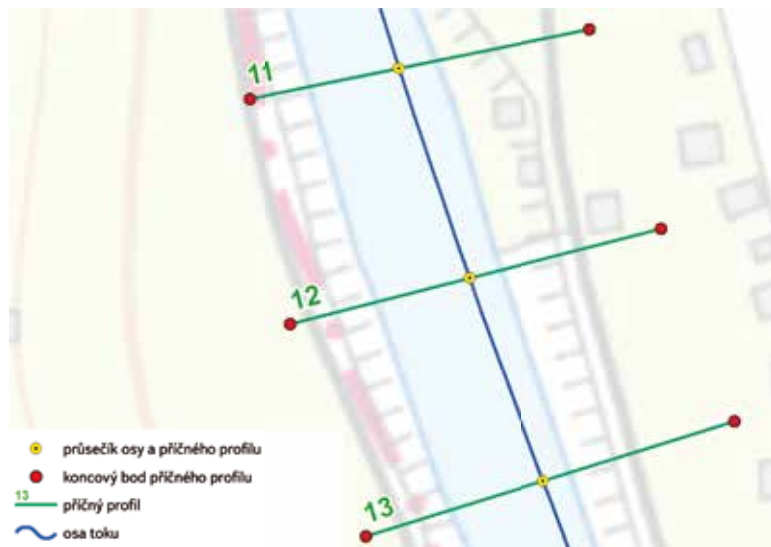
Úseky vodních toků

Úprava koryt vodních toků je v situačních výkresech obvykle znázorněna osou koryta a polohou příčných profilů (obr. 2). Tyto profily jsou zaznamenány samostatně jako linie s lomovými body, z nichž některé mají uvedenu hodnotu nadmořské výšky Z podle použitého výškového systému. Každý výkres má znázorněnu referenční hladinu v nadmořské výšce Z_0 (obr. 3). Podle této referenční hladiny byly digitalizované výkresy vyrovnány do vodorovné polohy, jednotlivé lomové body uloženy do bodové vrstvy a stanoveny jejich relativní kartézské souřadnice X, Y . Pomocí známých nadmořských výšek některých bodů, referenční hladiny a jejich vzdáleností vyjádřených vzájemnými rozdíly souřadnic X, Y bylo definováno měřítko zakreslení daného profilu. To pak umožňuje dopočítat nadmořské výšky Z bodů, u nichž tento údaj nebyl uveden, a také vzdálenosti d jednotlivých bodů od osy příčného profilu.

Následná část výpočtu spočívá v určení polohy (kartografických souřadnic) jednotlivých lomových bodů příčných profilů v mapě s využitím mapové vrstvy příčných profilů vykreslených ze situačního výkresu a také mapové vrstvy průsečíků příčných profilů s osou toku (bližší viz obr. 2). Dvojice koncových bodů každého příčného profilu určují směrový vektor u pomyslné přímky, na níž daný příčný profil leží. Snadným přepočtem je možné odvodit normálový vektor n této přímky, jejíž obecná rovnice má tvar:

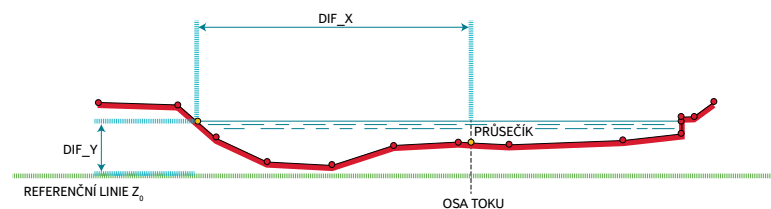
$$p: n_1 X + n_2 Y + c = 0 \quad (1)$$

kde n_1, n_2 je souřadnice normálového vektoru n ,
 X, Y kartografické souřadnice libovolného bodu ležícího na přímce,
 c konstanta dané přímky.



Obr. 2. Příčné profily definované koncovými body a průsečíky s osou toku podle projektové dokumentace

Fig. 2. Position of cross profiles defined by their intersection with the channel's axis according to the situational plan



Obr. 3. Schéma stanovení nadmořské výšky a vzdálenosti lomových bodů příčného profilu od průsečíku s osou

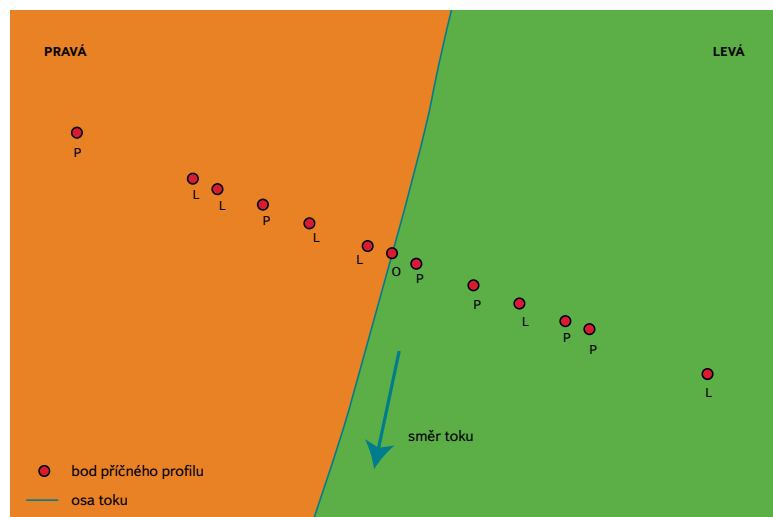
Fig. 3. Principle of the fracture points' positioning in a cross profile based on the distance from the intersection of the channel axis with the cross profile; calculation of the fracture points' altitude

Při znalosti zeměpisných souřadnic X_0, Y_0 průsečíku příčného profilu s jeho osou a na základě vzdálenosti d jednotlivých lomových bodů příčného profilu od průsečíku je možné sestavit soustavu dvou rovnic o dvou neznámých X_i, Y_i (tj. hledané kartografické souřadnice konkrétního lomového bodu) ve tvaru:

$$0 = n_1 X_i + n_2 Y_i + c \quad (2)$$

$$d = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \quad (3)$$

Úpravou této soustavy je získána kvadratická rovnice, jejímž řešením jsou dva body ležící na příčném profilu ve stejné vzdálenosti od průsečíku s osou. Z této dvojice bodů je vybrán ten, který skutečně leží na příčném profilu. Využito bylo atributu vyjadřujícího příslušnost ke straně (P nebo L) příčného profilu a dvou polygonů pokrývajících dostatečně široký prostor v okolí koryta. Oba polygony se dotýkají svými hranicemi a kopírují přitom osu koryta. Hledané body leží v polygonu s totožným označením strany (obr. 4).



Obr. 4. Rozložení vypočítaných bodů vzhledem k jejich příslušnosti k pravé či levé straně vůči ose toku (O – průsečík s osou toku)

Fig. 4. Spatial distribution of the calculated fracture points, considering their affiliation to the right/left side from a channel's axis

Digitalizované příčné profily byly následně použity k vytvoření digitálního povrchu dna, resp. koryta, podle návrhového stavu. Body byly importovány do prostředí HEC-RAS, kde byla z příčných profilů vytvořena spojitá geometrie koryta toku, a to tak, že byly propojeny charakteristické lomové body, a na takto vzniklé spojnice byly umístěny meziprofil s rozestupem 5 m (obr. 5). V ojedinělých případech bylo nutné automatické propojení poupravit, aby tvar koryta netvořil překážku ve směru proudění.

Z prostředí HEC-RAS byla vytvořená geometrie přenesena do prostředí ESRI ArcGIS, kde byla s využitím doplňku HEC-Geo RAS dále zpracována do podoby nepravidelné trojúhelníkové sítě TIN (triangulated irregular network) a následně převedena na rastr s velikostí buňky 0,5 m. Stanovení tohoto rozlišení vychází ze sítě bodů zaměřených při echolokaci dna.

Současný stav

Měření batygrafie vodních děl bylo provedeno plavidlem CAPEREA (obr. 6) vycházejícím ze sériově vyráběného typu Sunchser 7518, poháněného dvojicí spážených elektromotorů. Plavidlo bylo vybaveno skupinou zařízení pro určování zeměpisné polohy, senzorem zajišťujícím korekci náklonu podél hlavní a vedlejší osy a zařízením pro měření rychlosti zvuku a jeho profilu ve vodním sloupci. Samotné měření batygrafie bylo prováděno s pomocí dvou sonarů.

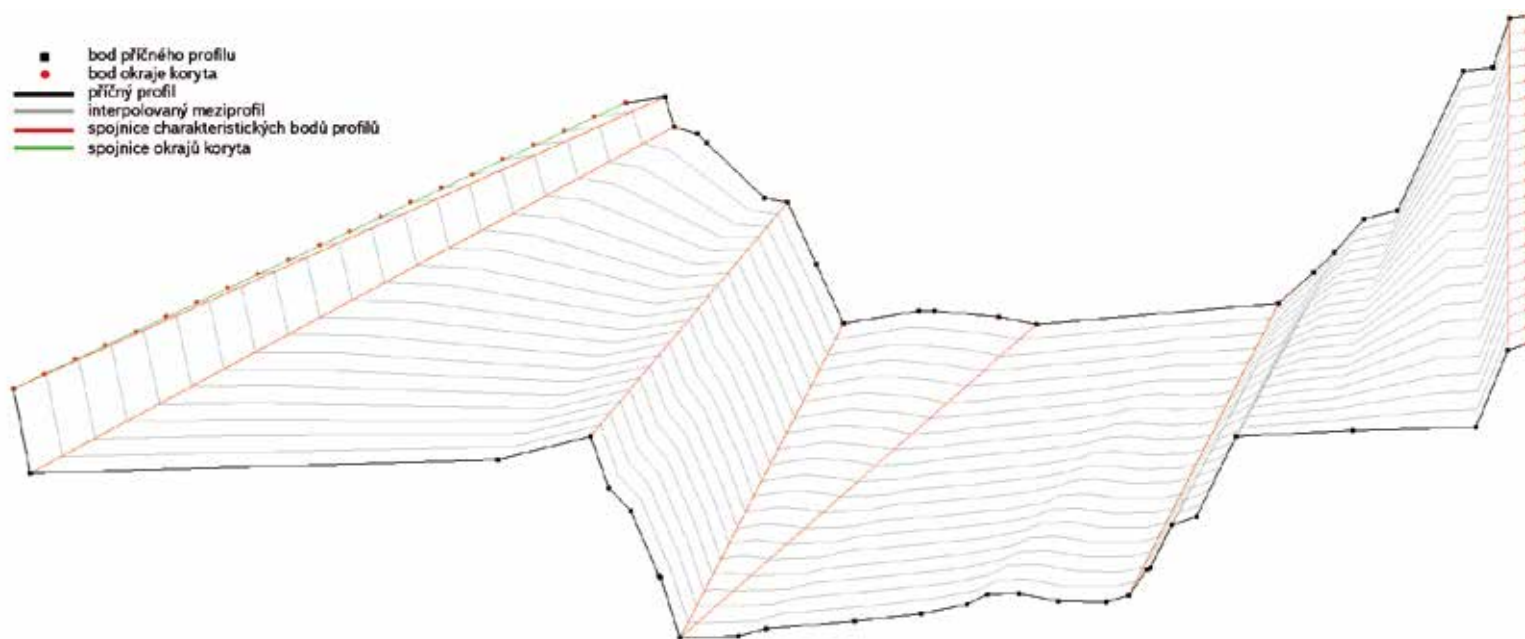
Sonarová jednotka GeoSwatch Plus Compact 500 kHz je systém určený pro měření batygrafie mělkých vod do hloubky 50 m. Umožňuje vytvářet digitální model dna se statistickou přesností 1,5 mm. Sonar SES-2000 Compact je schopen pronikat do mělkých geologických vrstev a umožňuje zaznamenávání podélného profilu sedimentovaných vrstev a měření jejich mocnosti. Je založen na vysílání dvou různých frekvencí, které spolu interagují a pomocí jejich sumy či rozdílu je možné získat informaci o stratigrafii dna.



Obr. 6. Multifunkční plavidlo CAPEREA*

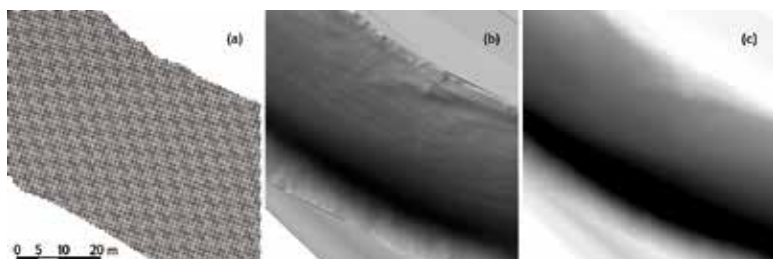
Fig. 6. Multipurpose watercraft CAPEREA* used for the sonar measurements of bottom

Výstupem měření batygrafie je mračno bodů obsahujících údaje o úrovni dna v dané pozici (tj. kartografické souřadnice a nadmořskou výšku). Z této bodové vrstvy byla vytvořena nepravidelná trojúhelníková síť (TIN), která byla následně převedena na rastr s rozlišením 0,5 m. Uvedený postup je znázorněn na obr. 7.



Obr. 5. Vytváření 3D koryta v prostředí HEC-RAS

Fig. 5. Creation of the 3D model of a channel using HEC-RAS



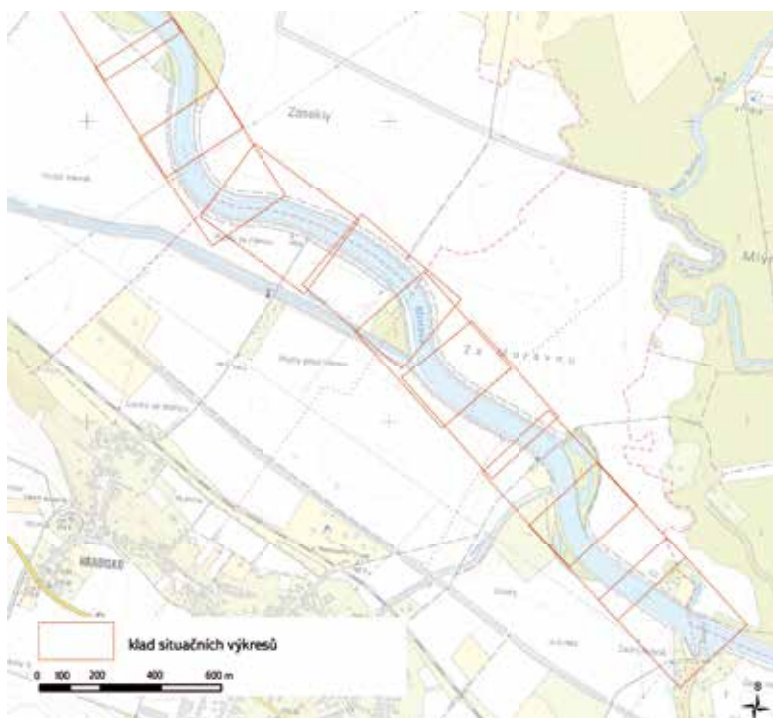
Obr. 7. Postup převodu bodové vrstvy z echolokačního měření části úseku vodního toku (a) na nepravidelnou trojúhelníkovou síť (b) a rastr s rozlišením 0,5 m (c)

Fig. 7. Transformation of the point layer from the sonar measurements of a channel's bottom (a) into triangulated irregular network (TIN) (b) and into raster with grid size of 0.5 m (c)

Pilotní lokality

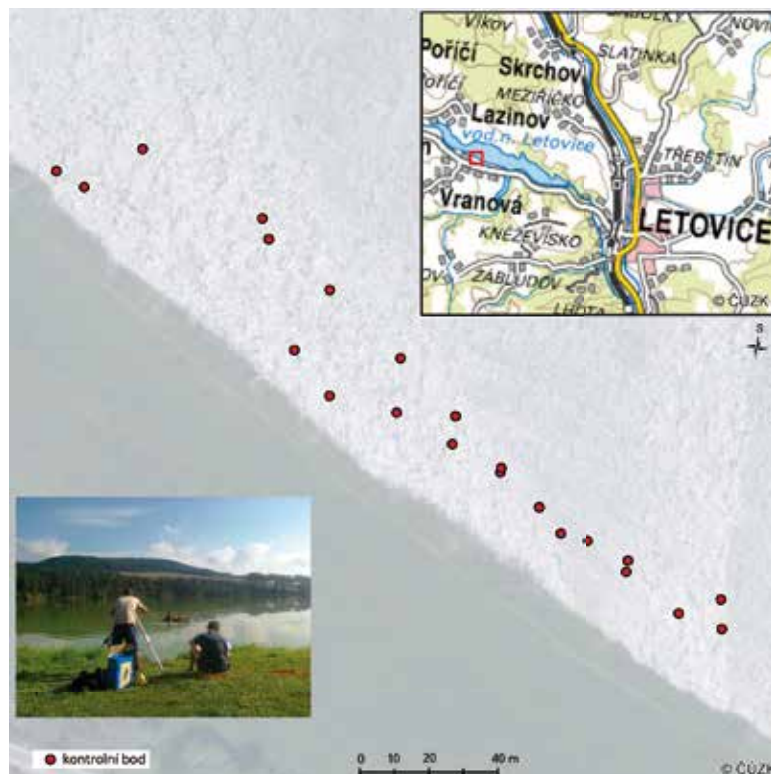
K otestování postupu digitalizace byl primárně vybrán úsek řeky Moravy ve vzdutí nad jezem v Kroměříži po jez v Bezměrově, resp. úsek mezi ř. km 179,230 a 182,515 (obr. 8).

Na vodní nádrži Letovice bylo za účelem verifikace sonarového měření provedeno geodetické měření části dna. Měření probíhalo nedaleko obce Vranová při pravém břehu zátopy v pásu přibližně 200 m dlouhém a 30 m širokém (obr. 9). Měrná lať byla z plavidla spouštěna na úroveň dna, jehož nadmořská výška byla poté zaměřena. Podobné kontrolní zaměření bylo provedeno také v pracích Kubinského a kol. [7, 8], ovšem s tím rozdílem, že měrná tyč byla opatřena plochou patkou.



Obr. 8. Zájmový úsek řeky Moravy ve vzdutí jezu mezi Kroměříží a Bezměrovem s vyznačením polohy jednotlivých částí situačního výkresu

Fig. 8. Study river reach of the Morava River between Kroměříž and Bezměrov with the indication of individual parts of the situational plan



Obr. 9. Kontrolní geodetické měření úrovně dna části vodní nádrže Letovice

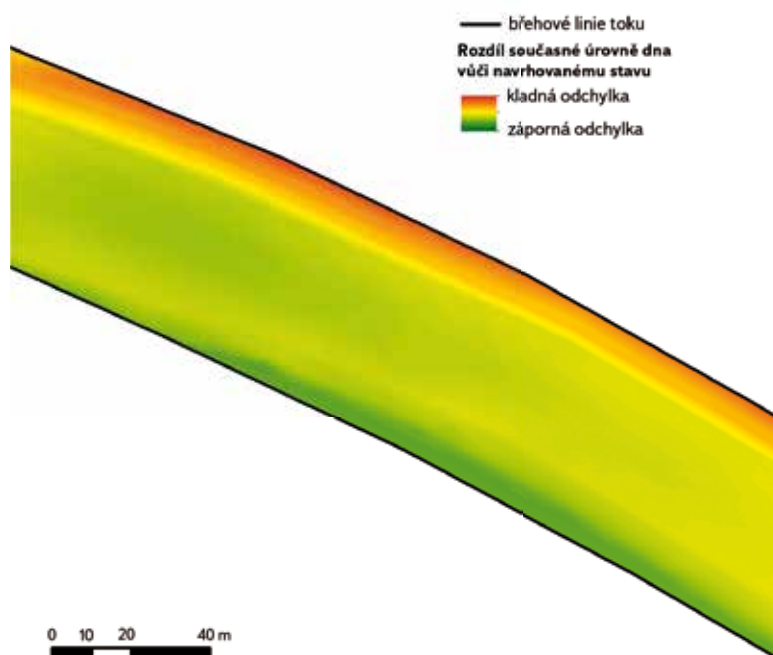
Fig. 9. Verification of the sonar measurement of a bottom in a near-shore zone at the Letovice Dam – geodetic measurement

VÝSLEDKY

Návrhový a současný stav dna

Popis změny morfologie dna vodních děl za účelem následného vyhodnocení dopadu na jejich funkce a posouzení vhodnosti a efektivity potenciálních zásahů vyžaduje znalost návrhového stavu, k němuž je vztahována současná úroveň dna. Vzhledem ke stáří a povaze situačních výkresů může být jejich digitalizace a správná lokalizace obtížná. Postup, který lze považovat za obecně správný a přesný, je popsán v metodice. Při praktickém zpracování konkrétních podkladů však místy vyvstaly určité problémy.

U historických situačních výkresů je často obtížné zjistitelné, v jakém souřadném systému byly vyhotoveny, což potvrzují i další autoři [12, 15]. Především u delších koryt toků v důsledku toho může docházet k deformaci georeferencovaného podkladu a k odchylování koryt, byť mírnému, od jejich skutečné polohy. Zejména na okrajích koryta proto mohou být při rozdílové analýze zaznamenávány zdánlivé prohlubně či elevace (obr. 10). K tomuto přistupuje i skutečnost, že původně projektované úpravy nemusely být realizovány v celém rozsahu (tzn. po celé délce a na obou stranách koryta). V případech, kdy průběh původního koryta byl velmi podobný průběhu koryta navrhovaného avšak nerealizovaného, může být obtížné rozhodnout, kterou z variant považovat za skutečný návrhový stav.



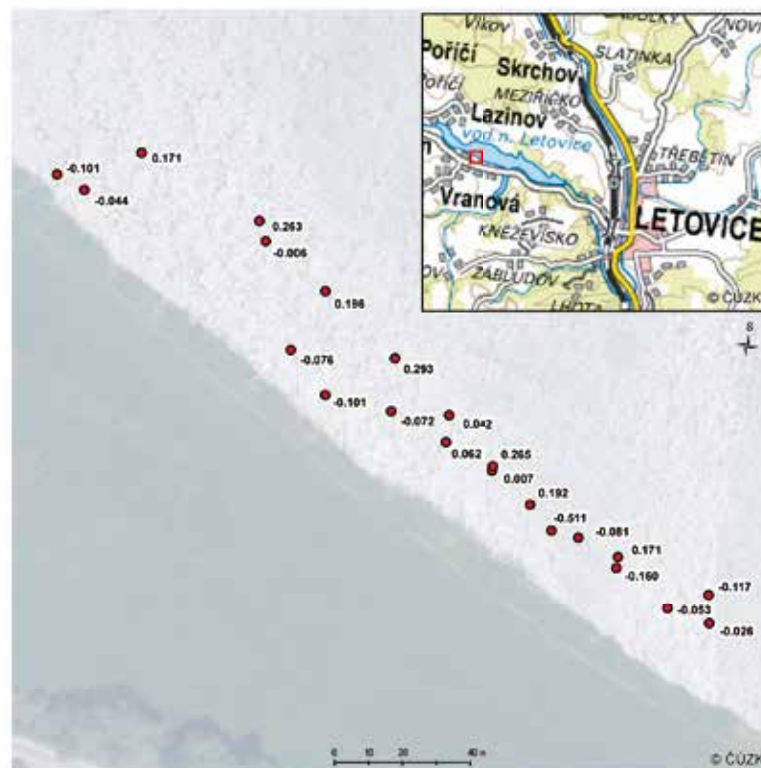
Obr. 10. Zdánlivé elevace a prohlubně na okrajích měřeného koryta způsobené vychýlením koryta při georeferencování situačního výkresu

Fig. 10. Apparent elevations and depressions at the edges of the river channel caused by the channel deviation when georeferencing the situational plan

Přesnou lokalizaci historických situačních plánů lze provést s pomocí důkladné rekognoskace konkrétního úseku. To představuje geodetické zaměření břehových linií, sklonů břehů, v ideálním případě i zaměření topografie dna. Podle nich je následně možné korektně umístit příčný profil a jedině tak lze určit, zda byla úprava koryta podle projektu provedena, případně v jakém rozsahu. Ani tento postup však nemusí vést k jednoznačnému výsledku. Břehy totiž mohou být za dlouhé období silně ovlivněny prorůstajícími kořeny stromů, erozí nebo dodatečnými změnami v opevnění, což se může projevit ve změně tvaru průtočných profilů. Přesto zůstává posouzení kombinace morfologických charakteristik koryta a následná manuální korekce umístění konkrétního příčného profilu jediným způsobem, jak provést jeho lokalizaci co nejpřesněji.

Přesnost echolokátoru

Využití sonaru jako spolehlivého zdroje dat bylo prezentováno v řadě prací věnujících se monitoringu dna a erozně-akumulačních procesů probíhajících v přírodních jezerech (např. [6, 10, 12]), vodních nádržích (např. [7, 8]) i vodních tocích (např. [11, 16]). V rámci této práce byla přesnost výstupů měření echolokátoru testována v pilotní lokalitě na vodní nádrži Letovice. Odchytky zaměřených úrovní dna jsou uvedeny na obr. 11, z něhož je patrné, že nepřevažují kladné ani záporné hodnoty, z nichž by bylo možné usuzovat na systematické pod- či nadhodnocování úrovně dna echolokačním měřením. Tuto nejednoznačnost je možné odůvodnit velkou členitostí dna, v důsledku které může nevýznamný posun měřné latě z důvodu obtížné dlouhodobé stabilizace plavidla vést k naměřením odchýlených hodnot [8]. Obecným problémem při hodnocení úrovně dna touto metodou je rovněž zrnitostní struktura zvodnělých sedimentů, projevující se jejich rozličnou tuhostí vůči spouštěné měřné lati. V případě měkkých sedimentů může docházet k jejímu zaboření do dna a zaměření větší hloubky oproti skutečné. Tento problém by bylo možné jistě alespoň částečně řešit opatřením měřné tyče zmíněnou plochou patkou.



Obr. 11. Výsledek porovnání nadmořských výšek v kontrolních bodech vůči úrovni dna zaměřeného echolokátorem v pilotní lokalitě VN Letovice poblíž obce Vranová

Fig. 11. Differential comparison of the altitudes from the verification measurement and the altitudes measured using the sonar in the near-shore zone of the Letovice Dam

Obecné hodnocení morfologických změn

Porovnáním současné úrovně dna s návrhovým stavem umožnilo identifikovat erozně-akumulační procesy probíhající ve vzdutí jezu v Kroměříži na řece Moravě. Z provedených měření jsou patrná především výrazná zahloubení dna podél konkávních břehů, kde maximální hloubky dosahují hodnot přes 7 m. Nápadné prohlubně se vyskytují také při vyústěních přítoků do hlavní trati a za mostními pilíři. V uvedených místech dochází ke vzniku turbulentního proudění, v němž je sedimentace unášených částic znemožněna. Obecně je však zřetelné, že převažujícím jevem je akumulace plavenin, což je způsobeno zpomalením proudění, a tedy sníženou transportní kapacitou toku v tomto úseku.

Uvedeným postupem je možné stanovit i konkrétní kubatury deponovaného materiálu. Vzhledem k výše uvedeným problematickým aspektům je však nutno nejprve všechny nejednoznačnosti odstranit. Posouzení potřebnosti případných zásahů však musí vycházet z podrobného vyhodnocení jednotlivých částí koryta, v nichž mohou probíhat odlišné, specifické, erozně-akumulační procesy. Z hlediska logistického je také nutno uvažovat, že skutečná kubatura sedimentů může být nižší z důvodu jejich zvodnění.

Poděkování

Článek vznikl v rámci zpracování projektu KUS QJ1520267 Systém řízení a údržby VH infrastruktury financovaného z prostředků Ministerstva zemědělství ČR.

Literatura

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- [3] Viadonau. Platina 2, Good Practice Manual on Inland Waterway Maintenance. Implementing the European Action Programme for the promotion of inland waterway transport (NAIADES 2), 2016.
- [4] SedNet European Sediment Network [online]. [cit. 30. 9. 2017]. Dostupné z: <http://sednet.org/>
- [5] MOORMAN, B.J. and MICHEL, F.A. Bathymetric mapping and sub-bottom profiling through lake ice with ground-penetrating radar. *Journal of Paleolimnology*, 1997, vol. 18, No. 1, p. 61–73.
- [6] WAPLES, J.T., PADDOCK, R., JANSSEN, J., LOVALVO, D., SCHULZE, B., KASTER, J., and KLUMP, J.V. High resolution bathymetry and lakebed characterization in the nearshore of Western Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 2005, vol. 31, p. 64–74.
- [7] KUBINSKÝ, D. a WEIS, K. Zmeny retenčního objemu v priestore vodnej nádrže (tajchu) Evička. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae*, 2013, roč. 21, č. 1, s. 18–26.
- [8] KUBINSKY, D., WEIS, K. a LEHOTSKÝ, M. Zmeny ekosystémov a retenčných charakteristik Belianskej vodnej nádrže a okolia. *Geografický časopis*, 2014, roč. 66, č. 2, s. 161–175.
- [9] WEIS, K. a KUBINSKÝ, D. Analýza zmien objemu Halčianskej vodnej nádrže vplyvom erózie jako podklad pre manažment v povodí. *Geografie*, 2014, roč. 119, č. 2, s. 126–144.
- [10] SILJEG, A., JURISIC, M., and MARIC, I. Bathymetric Measures of the Lakes Skradinski Buk. *Geodetski list*, 2016, vol. 70, No. 3, p. 231–252.
- [11] SOČUVKA, V. a VELÍŠKOVÁ, Y. Automatizované monitorovanie morfológie dna vodných tokov. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2014, roč. 16, tematické číslo, s. 108–113.
- [12] ZLINSZKY, A. and MOLNAR, G. Georeferencing the First bathymetric Maps of Lake Balaton, Hungary. *Acta Geodetica et Geophysica Hungarica*, 2009, vol. 44, No. 1, p. 79–94. DOI: 10.1556/AGeod.44.2009.1.8.
- [13] ZLINSZKY, A. and TIMÁR, G. Historic maps as a data source for socio-hydrology: a case study of the Lake Balaton wetland system, Hungary. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013, vol. 17, No. 11, p. 4589–4606. DOI: 10.5194/hess-17-4589-2013.
- [14] BEYER, T. Advanced methods for the stimation of an unknown projection from a map. *GEOINFORMATICA*, 2014, vol. 20, No. 2, p. 241–284. DOI: 10.1007/s10707-013-0200-4.
- [15] MOSSA, J. and MCLEAN, M. Channel planform and land cover changes on a mine driver floodplain. *Applied Geography*, 1997, vol. 17, p. 43–54.
- [16] LUKÁČ, M. a HOLUBOVÁ, K. Hodnotenie morfológického vývoja koryta Dunaja na úseku Sap – Szob. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2015, roč. 16, tematické číslo, s. 114–123.

Auťori

Mgr. Martin Caletka

✉ martin.caletka@vuv.cz

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

✉ pavla.stepankova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno

Příspěvek prošel lektorským řízením.

BOTTOM LEVEL ESTIMATION OF WATER MANAGEMENT INFRASTRUCTURES FROM HISTORIC PROJECT DOCUMENTATIONS

CALETKA, M.; STEPANKOVA, P.

TGM Water Research Institute, p. r. i., Branch Brno

Keywords: bottom — georeferencing — GIS — morphology — sediments — sonar — water management infrastructures

Monitoring and maintenance of water management infrastructure require knowledge of their reference state characterizing their design parameters. The reference state is derived primarily from the available project documentation, which is appropriately chosen to be converted to a digital model of the bottom terrain. The current level of the bottom is determined by means of sonar technology. Differential analysis of individual datasets, which will be stored in a specialized information system, will allow an efficient maintenance and monitoring.

The presented work summarizes the problematic aspects identified in the georeferencing of the digitalized historic situational plans, which can negatively influence the correct localization of individual parts of waterworks and subsequent analysis of morphological changes of the bottom. The accuracy of the sonar technology applied for measuring the level of the bottom is also assessed at a chosen study site.



Autoři VTEI

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ dana.baudisova@vuv.cz
www.vuv.cz



RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., je vedoucí oddělení Mikrobiologie vody ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1993. V roce 1988 ukončila obor Obecná biologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a v roce 2000 ukončila na téže fakultě doktorandské studium mikrobiologie. Zabývá se všemi aspekty mikrobiologie vody, především se zaměřením na hygienicky významné mikroorganismy, metody jejich stanovení a výzkum mikrobiálního znečištění, jeho zdrojů a eliminace. Poslední řešené projekty se týkaly výzkumu koupacích vod a stanovení asimilovatelného organického uhlíku v úpravárnách vod.

Mgr. Martin Caletka

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ martin.caletka@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Martin Caletka je pracovník oddělení Hospodaření s vodou ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2013. V roce 2013 dokončil magisterský stupeň studia oboru Fyzická geografie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. V současnosti je tamtéž studentem doktorského studijního programu a v rámci svého studia se zaměřuje na možnosti identifikace konvektivních cílů na radarových snímcích a modelování s využitím GIS. Podílí se na řešení projektů Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v ČR a Systém řízení a monitoringu vodohospodářské infrastruktury.

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ eduard.hanslik@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Eduard Hanslík, CSc., je zaměstnancem oddělení Radioekologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1959. V roce 1969 ukončil studium na Vysoké škole chemicko-technologické, Katedra technologie vody a životního prostředí a v roce 1981 obhájil vědeckou aspiranturu také na VŠCHT. Absolvoval hydrologický kurs UNESCO na Lomonosovově univerzitě v Moskvě. Zaměřil se na chování radioaktivních látek ve vodním prostředí. Od roku 2001 je hlavním cílem jeho prací hodnocení vlivu JE Temelín na hydrosféru. Sledoval kontaminaci životního prostředí v důsledku havárie jaderného reaktoru v Černobylu a atmosférických testů jaderných zbraní. Pozornost věnoval i možnostem odstraňování radioaktivních látek při úpravě vody, včetně plyného radionuklidu radonu 222. Podílí se na zabezpečení činnosti Radiační monitorovací sítě ČR. Odborně garantuje celostátní konference, např. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství (1978–2016). Řídí Subkomisi č. 4 Radiologické metody, která je součástí Technické normalizační komise č. 104. Podílí se na tvorbě ČSN a TNV. Dále je členem OS Odpadní vody a čištění vody ČVTVHS a International Union of Radioecology. Obsáhla je také publikační činnost v tuzemských i zahraničních časopisech, ale i řada odborných monografií.

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava

✉ tomas.micanik@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D., vystudoval Vysokou školu chemicko-technologickou v Pardubicích, obor Makromolekulárních látek. Do VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava nastoupil v roce 1993 jako pracovník hydrochemické laboratoře (organická stopová analýza) a řešitel výzkumných projektů. Od roku 1997 je vedoucím oddělení Ochrany jakosti vod. Zaměřuje se na problematiku nebezpečných látek v hydrosféře, metodickou a legislativní činnost pro tvorbu vodní politiky. V období 2003–2008 byl členem pracovních skupin Mezinárodní komise pro ochranu Odry před znečištěním se sídlem ve Wroclawi (Monitoring – fyzikálně-chemické aspekty, River basin management plan). Do současnosti byl řešitelem výzkumných projektů zaměřených na zjišťování a hodnocení emisí emergentních polutantů do vodního prostředí. Podílí se na přípravě metodických postupů v oblasti hodnocení stavu vod a na přípravě prováděcích právních předpisů a norem.

Rozhovor s odborníky na téma ochranných pásem vodních zdrojů

Rozhovor se zabývá rozбором aktuální situace v oblasti dnes často diskutovaných ochranných pásem vodních zdrojů. Otázky zodpovídají odborníci Ing. Jiří Novák z Vodárenské akciové společnosti, a. s., v Brně a Ing. Petra Oppeltová, Ph.D., z Mendelovy univerzity v Brně.

Jak byste stručně zhodnotili současnou situaci v oblasti ochranných pásem vodních zdrojů v České republice?

Úvodem chceme připomenout především význam ochranných pásem vodních zdrojů (dále jen OP). Jde o tzv. preventivní, ale také o speciální ochranu vodních zdrojů, což je nadstavba nad ochranou obecnou (zákonnou, která platí vždycky, všude a pro každého) a zvláštní (například CHOPAV, zranitelné oblasti). Obecně je tento institut často podceňován a současně rovněž nedoceněn. Preventivní ochrana má působit v povodí vodních zdrojů a předcházet/řešit příčiny ohrožení či znečištění vodních zdrojů, nikoli až důsledky. Je třeba vnímat, že její stanovení i účinnost jsou z vlastního principu náročné a poněkud zdoluhavé, ale o to více je v důsledku účinnější a dlouhodobá.

V době, kdy v procesu stanovení této ochrany vodních zdrojů byly zapojeny hygienické orgány a platila „Směrnice č. 51/1979 Hygienických předpisů“ z 1. 9. 1979, došlo ke stanovení OP (resp. pásem hygienické ochrany – PHO, což byl pouze jiný výraz pro stejný účel). Zhruba v 80. letech minulého století byla tato ochrana stanovena u většiny tehdy využívaných vodních zdrojů v ČR a velmi často platí až do současné doby.

Za uplynulé období došlo k řadě změn ve vodohospodářských předpisech, změnila se koncepce ochrany vodních zdrojů. Rovněž je důležité si uvědomit, že stanovením OP tento proces nekončí, ale v podstatě začíná: jsou nastavena pravidla, ta by se měla dodržovat a vše vyhodnocovat. Velmi důležitá je také kontrola dodržování nastaveného režimu v OP. Stručná odpověď na tuto otázku tedy zní: budme vděční za to, že využívané vodní zdroje mají nějakou preventivní ochranu stanovenou. Je však třeba ji tzv. optimalizovat a OP přizpůsobit současné koncepci ochrany vodních zdrojů, platným vodoprávním předpisům, lokálním poměrům a celkově dnešním podmínkám.

Zastaralá a neaktuální legislativa, neexistence metodického postupu pro tvorbu a změny OP. Podle čeho tedy vlastně postupují subjekty, které se vymezováním a změnou OPVZ zabývají (resp. mají tuto povinnost)?

Jak je výše zmíněno, došlo průběžně k řadě legislativních změn. Není předmetem odpovědi je všechny vyjmenovávat, ani hodnotit jejich kvalitu (stejně jako v jiných oblastech se některé právní předpisy mohou povést lépe a některé o něco hůře). Z dlouholeté praxe a zkušeností lze zodpovědně říci, že v této oblasti je v ČR poměrně slušné legislativní prostředí na to, aby se dařilo pečovat o vodní zdroje využívané a dnes i využitelné. Samozřejmě vývoj jde dále a je třeba i na právních předpisech neustále pracovat.

V otázce je zmíněna zastaralá a neaktuální legislativa – tím je pravděpodobně myšlena dnes již překonaná vyhláška MŽP č. 137/1999 Sb. Ta je skutečně neúčinná, nepotřebná, nepoužitelná, byla vydána k dnes již neplatnému zákonu o vodách z roku 1973 a mnohdy je v rozporu se současným vodním zákonem. Zde by měl ústřední vodoprávní úřad pro ochranu vod (MŽP) skutečně přidat na aktivitu (případně vyhlášku alespoň zrušit), ale je třeba pracovat s citem, aby se situace, v některých ohledech, spíše nezhoršila. I za tohoto stavu je však v praxi možné východisko – zákon (vodní zákon) má vyšší právní sílu než prováděcí předpis, tedy popsání situace přímo nebrání procesu stanovení

nebo změny OP. Problematika vyhlášky č. 137/1999 Sb. byla mimo jiné diskutována na odborném semináři Ochranná pásma povrchových zdrojů pitné vody, pořádaném ČVTVHS v Praze dne 20. 12. 2016. Na základě diskusí odborníků na toto téma byl vytvořen dokument, ve kterém jsou shrnuty nejpálčivější problémy včetně návrhů řešení, a tento dokument byl odeslán na ústřední vodoprávní úřady, tj. Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství.

Výše zmíněná směrnice č. 51/1979 byla určitým návodem a byla v praxi využívána. Z jedné strany šlo o velmi dobrou pomůcku zpracovatelům návrhů dokumentací pro OP, na straně druhé však paušalizovala OP podle jednotlivých stupňů a vůbec nebrala ohled na široké spektrum místních podmínek. Směrnice byla bez náhrady zrušena. Navrhování OP (rozsahu i podmínek v nich) byla a nadále je vysoce odborná práce, a pokud odbornost nechybí, absence metodik obecně není zásadním problémem. Zároveň je třeba zdůraznit, že pro některé oblasti související s OP vodních zdrojů by podrobná metodika byla přínosem. To se týká především problematiky finančních kompenzací hospodářským subjektům v OP (problematika náhrad).

Jak se v takto nesourodém prostředí pohybují při vymezování OPVZ vodoprávní úřady?

Ve vodním zákoně je uvedeno, že OP stanoví vodoprávní úřad. Samozřejmě musí mít k dispozici dostatečně obsáhlý a odborně zpracovaný podklad – návrh dokumentace pro stanovení nebo změnu (ale i zrušení) OP. Ale i tento úřad musí mít odpovídající odbornost. Situace tedy může být odlišná i podle úrovně vodoprávních úřadů. Jde proto o spolupráci mezi provozovateli infrastruktury, zpracovateli návrhů dokumentací a vodoprávními úřady, a je-li zájem o takovou spolupráci a hlavně o docílení odpovídajícího výsledku, optimalizace ochrany vodních zdrojů je možná a také i úspěšná.





Jaké jsou Vaše zkušenosti z praxe se současným přehodnocováním OPVZ?

Na rozdíl od období po roce 1980 (kdy vešla v platnost směrnice č. 51/1979 a tehdejší ústřední vodohospodářský orgán – Ministerstvo lesního a vodního hospodářství – MLVH stanovil termín pro provedení revizí OP) není žádná takové ustanovení v současném vodním zákoně uvedeno. Ke změnám – k optimalizacím OP tedy nedochází ze zákonné povinnosti, případně v časovém stresu pro dodržení termínu, ale z praktické potřeby a z konkrétních místních poměrů a důvodů. Nemusí se tedy vyloženě spěchat, avšak podle našeho názoru není vhodné tento proces zbytečně oddalovat.

Optimalizací OP se např. předejde některým zbytečnostem, především v těch částech povodí vodních zdrojů, které v rámci plošných OP (tj. kdy celé povodí vodního zdroje bylo zahrnuto do některého stupně OP) nebylo nutné do speciální ochrany zahrnovat, a hospodařící subjekty tak mohly být omezovány i zbytečně, případně může docházet následně ke zbytečným problémům ohledně náhrad v OP. Naopak je možné a žádoucí při nynější změně OP jejich posláním skutečně optimalizovat – tím je myšleno stanovit tento typ ochrany tam, kde skutečně pomůže ochránit vodní zdroj co do kvality i množství vody, a to v potřebném a požadovaném rozsahu. V takovém případě je třeba počítat i s možností poskytování náhrad za prokázané omezení užívání pozemků, popř. i staveb v OP podle současného znění vodního zákona.

Vodárenská akciová společnost, a. s., (dále jen VAS) v současnosti provádí tyto změny OP. Není vytvořen žádný harmonogram, pořadí ani termíny pro jednotlivé provozované vodní zdroje. Podle potřeby, a to jak ze strany provozovatele, případně i vlastníka infrastruktury, ale také obcí, hospodařících subjektů apod., se operativně přistupuje ke změnám dříve stanovených OP.

Každá významná legislativní změna, např. při změně koncepce OP z ochrany celoplošné na ochranu zonální (rok 1998 – novela zákona o vodách) nebo změna způsobu stanovení OP nikoliv již rozhodnutím, ale opatřením obecné povahy vodoprávního úřadu (rok 2010 – jedna z novel vodního zákona) plynulost provádění změn OP vždy na určitý čas zpomalila nebo dokonce zastavila. Jednalo se o to, než se získají zkušenosti, objeví nově vydané vodoprávní dokumenty atd. – než tedy dojde k nové konfrontaci mezi zainteresovanými stranami v procesu stanovení (změny) OP.

Situace kolem OPVZ velkých nádrží bývá někdy dosti problematická – jaký je aktuální stav na víceúčelové nádrži Vranov s vodárenským odběrem pro více než 80 tis. obyvatel?

Ochranná pásma velkých nádrží – jde především o OP vodárenských nádrží – jsou vodní díla, jejichž účelem je prioritně zajištění zásobování pitnou vodou. Tyto vodárenské nádrže mají mezi povrchovými vodami specifické postavení a to mj. spočívá i v tom, že potřebné vodoprávní procesy, včetně stanovení (změn, popř. zrušení) OP, zajišťují státní podniky Povodí. Provozovatelé vodárenské infrastruktury s nimi samozřejmě i v této oblasti spolupracují, nejsou však „nositeli tohoto úkolu“. V naší oblasti se jedná o Povodí Moravy, s. p., které změny OP svých vodárenských nádrží průběžně provádí.

Víceúčelová vodní nádrž Vranov s vodárenským odběrem není vodárenskou nádrží, proto Povodí Moravy, s. p., nezajišťuje změnu OP tohoto významného a nenahraditelného vodního zdroje povrchové vody. Nositelem povolení k odběru vody je vlastník infrastruktury – Vodovody a kanalizace, dobrovolný svazek obcí se sídlem v Třebíči, pro kterého tuto činnost i jeho povinnosti zajišťuje ve smyslu provozní smlouvy provozovatel – VAS. V současné době právě probíhá změna OP stanovených v roce 2000. Vzhledem k víceúčelovosti vodní nádrže, k řadě činností, které zde probíhají, a k celkové složitosti specifických místních podmínek jde o proces skutečně náročný a dlouhotrvající. Protože jde o jediný případ co do rozsahu, kapacity zdroje v rámci ČR, nelze problematiku jinde konzultovat, případně se učit podle jiných vodoprávních řízení ke zmíněné problematice.

Je podle Vás reálné provedení přehodnocení všech OPVZ na našem území v nějakém rozumném časovém horizontu? A má cenu se vůbec do tohoto procesu zapojit, když legislativní prostředí není aktuální a stabilní? Jak tedy nyní dál v oblasti OPVZ?

Na tyto otázky bylo v podstatě již výše odpovězeno. Ochranná pásma vodních zdrojů jsou nezbytná, důležitá a skutečně účinná. Tak jak se mění společenské, hospodářské, ale i hydrologické a klimatické poměry, musí se současně (možná někdy i v předstihu) měnit související legislativa. Pokud k tomu přibude i kladný přístup všech skutečných aktérů v procesu stanovení či změny OP – viz výše, určitě bude možné zaznamenat úspěšné výsledky. Zároveň musíme zmínit i fakt, že je zcela nezbytné, aby byla podle platné legislativy především dodržována obecná a zvláštní ochrana vod.

Ústřední vodoprávní úřady by měly připravovat potřebnou a odpovídající legislativu, musí ale vycházet z potřeb – názorů praxe. Všichni musí mít na mysli zásadní prioritu – zajistit vhodné, perspektivní, kvalitní a dostatečné vodní zdroje nejen pro současné obyvatelstvo, ale i pro budoucnost, neboť v případě kvalitní pitné vody se jedná o rozhodující a pravděpodobně i strategické médium. A tohoto nelze dosáhnout bez správně stanovených a dodržovaných – tedy účinných OP.

Ing. Robert Kořínek, Ph.D.



Největší řekou v Moldavsku je Dněstr, jeho mohutnost dokládá snímek od obce Gura Bicului

Odvádění a čištění odpadních vod v Moldavsku – současný stav a perspektivy



SOUHRN

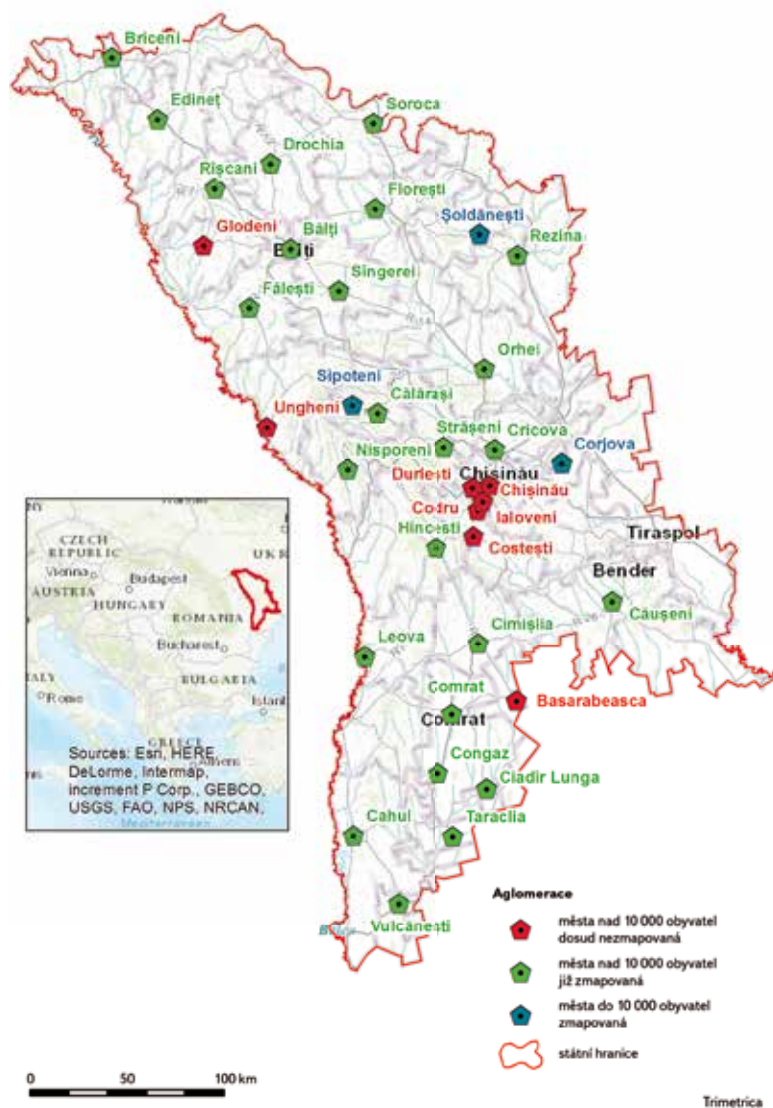
Článek přináší základní informace o současném stavu odkanalizování a čištění odpadních vod v Moldavsku. Tyto údaje jsou shrnutím poznatků z průzkumu jednotlivých lokalit (zpravidla měst nad 10 000 obyvatel) provedeného v rámci projektu zahraniční rozvojové spolupráce ČR. Cílem projektu Harmonizace legislativy se směrnicí EU pro správu odpadních vod financovaného Českou rozvojovou agenturou je pomoc moldavské státní správě s vymezením aglomerací a citlivých oblastí podle evropské směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

Ve většině z 28 dosud navštívených měst se sice nacházejí čistírny odpadních vod, řada z nich však pochází ještě ze sovětské éry a nebyla nikdy modernizována. Některé čistírny nejsou provozovány vůbec, slouží pouze k pasivnímu vyhnívání odpadních vod, jiné fungují jen s velkými provozními obtížemi. Úroveň provozování starých, rekonstruovaných i nových čistíren leckdy souvisí více s odbornou úrovní provozovatele než s jejich stářím. Požadavkům směrnice dosud nevyhovuje ani rozsah sledování množství a kvality přitékajícího a vypouštěného znečištění. Nejčastěji jsou k dispozici pouze rozbory čtyř prostých vzorků přítoku a odtoku ročně. K dosažení vyhovujícího čištění odpadních

vod od obyvatel velkých měst bude nutné zrekonstruovat nebo nově vybudovat velké množství čistíren, sanovat stávající kanalizace a postavit stovky kilometrů nových kanalizačních řadů, což se kromě velkých investic neobejde bez široké osvěty a zefektivnění evidence dat. Vzhledem ke dlouhé tradici obchodních vztahů a dobrému jménu, kterému se ČR a české firmy v Moldavsku těší, je tato dnes chudá země perspektivním cílem rozvojové spolupráce.

ÚVOD

Moldavsko se rozkládá na ploše 33 843 km² mezi Rumunskem a Ukrajinou na pruhu dlouhém 320 km a širokém 100 km, v zásadě mezi řekami Prut a Dněstr. Mírně zvlněná krajina (nejvyšší bod 430 m n. m.) je protkána přítoky obou uvedených řek. Vzhledem k nízkému srážkovému úhrnu (400 mm na jihu až 560 mm na severu) a dlouhému a teplému létu se většina malých říček během roku potýká s nízkými průtoky nebo, zejména na jihu, částečně vysychá. Na většině toků jsou mělké nádrže, které sloužily hlavně k zavlažování, někde i k chovu kaprovitých ryb. Na zemědělské půdě tvořené kvalitní černozemí se pěstuje hlavně pšenice, kukurice, víno a jablka. Převážně listnaté lesy tvoří pouhých 6 % plochy.



Moldavsko získalo samostatnost po rozpadu Sovětského svazu v roce 1991. V důsledku společenských změn v zemi zanikla většina průmyslových závodů (především potravinářských), které byly orientovány na dodávky v rámci Sovětského svazu. V Moldavsku podle různých zdrojů žijí 3,5 až 4 miliony obyvatel a jejich počet stále klesá. Odhaduje se, že nejméně 500 000 občanů odešlo za prací do zahraničí, odkud domů posílají peníze tvořící až 40 % hrubého domácího produktu země. Protože se jedná o práceschopné lidi, trpí Moldavsko demografickou krizí, citelnou zejména v menších městech a na venkově. Hlavním jazykem je rumunština, v některých oblastech země se však mluví převážně rusky a ruština je v zásadě univerzální dorozumivací jazyk, zatímco anglicky se domluví jen někteří mladší lidé především v hlavním městě Kišiněvě. Země usiluje o vstup do Evropské unie, zároveň má však silné vazby k Rusku, způsobené nejen početnou ruskou menšinou. Při pobytu v Moldavsku tak můžeme vidět jak evropské vlajky vyvěšené u mnoha institucí zároveň s moldavskými, tak i sochy V. I. Lenina na náměstích. Autonomní oblast Gagauzie s tureckou menšinou na jihu země je funkční součástí Moldavska. Naopak oblast Podněstří ležící především na levém břehu Dněstru a „střežená“ vojsky 14. ruské armády je díky finanční a materiálové pomoci z Ruska fakticky na Moldavsku nezávislá, byť není mezinárodně uznána.

Moldavská republika je v současnosti ekonomicky nejchudší zemí Evropy a patří mezi šest „prioritních partnerských zemí“ zahraniční rozvojové spolupráce České republiky. V posledních letech přitom od nás míří do Moldavska nejvyšší podíl podpory (72,6 mil. Kč v roce 2016) alokovaný mezi prioritní země. V popředí českého zájmu obecně stojí sektor vody a sanitační (odkanalizování). Projekty, na nichž se podílejí české firmy, se zaměřují na rekonstrukce čistíren odpadních vod, sanace starých ekologických zátěží a průzkum zdrojů pitné vody.

V oblasti odvádění a čištění odpadních vod Moldavsko zavádí do svých národních předpisů evropskou směrnici 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Požadavky této směrnice již byly začleněny do moldavského vodního zákona a prováděcích předpisů, v praxi se však prosazují jen postupně. Moldavské Ministerstvo životního prostředí (od léta 2017 po spojení tří rezortů Ministerstvo zemědělství, místního rozvoje a životního prostředí) pocítovalo potřebu pomoci s použitím pojmů aglomerace a citlivá oblast, požádalo proto o spolupráci Českou republiku. Po prvním seznámení s problematikou v roce 2015 tak vznikl projekt zahraniční rozvojové spolupráce Harmonizace legislativy se směrnicí EU pro správu odpadních vod, který řeší Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., a financuje Česká rozvojová agentura. Projekt byl zahájen v září 2016 a skončí v prosinci 2018. Partnerem projektu je moldavské Ministerstvo zemědělství, místního rozvoje a životního prostředí. Významná je spolupráce se Státní ekologickou inspekcí, která pro řešitele zajišťuje návštěvu jednotlivých čistíren odpadních vod a jednání s vlastníky a provozovateli kanalizací. Inspekce vydává povolení k provozu čistíren a vypouštění odpadních vod a zároveň provoz kontroluje, takže její pracovníci mají nejlepší přehled o aktuálním stavu.

V oblasti týkající se vymezování aglomerací je projekt zaměřen na města (aglomerace) nad 10 000 obyvatel, kterých je v Moldavsku podle nejnovějších statistik 31 (nejsou zahrnuta města v Podněstří). Cílem této části projektu je nejen navrhnout vymezení aglomerací, ale zároveň shrnout současný stav odkanalizování a čištění odpadních vod a investiční potřeby k dosažení plného napojení obyvatel měst na kanalizaci a vyhovujícího čištění těchto vod. V rámci našich šetření jsme dosud navštívili 28 měst. Nebyla zpracována ještě tři města a aglomerace Kišiněva, zahrnující několik měst, jejichž odpadní vody jsou odváděny do společné čistírny odpadních vod v Kišiněvě. Prezentované výsledky je proto třeba vnímat jako předběžné, nicméně vystihující situaci.

VLASTNICKÉ POMĚRY V OBORU

Vodovody a kanalizace jsou v Moldavsku v majetku jednotlivých měst. Provozovatelem je nejčastěji městem zřízený podnik Apa-Canal (Voda a kanalizace), případně místní podnik zajišťující kromě provozu vodovodu a kanalizace i jiné veřejné služby. Podniky Apa-Canal vznikly transformací původně státního podniku a dodnes mají sdružení sloužící k výměně zkušeností, jakousi obdobu českého SOVAKU.

Se soukromým provozovatelem jsme se setkali pouze ve druhém největším městě Bălți (123 000 obyvatel). Nutno říci, že stará čistírna v tomto městě je dobře provozována a postupně opravována a vylepšována.

STAV ODVÁDĚNÍ ODPADNÍCH VOD

V menších městech a zejména na venkově jsou v Moldavsku dosud běžné suché záchody a do domů není zavedena pitná voda. V takových místech je problematické vůbec hovořit o produkci odpadních vod.

V moldavských městech byly historicky budovány splaškové nebo oddílné kanalizace. Až na naprosté výjimky se nesetkáváme se společným odváděním a čištěním splaškových a srážkových vod. Někteří provozovatelé uváděli zvýšení

průtoku odpadních vod ve splaškové kanalizaci o cca 10 až 20 % v době dešťů v důsledku pronikání srážek např. nevhodnými šachtami na ulicích. Častým překvapením byla velká hloubka hlavních kanalizačních řadů (až 10 metrů pod úrovní terénu), která znesnadňuje jejich opravy a vyžaduje značné náklady na čerpání odpadních vod.

Rozsah vybudování kanalizace se v jednotlivých městech pohybuje od 0 do 100 %, připojeno na kanalizaci je 0 až 80 % obyvatel. Průměrně je v již zmapovaných městech napojeno na kanalizaci asi 55 % obyvatel. Nejnížší hodnota patří obci Congaz (12 500 obyvatel) na jihu země, podle místních největší obcí v Evropě, která není městem. Stará kanalizace pouze pro bývalý vojenský objekt je již zcela nefunkční. Nově zde bylo vybudováno prvních 150 metrů stoky, na níž zatím není nikdo napojen. Úplně je vybudována kanalizace v jiném městě na jihu Ciadîr Lunga (19 000 obyvatel), kde však byla dokončena teprve nedávno s využitím úvěrů od mezinárodních institucí a majitelé nemovitostí začínají budovat své přípojky, proto je napojenost nižší, jen asi 51 % obyvatel.

Kanalizace byla budována především v soustředěné zástavbě s bytovými domy, mnohem méně v ulicích s rozvolněnější zástavbou rodinných domů. Údaje o délce kanalizace potřebné k umožnění napojení všem obyvatelům města byly zjišťovány od provozovatelů. Někteří uváděli přesné údaje na základě připravených studií proveditelnosti a rozpracovaných projektů, jiní délku pouze odhadovali. V několika případech byla potřeba odhadnuta pouze na základě údajů o délce stávajících vodovodů a napojenosti obyvatel na něj. Tímto způsobem bylo odhadnuto, že kanalizace v již vyhodnocených městech je vybudována průměrně ze 45 % a k dokončení stokových sítí v těchto městech bude potřeba vybudovat ještě nejméně 1 300 km stok.

Investice do stokové sítě se však nemohou omezit pouze na budování nových stok, nutné budou i rekonstrukce části stávajících sítí. Řada provozovatelů má k dispozici tabulku s rozpisem délky stok různých materiálů a průměrů, jiní mají pouze obecnou představu o své síti. Použity jsou kameninové, azbestocementové, betonové, litinové i plastové trubky. Ve většině případů provozovatelé udávají velké množství poruch na síti, nejčastěji čištění ucpaných řadů. Takové poruchy se v jednotlivých městech vyskytují často několikrát denně.

Občas jsme slyšeli až neuvěřitelné zprávy, co vše provozovatelé našli v ucpaných stokách, které svědčí o občasné nekázní uživatelů stokové sítě. Podobně by však mohli vyprávět i čeští provozovatelé.

Kanalizace v moldavských městech jsou gravitační s čerpacími stanicemi rozloženými podle konfigurace terénu (standardem je centrální čerpací stanice doplněná podle potřeby dalšími stanicemi). Čistírny odpadních vod byly tradičně umístovány na kopci za městem, neřídko na druhém břehu recipientu. Do čistírny tak musí být odpadní vody čerpány přes značné převýšení. Toto řešení podstatně zvyšuje výdaje na nakládání s odpadními vodami. Jeden z provozovatelů uvedl, že náklady na čerpání vody do čistírny jsou vyšší než na její čištění (jde však o starý skrápěný biofiltr, který má nízké nároky na elektrickou energii).

STAV ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

U většiny měst nad 10 000 obyvatel se nacházejí staré čistírny odpadních vod ze sovětské éry. Specifický je případ měst Soroca (28 000 obyvatel) a Rezina (11 000 obyvatel), která vypouští odpadní vody přímo do Dněstru, přestože čistírnu původně měla. V případě města Soroca však čistírna leží na Ukrajině, stará rezinská čistírna se nachází v Podněstří (a nová čeká po vyhodnocení první fáze zkušebního provozu na stavební úpravy). Čištěny nejsou rovněž vody z města Strășeni (18 000 obyvatel), které byly původně čerpány asi 20 km do Kišiněva. Výtlač však není z finančních a technických důvodů provozován a odpadní vody jsou tak vypouštěny do rozsáhlých rákosin podél řeky Bîc.

Typická stará moldavská čistírna má k dispozici velký pozemek (často několik hektarů). Zahrnuje ručně čištěné česle, lapáky písku (k jejich čištění se většinou využívá vypouštění písku ze dna gravitačně na písková pole), usazovací nádrže s odděleným usazovacím a kalovým prostorem, biologický stupeň, dočišťovací biologické rybníky a dezinfekci chlorací. Biologický stupeň tvoří buď aktivace s kruhovými dosazovacími nádržemi (často na pohled menšími než plocha usazovacích nádrží), nebo skrápěné biofiltry – kruhové se Segnerovým kolem nebo obdélníkové s jiným způsobem rozstřiku odpadní vody.

Usazovací nádrž v ČOV Cahul představuje typickou sovětskou konstrukci





V Comratu je aktivace zcela odstavena a aerační systém nelze provozovat bez zásadní rekonstrukce

V důsledku společenských změn – zániku průmyslu, odchodu významné části obyvatel a v neposlední řadě vybírání stočného – významně pokleslo množství odpadních vod vypouštěných do kanalizace a přitékajících do čistíren. Nalezli jsme čistírny, které jsou nyní hydraulicky zatěžovány i na méně než 10 % původní kapacity. To umožnilo některým provozovatelům většinu čistírny odstavit a provozovat pouze část zařízení. Průměrné aktuální zatížení oproti projektové hodnotě dosahuje 34 %. U žádné čistírny provozovatel neuvedl vyšší hydraulické zatížení oproti projektu, přestože reálně jsme viděli situace, které lze vysvětlit jen látkovým přetížením biologického stupně.

Významným provozním problémem je energetická náročnost starých čerpadel a dmychadel. Vysoké náklady spojené s provozem vedly k tomu, že po rozpadu Sovětského svazu byly mnohé čistírny zcela odstaveny a neprovozovány. V některých městech je tomu tak i v současnosti a někde se provozovatel snaží zajistit činnost aspoň mechanického stupně. Nejsou výjimkou případy, kdy je provzdušňování v biologickém stupni spuštěno zřejmě pouze po dobu kontroly či návštěvy. Chlorace nedostatečně vyčištěných odpadních vod, která je v některých lokalitách dosud provozována, je spíše škodlivá pro následné samočištění vod v recipientu. Významně také zvyšuje tvorbu nachlorovaných organických látek, vedlejších produktů reakce chloru a širokého spektra organických látek, z nichž některé jsou karcinogenní.

Při místních šetřeních jsme viděli i modernizované čistírny. Z české rozvojové pomoci bylo několik starých čistíren vybaveno novými dmychárnami (města Leova a Hincești) a několik čistíren bylo přestavěno na technologii SBR (města Nisporeni, Cimișlia a Vulcănești). Ve městě Edineț (18 000 obyvatel) jsme viděli čistírnu rekonstruovanou s dánskou pomocí, kde byla do stávajících velmi zchátralých objektů osazena nová strojní zařízení mechanického stupně, aktivace byla

zrušena a bývalé plynojemy byly přestavěny na skrápěné biofiltry. Ve městě se však obnovil provoz dříve zavřených konzervářských podniků a rekonstruovaná čistírna je nyní zásadně přetížena (přestože dostupné údaje o průtoku a rozboru přitékající vody toto tvrzení nedokládají). Ve dvou městech (Rezina a Călărași) se nacházejí nové kontejnerové čistírny rumunské konstrukce, které zahrnují i dezinfekci vod UV zářením, obě však v době naší návštěvy nefungovaly – Rezina z důvodu již zmíněných stavebních úprav mechanického stupně a Călărași v důsledku látkového přetížení odpadními vodami z výroby vína v době vrcholící kampaně v místním podniku. Na dvou místech (město Drochia se 17 000 obyvateli a menší město Sipoteni se 7 500 obyvateli) jsme se setkali s aktivačními čistírnami s membránovou separací kalu. Ve městě Drochia je na nové membránové čistírně čištěna jen polovina přitékajících vod, pro druhou polovinu se užívají staré skrápěné biofiltry. Podle provozovatele jsou náklady na provoz nové čistírny čtyřnásobné oproti staré lince. Ve městě Orhei (21 000 obyvatel) byla italskou firmou vybudována nová rozlehlá kořenová čistírna odpadních vod (5 hektarů kořenových polí). Protože ve městě působí konzervárna, provozovatel se obával ucpání filtračních polí nerozpuštěnými látkami z těchto odpadních vod, proto do nové ČOV pouští pouze polovinu odpadních vod z města a druhou polovinu spolu s průmyslovými vodami čistí na staré čistírně se skrápěnými biofiltry. I v modernizovaných čistírnách se však lze setkat s neočekávanými řešeními. Příkladem mohou být zmodernizované lapáky písku, z nichž se po odstavení písek vykopává ručně a vynáší v kbelících po žebříku. Obdobně jsou čištěny lapáky písku i v kišiněvské čistírně.

Kalové hospodářství je až na několik málo výjimek velmi extenzivní. Kal, jehož produkce je leckdy výrazně nižší oproti předpokladům, je vypouštěn na kalová pole, z nichž je v lepším případě po vyschnutí vyhrnován na hromady.



V Nisporeni byla stará čistírna přestavěna s českou podporou na technologii SBR

V řadě lokalit se kal od počátku provozu čistírny pouze shromažďuje v kalových polích a nikdy nebyl vyvážen. Provozovatelé očekávají, že za kal budou odběratelé platit, případně ho odeberou zadarmo. Strojní odvodnění přebytečného kalu je instalováno pouze výjimečně. Velmi nás překvapila situace v jedné zmodernizované funkční čistírně, kde provozovatel demontoval potrubí přebytečného kalu z aktivace na kalová pole, aby ho někdo neukradl. Instaluje ho pouze v případě potřeby odkalení, což má být jen jednou ročně.

SLEDOVÁNÍ PROVOZU ČISTÍREN

V rámci projektu se snažíme spočítat velikost jednotlivých aglomerací vyjádřenou jako počet ekvivalentních obyvatel. Přesnost výpočtu však limituje dostupnost údajů.

Kromě několika velmi moderních čistíren, v nichž jsou osazeny indukční průtokoměry, se v Moldavsku množství odpadních vod přímo v čistírně neměří. Provozovatel nejčastěji zjišťuje množství odpadních vod nepřímo podle spotřeby elektrické energie v centrální čerpací stanici. Nejsou výjimečné ani případy, kdy je množství odpadních vod odvozováno pouze od spotřeby pitné vody u odběratelů napojených na kanalizaci, takže nelze ani orientačně uvažovat o případném podílu balastních vod na celkovém průtoku.

Produkce odpadních vod na jednoho obyvatele vypočtená z dostupných údajů se pohybuje (po odečtení vod z průmyslu a služeb) v širokém rozmezí od 18 do 235 litrů na obyvatele a den (druhá nejvyšší hodnota však dosahuje 126 litrů na obyvatele a den). Průměrná hodnota 79 litrů na osobu a den není potom vybočující údaj.

Provozovatel si musí objednat rozborů odpadních vod u laboratoří spadajících do resortu životního prostředí (jsou v Kišiněvě, na severu v Bălți a na jihu v Cahulu), případně u hygienických laboratoří. Obvykle jsou provedeny 4 vzorky ročně, v některých lokalitách 12 vzorků ročně. Odebírán je pouze prostý vzorek. U některých větších čistíren dosud fungují provozní laboratoře vybudované v sovětské éře, v nichž se provádějí rozborů denně. Evropská směrnice 91/271/EHS vyžaduje u čistíren sledované velikosti provedení dvanácti 24hodinových vzorků. K naplnění tohoto požadavku v Moldavsku bude nutné posílit kapacitu laboratoří a dovybavit je vzorkovací technikou.

V rozborech přítoku jsme nezhledka nacházeli na naše poměry neobvyklý poměr $CHSK_5 : BSK_5$ 4 : 1 a leckdy i neobvykle vysoké koncentrace amoniakálního dusíku. Tento jev se nám nepodařilo zcela vysvětlit, uvažujeme o částečném vyhánění vod v kanalizaci před přítokem do čistírny. S jistým nadhledem lze konstatovat, že charakter odpadních vod stejně jako aktivovaného kalu je odlišný od českých zvyklostí. Kvalitě, natož biologické analýze kalu není často věnována odpovídající pozornost, například půlhodinovou sedimentační zkoušku provádějí jen nemnozí provozovatelé.

Zcela jednoduché není ani zjištění počtu obyvatel žijících v aglomeracích. Vycházeli jsme ze statistických údajů, leckde jsme však byli upozorněni, že skutečný počet obyvatel je výrazně nižší, protože významná část občanů do města přijíždí například pouze na svátky. V několika lokalitách naopak místní uváděli vyšší počet skutečně přítomných obyvatel, než vyplývá ze statistik.

Ze zjištěných průtoků a přítokových koncentrací BSK_5 jsme vypočetli počet ekvivalentních obyvatel připojených na čistírnu a po přičtení počtu obyvatel nenapojených na kanalizaci jsme stanovili velikost aglomerace. Takto zjištěná velikost je obvykle nižší než počet obyvatel. V dosud navštívených městech žije podle dostupných údajů 568 600 obyvatel, z provozních dat jsme však vypočetli jejich velikost celkem 403 300 ekvivalentních obyvatel.

FINANCOVÁNÍ VÝSTAVBY KANALIZACÍ A ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Stočné se podle zjištěných údajů pohybuje od 1,60 lei/m³ do cca 20 lei/m³ (průměrný příjem zaměstnance činí asi 3 000 lei, tj. cca 4 000 Kč měsíčně). Pro veřejné instituce a firmy je tarif vyšší. Prakticky ve všech lokalitách jsme se dozvěděli, že platby nestačí na investice, ale zvýšení stočného není možné buď z důvodu cenové regulace, nebo únosnosti pro obyvatele.

V Moldavsku se platí poplatek za vypouštění odpadních vod, který je výrazně zvýšen v případě neplnění povolených limitů. Tento poplatek je příjmem Státního ekologického fondu, u něhož mohou obce žádat o podporu na své investice. Podpora nikdy není úplná, obce musí významnou část nákladů uhradit ze svých zdrojů.

Prostředky dostupné z národních zdrojů nestačí na všechny potřeby. Města se proto snaží získat podporu od zahraničních dárců, kterými je řada evropských zemí včetně České republiky. Podpora je poskytována jednak formou dotace, jednak formou výhodného úvěru. Nízké poplatky jsou ale častou příčinou zkrachování i velmi slibných projektů zahraniční rozvojové pomoci. Klíčové je v tomto ohledu zajištění podpory, resp. pochopení místních obyvatel. Při arogantním či unáhleném postupu bez náležité osvěty by se snadno mohlo zdát, že navýšení poplatků je pouze byrokratickým nárokem „Evropské unie“ a s kvalitou vody v moldavských řekách nijak nesouvisí. Při křehkých mezinárodních vztazích by to byl snadný nástroj k manipulaci.

ZÁVĚR

Stav odvádění a čištění odpadních vod v Moldavsku není na evropské úrovni a vyžádá si obrovské finanční investice, systematickou organizační práci a osvětu na všech úrovních. Obdobně masivně se investovalo do oboru i v České republice v souvislosti se vstupem do Evropské unie, i když zde byla poněkud odlišná výchozí situace. Dobrou naději dává zájem a aktivní snaha některých starostů a provozovatelů situaci řešit. Dostupné prostředky však neuvažují zajistit všechny potřebné investice. Zásadní změna tak podle našeho odhadu může nastat až v souvislosti s případným zahájením přístupových jednání a otevřením evropských předvstupních fondů.

Obtížnou úlohou je v Moldavsku vhodné dimenzování vodohospodářské infrastruktury. V současnosti jsou staré čistírny většinou silně předimenzované, je však třeba uvažovat i budoucí nárůst životní úrovně a obnovu průmyslu, zejména potravinářského. Rekonstrukce čistírny na nízkou kapacitu může vyvolat při rozvoji ekonomických aktivit přetížení a tím nefunkčnost čistírny, na druhou stranu příliš velké čistírny rovněž není možné efektivně provozovat.

Autoři

Ing. Jiří Kučera

✉ jiri.kucera@vuv.cz

Mgr. Daniel Fiala

✉ daniel.fiala@vuv.cz

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.

✉ josef.fuksa@vuv.cz

Ing. Hana Nováková, Ph.D.

✉ hana.novakova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Stará, ale funkční aktivace ve Florești



Předpokládaná plavba římských lodí z Carnunta do Mušova – I

ÚVODNÍ INFORMACE

Pojednáváním problematiku možného dopravního využití řeky *Moravy* a *Dyje* až po *Mušov* je možné rozdělit na dvě historicky doložené, poměrně časově krátké, etapy, u kterých lze shledat jen minimální vzájemné souvislosti. Jak s ohledem na tuto skutečnost, tak z důvodu poměrně rozsáhlých (autorem shromážděných) historických, archeologických a geografických (knižních i internetových) podkladů byla následně zvolena varianta publikování více samostatných částí, které by po sobě (pokud možno bezprostředně) následovaly v příslušných číslech časopisu VTEI. Též bylo rozhodnuto (s ohledem na rozpracovaný značný rozsah textu – věnovaný celé první historické etapě) uveřejnit nakonec části tři. Ve zde předkládané první „třetině“ příspěvku si dovoluji čtenáři ozřejmit situaci, která nastala v prostoru střední Evropy v době, kdy došlo k chystané a následně nedokončené římské vojenské akci (jejíž velení bylo císařem *Augustem* svěřeno *Tiberiovi Claudiovi Neronovi* a *Gaiovi Sentiovi Saturninovi*) směřované proti germánskému vládci *Marobudovi* v roce 6 n. l. Až v poměrně dosti značném časovém odstupu, po uvedené události, došlo (již bez jakýchkoliv pochybností) ke kontaktu římských vojsk s naším územím za tzv. *Markomanských válek*, které proběhly až v období vlády císaře *Marca Aurelia Antonina*². Tuto událost se pokusíme popsat až v poslední, historicky i geograficky plně navazující, části příspěvku (označené římskou číslicí III). Proti původnímu záměru bude publikována i druhá část – v té se pokusíme podrobněji prokázat, že hypotézu možného pobytu římských vojsk na našem území již v roce 6 n. l. je možné označit za zcela nereálnou – lze ji (kupodivu jen na základě dochovaných písemných pramenů) plně vyvrátit.

Myšlenku o možné plavbě římských říčních lodí po řece *Moravě* a *Dyji* až k *Mušovu-Hradisku* vyslovil jako první německý archeolog A. Gnirs již v roce 1976. Později následovala velmi podrobná analýza M. Báľka a O. Šedy³ publikovaná v roce 1998. Autoři se přiklonili k variantě, že k vybudování jednoduchého říčního přístavu došlo dokonce už v roce 6. n. l. (v rámci vojenské akce vedené *Tiberiem Claudiem Neronem* proti germánskému „králi“ *Marobudovi*⁴) – pravděpodobně v prostoru předpokládaného (dnes již neexistujícího⁵) ramene řeky *Jihlavy* (nedaleko od lokality *Mušov-Neurissen*). V následujícím textu se pokusíme k uvedené hypotéze uvést rovněž další podrobné informace.

MOŽNÝ KRÁTKODOBÝ VOJENSKÝ POBYT ŘÍMSKÝCH LEGIÍ V ROCE 6. N. L. U MUŠOVA – ROZDÍLNÉ SOUČASNÉ I DŘÍVĚJŠÍ ARCHEOLOGICKO-HISTORICKÉ INTERPRETACE

O. Šedo ve svém dalším samostatném příspěvku⁶ vydaném v roce 2001 došel k názoru, že soubor objektů v lokalitě *Mušov-Neurissen* byl pravděpodobně římskými vojsky vybudován již v roce 6 n. l.⁷ S ohledem na možnou plavbu římských říčních lodí – přinejmenším tehdejším korytem dolního úseku řeky *Moravy* po soutok s *Dyjí* – by šlo o zcela zásadní informaci⁸. K této hypotéze však B. Komoróczy uvedl celou řadu argumentů, které možnost pobytu legií v blízkém okolí *Mušova*, v souvislosti s vojenskou akcí vedenou *Tiberiem Claudiem Neronem*, výrazně zpochybnily⁹.

Ke zcela odlišným stanoviskům obou význačných brněnských archeologů si dovoluji uvést velmi stručnou zmínku o spíše netradičním pojetí (poněkud odlišném jak od dřívější¹⁰, tak i částečně od současně¹¹ existující české historické interpretace) dochovaných písemných pramenů *doby římské*, které vyslovil (především k uvedené plánované vojenské akci) P. Kehne¹². Tento význačný německý archeolog a historik došel k názoru, že archeologická zjištění – mající možnou souvislost s událostmi v roce 6 n. l. (spíše jen s plánovanou /zřejmě i nerealizovanou/ římskou vojenskou akcí), lze poměrně velmi dobře porovnat s již novější interpretací existujících literárních pramenů¹³. S ohledem na podrobné analýzy, provedené uvedeným autorem, lze rovněž souhrnně konstatovat, že *Tiberius* stávající hranice *České republiky* pravděpodobně nepřekročil – do centra *Čech* se téměř zcela jistě nikdy nedostal.

Na uvedená zjištění bezprostředně¹⁴ navázal V. Salač¹⁵, který navíc vycházel z již výše uvedené interpretace publikované B. Komoróczy¹⁶; k tomu pak rovněž doplnil další velmi pravděpodobnou historickou okolnost – a to, že římský tábor poblíž německého *Marktbreitu* nejen nebyl (v rámci chystané vojenské akce v roce 6 n. l.) vojensky využit, ale i též, že s ním, s největší pravděpodobností, nebylo ani plně strategicky počítáno¹⁷. Ve stejném příspěvku též autor upozornil na tu skutečnost, že vojska *Sentia Saturnina* nesměřovala (tak jak je to běžně v řadě odborných článků a studií uváděno) od *Mogontiaci* (dnešního, historicky významného, německého města *Mohuče*) údolím *Mohanu* směrem na východ. Ne zcela dobře bývá většinou autorů totiž interpretována pasáž¹⁸ obsažená v nejpodrobnější dochované zprávě *Velleia Patercula*¹⁹. Jde o zcela zásadní otázku, které se budeme ještě věnovat v souvislosti s analýzou možné lokalizace antického *Boiohaema*. Domníváme se, že k uvedené (pouze chystané) akci v roce 6 n. l. nejen nedošlo (plně v souladu s názorem P. Kehneho²⁰) – nýbrž, že i *Tiberiovo* a *Saturninovo* úsilí ani nemělo za cíl dobytí současného území *Čech* či *jižní Moravy* (rovněž i neobsazení strategické pozice v lokalitě *Mušov-Neurissen*²¹).

Na závěr této dílčí části pojednávajícího příspěvku je vhodné se ještě zmínit o dalším podnětném článku V. Salače, publikovaném v roce 2009²². Autor zde prezentoval celkem čtyři možné varianty²³ možného postupu římských legií, soustředěných v té době jak v oblasti *Dolního Rýna* (*Niederrhein*), tak středního toku *Dunaje* (pod *Vídni* v prostoru dnešního *Dolního Rakouska* /*Niederösterreich*/) proti vojskům *Marobudovým*. Na základě současných znalostí o rozsahu lesního pokryvu českých pohraničních hor v *době latéské* a *římské* lze dovodit, že v období na přelomu letopočtů by bylo současné *Chebsko* evidentně pro římské legie zcela „neprůchodné“ – proto tuto „variantu“ V. Salač zcela oprávněně vyloučil²⁴. V rámci výčtu možných historických interpretací publikovaných uvedeným autorem si dovoluji uvést jen krátkou zmínku o jeho čtvrté variantě možného postupu římských legií – především proto, že se jeví jako nejlépe zdůvodněná. *Sentius Saturninus* nejspíše směřoval z oblasti povodí řeky *Lippe* směrem na *Marktbreit* – následně pak (asi) k *Ambergu*²⁵. Naopak *Tiberius* zvolil cestu od východu na západ²⁶ – podél *Dunaje* (nikoliv na sever podél dolního toku řeky *Moravy*). Snad i předpokládal (k vojenské akci evidentně nedošlo²⁷), že využije říční lodě²⁸ k dopravě potřebných vojenských zásob proti proudu zmíněné evropské veleřeky.

DALŠÍ INFORMACE, KTERÉ POTVRZUJÍ, ŽE K VOJENSKÉMU POBYTU ŘÍMSKÝCH LEGIÍ V ROCE 6. N. L. V PROSTORU POBLÍŽ SOUČASNÉHO MUŠOVA PRAVDĚPODOBNĚ VŮBEC NEDOŠLO – GEOGRAFICKÉ VYMEZENÍ HERCYNSKÉHO LESA

Pro širší pochopení historické změny, která se odehrávala na území Čech a Moravy ke konci 1. stol. př. n. l. a na začátku 1. stol. n. l., je zapotřebí uvést rovněž kratší zmínku o předcházejícím *keltském osídlení*²⁹ v prostoru *střední Evropy*. Otázkou (doposud ne zcela vyřešenou) zůstává, jaký geografický rozsah v období těsně před germánskou migrací (na základě poměrně detailní dochované zprávy G. J. Caesara³⁰ – popisující tehdejší etnickou situaci ve *střední Evropě*) zaujímal *Bójové* a jaký pak *Volkové-Tektoságové*³¹. S ohledem na jeho poměrně podrobná zjištění je zapotřebí též velmi kriticky posuzovat dochovanou *Tacitovu* zmínku o tom, že *Markomani*, získali svá sídla „vyhnáním“ *Bójů*³². Tuto krátkou (ne zcela jednoznačnou) informaci uvedeného římského historika je nezbytné (s nejvyšší „opatrností“) přiměřeně interpretovat – též s ohledem na tu okolnost, že příslušnou lokalizaci *bójského osídlení* (včetně možných v čase probíhajících změn) v průběhu 1. stol. př. n. l. je poměrně obtížné (při stávajících, mnohdy rozdílných, stanoviscích některých historiků a archeologů) zcela jednoznačně definovat³³.

V souvislosti s pojednáváním (bohužel nelehce interpretovatelnou) historickou situací na přelomu letopočtů je především zapotřebí plně reflektovat písemně dochované poznatky antické geografie o *střední Evropě* (této problematice se již v první polovině 20. století věnoval převážně významný brněnský archeolog a historik Emanuel Šimek³⁴). Jako nejstarší dochovaný záznam o středoevropském prostoru by asi bylo možné označit velmi krátkou zmínku³⁵ obsaženou v *Aristotelově* spisu pojednávajícím o tzv. *meteorologii*³⁶ – zde lze nalézt, byť jen velmi stručnou, informaci o tzv. „*Arkynských horách*“ (do určité míry geograficky totožnými s později známým vymezením *Hercynského lesa* – *hvozdu* či *doubravy*) – je zřejmé, že ve 4. stol. př. n. l. byly pojímány spíše jen jako velmi široký (též i dlouhý) pás pohoří, který se rozprostíral od *Rýna* až po území dnešní *Ukrajiny*.

Jako neopominutelný (téměř o 300 let pozdější) dochovaný písemný pramen je zapotřebí rovněž zmínit krátký úryvek obsažený v *Caesarových Zápisích o válce galské* (*Commentarii de bello Gallico*³⁷). Niž uvedeme pouze kratší část ze 24. kapitoly šesté knihy, která charakterizuje jednak *Galy*, jednak *Germány* – jak v popisované době, tak i dřívější minulosti. Kromě nich je rovněž jmenován keltický kmen *Volků-Tektoságů*.

„[6, 24] *Ac fuit antea tempus, cum Germanos Galli virtute superarent, ultro bella inferrent, propter hominum multitudinem agrisque inopiam trans Rhenum colonias mitterent. Itaque ea quae fertilissima Germaniae sunt loca circum Hercyniam silvam, quam Eratostheni et quibusdam Graecis fama notam esse video, quam illi Orcyniam appellant, Volcae Tectosages occupaverunt atque ibi consederunt; quae gens ad hoc tempus his sedibus sese continet summamque habet iustitiae et bellicae laudis opinionem. Nunc quod in eadem inopia, egestate, patientia*[³⁸] [³⁹] *qua Germani permanent, eodem victu et cultu corporis utuntur; Gallis*⁴⁰ *autem provinciarum propinquitatis et transmarinarum rerum notitia multa ad copiam atque usus largitur, paulatim adsuefacti superari multisque victi proeliis ne se quidem ipsi cum illis virtute comparant*⁴¹. [Dříve též bývala doba, ve které Galové Germány předčili svou statečností – dokonce je válečně napadali z důvodu přelidnění a nedostatku území – posílali též za Rýn osadníky. Tak tedy ty (kraje), jež jsou z germánských území v blízkosti Hercynského lesa nejúrodnější, lesa, který byl Eratosthenovi a i některým (dalším) Řekům znám z ústního podání – a který já též poznávám jen z jejich spisů, ve kterých jej tito (zeměpisci) nazývali „Orkynským“ – Volkové-Tektoságové obsadili a (trvale) se tam usídlili. – Tento kmen se až do současnosti zdržuje ve svých sídlech – též je proslulý jak dokonalou spravedlností, tak výjimečnou válečnou slávou. Nyní (až do tehdejší doby) setrvávají ve stejné nouzi, chudobě a střídmosti (odříkání), ve které setrvávají

(též) *Germáni* – stejně se i živí a odívají. Naopak Galům blízkost provincií a známost zámožského zboží dopřává mnoho věcí k (většímu) blahobytu jakož i k (rozličným) požitkům – poněmhu si (Galové) zvykli na porážky – byli (Germány) v mnoha bitvách poraženi, a tak se oni samotní (Galové) zcela jistě s (Volký-Tektoságy) co do statečnosti nemohou srovnávat.]“

Náš výše uvedený překlad, je poněkud odlišný od běžné interpretace tohoto, velmi známého, textu (nejen české – též i německé) – příslušné naše podrobné zdůvodnění pak uvádíme v níže uvedených poznámkách (též se budeme této citované části ještě podrobně věnovat i v navazujícím příspěvku – rovněž publikovaném ve VTEI). Z *Caesarovy* zprávy je zřejmé, že v blízkosti *Hercynského lesa* („*hvozdu*“) se nacházela sídla keltických *Volků-Tektoságů*. Dle *Waldhausera*⁴² šlo o území současných Čech (spíše jen na sever od *Prahy*). Tento kmen zde zřejmě dokázal odolávat vojenskému náporu *Germánů* přibližně až do desetiletí 40–30 př. n. l. V té době, kdy *Caesar* své dílo psal⁴³, převážná část uvedeného „větve“ *Keltů*⁴⁴ (na základě archeologických zjištění) na našem území stále setrvávala – lze oprávněně konstatovat, že zmíněný písemný pramen tohoto významného římského vojevůdce je (rovněž díky již existujícím archeologickým i historickým zjištěním) plně věrohodný.

S ohledem na nezbytné (pokud možno v co nejširších souvislostech poji-mané) komplexní objasnění všech souvislostí v rámci popisovaného středoevropského prostoru nelze opominout dochované písemné záznamy řeckého geografa *Strabóna* (*Στράβων*) – kterého můžeme též, do určité míry, označit za současníka⁴⁵ *Velleia Patercul*a. Neocenitelným zdrojem informací je jeho sedmnáctisvazková *Geografika*⁴⁶ (*Γεωγραφικά*). Čtenáře nejprve seznámíme s vybraným krátkým úryvkem z jeho sedmé knihy:

„[7, 1, 5] *ὁ δὲ Ἐρκύνιος δρυμὸς πυκνότερός τε ἐστὶ καὶ μεγαλόδενδρος ἐν χωρίοις ἐρμυνοῖς κύκλον περιλαμβάνων μέγαν, ἐν μέσῳ δὲ ἰδρυται χώρα καλὰς οἰκεῖσθαι δυναμένη, περὶ ἧς εἰρήκαμεν. ἐστὶ δὲ πλησίον αὐτῆς ἡ τε τοῦ Ἰστροῦ πηγή καὶ ἡ τοῦ Πήνου καὶ ἡ μεταξὺ ἀμφοῖν λίμνη καὶ τὰ ἔλη τὰ ἐκ τοῦ Πήνου διαχεόμενα*⁴⁷. (*Hercynská doubrava, která je značně hustá – a k tomu též plná ohromných stromů, se nachází na územích přirozeně neprostopupných. Svírá velký kruh, v jehož středu je též umístěna krajina, o které jsme se již (výše) zmínili, (jež je) k osídlení poměrně dosti vhodná. V sousedství této (doubravy) je jak pramen Dunaje, tak i Rýna – též i mezi oběma (prameny) se nachází jednak jezero (Bodamské), jednak i močály zaplněné rozlévající se (vodou) z Rýna.*)“

Důležitou je především ta informace, že v sousedství tohoto *Hercynského lesa* (*doubravy*) se nacházel jak pramen *Dunaje*⁴⁸, tak i *Rýna*⁴⁹. Zdálnivá podobnost, která (bohužel) téměř všechny dřívější historiky jednoznačně „napadla“ – a to, že jde o území dnešních Čech (samozřejmě též „kruhovitě“ obklopené neprostopupným lesem⁵⁰), je bohužel nesprávná⁵¹. *Strabón* nám zanechal (v téže knize) ještě následující svědectví:

„...ἐστὶ δὲ καὶ ἄλλη ὕλη μεγάλη Γαβρήτα⁵² ἐπὶ τὰδε τῶν Σοήβων, ἐπέκεινα δ' ὁ Ἐρκύνιος δρυμὸς: ἔχεται δὲ κάκεινος ὑπ' αὐτῶν⁵³. (*Existuje též i jiný velký les Gabréta, u (sídla) Svěbů – na protilehlé straně se pak nachází Hercynská doubrava – i ona je (také) Svěby osídlena.*)“

Na základě výše uvedeného úryvku lze bez jakýchkoliv pochybností konstatovat, že nelze geograficky dovodit jakoukoliv jinou možnou variantu než tu, že „proti“ *Gabrětě* (*Šumavě* – v širším pojetí asi i *Českému lesu* a *Novohradským horám*) se (dle *Strabóna* směrem na západ) nacházelo pohoří v současnosti nazývané *Fränkische Alb*⁵⁴ (*Franská Alba* / „*Alpy*“ / či *Franská Jura*). Z citované části je tedy zřejmé, že „*Strabónův*“ *Hercynský les* (*doubrava*) vytvářel „okrouhlu“ (poměrně širokou) lesní hranici, uvnitř které se nalézalo *horní a střední Pomohání* – nikoliv současné *Čechy*⁵⁵ (rovněž ne „mnohem pozdější“ *Kosmovy* rané středověké – *přemyslovské*⁵⁶). Lze též navíc konstatovat, že proti *Caesarovi* a *Aristotelovi* vymezil *Strabón* uvedený les (*doubravu*) v mnohem menším rozsahu. Výše uvedenému úryvku se budeme ještě velmi podrobně věnovat v dalším navazujícím příspěvku (části II – zde bude následně i proveden zcela detailní rozbor tohoto *Strabónova* řeckého textu).

Určitým problémem, který může nastat, při snaze o pokud možno co nejvěrohodnější historickou interpretaci dochovaných písemných pramenů, je i ta okolnost, že uvedený les lze následně podle pojetí pozdější⁵⁷ zprávy podané Tacitem⁵⁸ pojímat již jen ve značně omezeném rozsahu:

„... Igitur inter Hercyniam silvam Rhenumque et Moenum amnes Helvetii, ulteriora Boii, Gallica utraque gens, tenere (tenuerunt). Manet adhuc Boihaemi nomen sign(ificat)que loci veterem memoriam quamvis mutatis cultoribus⁵⁹. (... A tak mezi Hercynským lesem a řekami Rýnem a Mohanem byli (dříve) usazení Helvetiové, ve vzdálenějších (krajích – ve směru od Galie) Bójové – oba kmeny jsou galské. Doposud se dochoval název Boiohaemum a označuje dávnou minulost tohoto místa – třebaže již obyvatelé byli vystřídáni (Germány).“

Pro správné pochopení výše uvedeného vymezení je nezbytné provést rovněž odpovídající interpretaci orografických a hydrografických poměrů v oblasti dnešního povodí Mohanu. Při pohledu na fyzickou mapu dnešní Spolkové republiky Německo je možné si povšimnout „jakéhosi“ (velmi nepravidelného) „trojúhelníku“. Jeho západní stranu tvoří řeka Rýn, severní jeho pravostranný přítok Mohan – jižní pak Schwarzwald (Černý les) a Schwäbische Alb (též Schwabenalb – Švábská Alba / „Alpy“ / či Švábská Jura). Kam až sahala (původní – před germánskou expanzí) území Helvetiů je dnes obtížné zrekonstruovat – jisté však je, že za nimi bezprostředně (v té době) „následovali“ Bójové. Tolik pouze na okraj – pro nás je především důležitá lokalizace Hercynského lesa odpovídající pojetí Tacitovy Germánie. Je zřejmé, že šlo o horský pás nacházející se severně od Dunaje – jednoznačně jen o pohoří Schwarzwald a Schwäbische Alb. Souhrnně je možné konstatovat, že se jednalo nejen o menší vymezení v porovnání s Aristotelem či Caesarem – ale též i s ohledem na Strabónův spis Geografika.

Zcela na závěr této dílčí části příspěvku se zmíníme o Hercynském lese v pojetí význačného antického geografa Klaudia Ptolemaia (Κλαύδιος Πτολεμαῖος) – zde si můžeme povšimnout (proti již výše popsaným písemným zmínkám dřívějších autorů) opět zcela odlišně pojímaný rozsah jeho prostorového vymezení⁶⁰:

„...καὶ ἔτι τὰ καλούμενα Σούδητα ὄρη, ὧν τὰ ἄκρα ἐπέχει μοίρας λδ' ν' καὶ μ' ν' ὅφ' ἂ ἔστιν ἡ Γαβρήτα Ὑλη· ὧν μεταξὺ καὶ τῶν Σαρματικῶν ὄρεων ἔστιν ὁ Ὀρκύνιος Δρυμός⁶¹. (... Dále pak se nacházejí hory nazývané Sudetské, jejichž krajní body mají (souřadnice) 34° a 50° a 40° a 50°. Pod nimi (Sudetami) je les Gabréta – mezi nimi a horami Sarmatskými (Karpaty) se nachází Hercynská doubrava.“

Pokud bychom chtěli uvedenou Ptolemaiovu doubravu lokalizovat, vymezili bychom ji sice jako širší orografický soubor – avšak nalézající se výhradně jen na území dnešní České republiky⁶². Z výše uvedených citací děl antických autorů je tedy evidentně zřejmé, že v různých časových úrovních (1. stol. př. n. l. a 1. a 2. stol. n. l.) byl Hercynský les (doubrava) pojímán poměrně odlišným způsobem (u českých historiků se bohužel „vžilo“ na čase zcela nezávislé „statické“, geograficky „pevně“ vymezené, pojetí – nereflující výrazně rozdílné zprávy obsažené v dochovaných písemných pramenech příslušných (již zde výše uvedených) antických autorů).

VÝSLEDNÁ INTERPRETACE ZPRÁVY VELLEIA PATERCULA O ŘÍMSKÉ VOJENSKÉ AKCI V ROCE 6. N. L. NA ZÁKLADĚ JAK DOSTUPNÝCH PRAMENŮ, TAK I SOUČASNÝCH HISTORICKÝCH A GEOGRAFICKÝCH POZNATKŮ

Podle římského historika Velleia Patercula „v Germanii už nebyl žádný kmen, který by Římané ještě měli porazit, kromě Markomanů, kteří se na popud svého vůdce Marobudua zdvihli ze svých sídel a uchýlivše se hlouběji do vnitrozemí obývali roviny obklopené Hercynským lesem⁶³.“ Dále pak se od téhož autora dovídáme, že

uvedený germánský vůdce – Marobud, chtěl vybudovat pevnou říši s „královskou“ vládou, spíše mimo bezprostřední dosah římských legií – v jak dalekém územním prostoru však bohužel nelze z dochované zprávy jednoznačně stanovit. Běžná historická interpretace lokalizuje hlavní sídlo Marobuda do poměrně vzdáleného prostoru dnešních Čech. Tak tomu však být nemohlo – nelze totiž (k dané době – tj. k přelomu letopočtů) vymezovat Hercynský les (doubravu) „širším“ způsobem – odpovídajícím zprávě Aristotelově či Caesarově. Popisované době odpovídal rozsah zaznamenaný Strabónem (tedy nejen výše uvedený, dřívější – ani též pozdější, Tacitův; zmíněné vymezení Ptolemaiovo pak bylo opět odlišné⁶⁴).

Na výstižnou poznámku známého českého archeologa a historika V. Salače jsme již výše upozornili – jde na jedné straně o běžně uváděný směr tažení vojsk Gaia Sentia Saturnina z Mohuče podél Mohanu směrem do Čech, na straně druhé pak o zcela odlišnou lokalizaci sídel germánských Chattů. Ti zcela jednoznačně obývali území nacházející na sever od středního Pomohání. Nelze opominout zcela nedávné události předešlého roku 5 n. l. – v té době se totiž Tiberius nacházel především v prostoru povodí řeky Lippe, kde (před svým odchodem) zřídil (případně využil již vybudované) zimní tábory⁶⁵ (neboť se v dané době dostal dokonce až ke břehům Labe⁶⁶ – poté se vrátil zpět do příslušných vojenských základů⁶⁷). Písemně zaznamenaná zpráva Velleia Patercula (podle které Gaius Sentius Saturninus míří zjevně ze severu /skrz Hercynský les/) se navíc též shoduje se Strabónovými záznamy. Tiberius (vedení legií nacházejících se v táborech u Lippe předtím plně přenechal Saturninovi /tj. těch, kterým v roce 5 n. l. ještě plně velel/) postupoval nejspíše jen údolím Dunaje od Carnunta – tj. nejkratší možnou cestou k dnešnímu Řeznu (k ústí řek Regen a Naab do Dunaje).

Směr tažení jak Tiberia Claudia Nerona, tak Gaia Sentia Saturnina je možné ještě upřesnit, pokud známe přesnou lokalizaci hlavního sídla „krále“ Marobuda. Do nedávné doby panovaly ohledně této otázky značné nejistoty – teprve až v roce 2010 vyšla publikace, která zveřejnila výsledky velmi podrobného (matematicko-geograficko-historického) výzkumu realizovaného čtyřčlenným týmem Berlínské univerzity – v té je mj. uvedeno⁶⁸:

„105, Marobudum – bei Amberg.“

Z citované velmi obsáhlé studie vyplývá, že Marobudum se nalézalo mimo území Čech – severně od Řezna – přibližně v širším prostoru mezi současným Rozvadovem a Norimberkem. Uvedená lokalizace je i zcela v souladu s Velleiovou zprávou⁶⁹, že Marobud „svou rozpínavostí nenechával v klidu ani Itálii, vždyť vysoké alpské hřbety na jejich hranicích nebyly vzdáleny o mnoho víc než 200 000 dvoj kroků⁷⁰ od okraje jeho území.“ Na „podporu“ výše uvedené lokalizace si dovolíme uvést ještě pouze jeden velmi krátký úryvek z díla již zmiňovaného geografa Klaudia Ptolemaia (Κλαύδιος Πτολεμαῖος)⁷¹:

„...ὅπο δὲ τὴν Γαβρήταν⁷² Ὑλην· Μαρκομανοί, ὅφ' οὖς Σουδινοί⁷³... (... Pod lesem Gabrétau (se nacházejí) Markomani, pod nimi Sudeinové...“)

Přes veškeré (většinou spíše nesprávné) interpretace⁷⁴ uvedeného Ptolemaiova záznamu je zcela nepochybnitelnou skutečností, že Markomani se nacházeli směrem na jih od Šumavy – Českého lesa (mj. zde existovalo i výše zmíněné Marobudum /u Ambergu/). Do určité míry (zcela nezáměrně) je možné říci, že autor předkládaného příspěvku mj. i „přepisuje“ „Dějiny českých zemí před vystoupením Slovanů“⁷⁵ – prvotním jeho záměrem bylo jen ověření hypotézy možné plavby římských říčních lodí v roce 6. n. l. po řece Moravě a po dolním úseku Dyje – z výše uvedených řádků je však zřejmé, že k ní vůbec nedošlo. Zcela ke konci této první části chystané třídílné řady (na základě provedené detailní geograficko-historické analýzy) tak můžeme konstatovat, že interpretace B. Komoróczyho, kterou jsme výše pouze stručně popsali⁷⁶, je správná – plně odpovídá (byť ne zcela jednoznačně a v existujících písemných pramenech jen spoře doložené) historické situaci, která nastala v dotčeném geografickém prostoru střední Evropy na přelomu letopočtů. V navazujícím příspěvku (označeném římskou číslicí II) se pak pokusíme uvést ještě další doplňující argumentaci k uvedenému tvrzení.



Směr postupu římských vojsk vedených Tiberiem Claudiem Neronem a Sentiem Saturninem proti králi Marobudovi v roce 6. n. l.

Zcela na závěr si dovolíme prezentovat přehlednou mapu, ve které je zakreslena příslušná část středoevropského prostoru v 1. stol. n. l. spolu s pravděpodobným postupem římských vojsk k Marobudovi v roce 6 n. l. V navazujícím druhém článku pak čtenáře seznámíme s ještě dalšími doplňujícími informacemi, které toto ilustrativní kartografické zobrazení, pokud možno co nejpodrobněji, objasní.

DOPLŇUJÍCÍ KOMENTÁŘ K UVÁDĚNÉ MAPĚ

Pro vlastní znázornění možného postupu římských legií v rámci vojenské akce směřované do prostoru sídla „krále“ (šlo spíše jen o náčelníka početného kmenového svazu⁴ *Svébů* /i dalších *Germanůů*) Marobuda byly též využity dochované historické a geografické prameny, které mají přímou souvislost s prostorem střední Evropy. Jde především o dochované dílo *Klaudia Ptolemaia* o názvu: „*Návod ke geografii*“ (*Γεωγραφικὴ Υφήγησις*). V nejnovější době byla provedena velmi zdařilá geograficko-historická interpretace realizovaná pracovním týmem Berlínské univerzity (Kleineberg, A., et al., 2010) – především z ní jsme vycházeli. Provedli jsme dílčí korekce jen tam, kde lze předpokládat (s ohledem na archeologická zjištění) spíše odlišnou lokalizaci (např. u *Hrazan*, *Nevězic* a *Třísava* /pokud jde o *Nomisterium* – je též možné, že šlo spíše o nedaleké *Lovosice* než o *Litoměřice*). Němečtí autoři při označování jednotlivých lokalit vycházeli z latinského překladu Ptolemaiova díla – pouze v několika málo případech jsme si dovolili provést příslušné jazykové korekce (např.

u lokalit: *Mersovium*, *Setovia*, *Brodenia* a *Abilunum* /též v souladu s původním řeckým zněním/). *Klaudios Ptolemaios* sice své dílo vydal přibližně až v polovině 2. stol. n. l. – vycházel však převážně ze starších autorů a záznamů. Pouze tam, kde bylo zřejmé, že daná lokalita v roce 6 n. l. ještě neexistovala, uvádíme její znění v závorkách (mj. téměř všechna geografická označení lze jazykově analyzovat jako původně keltské názvy /severně od Dunaje toto etnikum totiž zcela „mizí“ v rozmezí 50–30 př. n. l. – v roce 6 n. l. zde tedy již evidentně vůbec nesídlilo – daná geografická pojmenování však po určitou delší dobu pravděpodobně ještě „přetrvávala“/). Závěrečná doplňující poznámka: lokalitu *Bergium* je možné ztotožnit s pozdějším římským (pravděpodobně jen krátkodobě existujícím) vojenským táborem u *Marktbreitu* – rovněž tak *Mattiacum* lze ztotožnit s táborem (též v té době i prosperujícím civilním městem) u *Waldgirmes*.

Poznámky

1. V dnešní terminologii vojenské strategie by šlo nejen o logistické zabezpečení chystaného útoku, ale též o následné zajištění dlouhodobějšího zásobování vojenských (s ohledem na danou dobu) značně dislokovaných útvarů.
2. Lze říci, že převážně. V období císaře *Commoda* (též i jeho syna – což bylo s ohledem na předcházející nástupnický „systém“ poněkud neobvyklé) došlo ve velmi brzké době k uzavření míru mezi tzv. barbary a Římany.
3. Bálek, M. a Šedo, O., 1998, s. 167–168.
4. Úmyslně jsme u označení hodnoty *Marobuda* uvedli uvozovky. O krále ve středověkém či raně novověkém pojetí jistě nešlo – byl spíše jen vojenským náčelníkem „širšího“ kmenového svazu. Obdobně tomu bylo např. i u *Arminia*.
5. Viz především Unger, J., 2015, s. 33. Autor provedl rekonstrukci vodní sítě na soutoku *Jihlavy*, *Svratky* a *Dyje* existující přibližně na počátku 15. století (obr. 1 /v příspěvku tohoto autora/).
6. Příspěvek věcně navazoval na dřívější článek Bála, M. a Šedy, O., 1998 (viz poznámku č. 3).
7. Šedo, O., 2001, s. 44: „Zvláštní pozornost si vynucuje soubor objektů (stavba s apsidou, studna, val, brána, příkop, věže) přičítaných tábora Mušov-Neurissen I, který je autory záchranného výzkumu spojován s Tiberiovou výpravou z r. 6 (Bálek, Šedo, 1996). V případě, že bude akceptována uvedená interpretace, je možné v úrovni pracovní hypotézy nově vyhodnotit historické a archeologické prameny. Příslušný text *Velleia Patercula* (II 108–110) nevylučuje výklad, podle kterého došlo v Mušově v rámci výpravy k výstavbě (zimního) tábora určeného pro pobyt vojska v zimě 6/7. Šířka táborové cesty a odhadovaná velikost areálu by dovozovaly úvahy o tom, že tento tábor v rámci připravených plánů měl svými dimenzemi odpovídat nejvýznamnějším objektům vystavěným Římany na území na východ od Rýna a že v Mušově měla být konstituována základna římské moci na východním okraji zamýšlené provincie.“
8. S ohledem na téměř shodné časové vymezení je možné konstatovat, že se zcela jistě jednalo o plnou analogii k působení římských legií a pomocných sborů v povodí německé řeky *Lippe* (pravostranného přítoku Rýna) – podrobně viz především Bremer, E., 2001.
9. Komoróczy, B., 2006, s. 191: „Závěrem bych chtěl navrhnout k diskusi odlišnou interpretaci a datování těch objektů v trati Neurissen, jejichž zveřejnění jsem ve výše uvedených řádcích kriticky připomínkoval. Vzhledem k povaze předložených dokumentací a nálezů tak mohou činit jen ve velmi omezeném rozsahu. Předpokládám, že detailnější vyhodnocení bude předmětem jiné studie, která musí nezbytně zahrnovat i s touto terasou organicky související ostatní partie Hradiska u Mušova. Na základě archeologických rozborů a dobového kontextu musím vyslovit přesvědčení, že raně císařský tábor Mušov-Neurissen I v předložené podobě nikdy neexistoval. S ohledem na výsledky dlouholetých systematických výzkumů na Hradisku a na obrovské množství prospekci získaných nálezů se přikláním k variantě, že se zde podařilo objevit část rozsáhlého římského ležení z období markomanských válek. Fortifikace MN I a zřejmě i MN II, V a VI jsou součástí téhož opevnění, které obklopuje i vyšší partie Hradiska. Provincionalní analogie proti takovému datování nehovoří, hliněný val a příkop, brána a dřevěné věže jsou typické pro vojenskou architekturu 1. a 2. století po Kr. a jako takové je nelze interpretovat jinak než v souvislosti s přítomností většího vojenského kontingentu. Chronologické a interpretační určení budovy s apsidou je mírně problematizováno chybějícími podklady k její stratigrafii (především

se to týká vazby na opevnění a užitím stavebních forem, majících své předlohy v civilní architektuře). *Terminus ante quem* pro ni – ale i pro ostatní objekty na *Neurissenu* – jsou na více místech zjištěné stopy germánského osídlení z relativně-chronologického stupně C1 (Tejral 1986, 1999). Dosavadní poznatky o vývoji germánské společnosti ve starší době římské na našem území podle mého soudu neposkytují žádné důvody předpokládat, že by mohlo docházet k výstavbě takto koncipované římské budovy, ať už pro místní složku nebo pro římské civilisty...“. Autor své teze ještě upřesnil v později publikovaném německém příspěvku (Komoróczy, B., 2009, s. 537–550). Na závěr této poznámky je zapotřebí uvést i určitý „zpochybňující“ moment související s nálezem dvou časných spon typu *Aucissa* „v prostoru budovy a jejím bezprostředním okolí“ (jde o tzv. stavbu s apsidou – viz Droberjar, E., 2002, s. 196). Otázkou však zůstává, jak interpretovat výše uvedenou nepříliš přesnou lokalizaci.

10. Především: Palacký, F., 1928, s. 65–87; Novotný, V., 1912, s. 54–145; Dobiáš, J., 1964, s. 89–148.
11. Droberjar, E. a Sakař V., 2000, s. 21–42. Je zapotřebí zmínit i obsáhlou monografii prvního z autorů (Droberjar, E., 2000), která podrobně pojednává o germánském „králi“ *Marobudovi* (viz poznámku č. 4).
12. Kehne, P., Salačová, H. a Salač, V., 2006, s. 447–461.
13. Tamtéž, s. 447: „... V konečném efektu by to znamenalo, že *Tiberius* a jeho *exercitus Illyricus* v podobě konkrétního vojenského tažení ještě úplně nedosáhl zamýšlených pozic v regionu *Camuntum* – Bratislava a ani je nikdy neopustil za účelem ofenzivního vojenského výpadu proti *Marobudovi*. S největší pravděpodobností nepřekročil ani *Saturninus* území v okolí *Marktbreitu* – pokud vůbec ovšem tohoto opěrného bodu, připraveného předsunutou ženijní jednotkou, dosáhl. Fakt, že Řím kvůli panonsko-dalmatským válkám uzavřel s *Marobudem* velmi pravděpodobně mír formálním oficiálním způsobem *foedus pacis*, který ovšem *Velleius* vůbec nezmiňuje, po válce, kterou se dle předepsaného postupu nejprve oficiálně rozhodl provést (*decretum belli*) a poté ji právním způsobem (*bellum iustum*) i formálně vyhlásit (*indictio belli*), není v rozporu s naší interpretační stavu jako války bez boje.“
14. Též v *Archeologických rozhledech*, 2006, roč. 58(3) – v dalším tematicky navazujícím příspěvku.
15. Salač, V., 2006, s. 462–485.
16. Komoróczy, B., 2006, s. 155–205.
17. Salač, V., 2006, s. 480: „... V případě tábora u Mušova dospívá B. Komoróczy (2006) novou interpretací publikovaných archeologických pramenů k závěru, že tento tábor je nutno datovat až do období markomanských válek. Dle autora tedy v době tažení vůbec neexistoval. Hodnocením historických událostí ve střední Evropě na počátku nového letopočtu dospívá k podobnému závěru i B. Steidel (2004) v případě opevnění u *Marktbreitu*. Tento badatel se domnívá, že tábor byl vybudován příliš velkoryse na to, aby byl určen pro jediné tažení. Je rovněž přesvědčen, že také nebylo důvodu jej po odvolaném tažení navždy opustit. Proto chápe jeho založení jako vytváření trvalého strategického opěrného bodu pro připojení *Pomohani* k římské říši a klade jej do souvislosti až se snahami Q. P. Varra o trvalou anexi rýnského pravobřeží včetně *Pomohani* Římem v letech 7–9 po Kr. Tyto aktivity navždy ukončila římská porážka v *Teutoburském lese* v r. 9 po Kr. Do tohoto období by tedy nejlépe spadalo definitivní opuštění tábora u *Marktbreitu*, který nebyl nikdy trvaleji osazen vojskem. Jisté archeologické doklady římského vojenského tažení proti českému území před dvěma tisíci lety tedy zatím nebyly nalezeny.“

18. Původní latinský text je následující: „*Sentio Saturnino mandatum, ut per Cattsos excisis continentibus Hercyniae silvis legiones Boiohaemum (id regioni, quam incolebat Maroboduus, nomen est) duceret, ipse a Carnunto, qui locus Norici regni proximus ab hac parte erat, exercitum, qui in Illyrico merebat, ducere in Marcomannos orsus est.*“ Pokud možno doslovný překlad této Velleiovy pasáže by bylo možné formulovat následovně: „*Sentiovi Saturninovi bylo (předtím) uloženo, aby přes (území) Chattů (již dříve) prosekávanými přilehlými (i souvislými) lesy Hercynie vedl legie (směrem) do Boiohaema (Bohemie, „Čech“) – tak se tato země, kde Marobud sídlil, jmenuje – on sám (tj. Tiberius) započal vést od Carnunta, místa Norického království, jež bylo nejbližší v daném směru (útoku – k Boiohaemu), proti Markomanům vojsko, které (v té době) sloužilo (za žold) v Ilýrii.*“ Dostupný český překlad: Bartoňková, I. a Radová, D., 2010, s. 22 a Mouchová, B., ed., 2013, s. 149. K uvedenému textu si dovoluji též připojit doplňující podrobnou poznámku. U vazby „*excisis continentibus... silvis*“ se evidentně nejedná o tzv. ablativ absolutní. Dle mluvnické Quitt, Z. a Kucharský, P., 1989, s. 155, vyjadřuje ablativ absolutní dějovou okolnost, která provází hlavní děj vyjádřený přísudkem. Výše uvedená vazba je však součástí věty vedlejší – tzv. finální (účelové /viz v textu obsažená latinská spojka *ut/*). Podrobnosti lze nalézt tamtéž na s. 167. Věta řídící je zjevně v tzv. vedlejší (minulém) čase – proto je přísudek věty finální (sloveso *ducere*) ve tvaru konjunktivu imperfekta. Dále pak je zapotřebí též poznamenat, že tvar *excisis* je ablativem plurálu od participia perfekta pasivního *excisus* – naopak u *continentibus* jde o participium přezentu aktiva. Nemůže tedy platit poučka uvedená na str. 155 též mluvnické, podle které ve vazbě ablativu absolutního se může vyskytovat buď participium přezentu aktivního (vyjádření okolnosti dějově současné), nebo participium perfekta pasivního (vyjádření okolnosti dějově předcházející). Pokud jde o participium *excisus*, jde evidentně o funkci přívlastku – („*excisa est arbor, non evulsa*“ – strom je pokácený, ne vyvrácený, „*excisae arbores*“ – poražené /stromy/) – jde tedy o stromy, které byly (již dříve) poraženy – důležitý je především stav (perfektum přezentní nevyjadřuje přímo vlastní minulost – spíše její následek, který v přítomnosti trvá /jako přítomný stav/ – viz tamtéž na s. 143 /obdobně viz též poučku uvedenou na s. 154 též mluvnické: „...*participium vyjadřuje čas jen relativně: participium přezentu značí děj s dějem slovesa určitého současný, participium perfekta děj předčasný a participium futura děj následný.*“).
19. Salač, V., 2006, s. 479: „*Striktně vzato, rovněž předpoklad, že jedno vojsko směřovalo do Čech podél Mohanu a druhé přes jižní Moravu, není ničím jiným než moderní dedukcí historiků, o níž může pochybovat každý, kdo cestu od Rýna podél Mohanu a Ohře do Čech absolvoval. Domnívám se, že je přinejmenším stejně pravděpodobné, že se vojska měla spojit mimo Českou kotlinu, např. v Podunají, a společně do Čech vniknout některým z přirozených a v pravěku užívaných průsmyků (např. mezi Šumavou a Českým lesem, nebo po tzv. Zlaté stezce apod.)... Stačí porovnat tradičně uváděný směr tažení vojsk Sentia Saturnina z Mohuče podél Mohanu směrem do Čech s lokalizací sídel germánských Chattů. Velleius Paterculus totiž jasně píše: „S. Saturninus dostal za úkol směřovat se svými legiemi do Čech přes území Chattů...“ Tato zpráva se při rekonstrukci tažení podél Mohanu mnohdy opomíjí, neboť s ní příliš nekoresponduje.*“
20. Kehne, P., Salačová, H. a Salač, V., 2006, s. 447–461.
21. Odlišné pojetí lze nalézt např. v příspěvcích: Bálek, M. a Šedo, O., 1998, s. 159–184; Droberjar, E. a Sakař V., 2000, s. 21–42; Šedo, O., 2001, s. 93–106; Bouzek, J. a Musil, J., 2009, s. 75–79.
22. Salač, V., 2009, s. 107–138.
23. Tamtéž – s. 131 (čtyři velmi názorné schematické mapy: „*Mögliche Trassen des römischen Feldzuges gegen Marbod im Jahre 6 n. Chr.*“).
24. Salač, V., 2009, s. 133: „*Ausgehend von der Auswertung archäologischer und geografischer Situationen bin ich davon überzeugt, daß das Vorrücken von Saturninus' Heer nach Böhmen Main und Eger folgend praktisch ausgeschlossen werden kann.*“ V. Salač již v dřívějších svých příspěvcích (např. Salač, V., 2006, s. 462–485) zcela jednoznačně vyvrátil běžně tradovanou variantu směru útoku vedeného podél řeky Ohře do úrodné (hustě osídlené) oblasti dolního Poohří a Polabí.
25. Této lokalitě se ještě budeme podrobně věnovat v souvislosti s geografickou interpretací tzv. Ptolemaiovy mapy.
26. Salač, V., 2009, s. 133: „...*Wenn wir annehmen, daß Tiberius beabsichtigte, aus dem Süden nach Böhmen zu kommen und lassen wir sein Heer von Carnuntum aus in Richtung Westen in den Raum Linz-Regensburg marschieren und vermuten wir, daß auch Saturninus in denselben Raum zielte (Abb. 11:D), scheinen viele Probleme gelöst zu sein. Besonders dann, wenn wir eine Vereinigung beider Heere im weiteren Umkreis von Regensburg annehmen. Zunächst teilt sich die Entfernung zwischen dem Ort des Zusammentreffens der Heere und deren Ausgangspunkte in mehr vergleichbare Abschnitte und vor allem würden die beiden Heere entgegen kommen, was die Kommunikation und gegenseitige Koordinierung deutlich vereinfachen würde – wie auch die Verbindung mit der Zentralmacht in Rom. Die Heere würden auf bekannten Kommunikationsrouten vorankommen und für den Vorstoß nach Böhmen einen natürlichsten und einfachsten Korridor durch die Chamer Senke nutzen.*“
27. Viz již výše zmíněný Kehne, P., Salačová, H. a Salač, V., 2006, s. 447–461.
28. Pravděpodobně *liburnské dvojřadky* (podrobně se o nich zmíníme až ve druhé části našeho příspěvku).
29. Nejnovější, velmi detailní, informace uvádí Waldhauser, J., 2001
30. Caesar, G. I., 1972, s. 188. Jak latinský původní text, tak český překlad lze též nalézt v již zmíněné publikaci Bartoňková, D. a Radová, I., 2010, s. 13.
31. Uvedené problematice se věnovala v nedávné době především úvodní kapitola publikace: Waldhauser, J., 2001. Tamtéž na s. 12 autor uvádí: „*Sídla (Volků)-Tektoságů připomínají psané prameny kdesi v hloubi Herkýnského lesa ve střední Evropě, dále zase v Karpatské kotlině a také na jižním pobřeží Francie, bývalé narbonnské Galie, a to v sousedství (Volků)-Arekomických. (Volkové)-Tektoságové zabrali území západně od nynějšího tureckého hlavního města Ankary a spolu s dalšími keltskými kmeny vytvořili po roce 278 př. n. l. Galatské.*“ Tamtéž, s. 13: „*Pokud lze centrální Evropu včetně Čech (snad s přilehlými okolními oblastmi) počítat za místa, z nichž v 5.–3. století vyšla expanze Keltů na jih a východ Evropy, mohli by Bójové být jménem nejstaršího kmene tohoto území. Naopak (Volkové)-Tektoságové, kteří svoje sídla v Herkýnském lese podle písemných zpráv zaujali, by mohli představovat imigrující proud. Směru těchto posunů kmene Bójů z Čech v 1. století př. n. l. by (s rezervou) nasvědčovaly archeologické prameny, zatímco žádná zpráva ani v nejmenším nenaznačuje, že by (Volkové)-Tektoságové ze sídel uvnitř Herkýnského lesa odešli. Naopak, Caesar je tu v polovině 1. století př. n. l. doslovně zmínil. Nezahrnovaly proto regiony s keltským osídlením ve (středozápadních) Čechách, situované do nejbližší blízkosti nekeltského (germánského) osídlení střední Evropy – z čehož bývá odvozováno jejich „druhé“ právé z germánských jazyků vzniklé pojmenování Volkové – tektoságská sídla? Sídla (Volků)-Tektoságů jako příslušníků kmenového společenství Bójů? Nejspíše ano.*“
32. Tacitus, P. C., 1976, s. 359.

33. Waldhauser, J., 2001, s. 13: „Pokud mluvili antičtí spisovatelé o Boiohaemu, doslova zemi Bójů, o území, kde sídlili příslušníci tohoto keltského kmene mohli mít na mysli: 1. Prostor alespoň zčásti v Čechách, s bójským osídlením především do přelomu 2./1. století př. n. l.; toto osídlení v několika málo desetiletích zesláblo, v některých regionech eventuálně zmizelo i dříve. 2. Prostor okolo soutoku Dunaje s Moravou na západě karpatské kotliny s bójským osídlením od prvních desetiletí 1. století př. n. l. a později snad až do zlomu starého a nového letopočtu, kdy archeologové již v Čechách nenacházejí žádné stopy hmotné kultury Keltů. 3. Území alespoň zčásti v Čechách a zároveň v Karpatské kotlině ve 2.–1. století př. n. l. jako prostory, které Bójové postupně osídlili. De facto by šlo o nepříliš přesnou až zmatenou informaci. Zpráva Velleia Patercula (2, 109) z Římských dějin z počátku našeho letopočtu z doby před rokem 30 – tedy bohužel až z doby po definitivním zániku keltského osídlení – naznačuje směr, konkrétně východ až jihovýchod kterým leželo Boiohaemum z postavení pozorovatele na území germánského kmene Chattů v Hesensku: „Sentiovi Saturninovi bylo uloženo, aby územím Kattů, prosekaje husté herkýnské lesy, legie vedl do Boiohaema (tak se nazývala krajina, kterou Marobudus obýval), sám počal své vojsko, které konalo službu v Illyriku, vésti na Markomany z Karnunta, kteréžto místo v území norického jest z této strany nejbližší.“ Z této informace můžeme konkrétněji odvodit umístění Boiohaema na území v dlouhé zóně mezi dnešním Würzburgem, Lincem, Vídní a Bratislavou, od níž leží ve vzdálenosti pouhých 10 km právě římský tábor Karnuntum. Jak daleko na sever od Dunaje Boiohaemum leželo? Respektujeme-li doslova informaci o šířce Herkýnského lesa devíti denních pochodů od Dunaje (cca 50–270 km) a Kelty v 1. století př. n. l. v tomto pásu osídlených území, vyjde nám poloha Boiohaema do horního povodí Mohanu, do západních a jižních Čech minimálně až k linii Plzeň – Písek, dále do Mühlviertelu a na Moravské pole v Rakousku a jižní Moravu až k Brnu, a to včetně přiléhajícího jihozápadního Slovenska. Tato, aritmetická úvaha nemá pochopitelně velkou váhu. Ještě patrněji vysvítá poloha Boiohaema u soutoku Dunaje s Moravou ze slov Velleia Patercula (2, 109) o tom, jak je Římanům Marobudus nebezpečný, poněvadž má „na levé straně a před sebou Germánii, napravo Pannonii, v zádech sídel svých Noricum,“ tj. zhruba dnešní Rakousko. Pokud by měl autor na mysli území dnešních Čech, napsal by nepochybně, že měl v zádech Rhaetii, tj. Bavorsko.“

34. Nejprve je zapotřebí zmínit monografii: Šimek, E., 1934. Dále pak 1. díl jeho rozsáhlého souboru o Germánii: Šimek, E., 1930. Ještě před druhou světovou válkou následoval 2. díl: Šimek, E., 1935 – bezprostředně po ní pak vyšlo další pokračování: Šimek, E., 1949. Posledním vydaným dílem pak byl: Šimek, E., 1953.

35. Pokud možno doslovný český překlad by mohl být následující: „...Dunaj (Istros, Ister) [protéká] celou Evropou (přes celou Evropu) do Černého (Euxeinského, Euchinského) moře. Z ostatních řek [tj. ještě dalších evropských /kromě jmenovaného Dunaje a jeho povodí/] většina [teče] z Hercynských (Arkynských) hor [později označovaných jako Hercynský les] k severu (směrem na sever).“

36. Ve 4. století př. n. l. se pod pojmem meteora rozuměly „všechny věci ve vzduchu (věci nadzemské – či nadpozemské).“

37. Využili jsme velmi dobře dostupný text z internetové adresy: <http://www.thelatinlibrary.com/caes.html>. Dále je tento latinský text možné rovněž nalézt např. na stránkách: <http://www.forumromanum.org/literature/caesar/gallic1.html>, <http://la.wikisource.org/wiki> a <http://www.gutenberg.org/files/218/218-h/218-h.htm>. Na závěr pak lze zmínit patrně nejlepší verzi (s ohledem na rozsáhlý poznámkový aparát) přístupnou na adrese: <http://www.perseus.tufts.edu/>.

38. Souřadící částice „-que“ se v této větě zcela jistě nemohla vyskytovat. Doplnili jsme ji pouze pro „školní“ přehlednost. Jedná se zde o tzv. *asyndeton* (původ z řeckého *asyndetos* /nespoutaný/) stylistickou „figuru“ (u *Caesara* mj. dosti častou /viz např. i „notoricky známé“ „veni, vidi, vici“/), která je založena

na hromadění slov za sebou – bez použití spojek (podrobně se tomuto stylistickému prostředku budeme ještě věnovat ve druhém navazujícím příspěvku). Dovolíme si v daném případě nesouhlasit s názorem Bartoňkové, D. a Radové, I., 2010, s. 21–24.

39. Vložili jsme pouze pro lepší pochopení – viz též předešlá poznámka č. 38.

40. Něco jiného je „Galie v širším slova smyslu“ (mj. např. *Caesar*, G. I., 2009, s. 25), něco jiného *Galové* (nepatřili mezi ně ani *Belgové* /kteří byli součástí „Galie v širším slova smyslu“/). Z uvedeného důvodu je zřejmé, že *Volkové-Tektoságové* (zcela jistě neobývající „*Caesarovu Galii*“) není možné přiřadit k „vlastním“ *Galům*. Pokud jde o souborný název *Keltové* – tam je zapotřebí zdůraznit, že jde o označení řecké. Teprve po uvědomění si výše uvedených souvislostí je možné přistoupit (zcela exaktně a „oproštěně“) k překladu uvedené (poněkud komplikované a dlouhé) *Caesarovy* větné periody. Pro ozřejmění výše uvedeného komentáře si na závěr této poznámky dovolíme ocitovat též úvodní větu z jeho díla *Commentarii de bello Gallico*: „*Gallia est omnis divisa in partes tres, quarum unam incolunt Belgae, aliam Aquitani, tertiam qui ipsorum lingua Celtae, nostra Galli appellantur...* [Galie se jako celek dělí na tři části. Jednu z nich obývají *Belgové*, druhou *Akvitánové* (*Akvitanci*), třetí pak (*ty /kmeny/*), jež se samy ve svém (vlastním) jazyce nazývají *Keltové* – v našem pak jsou nazýváni *Galy...*].“

41. Pokud možno doslovný český překlad by mohl být následující: „Dříve též bývala doba, ve které *Galové* *Germány* předčili svou statečností – dokonce [sami] je válečně napadali z důvodu přelidnění a nedostatku území (půdy, zemědělských pozemků) – posílali též za Rýn [směrem na východ] osadníky [více skupin do zakládáných obcí]. Tak tedy ty [kraje], jež jsou z germánských území (končin) v blízkosti *Hercynského lesa* neúrodnější – [toho lesa], který byl *Erasthenovi* a i některým (dalším) *Řekům* znám [pouze] z ústního podání, [který já též] poznávám [jen] z jejich spisů (mám informace), ve kterých jej tito [zeměpisce] nazývali „*Orkynským*“ – *Volkové-Tektoságové* [již dříve] obsadili a [trvale] se tam usídlili. – Tento (jmenovaný) kmen se až do současnosti (až po popisovanou dobu) zdržuje ve svých sídlech (zde setrvává) – též jak dokonalou spravedlností, tak výjimečnou válečnou „slávou“ (přednostmi, ctnostmi) je proslulý. – [proto jsou /*Volkové-Tektoságové*/ tak slavní, že] až podnes (doposud, až do nynější doby) [setrvávají] ve stejné nouzi (nedostatku) chudobě (bídě) a střídmosti (skromnosti, odříkání), ve které setrvávají *Germáni* (jako *Germáni*) – stejně se i živí [požívají stejné pokrm] a odívají se (zdobí se) [mají upravený zevnějšek]. Naopak *Galům* blízkost provincií a známost zámožského zboží dopřává (štědře poskytuje) mnoho věcí k [většímu] blahobytu (bohatství, hojnosti) jakož i k [rozličným] požitkům (potřebám) – poněvadž si [Galové] zvykli podléhat (na porážky) – byli [Germány] v mnoha bitvách poraženi, a tak se oni samotní [Galové] zcela jistě s [Volk-Tektoságy] co do statečnosti nemohou srovnávat.“ Na závěr tohoto překladu si dovolíme poznamenat, že výše uvedená varianta je poněkud odlišná. V rámci tohoto příspěvku není dostatek prostoru k podrobné lingvistické analýze – pouze ve zkratce – jde zde o velmi dlouhou tzv. *periodu*. Ta začíná: „*Itaque ea quae fertilissima Germaniae sunt loca circum Hercyniam silvam, quam Eratostheni et quibusdam Graecis fama notam esse video, quam illi Orcyniam appellant, Volcae Tectosages occupaverunt atque ibi conederunt...*“ Nejde o vazbu na následující vedlejší větu: „...*quae gens ad hoc tempus huius sedibus sese continet summamque habet iustitiae et bellicae laudis opinionem...*“

42. Viz již uvedenou poznámku č. 31. Mj. zcela správný *Waldhauserův* názor potvrdil i výše provedený detailní rozbor *Caesarovy* větné periody (bohužel ve většině případů nevhodně překládané). S lokalizací *Volků-Tektoságů* též souvisí přetrvávající (svým způsobem „zjednodušený“) názor o sídlech keltských *Bójů* ve 2. pol. 1. stol. př. n. l.

43. Zřejmě bezprostředně po roce 53 př. n. l. (který *kniha šestá* popisuje) – možná již v zimě téhož roku.
44. Ne však *Galů* v „Caesarově pojetí“ – viz poznámku č. 40.
45. *Velleius Paterculus* se pravděpodobně narodil v roce 19. př. n. l. a umřel v roce 31 n. l. *Strabón* se dožil delšího věku – uvádí se rozmezí 64 př. n. l. až 19 (či 24) n. l. Nicméně obojí popis tzv. *Hercynského lesa* vznikl přibližně ve stejné době.
46. Toto dílo mělo sloužit jako praktická příručka pro římské vojevůdce, provinciální úředníky i obchodníky. První dva svazky mají spíše jen teoretický charakter. Krátce je zde pojednána historie geografie – a to již od *Homéra*. Následuje výklad o zemském povrchu a o rozměrech Země. Zbývajících 15 knih obsahuje popisy jednotlivých zemí a oblastí. Ve 3.–6. knize je pojednána *Hispanie, Galie, Británie, Itálie a Sicílie*; v 7.–10. pak *severní, střední a východní Evropa, severní Balkán* – a především velmi podrobně *Řecko*; v 11.–14. knize je pojednáno *severní a východní Černomoří a Malá Asie*; v 15.–17. pak nakonec *Indie, Mezopotámie, Arábie a Egypt*.
47. Pokud možno doslovný český překlad by mohl být následující: „[A tak] *Hercynská doubrava (dubový les)*, která je značně hustá – a k tomu též plná ohromných stromů, se nachází na územích přirozeně neprostupných. Svírá velký kruh (kruhové území), v jehož středu je též umístěna (nachází se) krajina (země), o které jsme se již [výše] zmínili, [jež je] k osídlení poměrně dosti vhodná. [Též] blízko (v sousedství) této [doubravy] je jak pramen Dunaje, tak i Rýna – též i mezi oběma [prameny] se nachází jednak jezero [Bodamské], jednak i močály zaplněné rozlévající se [vodou] z [řeky] Rýna.“
48. Vantice byly prameny uvedené veleřeky lokalizovány u města *Donaueschingen* – kde se též nachází silný minerální pramen, který vyvěrá do řeky (nejde však o její pravý hydrologický počátek). Římsí vojáci se nedostali skrz hustý les – a tak toto místo označili za pramen *Dunaje*. Proto i dnes má řeka své jméno až od tohoto města (zde je též dokonce zřídlo obezděné jako její symbolický pramen). Dle dnešní geografické uzance má tak *Dunaj* svůj počátek až pod soutokem říček *Breg* a *Brigach* (v nadmořské výšce 672 m). Více vodný a delší je *Breg* – jeho pramen je sice v mapách označován jako *Bregquelle* (obecně je však chápán spíše jako *Donauquelle*) – ten se nachází pouhých 100 m od hlavního evropského rozvodí mezi *Dunajem* a *Rýnem* (v nadmořské výšce 1 078 m).
49. Kde přesně tento pramen *Strabón* lokalizoval, je obtížné ověřit. V současnosti je za počátek označován soutok vodotečí *Vorderrhein (Přední Rýn)* a *Hinterrhein (Zadní Rýn)* nacházející se poblíž švýcarského města *Reichenau* (v kantonu *Graubünden*).
50. Při pohledu na fyzickou mapu (horopisné a vodopisné údaje) *Spolkové republiky Německo* je možné si povšimnout též jakéhosi „kruhu“, který je tvořen následujícími pohořími: *Schwäbische Alb, Fränkische Alb, Frankenwald, Thüringer Wald, Rhön, Spessart, Odenwald* a *Schwarzwald*. Uprostřed tohoto „kruhu“ se pak nachází město *Würzburg*. Jde tedy zjevně o oblast *horního* a *středního Pomohání*.
51. Na jakékoliv internetově dostupné digitalizované mapě lze ověřit, že např. nejbližší česká lokalita – *Rozvadov* je od města *Donaueschingen* značně vzdálena (vzdušnou čarou 354 km) – naopak nejvyšší vrchol *Švábských Alp* – *Lemberg* (1 015 m n. m.) se nachází ve zcela bezprostřední blízkosti (pouhých 30 km).
52. Přes všechny nejasnosti, které existují při interpretaci antických geografických pramenů, lze jednoznačně konstatovat, že existuje jeden „zcela pevný bod“. Tím je označení *Gabréta*. Bez ohledu na „širší“ či „užší“ pojetí vždy platí, že součástí *Gabrěty* byla bezpochyby celá dnešní *Šumava (Böhmerwald)*. Etymologicky souvisí se staroskotským (gaelským) *gobhar* (v galštině *gabro*, v irštině *gabhar*, ve velštině *gafr*, v cornwallštině pak *gauar* – viz Macbain, A., 1911, s. 200). V latině tomu odpovídá *caper* (koza) – šlo však o *kozorožce horského* či *alpského (Capra ibex)*. Lze tedy o dnešní *Šumavě* (v širším smyslu – viz výše) hovořit jako o keltském „lese kozorožců“ (viz též Holder, A., 1896, díl I., s. 1 510–1 511). Pro zajímavost lze i uvést, že v proto-germánštině byl používán pro kozu výraz *gait* (Kroonen, G., 2013, s. 163 /viz i např. v současnosti platné označení *goat*/).
53. Pokud možno doslovný český překlad by mohl být následující: „*Existuje též i jiný velký les Gabrěta – až k těm [místům, sídlům] Svěbů (kde žijí Svěbové); na protilehlé straně se pak [nachází] Hercynská doubrava (dubový les) – i ona je také jimi [Svěby] obsazena (osídlena).*“
54. Viz výše poznámku č. 50.
55. Viz především: Šimek, E., 1930; Šimek, E. 1935; Šimek, E., 1949; Šimek, E., 1953.
56. Viz též předcházející poznámku č. 55.
57. *Germánie* (též i *Magna Germania /Velká Germánie/*) bylo ve starověku územím existujícím východně od *Rýna* (obývané především *germánskými kmeny* /se zbytkem *Keltů*/). *Tacitus* jej popsal v uvedeném spise, který byl pravděpodobně vydán až v roce 98 n. l. – tedy o přibližně 90 let později, než *Strabón* zpracoval sedmou knihu svého sedmnáctisvazkového spisu *Geografika (Γεωγραφικά)*.
58. Jde o jeho vynikající spis označený názvem *Germánie (Germania)*. Můžeme též zmínit jeho český překlad obsažený v publikaci: Tacitus, 1976. Kratší úryvky je možné nalézt také u Bartoňkové, D. a Radové, I., 2010. Citujeme pouze část (druhou polovinu) z 28. kapitoly.
59. Pokud možno doslovný český překlad bychom mohli formulovat asi takto: „...A tak mezi *Hercynským lesem* a *řekami Rýnem* a *Mohanem (dříve)* byli usazeni *Helvetiové*, ve vzdálenějších [krajích – ve směru od *Galiě*] *Bójové* – oba kmeny („národy“) jsou *galské*. Doposud (do dnešní doby) se dochoval název *Boiohaemum* a označuje dávnou minulost tohoto místa – třebaže již obyvatelé byli vystřídáni (jsou zde jiní – tj. *Germáni*).“
60. *Návod ke geografii (Γεωγραφική Ὑφήγησις)*, kniha 2. kap. 10 (řecký text je dostupný na: http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Gazetteer/Periods/Roman/_Texts/Ptolemy/2/10.html).
61. Pokud možno doslovný český překlad by mohl být asi tento: „...a [dále pak se nacházejí] hory nazývané *Sudetské (Sudety)*, jejichž krajní body mají [souřadnice] 34° a 50° a 40° a 50°. Pod nimi [Sudetami] je les *Gabrěta* – mezi nimi a horami *Sarmatskými [Karpaty]* se nachází *Orkynská (Hercynská) doubrava (Hercynský /dubový/ les /hvozď/).*“
62. Šlo nejspíše o: *Slavkovský les, Doupovské hory, Plzeňskou pahorkatinu, Brdy, Středočeskou pahorkatinu, Českomoravskou vrchovinu, Železné hory* a *Drahanskou vrchovinu*.
63. Moučková, B., ed., 2013, s. 148.
64. Pravděpodobně až v rozmezí 150–160 n. l., tj. o 150 let později než popisované události.

65. Šlo pravděpodobně o vojsko „zimující“ v táborech: *Xanten/Vetara* (54 ha), *Haltern* (18 ha) a *Anreppen* (23 ha). (Podrobný seznam /včetně rozloh/: Musil, J. 2005, s. 207–215.) S ohledem na výše uvedené (archeology vypočtené) plochy je zřejmé, že šlo o značné soustředění římské vojenské moci. Pokud jde o seznam římských táborů viz např. Erdkamp P., ed., 2007, s. 397.
66. Mouchová, B., ed., 2013, s. 147.
67. Hypotéza, že *Sentius Saturninus* vyrazil od *Mohuče* by znamenala, že by musel nejdříve převést veškeré shromážděné a „zazimované“ legie (konec roku 5. n. l. a počátek roku 6. n. l.) z povodí řeky *Lippe* (starověké *Lupie*) po pravém rýnském břehu. Proto (zcela logicky) vedl legie jižním směrem od *Anreppen* – aby pak poblíž pohoří *Rhön* se s legiemi přemístil skrz „prosekaný“ *Hercynský les* (vytvářející jakýsi „kruh“ – viz též poznámku č. 47 a 50).
68. Kleineberg, A., et al., 2010, s. 31.
69. Mouchová, B., ed., 2013, s. 149.
70. Šlo o 200 římských mil. Při přepočtu na současné jednotky je zapotřebí uvedenou hodnotu přenásobit konstantou 1,48 (pro zjednodušení lze 1,5). Tím se dostáváme ke vzdálenosti cca 300 km. Oněmi vysokými štíty a hranicí Itálie byl (obdobně jako je tomu v současnosti) *Brennerský průsmyk* (*Brennerpass* – latinsky též *Brennus Mons*). Při použití funkce měření vzdáleností existující u mapového portálu: www.mapy.cz se dozvíme, že nejkratší pěší trasa *Brenner–Amberg* činí 325 km, *Brenner–Regensburg* pak pouze 290 km. Pokud by *Marobudova říše* dosahovala až k *Dunaji* (což je zcela logické, neboť *Amberg* /tj. *Marobudum*/ se nachází nedaleko od této velké řeky), pak by se *Velleius „zmýlil“* pouze o 10 km. Naopak, pokud by *Marobud* byl u *Prahy* (*oppidum Závist*), pak by se jednalo o vzdálenost 485 km – v takovém případě by se *Velleius „zmýlil“* poměrně značně (o plných 185 km). S ohledem na tehdejší geografické znalosti jak římské, tak především řecké by šlo o velmi nepravděpodobnou „chybu“.
71. *Návod ke geografii* (Γεωγραφική Υφήγησις), kniha 2. kap. 10. Viz též Bartoňková, D. a Radová, I., 2010, s. 46.
72. Šlo o *Šumavu* (v širším pojetí též o *Český les* a *Novohradské hory*) – viz též poznámku č. 52.
73. Doslovný český překlad by mohl být asi tento: „Pod lesem *Gabrétou* [se nacházejí] *Markomani*, pod nimi *Sudeinové*...“. V Ptolemaiově pojetí znamenalo „pod“ jižní směr – lze tedy též provést následující upřesnění: „Směrem na jih od *Šumavy* a *Českého lesa* se nacházeli *Markomani*...“.
74. Bohužel obsažené v zásadním díle, které též položilo základy ke zkoumání doby římské na našem území – (na svou dobu) mimořádné publikaci: Zeuss, J. K., 1837 (dnes již plně dostupné na: <http://books.google.de>, <http://www.archive.org>). Téměř všichni význační čeští historikové z uvedeného díla plně vycházeli. Výjimkou byl výrazně kritický (především z původních pramenů vycházející) E. Šimek.
75. Jde o „symbolický“ odkaz na doposud nejpodrobnější českou monografii pojednávající o uvedeném historickém období (Dobiáš, J., 1964).
76. Viz též poměrně rozsáhlou citaci autora uvedenou v poznámce č. 9.

Literatura

- Adkins, Lesley a Adkins, Roy. *Antický Řím: encyklopedická příručka*. V Praze: Slovart, 2012. 487 s. ISBN 978-80-7391-579-7.
- Bálek, Miroslav a Šedo, Ondrej. Příspěvek k poznání krátkodobých táborů římské armády na Moravě. *Památky archeologické*, 1998, 89(1), s. 159–184. ISSN 0031-0506.
- Bartoňková, Dagmar a Radová, Irena. *Antické písemné prameny: k dějinám střední Evropy*. Vyd. 1. Praha: KLP, 2010. 158 s. ISBN 978-80-86791-65-4.
- Bláhová, Marie, Frolík, Jan a Profantová, Naďa. *Velké dějiny země Koruny české. Sv. I., Do roku 1197*. Vyd. 1. Praha: Paseka, 1999. 798 s. ISBN 80-7185-265-1.
- Boatwright, Mary Taliaferro, Gargola, Daniel J. a Talbert, Richard J. A. *Dějiny římské říše: od nejrannějších časů po Konstantina Velikého*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. 530 s. ISBN 978-80-247-3168-1.
- Bouzek, Jan a MUSIL, Jiří. *Marobudus – Marbod: über die Handlungsmöglichkeiten eines Königs um die Zeitenwende. Mitteleuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokláta 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. s. 75–79. ISBN 978-80-87365-20-5.
- Bouzek, Jan, ed. et al. *Gentes, Reges und Rom: Auseinandersetzung, Anerkennung, Anpassung: Festschrift für Jaroslav Tejral zum 65. Geburtstag*. Brno: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, 2000. 250 s. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno; 16. ISBN 80-86023-24-9.
- Bremer, Eckhard. *Die Nutzung des Wasserweges zur Versorgung der römischen Militärlager an der Lippe*. Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, 2001. 111 s. Veröffentlichungen der Altertumskommission für Westfalen Landschaftsverband Westfalen-Lippe; Band 12. ISBN 3-402-05037-4.
- Bunson, Matthew, ed. *Encyclopedia of the Roman empire*. New York: Facts On File, 2002. xviii, 636 s. ISBN 0-8160-4562-3.
- Caesar, Gaius Iulius. *Válečné paměti: o válce galské, o válce občanské, alexandrijské, africké a hispánské*. 1. souborné vyd. Praha: Svoboda, 1972. 634 s. Antická knihovna; sv. 16.
- Dobiáš, Josef. *Dějiny československého území před vystoupením Slovanů*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1964. 475 s.
- Droberjar, Eduard. *Příběh o Marobudovi a jeho říši*. Vyd. 1. Praha: Set out, 2000. 199 s., [16] s. obr. příl. Historica. ISBN 80-86277-10-0.
- Droberjar, Eduard. *Encyklopedie římské a germánské archeologie v Čechách a na Moravě*. Vyd. 1. Praha: Libri, 2002. 456 s. ISBN 80-7277-106-X.
- Droberjar, Eduard. Contribution to the History and Archeology of the Marobuduu Empire. *Mitteleuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokláta 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. s. 81–106. ISBN 978-80-87365-20-5.
- Droberjar, Eduard a Sakař Vladimír. Problems of the Roman military campaign against the empire of Marobuduu in the year 6 A. D. *Gentes, Reges und Rom: Auseinandersetzung, Anerkennung, Anpassung: Festschrift für Jaroslav Tejral zum 65. Geburtstag*. Brno: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, 2000. 250 s. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno; 16. ISBN 80-86023-24-9.
- Dueck, Daniela. *Strabo of Amasia: a Greek man of letters in Augustan Rome*. London: Routledge, 2000. 227 s. ISBN 978-0-415-21672-2.
- Dvořák, Pavel, ed. *Územie Slovenska pred príchodom Slovanov*. 2. upr. vyd. Bratislava: Literárne informačné centrum, 2011. 395 s. Pramene k dejinám Slovenska a Slovákov; 1. ISBN 978-80-8119-037-7.
- Erdkamp, Paul, ed. *A Companion to the Roman Army*. Malden, MA: Blackwell, 2007. 574 s. ISBN 978-1-4051-2153-8.
- Friesinger, Herwig, ed., Stuppner, Alois, ed. a Tejral, Jaroslav, ed. *Markomannenkriege: Ursachen und Wirkungen: VI. Internationales Symposium „Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im nördlichen Mitteldonauegebiet“*, Wien, 23.–26. November 1993. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky Brno, 1994. 511 s. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno; 1. ISBN 80-901679-2-6.
- Gemoll, Wilhelm, Vretska, Karl, Aigner, Therese, ed. *Griechisch-deutsches Schul- und Handwörterbuch*. 10., völlig neu bearb. Aufl., [Nachdr.]. München: Oldenbourg, [2010]. XXIV, 888 s. ISBN 978-3-637-00234-0.
- Günther, Stephanie. *Die Auseinandersetzung mit den Markomannen im 2. Jahrhundert*. München – Ravensburg: Grin Verlag, 2013. 13 s. ISBN 978-3-656-36945-5.
- Holder, Alfred. *Alt-Celtischer Sprachschatz*. Leipzig: B. G. Teubner, 1896–1913. 3 sv.
- Humer, Franz, ed. *Carnuntum: wiedergeborene Stadt der Kaiser*. Darmstadt: WBG, 2014. 168 s. ISBN 978-3-8053-4718-1.
- Jelínková, Dagmar a Kavanová, Blanka. Soupis nalezišť z doby římské. *Oblast vodního díla Nové Mlýny od pravěku do středověku = Das Gebiet des Stausees von Nové Mlýny von der Urgeschichte bis zum Mittelalter*. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2002. s. 329–354. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno; 20. ISBN 80-86023-49-4.
- Kabinet pro studia řecká, římská a latinská. *Encyklopedie antiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1973. 741 s., [8] listů barev. reprodukcí, [10] volných mapek a chronol. přehledů.

Kehne, Peter, Salačová, Helena a Salač, Vladimír. Vojenské podmanění Marobudovy říše plánované na rok 6 po Kr. Augustem a Tiberiem: válka bez boje. *Archeologické rozhledy*, 2006, roč. 58(3), s. 447–461. ISSN 0323-1267.

Kleineberg, Andreas et al. *Germania und die Insel Thule: die Entschlüsselung von Ptolemaios' „Atlas der Oikumene“*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2010. 131 s. ISBN 978-3-534-23757-9.

Komoróczy, Balázs. K otázce existence římského vojenského tábora na počátku 1. století po Kr. u Mušova (kat. úz. Pasohlávky, Jiho-moravský kraj): kritické poznámky z pohledu římsko-provinciální archeologie. *Archeologie barbarů 2005: sborník příspěvků z I. protohistorické konference „Pozdně keltské, germánské a časné slovanské osídlení“*, Kounice, 20.–22. září 2005 = *Archäologie der Barbaren: Materialien der I. frühgeschichtlichen Konferenz „Die spätkeltsche, germanische und frühslawische Besiedlung“*, Kounice, 20.–22. September 2005. Praha: Ústav archeologické památkové péče středních Čech, 2006. s. 155–205. ISBN 80-86756-11-4.

Komoróczy, Balázs. Hradisko (Burgstall) u Mušova ve světle výzkumů v letech 1994–2007. *Barbarská sídliště: chronologické, ekonomické a historické aspekty jejich vývoje ve světle nových archeologických výzkumů: (Archeologie barbarů 2007)*. Brno: Archeologický ústav Akademie věd České republiky Brno, v. i., 2008. s. 391–438. ISBN 80-86023-89-3.

Komoróczy, Balázs. Bemerkungen zu den Baustrukturen und zu der Frage des frühkaiserzeitlichen Lagers in der Flur Mušov-Neurissen. *Mitteuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokládu 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donaauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. s. 537–550. ISBN 978-80-87365-20-5.

Komoróczy, Balázs. *Po stopách římských legií v kraji pod Pálavou*. Pasohlávky: Obec Pasohlávky, 2010. 38 s. ISBN 978-80-260-1465-2.

Kroonen, Guus. *Etymological dictionary of Proto-Germanic*. Leiden: Brill, 2013. xli, 794 s. Leiden Indo-European etymological dictionary series, v. 11. ISBN 978-90-04-18340-7.

Kult, Arnošt. Měl Tiberius Claudius Nero v plánu v rámci chystaného útoku směřovaného proti markomanskému králi Marobudovi v roce 6 n. l. využít k zajištění zásobování svých legií římské říční lodě na řece Moravě? „Voda v dějinách Moravy“: Člověk a voda v dějinách: život – prostředí – technika – každodennost – rituály: XXXII. mikulovské sympozium, Mikulov, 22. 10. 2014. Břeclav: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 2015. s. 9–24. ISBN 978-80-86931-99-4.

Liddell, Henry George, ed. a Scott, Robert, ed. *A Greek-English lexicon: with a revised supplement*. 9th ed., new supplement added. Oxford: Clarendon Press, 1996. xlv, 2042, xxxi, 320 s.

MacBain, Alexander. *An Etymological Dictionary of the Gaelic language*. Stirling: Eneas Mackay, 1911. xvi, xxxvii, 412 s.

Mouchová, Bohumila, ed. *Dvojí pohled na římské dějiny*. Vyd. 1. Praha: Arista, 2013. 583 s. Antická knihovna; sv. 82. ISBN 978-80-86410-69-2.

Musil, Jiří. Keltové a Germáni v Caesarově a Augustově pojetí: vojenské obsazování zaalpských zemí. *Archeologie barbarů 2005: sborník příspěvků z I. protohistorické konference „Pozdně keltské, germánské a časné slovanské osídlení“*, Kounice, 20.–22. září 2005 = *Archäologie der Barbaren: Materialien der I. frühgeschichtlichen Konferenz „Die spätkeltsche, germanische und frühslawische Besiedlung“*, Kounice, 20.–22. September 2005. Praha: Ústav archeologické památkové péče středních Čech, 2006. s. 207–215. ISBN 80-86756-11-4.

Musilová, Margaréta a TURČAN, Vladimír. *Římské památky na středním Dunaji: od Vindobony po Aquincum*. Bratislava: Nadácia pre záchranu kultúrneho dědictví, 2010. 200 s. ISBN 978-80-968910-1-6.

Niederle, Jindřich, Niederle, Václav a Varcl, Ladislav. *Mluvnice jazyka řeckého*. Vyd. 1. Praha: Vyšehrad, 1998. 288 s. ISBN 80-7021-283-7.

Novotný, Václav. *České dějiny. Díl I., část I., Od nejstarších dob do smrti knížete Oldřicha*. Praha: Jan Laichter, 1912. 782 s. Laichterův výbor nejlepších spisů; sv. 38.

Palacký, František. *Dějiny národu českého v Čechách a na Moravě. Sv. 1., kn. 1, 2 a 3, Od prvověkosti až do roku 1125*. Nové vydání obstaral A. Dolenský. Praha: Gutenberg, 1928. 374 s.

Panczová, Helena. *Grécko-slovenský slovník: od Homéra po křesťanských autorov*. Vyd. 1. V Bratislave: Lingea, 2012. 1 327 s. ISBN 978-80-8145-021-1.

Paoli, Ugo Enrico, ed. a Giannelli, Giulio, ed. *Antický Řím*. Vyd. 3. Bratislava: Tatran, 1975. 301 s. Redakce výtvarných literatur; Zv. 203.

Pleiner, Radomír a kol. *Pravěké dějiny Čech*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1978. 870, [2] s.

Podborský, Vladimír et al. *Pravěké dějiny Moravy*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 1993. 543 s., [12] l. obr. příl. Vlastivěda moravská. Země a lid. Nová řada; Sv. 3. ISBN 80-85048-45-0.

Quitt, Zdeněk a Kucharský, Pavel. *Latinská mluvnice*. Vyd. 3. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 201 s. Učebnice pro vysoké školy.

Salač, Vladimír. 2000 let od římského vojenského tažení proti Marobudovi: naše nejstarší historické výročí a metodologické problémy studia starší doby římské. *Archeologické rozhledy*, 2006, roč. 58 (3), s. 462–485. ISSN 0323-1267.

Salač, Vladimír. 2000 Jahre seit dem römischen Feldzug gegen Marbod und methodische Probleme der Erforschung der älteren römischen Kaiserzeit in Böhmen und Mitteleuropa. *Mitteuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokládu 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donaauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. s. 107–138. ISBN 978-80-87365-20-5.

Salač, Vladimír, ed. a Bemmman, Jan, ed. *Mitteuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokládu 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donaauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. 594 s. ISBN 978-80-87365-20-5.

Strabo et Müller, Carl Friedrich Wilhelm et DÜBNER, Friedrich. *Strabonos geografika = Strabonis Geographica graece cum versione reficta*. Parisiis: Ambrosio Firmin-Didot, 1853. vii, 1 044 s.

Strabo und Forbiger, Albert. *Strabo II*. Berlin-Schöneberg: Langenscheidt, 1855, 167 s.

Strabo. *The geography of Strabo. With an English translation by Horace Leonard Jones. Based in part upon the unfinished version of John Robert Sitlington Sterrett*. Harvard: W. Heinemann; G. P. Putnam's sons, 1917 (1924). Dostupné z: <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/>.

Strabo. *The geography of Strabo. With an English translation by Horace Leonard Jones. Based in part upon the unfinished version of John Robert Sitlington Sterrett*. Harvard: W. Heinemann; G. P. Putnam's sons, 1917 (1924). Dostupné z: <http://www.perseus.tufts.edu/hopper>.

Strabo und Radt, Stefan. *Strabons Geographika, Bd. 6. Buch V–VIII: Kommentar*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2007. 525 s. ISBN 978-3-525-25955-9.

Šedo, Ondřej. Poznávání krátkodobých táborů římské armády v barbariku na sever od středního Dunaje. *Sborník prací Filozofické fakulty Brněnské univerzity. Řada archeologická (M), Č. 6, Studia archaeologica brunensia*. Brno: Masarykova univerzita, 2001. s. 93–106. ISBN 80-210-2745-2.

Šimek, Emanuel. *Čechy a Morava za doby římské: kritická studie*. V Praze: Filozofická fakulta University Karlovy, 1923. 282 s. Práce z vědeckých ústavů; 1.

Šimek, Emanuel. *Velká Germanie Klaudia Ptolemaia. Svazek 1*. V Praze: Filozofická fakulta University Karlovy, 1930. 159 s., 2 obr. příl. Sběrka pojednání a rozprav filozofické fakulty University Karlovy; [sv.] 16.

Šimek, Emanuel. *Keltové a Germáni v našich zemích: kritická studie*. Brno: Filozofická fakulta, 1934. 145 s. Spisy filozofické fakulty Masarykovy university v Brně; č. 38.

Šimek, Emanuel. *Velká Germanie Klaudia Ptolemaia. Svazek 2*. Brno: Filozofická fakulta Masarykovy university, 1935. 236 s., 2 mapy na příl. Spisy filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně; č. 40.

Šimek, Emanuel. *Velká Germanie Klaudia Ptolemaia. Svazek 3, část 1*. Brno: Masarykova univerzita, 1949. 268 s. Spisy Masarykovy univ. v Brně. Fil. fak.; Čís. 47.

Šimek, Emanuel. *Velká Germanie Klaudia Ptolemaia: Kulturně historický obraz oblasti mezi Rýnem a horní Odrou – dolní Vislou, Dunajem a Baltickým mořem v dobách kolem počátku našeho letopočtu. Svazek 4. Vyd. 1*. Brno: Brněn. univ., 1953. 763, [1] s. Spisy filozofické fakulty university v Brně. Ř. historické literatury; Čís. 49.

Tacitus, Publius Cornelius. *Letopisy*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Svoboda, 1975. 554 s. Antická knihovna; sv. 27.

Tacitus, Publius Cornelius. *Z dějin císařského Říma*. Vyd. 1. (Dějiny 2. přeprac. vyd.). Praha: Svoboda, 1976. 473 s. Antická knihovna; sv. 31.

Tejral, Jaroslav. Das Gebiet nördlich der mittleren Donau zur Zeit Marbods. *Mitteuropa zur Zeit Marbods: Tagung Rostoky u Křivokládu 4. 8.–8. 12. 2006: anlässlich des 2000jährigen Jubiläums des römischen Feldzuges gegen Marbod: 19. Internationales Symposium Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im mittleren Donaauraum*. Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, 2009. s. 149–202. ISBN 978-80-87365-20-5.

Waldhauser, Jiří. *Encyklopedie Keltů v Čechách*. Vyd. 1. Praha: Libri, 2001. 591 s. ISBN 80-7277-053-5.

Wolters, Reinhard. *Římané v Germánii*. Vyd. 1. Praha: Vyšehrad, 2002. 141 s. Historica. ISBN 80-7021-539-9.

Zeuss, Johann Kaspar. *Die Deutschen und die Nachbarstämme*. München: Bei Ignaz Joseph Lentner, 1837. 778 s.

Autor

Ing. Arnošt Kult

✉ arnost.kult@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

50 let česko-polské spolupráce ve vodním stavitelství

ÚVOD

Vnitrozemská vodní plavba se v 19. a 20. století stala ve všech rozvinutých státech rovnocenným partnerem silniční a železniční dopravy, vhodným zejména pro přepravu nákladů na střední a velké vzdálenosti. Podnět k výstavbě kapacitní labsko-vltavské vodní cesty a výkonné, ekologicky vhodné i levné nákladní dopravy po Vltavě a Labi až k německým hranicím dal koncem 19. století zemský výbor tehdejšího Českého království založením tzv. Kanalizační komise.

Vodocestný zákon o stavbě vodních cest a regulaci řek tehdejšího Rakousko-Uherska rozhodl nejen o splavnění Labe od hranice až do Pardubic, o splavnění Vltavy Mělník-Praha-České Budějovice i Labe Pardubice-Hradec Králové a také o vybudování průplavního spojení Dunaj-Odra-Labe, a to pro čluny o nosnosti 600 tun. Tyto vodní cesty měly být původně dohotoveny do roku 1922 jako rakousko-uherská kompenzace za českou podporu předchozí výstavby železnic v Alpách.

Tato výstavba však od samého začátku probíhala ve zpoždění za technickým vývojem vodních cest sousedních západoevropských států a nedodržovala stanovený časový plán a postup. Až do roku 1919 se využívalo jako plavebních stupňů členitých slupicových konstrukcí s lávkou při horní hladině, hrazených hradly či malými stavidly, tedy členitých a manipulovaných ručně, jen lidskou silou. Plavební období bylo přerušováno v zimě i za povodní a trvalo v průměru 240 dní. Regulace hladiny a technologie proplování zůstávala vzhledem k existenci zastaralých jezů stejná až do jejich rekonstrukce. Před zimním obdobím, kdy členité konstrukce těchto členitých nemoderních konstrukcí zamrzaly, a před povodněmi, kdy nadměrně zvyšovaly hladinu, se tyto od počátku zastaralé jezy musely zdoluhavě a ručně vyhrazovat, sklápět a po jejich odeznění znovu manuálně vztyčovat, což významně zkracovalo délku plavebního období, mimo něž byla plavba nevhodně nahrazována železniční a později i nákladní silniční dopravou.

Koncem 19. století byly v západní Evropě, USA, Kanadě již budovány jezy celistvé, vybavené většinou velkými stavidly nebo segmentovými či válcovými uzávěry. Byly pohybovány strojně a elektricky, a to mechanismy umístěnými nad povodňovou hladinou, na konci jezových polí na vysokých pilířích. Tehdy již existovaly i přelévané jezy, pohybované mechanicky nebo hydrostaticky, s rozdílem vodních tlaků. Především sektorové nebo poklopové jezy, sklápěné do spodní stavby, umožňovaly prodlužovat plavební období.

Vláda Československé republiky vydala roku 1931 zákon o státním fondu splavnění řek, vybudování přístavů, úrodných přehrad a pro využití vodních sil. Za vodocestné stavby ČSR odpovídalo ministerstvo veřejných prací a Ředitelství vodních cest (ŘVC), kde aktivní Ing. Bartovský prosazoval již moderní stavidlové (tabulové) jezy. Mezi světovými válkami proběhla na Labi výstavba devíti stavidlových jezů s plavebními komorami a částečně i vodními elektrárnami: Přelouč, Kostelec nad Labem, Brandýs nad Labem, Lysá nad Labem, Kostomlátky, Srnojedy, Čelákovice, Ústí nad Labem a také Klavary, dostavěné za 2. světové války. Roku 1937 bylo dostavěno první moderní zdymsadlo na řece Odře, jez u Koblava, které však bylo následkem rozpadu poddolování po 2. světové válce zrušeno.

V roce 1938 byl v rámci smlouvy mezi tehdejší Velkoněmeckou říší a Československem, vypracován nový projekt labské větve dunajsko-oderského průplavu D-O-L, a to s plavidly nosnosti 1 000 tun. Byla také zřízena Komise pro stavbu a provoz dunajsko-oderského průplavu. Po skončení 2. světové války pak její memorandum požadovalo mezinárodní financování stavby a pokračování

výstavby. Zavedením krajského zřízení po komunistickém převratu v roce 1948 bylo však zrušeno Ředitelství vodních cest. Roku 1952 vzniklo Vodohospodářské rozvojové středisko (VRS) a roku 1966 pak Ředitelství vodních toků (ŘVT), zahrnující v českých zemích šest správ povodí: Vltavy, Berounky, Ohře, Labe, Moravy, Odry a odborný útvar Vodohospodářský rozvoj a výstavba.

REKONSTRUKCE ZASTARALÝCH JEZŮ NA LABSKO-VLTAVSKÉ VODNÍ CESTĚ

V období před pražským jarem se Ústřední správa vodního hospodářství změnila v Ministerstvo lesního a vodního hospodářství, čímž se zesílily snahy o účelnost vodohospodářských staveb. Do plánu výstavby byla zařazena i rekonstrukce zastaralých slupicových jezů pro zavedení řešení, vyhovujícího po stránce technické, funkční i nákladové.

Rekonstrukce zastaralých jezů na labsko-vltavské vodní cestě se stala žádoucí na konci šedesátých let, kdy vláda rozhodla o výstavbě uhelné elektrárny ve Chvaleticích na Labi. Kapacita jejího železničního spojení s mosteckou hnědouhelnou pávní však nebyla postačující pro zásobení tak mohutné velké parní elektrárny palivem – hnědým uhlím. Iniciativou podniků Povodí Vltavy i Labe spolu s Československou plavbou vznikl plán o zvýšení přepravy na dolním Labi na desetinásobek a na středním Labi až na padesátinásobek tehdejšího objemu. Proto byly v tehdejších studiích a projektech k takto vybraným jezům přiřazovány i novodobé plavební komory. Investiční odbor ministerstva lesního a vodního hospodářství se snažil podpořit další výstavbu D-O-L v šedesátých letech, a to i v projektu Úprav na jižní Moravě, za který jsem tehdy na ÚSVH a později MLVH odpovídal.

NOVÁ KONCEPCE LABSKÝCH A VLTAVSKÝCH PLOVEBNÍCH STUPŇŮ

Po dokončení fakulty inženýrského stavitelství jsem se podílel zprvu na přípravě projektů přehrady Orlík a hydroelektrárny Kamýk n. Vltavou, přehrady Nechanice, vodního díla Rozkoš a řady jezů. Na katedře vodních staveb ČVUT jsem pak technicky a ekonomicky porovnal jezové soustavy ve své kandidátské práci. Vyhodnotil jsem objemy a náklady hlavních prací a poté i jejich provozní a hydraulické výhody, architektonické a ekologické vlastnosti. Studie vodního díla Modřany, jezu s plavební komorou a vodní elektrárnou, se začátkem šedesátých let stala mou první samostatnou prací, kde jsem výsledky tohoto svého vyhodnocení využil.

O druhu jezové konstrukce rozhodoval v Hydroprojektu vždy projektant díla ve spolupráci s odborem ocelových konstrukcí. Oceláři podporovali obvykle využití stavidlových (tabulových) jezů. Jejich vyzkoušené podklady z projektů minulých staveb byly spolehlivé, a to jim usnadňovalo návrh nových. Tehdy jsem dospěl k těmto moderním úsporným zásadám:

1. Obvyklé konstrukce stavidlových (tabulových) jezů jsou nadbytečně masivní. Hydrostatický tlak přenáší do pilířů a jejich prostřednictvím teprve do spodní stavby. Přelévané konstrukce dutých klapek naproti tomu přenáší dvě třetiny zatížení do spodní stavby přímo, pokud jsou poháněny mechanismy,

umístěnými v pilířích. Klapky s převýšenými konci, podpírané hydraulickými válci přenášejí pak do spodní stavby celé zatížení přímo, podobně jako sektorové a další sklopné jezy.

2. Sklopné jezy jsou úspornější co do spotřeby zemních prací, betonu i oceli. Za příznivých okolností vyžadují jen 50 % betonu a při využití dutých klapek mají jen poloviční spotřebu oceli ve srovnání s uvedenými stavidlovými konstrukcemi.
3. Vysoké pilíře zdvižných jezů, tedy i stavidlových i segmentových, jsou architektonicky nevhodné, zejména ve volné krajině, sklopné jezy jsou z tohoto hlediska mnohem výhodnější.
4. Jezové pilíře je třeba navrhovat co nejkratší a nejnižší, méně hmotné, jejich výška metr nad normální hladinou postačí, neboť případné vstupy lze chránit vodotěsnými poklopy.
5. Náhrada tehdy obvyklé jezové lávky chodbou ve spodní stavbě zvyšuje nenápadnost a estetický dojem stavby díky proudu vody, skrývající přelévané sklopné jezové uzávěry.
6. Je účelné a provozně výhodné ovládat a kontrolovat provoz všech objektů, tedy jezů, plavebních komor, propustí atd. z jednoho místa, z provozního prostoru, vhodně umístěného nejlépe na mohutném pilíři, tyčícím se na zdi plavební komory. Tento objekt pak vytváří jedinou vertikální dominantu celého vodního díla.
7. Vodní dílo je účelné vhodně začlenit do krajiny účelnou vegetační úpravou.

Prováděcí podnik Vodní stavby odmítl při rekonstrukci jezů v Roudnici, Českých Kopistech a Lovosicích využít tuto nezvyklou koncepci i navrhovaný způsob výstavby (využití larsenových jímek, zatloukaných z vody). Úspornost by snížila jejich zisky. Proto jsem se souhlasem ministra Smrkovského projednal s Ing. Grossmanem, vedoucím odboru Státní plánovací komise, tehdy zcela neobvyklou, vlastně nevyužívanou, možnost výstavby polskými dodavateli. Jejím výhodou bylo, že umožňovala snížit tehdejší příliš vysoký polský dluh.

Ředitelé Vodních staveb, ČKD Blansko a Hydroprojektu mne vzhledem k prosazování zahraniční firmy obžalovali na ÚVKŠČ z podřívání národního hospodářství. Na ÚV jsem se obhájil, navázal kontakty s polským obchodním zastupitelstvím v Praze a pak odejel do Polska navázat styky s polskými firmami: především se stavebním družstvem Spółdzielnia Robót Morskich i Drogowych L. Waryńskiego v Gdyni, dále se subdodavatelem podvodních pyrotechnických prací a injektáží P. R. O. Gdynia. Výsledkem mého jednání bylo, že se zaručili provádět práce v malých štetovnicových jímkách, tedy tak jak jsme požadovali.

V Plocku, přístavu na řece Visle, jsme poté navštívili loděnice Tczewska Stocznia Rzeczna. Tyto ocelárny se pak osvědčily jako budoucí dodavatel hydrostatických sektorových uzávěrů při rekonstrukci labských jezů i jako dodavatel ocelových konstrukcí dalších vodních staveb ČR.

KONTRAKT NA REKONSTRUKCI SLUPICOVÝCH JEZŮ ROUDNICE, ČESKÉ KOPISTY, LOVOSICE

Kontrakt na přestavbu zastaralých slupicových jezů na Labi v Roudnici, Českých Kopistech a Lovosicích a výstavbu jezů sektorových bez lávky a s chodbou ve spodní stavbě s obslužnou komorou na mohutném pilíři jako jedinou vertikální dominantou vodního díla byl podepsán českou a polskou stranou v listopadu 1967. Pro Československo byl výhodný i po cenové stránce, neboť Poláci se spokojili s polovičními cenami, ve srovnání s cenami požadovanými národními podniky Vodní stavby a ČKD Blansko. Jejich dodávka navíc snižovala polský dluh.

Hlavním partnerem českého zahraničního podniku Škodaexport Praha, inženýrské organizace Vodohospodářský rozvoj a výstavba a podniků Povodí Vltavy a Povodí Labe se stal polský podnik zahraničního obchodu CEKOP – později Budimex. Generálním dodavatelem podnik Naviga a zhotovitelem stavební části Stavební družstvo L. Waryńskiego, které tehdy začalo vystupovat pod názvem SPELWAR.

Rekonstrukce zastaralých slupicových jezů byla zahájena v Českých Kopistech (1968–71), pokračovala výstavbou Roudnice (1969–71) a Lovosic (1969–72), označovaná jako Ro-Ko-Lo. Každým rokem vznikalo pravidelně jedno nové jezové pole s ocelovým sektorovým uzávěrem. Smlouva byla pak rozšířena o jez Obříství, jež zahrnoval vzdutí i bývalého jezu Hadík, jeho plavební komoru (1971–74) o vyšším spádu a jez v Praze-Troji (1974–78). Později byla postupně prováděna i modernizace malých a pak i velkých plavebních komor: Dolní Beřkovice, Roudnice, České Kopisty i výstavba plavebních komor ve Veletově a další stavby, i mimo obor vodních cest.

Po výstavbě těchto staveb Ro-Ko-Lo chtěli polští odborníci pokračovat v podpoře výstavby českých a slovenských vodních cest. Proto se aktivně zajímali o průplavní spojení D-O-L – zvané dnes plavební koridor. Měla o to zájem zejména Československá plavba labsko-oderská (ČSPLO) a její ředitel Ing. Oprchalski, rovněž Polák. Z iniciativy jeho a vedoucího pražské skupiny CEKOPU Ing. Swiergela jsem zařídil souhlas tehdejšího ministerstva lesního a vodního hospodářství, abych mohl v Hamburku jednat o získání mezinárodní finanční podpory tohoto německého svobodného státu. Bylo to v době, kdy československý stát i ostatní lidové demokracie neměly diplomatické ani obchodní styky se Spolkovou republikou Německo, a uznávaly pouze Německou demokratickou republiku.

POKUS O ČESKO-NĚMECKOU FINANČNÍ SPOLUPRÁCI V ROCE 1968

Obchodní styky se západem byly tehdy velmi omezené a československé ministerstvo zahraničí jednalo se Spolkovou republikou Německo pouze zprostředkovaně. Investiční odbor ministerstva lesního a vodního hospodářství, vedený odvážným Ing. Vladimírem Dvořákem, však s návrhem přímého jednání o finanční podpoře Spolkového státu Hamburk souhlasil a tehdejší ministr Smrkovský jej potvrdil.

Byl jsem pak úředně pověřen, v rozporu s předchozími zvyklostmi komunistického režimu ČR, navázat mezinárodní obchodní styky s hamburským státem za účelem získání finanční podpory výstavby československého plavebního koridoru mezi Dunajem a Odrou. Československá republika by tak, během několika let, za účinné podpory polských dodavatelů propojila Odru s Dunajem a tím Severní i Baltické moře s mořem Černým, a to před dokončením německého průplavu Rhein–Main–Donau. To by již tehdy změnilo obchodní cesty Evropy a napomohlo i její politické změně, po které toužil kromě československého lidu zejména polský národ, známý svým odporem k Sovětům.

Moje služební cesta do Hamburku byla tedy velmi aktuální a akutní. Z bezpečnostních důvodů, plynoucích z tehdejšího oficiálního postoje čs. vlády, byla utajována. Ředitel ČSPLO Ing. Oprchalski ji pro mne zajišťoval jako studijní, využitím nákladní lodě ČSPLO z Děčína až do Hamburku. Podpora výstavby průplavu Odra–Dunaj byla výhodná i pro Hamburk, neboť toto plavební spojení Dunaj–Odra spojuje Hamburk s Černým mořem přímo. Německý průplav Rhein–Main–Donau, jehož dostavba byla tehdy narušována stanovisky ochránců přírody, spojoval s Černým mořem přímo holandský přístav Rotterdam, jenž je dodnes největším obchodním konkurentem Hamburku v Evropě.

V Hamburku mne očekával tamní zástupce Ing. Oprchalského, z tisku známý zatvrzelý komunist. Nevzpomínám si sice na jeho jméno, ale zdůrazňuji, že s jeho postupem jsem tehdy byl velmi spokojen... Poskytl mi při jednání podporu po všech stránkách a v plné míře. Přizpůsobil se duchu nové doby.

Představitelem hamburské vlády byl elegantní pan Harm Westendorf. Jednání s ním a dalšími představiteli Hamburku proběhlo na jaře 1968 velmi srdečně a úspěšně a bylo zakončeno ve slavnostním sále štíhlé hamburské rozhledny, výškové dominanty tohoto velkoměsta. Bylo domluveno a potvrzeno, že spolkový stát Hamburk podpoří výstavbu průplavu Dunaj–Odra finanční podporou – darem, předběžně stanoveným částkou 25 miliónů DM. Provedl jsem si v duchu přepočty na české koruny. Uvědomil jsem si, že přepočtená částka postačí, při tehdejších nízkých polských nákladech výstavby zdymadel na Labi, na výstavbu pěti až sedmi zdymadel na Moravě, Bečvě či Odře. Hamburští technici zřejmě nebyli seznámeni s výhodami valutové situace ČSR. Německé stavby byly tehdy v přepočtu podstatně dražší než československé. Termín podpisu příslušné smlouvy byl stanoven na září 1968. Po návratu jsem o výsledku informoval Ing. J. Hanuse, který se po odchodu Smrkovského do funkce předsedy Federálního shromáždění stal novým ministrem lesního a vodního hospodářství, a jeho náměstka Ing. L. Boháče. Oba byli výsledky jednání nadšeni a souhlasili s podpisem smlouvy.

Vstupem spojeneckých vojsk do Československa však výsledek tohoto jednání ztratil svou platnost a význam. Pod tlakem Sovětského svazu a spojeneckých vojsk se československá vláda znovu zavázala dodržovat všechny sověty požadované zásady zahraniční politiky. Smlouvu nebylo možno podepsat. To znemožnilo aby dostavba koridoru Dunaj–Odra byla zahájena, přestože by to ČSR, Polsku, oběma Německým státům a Balkánu poskytlo významné obchodní výhody.

Termín podpisu jsme odvolali telefonicky. Při této příležitosti mně ministr Hanus přátelsky doporučil, abych z bezpečnostních důvodů odešel s rodinou na několik let z Československa. Abych třeba požádal americké velvyslanectví o stipendium a strávil ta léta ve svém oboru na některé z amerických technických univerzit. Rozhodl jsem se však jinak: prostřednictvím ministerstva zahraničního obchodu jsem požádal o zaměstnání rozvojového poradce OSN v Iránu. Ministr Hanus podepsal všechny dokumenty, jak jsem potřeboval, za což jsem mu dodnes zavázán.

Po mém odjezdu do Iránu v roce 1969 byl můj přítel Ing. Swiergel, tehdy vedoucí pražské skupiny Budimexu, z tohoto zahraničního podniku propuštěn. Octl se s manželkou v Maroku a tam vbrzku za nejasných příčin zesnul. Ředitel Oprchalský zemřel násilnou smrtí, a to pod koly nákladního auta na dvoře svého závodu ČSPLO.

V období 1975 až 1992 modernizovala Spółdzielnia Robót Morskich i Drogowych L. Waryńskiego postupně plavební komory středního Labe: v Kostelci, Brandýse, Čelákovících, Lysé nad Labem, Hradištku, Kostomlátkách, Nymburku, ve Velkém Oseku, Lobkovicích, Dolních Bečkovících, na Vltavě v Roztokách a kanálu Hořín. Nahradila i původní pevný jez ve Veletově moderním sklopným. Provedla také, kromě stavebních úprav v několika přístavech – Ústí nad Labem, Hněvicích, Mělníku, i několik staveb pro jiné investory – včetně výstavby jezu Větrní.

Po sametové revoluci provedl SPELWAR ještě k rekonstrukci plavebních komor Lovosice, Podbaba, Štětí, České Kopisty úpravy řady úseků nábreží, zejména v Děčíně-Loubí, ochranného přístavu v Praze-Smíchově, přestavbu dalších přístavišť a překladišť a také výstavbu či modernizaci malých vodních elektráren Hněvkovice, Mohelno, Klášterec nad Ohří, Doksany, Veselí na Moravě, Rozkoš. Rekonstruoval i velké plavební komory ve Štětí a Českých Kopistech a upravil další koryta jezu a stupně. Činnost Navimoru se rozšířila po celém území republiky. V devadesátých letech byla kapacita polských dodávek rozšířena novou firmou Hydrobudowa Gdansk, která vybudovala jez na Jizeře, čistírnu odpadních vod v Bakově nad Jizerou, kanalizaci a čistírnu odpadních v Bělé pod Bezdězem, městský vodovod a kanalizaci v Semilech.

ZÁVĚR

Stěžejním evropským legislativním dokumentem pro oblast rozvoje dopravní infrastruktury je nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1315/2013/EU o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě. Stanovuje hlavní a pro Evropu v oblasti vytváření transevropské dopravní sítě (TEN-T) a určení projektů společného zájmu. Koncepce vodní dopravy vychází ze závěrů Bílé knihy – Cesta k jednotnému evropskému dopravnímu prostoru. Podporuje konkurenceschopný, ekologický a efektivní dopravní systém, novou evropskou dopravní politikou pro období 2012–2020 s výhledem do roku 2050. Vyžaduje přesunutí 50 % přepravy nákladů na střední a dlouhé vzdálenosti ze silniční na železniční a vodní dopravu.

Evropská unie se zavázala směřovat k převedení dopravy na méně energeticky náročné, čistší a bezpečnější druhy. Vnitrozemská vodní doprava je zjevnou volbou, která může hrát nejvýraznější roli při dosahování těchto cílů. Prostřednictvím sdělení Komise o podpoře vnitrozemské vodní dopravy NAIADES (Navigation and Inland Waterway Action and Development in Europe) ze dne 17. 1. 2006 chce Evropská unie zdůraznit výhody vnitrozemské vodní dopravy a odstranit řadu překážek, které mohou bránit ve využívání řady příležitostí. Problémy, se kterými se česká vnitrozemská vodní doprava potýká, vyžadují koordinovanou střednědobou i dlouhodobou snahu všech zúčastněných stran, všech odvětví, členských států a dalších odpovědných stran. Akční program NAIADES se soustřeďuje na pět vzájemně propojených strategických oblastí pro komplexní politiku vnitrozemské vodní dopravy: trh, loďstvo (flotila), pracovní místa a dovednosti, obraz v očích veřejnosti, infrastruktura. Obsahuje doporučení kroků, které byly realizovány Evropskou unií, členskými státy a dotčenými stranami také v letech 2006–2013.

Autor

Ing. Milan K. Jermář, DrSc.

emeritní referent MLVH pro úpravy toků a vodní cesty, expert UNDP, ADB, GTZ, KfW a EU

VTEI/2017/6

Od roku 1959

**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.

Ročník 59



VTEI.cz

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

Redakční rada:

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D., RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.,
doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.,
Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Jana Poórová, Ph.D., Mgr. Mark Rieder,
RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba

Vědecká rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník,
Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Šéfredaktor:

Lenka Jeřábková
T: +420 220 197 465
E: lenka.jerabkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s.r.o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v únoru.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

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



PŘEHRADNÍ NÁDRŽ PASTVINY

V letech 1933 až 1938 byla na Divoké Orlici v obci Pastviny vystavěna 43 m vysoká přehrada s přečerpávací elektrárnou. V čerpadlovém provozu byla naposledy v roce 1964, od té doby slouží pouze jako klasická vodní elektrárna. Přehradní jezero je asi 7 km dlouhé a jeho plocha je 110 ha. *Text a fotografii dodal Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz