



11-12 / 2021

VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie





© Vodohospodársky spravodajca
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 64

Vydavateľ: Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, IČO: 30 841 721,
tel.: +421 (0)2 59 343 336, www.zzvvh.sk

Redakcia: Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, tel.: +421 (0)2 59 343 322, mobil: +421 905 594 435, e-mail: pavel.hucko@vuvh.sk, maria.rimarcikova@vuvh.sk

Redakčná rada: Ing. Marián Bocák, Ing. Stanislav Dobrotka, Ing. Ingrid Grundová, Ing. Pavel Hucko, CSc. (predseda), Ing. Tomáš IČ,
prof. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., Ing. Danica Lešková, PhD., Mgr. Eva Polakovičová, Ing. Jana Poárová, PhD., Ing. Andrej Šille,
prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Ing. Danka Thalmeinerová, CSc., Ing. Gabriel Tuhý, Dr. Ing. Antonín Tůma, RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Dátum vydania: november 2021

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarčíková

Grafické spracovanie a tlač: Polygrafické centrum, www.polygrafcentrum.sk

Príspevky sú recenzované.

Ďalšie šírenie článkov alebo ich častí je dovoľené iba s predchádzajúcim súhlasom vydavateľa.

Pravidlá písania do Vodohospodárskeho spravodajcu nájdete na www.zzvvh.sk

Informácie o spracúvaní osobných údajov poskytované podľa čl. 13 a 14 Nariadenia nájdete na stránke www.zzvvh.sk

Evidenčné číslo: EV 3499/09

ISSN: 0322-886X



Milí čitatelia,

tento rok by som osobne označil za rok začiatku významných reforiem nielen v spoločnosti, ale zároveň aj v oblasti životného prostredia. Tieto reformy sú vynútené tak príchodom pandémie, ako i dlhodobou udržiavaným modelom fungovania vecí, ktorý nie je vhodný pre náš súčasný život na tejto pla-

néte, keďže čelí jednej z najväčších výziev, akou je zmena klímy. Preto sme boli tohto roku ako ministerstvo súčasťou významnej udalosti, a to prijatia Plánu obnovy a odolnosti Európskou komisiou. Plán vznikol ako reakcia členských štátov EÚ na hospodársku krízu vyvolanú pandemiou, ale jeho cieľom je reagovať i na výzvy, ktoré nás čakajú v súvislosti so zmenou klímy. Na MŽP SR sme intenzívne pracovali, aby Plán obnovy znamenal skutočne zelený reštart Slovenska. Pre vodohospodárov sú vyčlenené prostriedky v Komponente 5 (adaptácia na zmenu klímy), na revitalizáciu vodných tokov v hodnote takmer 63 mil. eur z celkového balíka vo výške 159 mil. eur.

Samotný Plán obnovy je rozdelený na reformnú činnosť a investície. Pre naše ministerstvo sú kľúčové reformy krajinného plánovania, ochrany prírody a hospodárenia s vodou v krajine. Hospodárenie vo voľnej krajine by sa malo realizovať tak, aby neurýchlilo eróziu a odtok vody z územia. Naopak, vhodnými aktivitami v území je potrebné vodu zadržiavať a napomáhať zvyšovaniu zásob vody v krajine.

Čakajú nás legislatívne zmeny a úpravy technických noriem, ktoré umožnia revitalizáciu vodných tokov. V súčasnosti rezonuje búrlivá diskusia o reforme správy chránených území a návrhu nového modelu fungovania a financovania chránených území, prioritne národných parkov, s cieľom zjednodušiť, zjednotiť a sprehladniť národnú sústavu chránených území, aj vo vzťahu k územiám Natura 2000. Aj tieto zmeny sú nevyhnutné na lepšie nastavenie vodohospodárskeho manažmentu. V návrhu koncepcie vodnej politiky, ktorá sa v súčasnosti pripravuje na sekcii vôd MŽP SR, sa jasne deklaruje, že cieľom je taká krajina v povodiach, ktorá je schopná zadržiavať vodu a zmierňovať negatívne následky zmeny klímy, aby sa zabezpečila ochrana a diverzifikácia vodných zdrojov, efektívne a hospodárne užívanie vôd, plnenie ekosystémových služieb, obnova zásob podzemnej vody, ako aj bezpečnosť a ochrana zdravia a majetku oby-

vateľov pred následkami povodní. Tento stav je potrebné dosiahnuť určením hierarchie zásahov do krajiny, keď prvoradou prioritou bude spomaľovanie odtoku vody, druhou opatrenia na znižovanie kulminačného prietoku, a nakoniec aj realizáciou opatrení na ochranu pred povodňami priamo na vodnom toku, avšak vždy s ohľadom na dosiahnutie cieľov rámcovej smernice o vode a súvisiacich smerníc.

Prijatím koncepcie vodnej politiky sa dostaneme na novú štartovú čiaru a bude záležať na každom jednom výskumnom pracovníkovi, vodohospodárovi v povodiach a na pracovníkoch štátnej a verejnej správy, aby sme spolu dokázali správne nastaviť plnenie Koncepcie vodnej politiky – od novelizácie vodného zákona, prijatia technických noriem, strategických štúdií, metodických postupov až po zmenu každodenného manažmentu na všetkých úrovniach. Od reforiem očakávame zvýšenie ochrany inundačných území, realizovanie projektov revitalizácií vodných tokov vo väčšom rozsahu ako v súčasnosti a následné rozšírenie priestoru na retenciu vody v krajine. Rozumné investovanie do revitalizácií je správnym smerom k tomu, aby vodné útvary dosahovali aspoň dobrý ekologický stav a ekologický potenciál a stali sa z pohľadu vodohospodára bezúdržbovými, keďže budú rešpektovať prírodné procesy.

Rád by som sa na záver s vami, milí čitatelia, podelil o osobnú skúsenosť. V lete som sa odhodlal preplávať úsek od sútoku Moravy až po Karloveské rameno. Po prvom šoku v studenej a rýchlo prúdajúcej vode ma udivil magický zvuk – šum riečnych sedimentov po dne rieky – kamienkov putujúcich veky Európou. Dunaj je obklopený lužnými lesmi, len na našej strane je obmedzený brehmi s umelo a zbytočne nasýpaným lomovým kameňom, ktorý bráni spojeniu človeka s prírodou. Preto som rád, že Plán obnovy a odolnosti Slovenska v rámci Komponentu 5 podporuje aj revitalizáciu vodných tokov odstraňovaním bariér a brehového opevnenia na tokoch. Som rád, že máme pred sebou príležitosť vrátiť riekam čiastočne ich slobodu a ich prirodzený charakter na základe nových vedeckých poznatkov a praktických skúseností. Lebo len rieky vo svojom prirodzenom stave nám môžu dať to, čo budeme potrebovať v časoch zmeny klímy najväčšími – dostupnosť vody. Tak odstúpme sa riekam trochu nabok a urobme im miesto. Aj ony patria do našej krajiny.

Mgr. Michal Kiča
Štátny tajomník Ministerstva životného prostredia SR



3 Úvodník

Editorial

M. Kiča

5 Skúška mobilného hradenia protipovodňovej ochrany Banskej Bystrice

Testing of the mobile flood barrier of Banská Bystrica

M. Bocák

6 Fórum inžinierov a technikov Slovenska 2021

Forum of Engineers and Technicians of Slovakia 2021

J. Krajčovič

7 Monitoring kvality vôd vo vybraných banskoštiavnických vodných nádržiach – 1. časť: Piargská skupina vodných nádrží

Monitoring of water quality in artificial water reservoirs near Banská Štiavnica – Part 1: Piarg group

E. Polakovičová

19 Rekonštrukcia Vodnej stavby Ľadovo

Reconstruction of the water construction Ľadovo

G. Angyal, P. Hronec, P. Gábor, T. Ič

21 Nový prostor pro Dyji – napojení odstavných ramen

New room for river Dyje – connection of the river cut oxbows

A. Tůma

24 Spriechodňovanie migračných bariér v kompetencii správcu vodných tokov

Removal of fish migration barriers in charge of Slovak Water Management Enterprise

M. Supeková, V. Druga

32 Pesticidy vo vodách a možnosti ich odstraňovania

Pesticides in water and the possibility of their removal

D. Barloková, J. Ilavský, M. Marton, A. Matis

38 Normy STN

Slovak technical standards

D. Borovská

Foto na 1. a 4. strane obálky: Štrbské pleso, M. Rimarčíková

Foto na 2. a 3. strane obálky: Tajch Evička, V. Polakovič

Skúška mobilného hradenia protipovodňovej ochrany Banskej Bystrice

Ing. Tomáš Ič, Ing. Marián Bocák

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik (SVP), v Banskej Bystrici, ktorá je posledným krajským mestom bez zabezpečenia pred prípadnou povodňou, realizuje od novembra 2018 projekt protipovodňovej ochrany v dĺžke 7,38 km od Majera po Radvaň. Celkové náklady predstavujú sumu 25 786 696 eur s DPH. Práca má byť v zmysle zmluvy ukončená v decembri tohto roku a ráta sa aj s rekonštrukciou priľahlých komunikácií pre peších či cyklistov.

Jedným z funkčných prvkov stavby je i mobilné hradenie v celkovej dĺžke 5 200 m, ktorého účelom je zabezpečiť intravilán mesta Banská Bystrica pred vyliatím vody z koryta rieky Hron a jej prítokov najmä v otvorených úsekoch (mostné objekty, autobusové zastávky, prevádzkové otvory a pod.).

V tejto súvislosti sa koncom septembra realizovalo skúšobné osadenie mobilného hradenia v úseku od lávky pre

peších v Majeri po most na ulici Golianova (most pri Smrečine) a v úseku od zaústenia vodného toku Bystrica do Hrona v súbehu s rýchlostnou cestou R1.

Na skúške mobilného hradenia, ktoré zabezpečoval zhotoviteľ stavby, sa zúčastnili aj pracovníci správ povodí Odštepného závodu Banská Bystrica, ktorí budú v prípade potreby tiež nápomocní pri povodniach. Avšak na manipuláciu s mobilným hradením je potrebný stály tím zohraných pracovníkov, ktorí budú operatívne reagovať na hydrologickú situáciu.

Pri osádzaní mobilného hradenia došlo zo strany zhotoviteľa stavby k dočasnému uzatvoreniu cestného mosta cez rieku Hron na ulici Golianova (most pri Smrečine) a k dočasnému obmedzeniu pohybu peších i cyklistov na pravostrannej a ľavostrannej ochrannej hrádzi Hrona v Banskej Bystrici od mosta pri Smrečine po lávku ponad Hron v časti Majer.



Obr. 1 Vykládka mobilného hradenia, ktoré je uložené v sklade, kde má každý komponent svoje stále miesto



Obr. 2 Zástupcovia zhotoviteľa stavby názorne ukazujú pracovníkom SVP, š. p. inštaláciu mobilného hradenia



Obr. 3 Pracovníci SVP, š. p. pri osadzani mobilného hradenia



Obr. 4 Prehrádzanie mosta pri Smrečine, ktoré bude v prípade povodne uzatvorené ako posledné



Obr. 5 Nainštalované mobilné hradenie na moste pri Smrečine

Fórum inžinierov a technikov Slovenska 2021

Ing. Jozef Krajčovič, CSc., EUR ING

Zväz slovenských vedecko-technických spoločností

Dňa 29. septembra sa v Congress Hoteli Centrum v Košiciach uskutočnil **14. ročník konferencie Fórum inžinierov a technikov Slovenska 2021 – FITS 2021**. Podujatie zorganizoval Zväz slovenských vedecko-technických spoločností (ZSVTS) v spolupráci s Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskou akadémiou vied.

Aj napriek obmedzujúcim antikovidovým opatreniam sa na tomto fóre zúčastnilo mnoho odborníkov a zástupcov našich spoločností, štátnej a akademickej sféry.

Ústrednou témou podujatia **FITS 2021** bola **Budúcnosť vedy a techniky na národnej a medzinárodnej úrovni**.

Podujatie ponúklo 4 prezentácie v rámci dvoch prednáškových blokov – odborná časť konferencie a akademická časť konferencie. Účastníci konferencie vzhľadli tieto vystúpenia:

- **Vedecká a výskumná spolupráca v rámci zahraničných kontaktov pracovísk SAV**

Zuzana Panczová, podpredsedníčka Slovenskej akadémie vied

- **Mechanochémia: multidisciplinárny nástroj využiteľný v rôznych odvetviach vedy a techniky**

Matej Baláž, laureát ocenenia mladý Vedec roka SR

- **Trendy rozvoja vedy a techniky na technických univerzitách a spolupráca s praxou**

Ivo Petráš, prorektor TU v Košiciach

ZSVTS a jeho novodobých 30 rokov

Dušan Petráš, prezident ZSVTS

V rámci akademickej a slávnostnej časti programu konferencie významným osobnostiam vedy, techniky a vzdelávania, ako aj členom ZSVTS odovzdali za ich aktívnu a obetavú prácu na poli vedy a techniky, tieto ocenenia: Čestné uznanie ZSVTS, Strieborná medaila ZSVTS, Zlatá medaila ZSVTS, Plaketa k 30. výročiu vzniku ZSVTS.

Monitoring kvality vôd vo vybraných banskoštiavnických vodných nádržiach –

1. časť: Piargská skupina vodných nádrží

Mgr. Eva Polakovičová

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

Anotácia

Zámerom článku je uviesť čitateľa do problematiky hodnotenia povrchových vôd z hľadiska legislatívneho základu platného v Slovenskej republike, ako aj prevádzkového monitoringu SVP, š. p., Odštepny závod (OZ) Banská Bystrica, a to prostredníctvom unikátnych vodných nádrží ležiacich, takpovediac, v srdci Slovenska. Priblížiť verejnosti pohľad na kvalitu vôd banskoštiavnických nádrží a ich spôsob hodnotenia v rámci vodohospodárskej praxe, ako aj iných inštitúcií zúčastňujúcich sa na hodnotení kvality vôd na Slovensku.

ÚVOD

V priebehu rokov sa pohľad na využitie banskoštiavnických vodných nádrží formoval a menil a naďalej sa mení. Ich pôvodnú technickú a technologickú funkciu vystriedalo rekreačné využitie obyvateľstvom s krajnotvornou hodnotou. To, čo v minulých storočiach bolo jedinečným, dodnes jedinečným zostáva a ich historická úroveň je pridanou cenou dnešnej prezentácie výnimočných vodných stavieb, ktoré v minulosti udávali trendy v technickom pokroku spoločnosti a prinášali nové technológie pre svet a dnes sú hodnotou, ktorú mnohokrát nedokážeme správne oceniť. Mení sa vzťah medzi človekom a vodou, utvára sa nový rozmer a zvyšuje sa kvalita života prírodnou cestou a silou zážitkov, ktoré sú pre nás zapamätateľné a formujú v človeku zodpovednosť a vzťah k prírodnému bohatstvu, akým je aj voda.

Trochu všeobecného prehľadu a histórie unikátnych vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice

Tajchy sú umelé vodné nádrže vybudované počas niekoľkých storočí v okolí Banskej Štiavnice (tajch je starý nemecký názov vodnej nádrže odvodený z nemeckého slova teich, teda rybník). Slúžili ako rezervoár vody, zdroj energie na poháňanie banských strojov pri ťažbe a úprave rudy. Toto hydrotechnické riešenie ovplyvnilo dovtedajšie spôsoby dobývania rúd drahých kovov v regióne Banskej Štiavnice. Budovanie tajchov je úzko spojené s dielom Mateja Kornela Hella, ktorý v rokoch 1712 – 1715 vybudoval tajch Veľká Vindšachta, vytvoril a rozšíril tajchy Evička a Spodná Vindšachta, postavil 7 čerpacích zariadení na vodný pohon, pomocou ktorých vyčerpával vodu z vtedy zatopených baní. Tak umožnil nový rozvoj baníctva v tomto regióne. Pokračovateľom výstavby vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice od roku 1729 bol Samuel Mikovíny, ktorý vyprojektoval, vybudoval, opravil alebo zrekonštruoval väčšinu vodných nádrží i rozsiahly

systém povrchových zberných jarkov, ako aj podzemných prepojujúcich štôlní. Dotvoril tak ucelený vodohospodársky systém nádrží, ktorý definitívne vyriešil otázku energetickej základne baníctva v banskoštiavnickom rudnom revíre nielen na celý zvyšok 18. storočia, ale aj na obdobie do začiatku 20. storočia. Vznikla originálna vodohospodárska sústava nádrží, prírodových a náhonných jarkov, vodných štôlní a ďalších vodohospodárskych objektov. Od začiatku 16. do konca 19. storočia vzniklo v banskoštiavnickom regióne 60 vodných nádrží, ktoré objemovo obsahovali sedem miliónov kubíkov vody. Približne 40 z nich slúžilo na banskú činnosť, ostatné na pohon rôznych nebaníckych zariadení, ako aj na zásobovanie obyvateľstva vodou. Dĺžka záchytných jarkov, ktoré dotovali nádrže vodou, dosahovala až 72 km a rozvodné a náhonné jarky boli v dĺžke až 57 km. Ešte začiatkom 20. storočia tento systém tvorilo 54 vodných nádrží, 130 km vodných jarkov a 8 km vodných štôlní. Tieto najstaršie vodné nádrže v okolí Banskej Štiavnice vznikli v bezprostrednej blízkosti mesta a hydrologicky patria do povodia Ipľa. Z prvého obdobia výstavby vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice, t. j. zo 16. – 17. storočia, sa nezachovala dodnes ani jedna v pôvodnom stave. Počas 18. storočia buď všetky prestavali, alebo zanikli, keď stratili svoj pôvodný význam ako banský vodohospodársky systém, ktorý slúžil až do začiatku 20. storočia. Dnes sa nám zachovala asi polovica vodných nádrží, avšak s pozmenenou vodohospodárskou funkciou. Banskoštiavnický vodohospodársky systém patrí k unikátnym technicko-historickým pamiatkam Slovenska [1].

V súčasnosti ide o vodné nádrže, ktoré sú utvorené zemnými hrádzami a hlavný dôraz sa kladie práve na ich bezpečnosť. V rámci ich obnovy sa budujú zároveň aj nové dnové výpuste a bezpečnostné priepady, ktoré sú nevyhnutné na zaručenie ich funkčnosti [1]. Monitoring kvality vody v nádržiach umožňuje, po strate ich pôvodnej funkcie, využiť ich potenciál aj na nové sociálno-ekonomické aktivity. Tajchy sa tak stávajú jedným zo základných fenoménov rozvoja cestovného ruchu v regióne Banskej Štiavnice.

Dnes sú tajchy dôležitým krajinným komponentom a plnia úplne odlišnú úlohu, než tú, pre ktorú ich ľudia vybudovali. Nádrž Rozgrund sa využíva na vodárenské účely (odber vôd na pitné účely), pri ostatných vodných nádržiach okrem protipovodňovej ochrany prevažuje ich potenciál na rekreáciu, šport, rybolov a rozvoj cestovného ruchu.

Prehľad praktizovanej legislatívy v oblasti monitoringu povrchových vôd v SR

Monitoring v oblasti povrchových vôd je v SR zameraný na monitorovanie a na získavanie informácií o stave a kvalite vodných útvarov povrchových vôd podľa niekoľkých zákonov (zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (ďalej len „vodný zákon“) v znení neskorších predpisov; zákon č. 201/2009 Z. z. o štátnej hydrologickej službe a štátnej meteorologickej službe v znení zákona č. 39/2013 Z. z. (ďalej len „zákon č. 201/2009 Z. z.“) a zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami v znení zákona č. 180/2013 Z. z.), nariadení vlády Slovenskej republiky (nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády SR č. 398/2012 Z. z. (ďalej len „nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z.“); nariadenie vlády SR č. 167/2015 Z. z. o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky; nariadenie vlády SR č. 201/2011 Z. z., ktorým sa ustanovujú technické špecifikácie na chemickú analýzu a monitorovanie stavu vôd; nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu v znení neskorších predpisov a vyhlášky

Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona (ďalej len „vyhláška MPŽP RR č. 418/2010 Z. z.“) [2].

Slovenská republika má v súlade s vodným zákonom vyhlásených 32 lokalít za vody určené na kúpanie (VUK). Počas kúpaciej sezóny sa odoberajú a analyzujú vzorky VUK podľa programov monitorovania. Výsledky analýz z dvoch mikrobiologických ukazovateľov (*Escherichia coli* a črevné enterokoky), ktoré indikujú znečistenie pochádzajúce z komunálnych odpadových vôd alebo z fekálií zvierat, sa použijú na posúdenie kvality VUK. Vyhodnotenie a klasifikácia VUK sa realizujú podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady č. 2006/7/ES o riadení kvality vody určenej na kúpanie, ktorou sa zrušuje smernica 76/160/EHS (ďalej len „smernica 2006/7/ES“). Monitorovanie kvality vôd vhodných na kúpanie z pohľadu ochrany verejného zdravia prináleží príslušným regionálnym úradom verejného zdravotníctva [3].

V súlade s tým je päť z banskoštiavnických vodných nádrží vyhlásených za vody vhodné na kúpanie všeobecne záväznou vyhláškou Krajského úradu životného prostredia v Banskej Bystrici č. 6/2008 z 25. novembra 2008 (ktorou sa vyhlasujú vody vhodné na kúpanie a určujú povrchové vody vhodné na život a reprodukciu pôvodných druhov rýb): Počúvadlianske jazero, Vindšachtá, Veľká Richňava, Veľká Kolpašská a Dolnohodrušská nádrž [4].

Dnes sa v okolí Banskej Štiavnice eviduje 33 historických vodných nádrží zachovaných z pôvodného vodohospodárskeho systému. V prvej etape bolo v roku 1983 delimitovaných do správy Povodia Hrona 7 historických vodných nádrží. V súčasnosti je v povodí Hrona situovaných 21 nádrží, ich zoznam a technické parametre uvádza tabuľka (tab. 1).

Tab. 1 Zoznam nádrží povodia Hrona a ich základné technické parametre

NÁZOV NÁDRŽE	TOK	OBJEM	PARAMETRE HRÁDZE		
		celkový	výška	šírka v korune	dĺžka
		tis. [m ³]	[m]		
Rozgrund	Vyhniansky	575,72	27	6	125
Dolná Hodrušská	Hodrušský	446,936	21,7	4,5	168
Klinger	Štiavnica	132	18,7	6,5	135
Veľká Vodárenská	Štiavnica	22,883	10	16	95
Bančianska	Bančiansky	10,4	7,5	2	78
Veľká Kolpašská	Jasenica	798,9	14,2	18	190
Malá Kolpašská	Jasenica	107,4	6,8	9	90
Evička	Štiavnica	118,5	11,4	12	195,2
Vindšachtská	Štiavnica	345,983	15,2	13,5	237,1
Bakomi	Štiavnica	81,355	15,6	13,3	113,8
Počúvadlo	Klastovský	922,3	29,6	19	195,3
Veľká Richňavská	Richňava	769,9	23,5	21,8	320,2
Malá Richňavská	Richňava	26,5	17,3	20	248,7
Moderštolnianska	prítok Richňavy	139	14	7,5	138
Belianska	prítok Belianskeho	149,357	17,8	12,5	145
Halčianska	Halčiansky	257	13,7	11,5	137,5
Jasenica	Jasenica	69	4,8	3	90
Ottergrund	Štiavnica	25,3	7,2	5	75
Malá Vodárenská	Štiavnica	5,3	9	3	32
Michalštolnianska	Štiavnica	2,4	3	3	45
Brennerštolnianska	prítok Zeleného p.	19,1	10	30	-

Prehľadná tabuľka nádrží v správe SVP, š. p., OZ Banská Bystrica, ktoré po delimitácii od bývalého štátneho podniku Rudné bane Banská Bystrica prešli pod správu vodného hospodárstva, ktorú v súčasnosti vykonáva Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Banská Bystrica.

V rámci akumulovaného objemu vody sú najväčšie zo systému tajchov tieto nádrže: Počúvadlo, Klinger, Evička, Vindšachtská, Veľká Kolpašská, Rozgrund a richňavské nádrže. V súčasnosti sa najracionálnejšie využívajú nádrže Dolnohodrušská, vodárenská nádrž Rozgrund, Kolpašská a Halčianska. Celý systém vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice je vytvorený zemnými priehradami, výška zemných konštrukcií sa pohybuje od 3 do 30 m, ktoré predstavujú pozoruhodné stavebné diela aj z hľadiska dnešných poznatkov [1].

Prevádzkové monitorovanie kvality vôd v nádržiach banskoštiavnického vodohospodárskeho systému

Banskoštiavnické nádrže od r. 1981 postupne prechádzali pod správu Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., pričom jednou z dôležitých súčastí starostlivosti o nádrže je aj pravidelné sledovanie kvality vody, pretože bez jej poznania je zložitá rozhodovať o obhospodarovaní nádrží, o opatreniach na zlepšovanie ich stavu, o záveroch pri vyhodnocovaní efektívnosti týchto opatrení. Povinnosti správcu vodného toku, týkajúce sa sledovania kvality vôd, odberov vôd, vypúšťania odpadových vôd a iných nakladaní s vodami, upravuje vodný zákon, ako aj vyhláška MPŽP a RR SR č. 418/2010 Z. z., o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona v znení vyhlášky č. 212/2016 Z. z., vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona [5]. Povinnosti vyplývajúce SVP, š. p., ako správcovi vodohospodársky významných vodných tokov, plní aj tak, že kvalitu vody banskoštiavnických jazier monitoruje od r. 1998 akreditované skúšobné laboratórium, odbor ekológie a vodohospodárskych laboratórií, SVP, š. p., OZ Banská Bystrica. Skúšobné laboratórium vykonáva akreditované činnosti, odbery a analýzy vôd a je akreditované SNAS podľa normy ISO/IEC 17025: 2017.

V rámci geografického členenia SVP, š. p., OZ Banská Bystrica sleduje nádrže:

- **z piargskej skupiny vodných nádrží:** Evička, Vindšachta, Bakomí, Malá Richňava, Veľká Richňava, Počúvadlo,
- **z banskoštiavnickej skupiny vodných nádrží:** Veľká Vodárenská, Malá Vodárenská, Klinger, Michalštolníanska, Ottergrund,
- **z vyhnianskej skupiny vodných nádrží:** Bančianska, Rozgrund,
- **z belianskej skupiny vodných nádrží:** Belianska, Halčianska,
- **z hodrušskej skupiny vodných nádrží:** Dolná Hodruša,
- **z kolpašskej skupiny vodných nádrží:** Malá Kolpašská, Veľká Kolpašská,
- **z ostatných vodných nádrží:** Moderštolníanska (Kopanická), Jasenica.

Šesť nádrží – Dolná Hodrušská, Vodárenská, Rozgrund, Počúvadlo, Banský Studenec a Veľká Richňavská – sú zapísané vo svetovom súpise priehrad medzinárodnej komisie pre veľké priehrady „ICOLD“ (International Commission on Large Dams) [4].

Súčasný prevádzkový monitorovanie kvality vôd v nádržiach banskoštiavnického vodohospodárskeho systému je založené na odbere vzoriek vôd z vyššie uvedených nádrží s plánovanou početnosťou prevažne raz, prípadne dvakrát ročne, spravidla v niektorom z mesiacov jún – september (s výnimkou vodárenskej nádrže Rozgrund s plánovanou početnosťou odberov 12x ročne a frekvenciou 1x mesačne). Hodnoty kvality vody v jednotlivých ukazovateľoch získané rozborom odobraných vzoriek sú preto týmto časovým vymedzením limitované. Hodnotenie kvality vôd sa následne opiera o nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády SR č. 398/2012 Z. z. (ďalej len „nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z.“). Všetky nádrže sledujú technickí pracovníci celý rok a v prípade zhoršenia kvality vody či podozrení na zmeny v jej kvalite, stav na nádržiach preverujú zodpovedné osoby. Ak je to potrebné, odoberú vzorky vody, ktoré podrobia analýzám, stav sa zhodnotí a prijímajú sa potrebné opatrenia. Návštevníci banskoštiavnických tajchov si zvykli na určitý štandard, že okolie nádrží je upravené a takzvané pláže sú pokosené, poriadok v ich okolí udržiavaný. Veľkú zásluhu na tom majú práve technickí pracovníci SVP, š. p., ktorý má tajchy vo svojej správe. Ľudia si možno mýlia povinnosti správcu so svojimi nárokmi, keď neraz vyslovujú i kritiku a požiadavky na úpravu brehov na svoju rekreáciu. Starostlivosť o vodné nádrže a diverzita pohľadu na jej realizáciu sú však komplexné a realizujú sa v rámci kompetencií.

Skúšobné laboratórium vo vzorkách vody odoberaných z hladiny stanovuje:

- **Fyzikálno-chemické ukazovatele:** vo vode rozpustený kyslík, teplota vody, pH, merná vodivosť, BSK_5 , $CHSK_{Mn}$, rozpustené látky, nerozpustené látky, formy fosforu, formy dusíka, sírany, chloridy, nerozpustné extrahovateľné látky, acida, alkalita, železo, mangán, ortuť, zinok, meď, olovo, arzén, nikel, kadmium.
 - **Hydrobiologické ukazovatele:** producenty (fytoplanktón), konzumenty, chlorofyl_a, kvalitatívny a kvantitatívny rozbor biosestónu.
 - **Mikrobiologické ukazovatele:** kultivovateľné mikroorganizmy, enterokoky, koliformné baktérie, *Escherichia coli*.
- Následujúci spôsob hodnotenia nádrží z hľadiska kvality vody sa opiera o výsledky analýzy fytoplanktónu (sledujú sa mikroskopické riasy a sinice), vybraných fyzikálno-chemických ukazovateľov a mikrobiologických stanovení ukazovateľov fekálneho znečistenia a všeobecného mikrobiálneho znečistenia. Výstupom hodnotenia mikroskopických organizmov voľnej vody bude pre nízky počet údajov uvedenie typických, najčastejšie vyskytujúcich sa taxónov na jednotlivých nádržiach spolu s rozsahmi ich abundancií. Pre

zhodnotenie kontinuity vývoja mikroskopických organizmov v priebehu roka treba mať k dispozícii väčší počet údajov, preto sa dynamika zmien populácií počas roka nemôže hodnotiť. Rovnako opatrne treba postupovať pri hodnotení malého súboru údajov z fyzikálno-chemických analýz. Preto sa nebudú hodnotiť samostatne, ale v spojitosti s výsledkami biologických a mikrobiologických rozborov. Prípadné porovnanie s odporúčanými či medznými hodnotami podľa NV SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd, a podľa NV SR č. 87/2008 Z. z. o požiadavkách na prírodné kúpaliská sa bude s ohľadom na nedostatočný ročný súbor hodnôt vzťahovať len na priame porovnanie zistených hodnôt so sústavou odporúčaných a medzných hodnôt.

V nasledujúcej prehľadnej tabuľke (tab. 2) sú na ilustráciu uvedené odporúčané hodnoty podľa prílohy č. 1 NV SR č. 269/2010, Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd, medzné hodnoty podľa prílohy č. 1 k NV SR č. 87/2008 Z. z.

Keďže ide o legislatívne predpisy čiastočne odlišného zamerania, rozsah limitovaných ukazovateľov nie je rovnaký a rôznia sa aj medzné hodnoty

vybudovaných v tejto lokalite v 18. storočí. Vďaka úspešnej výstavbe tajchu Veľká Vindšachta, s pôvodným názvom Horná Windšachta, sa začali stavať ďalšie tajchy v okolí a právom sa mu prisudzuje, že práve tento tajch zachránil baníctvo v okolí Banskej Štiavnice [10]. So stavbou sa začalo v roku 1712, v roku 1713 požiadal M. K. Hell o zvýšenie hrádze o 5 m, návrh zrealizovali a v roku 1715 tajch dokončili. Vyskytli sa však aj problémy s tesnosťou hrádze, ktorú museli v nasledujúcich rokoch viackrát spevňovať. V roku 1729 hrádzu opravovali pod vedením Samuela Mikovínyho, ktorý navrhol a zrealizoval aj výstavbu prírodných jarkov tohto tajchu. V roku 1788 sa hrádza opäť zvyšovala, tentoraz o 2,5 m, a to na základe 50 rokov starého Mikovínyho návrhu, čím tajch dostal súčasné parametre. Neskôr, v 20. storočí, pod korunou hrádze vystavali štátnu cestu a zvyšujúca sa premávka začala opäť spôsobovať problémy s posadením hrádze, ktoré vyvrcholili v 70. rokoch 20. storočia, keď sa uvažovalo o úplnom zrušení cesty, aby nedošlo k ďalšiemu poškodeniu hrádze. Opäť ju však spevnili. V rokoch 2001 – 2002 tajch úplne vypustili, vyčistili od nánosov a obnovili výpustné zariadenie. Návodný svah hrádze vyložili kameňmi a tajch bol celkovo zrekonštruovaný. Tajch je pri-

Tab. 2 Vybraté ukazovatele a prislúchajúce odporúčané hodnoty podľa prílohy č. 1 NV SR č. 269/2010, Z. z. a medzné hodnoty podľa prílohy č. 1 k NV SR č. 87/2008 Z. z.

ukazovateľ	symbol	jednotka	Príloha č.1 k NV SR č. 269/2010 Z. z.	Príloha č.1 k NV SR č. 87/2008 Z. z.
rozpustený kyslík	O ₂	mg/l	viac ako 5	
nasýtenie kyslíkom	nas. O ₂	%		> 80
reakcia vody	pH		6,0 – 8,5	6,0 – 9,0
amoniakálny dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	1,0	
celkový dusík	N celkový	mg/l	9,0	5,0
celkový fosfor	P celkový	mg/l	0,4	0,05
sapróbný index biosestónu	Si-bios		2,4 ³⁾	
biomasa fytoplanktónu (chlorofyl-a)	CHL-a	µg/l	50 ³⁾	50 ¹⁾ 75 ²⁾
koliformné baktérie	KB	KTJ/ml	100 ³⁾	-
črevné enterokoky	EK	KTJ/ml	10 ³⁾	-
koliformné baktérie	KB	KTJ/100 ml	-	5 000
črevné enterokoky	EK	KTJ/100ml	-	200
<i>Escherichia coli</i>	EC	KTJ/100ml	-	500
cyanobaktérie so schopnosťou tvoriť vodný kvet	CB	bunky/ml (b./ml)	-	100 000
riasy	R	jedinice/ml	-	10 000
abundancia fytoplanktónu	ABU _{ly}	bunkyml	10 000	-

¹⁾ chlorofyl-a pri prevahe siníc v planktóne

²⁾ chlorofyl-a pri prevahe rias v planktóne

³⁾ uvedená hodnota zodpovedá vode s hodnotou pH = 6, vody s pH >6 majú prípustnú hodnotu vyššiu

HODNOTENIE JEDNOTLIVÝCH TAJCHOV Z PIARSKEJ SKUPINY BANSKOŠTIAVNICKÝCH NÁDRŽÍ

VODNÁ NÁDRŽ VEĽKÁ VINDŠACHTSKÁ

Vindšachtské jazero nie je vymedzené ako samostatný útvar stojatých povrchových vôd, je situované v povodí toku Štiavnica, ktorý sa považuje za samostatný útvar tečúcich povrchových vôd a je súčasťou siete banských tajchov

mo napojený na Horný Dekýšsky jarok, dal sa však napúšťať aj z Počúvadlianskeho tajchu cez známu „výhybku“ jarkového systému na Križnej, prostredníctvom ríchnavských tajchov a cez tajch Bakomi. Celá sieť jarkov tak z Pohronia, ako aj z Poipľia mala úhrnnú dĺžku s viac ako 20 km vodných štôlní. Vody z dnového výpustu dnes stekajú iba do tajchu Evička [1].

Vindšachtské jazero je zároveň lovným kaprovým rybárskym revírom s režimom bez prívlastnenia si úlovku v užívaní Slovenského rybárskeho zväzu. Rybiu osádka tvoria zubáč



Obr. 1 Tajch Vindšachta

veľkoústý, kapor rybničný, šfuka severná, úhor európsky, amur biely, jalec hlavatý, z menej cenných druhov ostriež zelenkavý, plotica červenooká a belica európska. Napriek tomu, že ide o vodu kaprovú, vo Vindšachtskom jazere sa nachádzajú aj pstruhy dúhové, menej pstruhy potočné. Vzhľadom na to, že ide o pomerne hlbokú, resp. celoročne chladnú vodu, prírastky nížinných druhov rýb sú pomalšie [6].

Trochu však milovníka prírody, ktorému záleží na ochrane vôd, môže mrziť a rušiť správanie práve rybárov, keďže poniektorí si vysvetľujú svoju vášeň k relaxu pri rybačke ako vstupu na zaparkovanie svojich áut v tesnej blízkosti vody.

Hodnotenie kvality vody počas rokov 2010 – 2021

V rokoch 2011 – 2021 sa v jednorazových odberoch z hladiny zistili hodnoty abundancie fytoplanktónu v rozmedzí 204 – 55 968 b./ml. Séria troch meraní uskutočnená v r. 2010 však zachytila širší aj reálnejší interval: 7 792 – 64 408 b./ml. Do r. 2007 sa analýzami zistili hlavne žltohnedé riasy rodu *Peridinium*, *Gymnodinium*, *Cryptomonas*, *Mallomonas*, *Dinobryon*, cyklické rozsievky, *Asterionella formosa*, riasy *Ceratium hirundinella*, menej chlorokokálne riasy. Od r. 2008 sa pravidelne objavovala najmä sinica *Aphanocapsa* spp., *Aphanothece clathrata*, v niektorých rokoch sa zachytili aj *Aphanizomenon* spp., *Microcystis* sp., *Planktothrix* spp., *Planktolygbya* spp., *Cyano-dictyon* spp. *Dolichospermum circinale*, ale ich zvýšený rozvoj sa nezistil. Zaznamenal sa i ojedinelý výskyt nanoplanktónových siníc *Cyanocatenella planctonica* a *Aphanothece clathrata*.

Od roku 2011 sa neobjavila prítomnosť vyšších počtov bezfarebných bičíkovcov (občasne *Antophysa vegetans*) ako indikátorov rozkladu organických látok. Napriek výskytu siníc sa vodný kvet nenašiel a rovnako ani rýchly nárast biomasy rias. Typickými zástupcami rias v tejto nádrži sú ukázkovo *Cyclotella* sp., *Dinobryon divergens*, *Dinobryon sertularia*, *Cryptomonas* sp., *Chroomonas* sp., *Tetradron minina*. Medzné hodnoty

chlorofylu počas sezón v rokoch 2011 – 2021 sa neprekročili, pohybovali sa v rozmedzí od 2,5 do 10,5 µg/l (medzná hodnota ukazovateľa je 50 µg/l). Ani prekročenie medznej hodnoty abundancie cyanobaktérií sa nezistilo. Fyzikálno-chemické ukazovatele mali priaznivé hodnoty – nasýtenie vody kyslíkom 98,1 – 131,8%, pH: 8,68 – 9,12, merná vodivosť: 16,93 – 21,0 mS/m, BSK₅: 1,53 – 2,47 mg/l, CHSK_{Mn}: 2,03 – 3,9 mg/l. Vyššie hodnoty mal zinok (56,6 µg/l v r. 2013 a 46,7 µg/l r. 2021). Z ostatných stanovovaných chemických ukazovateľov uvedených v tabuľke 2 nedošlo v sledovanom období rokov 2011 – 2021 k prekročeniu medzných hodnôt.

V roku 2010 sa počas vegetačného obdobia vykonala séria vertikálnych zonálnych meraní vo vode rozpusteného kyslíka, teploty vody, pH, vodivosti a odberov vzoriek vody. Merania a odbery urobili v najhlbšom mieste nádrže (nameraná hĺbka 12 m).

Biologické stanovenia ukázali, že v závislosti od počasia môžu byť rozdiely v abundancii v rámci vrstvy hladina – hĺbka 2 m (najviac) až niekoľkonásobné. Miesto producentov sa nachádzalo aj v strednej vrstve nádrže; na dne sa našli hlavne baktérie a bezfarebné bičíkovce.

Nasýtenie vody kyslíkom bolo počas vytvorenej letnej stratifikácie nádrže vo vrstve hladina – 4 m nad 100%. K prudkému poklesu obsahu kyslíka a teploty vody došlo v hĺbke 5 – 6 m, od 7 m po dno bol ich pokles postupný. Anaeróbne podmienky pri dne sa nezistili, voda bola bez zápachu. Hodnota pH bola vo vrstve vody hladina až 4 – 5 m nad hodnotou 8,00 a od 6 m po dno sa objavil rovnomerný pokles zo 7,56 na 7,01.

V rokoch 2018 a 2019 sa nameralo prekročenie medznej hodnoty NV č. 87/2008 Z. z. v ukazovateli črevné enterokoky, ktoré sa považujú za indikátora fekálneho znečistenia. Bolo to jediné prekročenie hodnôt mikrobiologických ukazovateľov počas celého sledovaného obdobia, ale bez vykonania ďalších analýz na jeho potvrdenie má iba čiastkovú výpovednú hodnotu. Nádrž je na základe výsledkov biologických analýz mierne eutrofizovaná (beta-mezosaprobita). Zvýšený výskyt siníc pozorovaný v r. 2015 treba brať

do úvahy a ďalej tento parameter aj sledovať. Priaznivé kyslíkové pomery sa namerali vo vodnom stĺpci tejto nádrže počas letného obdobia.

Vodné makrofyt sa na lokalite vyskytujú najmä v príbrežnej zóne, mimo kúpacej časti, a v blízkosti prítoku. Neveľkú pláž predstavujú zatravnené brehy, ktoré klesajú do vody s kamenistým dnom. Obmývaná zóna pláže je zarastená len ojedinele vlhkomilnými druhmi rastlín. Dominantnými druhmi v príbrežnej zóne mimo pláže sú škrípina lesná (*Scirpus sylvaticus*), trsť obyčajná (*Phragmites communis*), škripinec jazerný (*Schoenoplectus lacustris*), ostrica pobrežná (*Carex riparia*), pálka širokolistá (*Typha latifolia*), ostrica štíhla (*Carex acuta*) a ďalšie druhy rodu ostrica (*Carex*), ako aj trávy z čeľade lipnicovitých (*Poaceae*). Na brehu tiež nájdeme druhy ako veronika potočná (*Veronica beccabunga*), iskerník plazivý (*Ranunculus repens*), ďatelina plazivá (*Trifolium repens*), skorocel prostredný (*Plantago media*), mäta (*Mentha sp.*) a ďalšie. Väčšina týchto druhov sa nachádza v oblasti prítoku, spolu s krovínami s prevahou vrb (*Salix*). Strmšie kamenisté brehy nie sú porastené makrofytmami v obmývanej zóne. Hydrofyt ani makroskopické riasy sa nenašli. Posledný odber a mapovanie makrofytov sa robil v roku 2012 [6].

Za najvýznamnejší zdroj znečistenia sa tu považuje intenzívny rybolov, keďže aj prikrmovanie negatívne ovplyvňuje kvalitu vody, ak sa hodnotí ako voda na kúpanie. Rodinné domy v obci sú odkanalizované do verejnej kanalizácie. Podľa výsledkov hygienickej prehliadky sa tak na negatívnom ovplyvňovaní kvality vody môžu podieľať zdroje znečistenia, napr. rekreačné chaty, ktoré ešte nie sú odkanalizované do verejnej kanalizácie, ďalej vodné vtáctvo a rybné hospodárstvo (prikrmovanie, exkrementy) [6].

VODNÁ NÁDRŽ EVIČKA

Tajch Evička (obr. 2. a 3. strana obálky) sa nachádza zo pár metrov pod Veľkou Vindšachtou. Tento tajch v Piarскеj doline je druhým najstarším tajchom tejto skupiny a niesol i rôzne mená, najprv Horná Vindšachta, potom Stredná Vindšachta, potom Malá Vindšachta, starším bol iba ešte nižšie položený a dnes už zaniknutý Spodný Vindšachtský tajch – dnešný Suchý tajch, vybudovaný v roku 1628. Tajch Evička začali stavať o 10 rokov neskôr, v roku 1638. Obe nádrže boli rezervoárom energie pre baňu Hornú Bieber štôľňu, nazývanú aj Matka všetkých baní. Hrádza tajchu Evička mala po dokončení zvyšovania v roku 1718 problém s prepúšťaním vody (čo malo viacero tajchov v rôznych obdobiach). Opravy Evičky po roku 1729 takmer ustali, robili sa len drobné úpravy, ako vyrovňavanie podsadnutých častí koruny hrádze a opravy výpustného systému. Spádovo je Evička prepojená s richňavskými nádržami, Vindšachtou, Bakomi, a teda aj s Pohroním. V roku 1999 Slovenský vodohospodársky podnik Banská Štiavnica vykonal generálnu opravu hrádze, nového výpustu a vybudoval nový bezpečnostný prepád vody [1]. Dlhé roky sa okolie tohto tajchu využívalo ako stanový tábor a dnes tajch Evička naďalej slúži rovnako ako Vindšachta na rekreačné účely a je vzácnym a hodnotným krajnotvorným prvkom.

Hodnotenie kvality vody v priebehu rokov 2011 – 2021

Početnosť fytoplanktónu sa v odobraných vzorkách vody z hladiny v období r. 2011 – 2021 pohybovala v intervale 140 – 19 552 b./ml, najvyššia hodnota sa vzťahuje k roku 2019, keď bola hlavnou zložkou v abundancii prítomnosť siníc. Početnosť (abundancia) siníc však nevykazovala nadlimitné hodnoty. Počas vegetačného obdobia sa v jednotlivých odberoch najčastejšie a v relevantných početnostiach vyskytovali najmä rozsievky rodu *Cyclotella*, žltohnedé riasy rodu *Cryptomonas* a *Chroomonas*, *Dinobryon*. Početne druhovo zastúpené boli zelené chlorokokálne riasy, najpočetnejšie boli *Planktosphaeria gelatinosa* a *Scenedesmus sp.*, *Eudorina illinoisensis*, *Oocystis lacustris*. Zo siníc sa opakovane vyskytli *Woronichia naegeliana*, zástupcovia rodu *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Planktothrix*, menej často *Aphanothece*, *Phormidium*, v posledných rokoch nájdeme aj rozsievku *Fragilaria crotonensis* i *F. capucina* a riasu *Trachelomonas planctonica*, *Trachelomonas nigra*.

Nízke hodnoty chlorofylu (max. 16 µg/l), nasýtenie vody kyslíkom (91,2 – 113,7 %), pH (7,6 – 8,67) svedčia o menšom oživení nádrže. Malý obsah rozložiteľných organických látok (BSK₅: 1,4 – 2,48 mg/l, CHSK_{Mn}: 1,87 – 4,66 mg/l), ako aj iných fyzikálno-chemických ukazovateľov vypovedá o nízkom antropogénnom zaťažení nádrže. Z kovov mala vyššie koncentrácie meď (max. 3,03 µg/l), avšak aj tento výsledok nie je kritický.

Druhové zloženie a nízka početnosť fytoplanktónu spolu s výsledkami fyzikálno-chemických rozborov zaraďujú toto jazero medzi najčistejšie. Kvalitu vody zlepšila rekonštrukcia nádrže a vyťaženie sedimentov r. 1997 – 1998, pred ktorými dochádzalo k masívnemu rozvoju fytoplanktonových druhov rias. Podobný pozitívny vplyv malo aj vyčistenie nádrže Vindšachta v r. 2001 – 2002.

Mikrobiologické hodnotenie stanovovaných ukazovateľov korešponduje s ostatnými rozborami, odporúčané hodnoty sa v sledovanom období neprekročili, aj keď posledné dva roky pozorujeme zvýšenie fekálnych baktérií, čo však môže byť v dôsledku zvýšeného záujmu o rekreačné a športové využitie tejto nádrže, antropogénny vplyv a zároveň aj vplyv klimatických podmienok, ktoré sa menia, a významne prispievajú k zmenám aj v biocenóze nádrží. Túto nádrž z hľadiska hygieny môžeme hodnotiť ako bezproblémovú a z hľadiska saprobity jej priradujeme beta – mezosaprobny stupeň.

VODNÁ NÁDRŽ BAKOMI

Pre oddych a pokoj v duši je zachovaný tajch Bakomi. Tento tajch sa začal stavať podľa projektu Tadeáša Brinna v roku 1735. Stavbu skončili v roku 1737 (niektorí autori uvádzajú rok 1740) súbežne so stavbou richňavského tajchu. Tajch je napojený cez richňavské tajchy na rozsiahly systém hodrušských, kopanických, vysockých a dekýšských jarkov s celkovou dĺžkou viac ako 20 km; z toho je 1 280 m vodných štôľní. Tento tajch nemá náhonné (odtokové) jarky, oteká do Veľkej Vindšachty. [1] Už 50 rokov po jeho dokončení museli hrádzu tajchu Bakomi rekonštruovať. Tajch bol v tom čase označený



Obr. 2 Tajch Bakomi

ako opustený a od svojho vybudovania mal problém s tesnosťou hrádze. Prakticky aj dnes býva pre úniky vody naplňovaný len dopoly. V rokoch 2005 – 2007 realizoval SVP, š. p., na nádrži rekonštrukčné práce a v tomto období sa kvalita vody nesledovala. V súčasnosti slúži na rekreačné účely a verejnosti je málo známy, keďže je trochu bokom od hlavnej cesty, a väčšiu pozornosť a návštevnosť venuje Vidšachte a Evičke. Ak ho však raz uvidíte, zostane vám navždy v srdci.

Hodnotenie kvality vody v priebehu rokov 2011 – 2021

Odbery vzoriek vody z hladiny nádrže v r. 2011 – 2021 zachytili spoločenstvá fytoplanktónu s abundanciou 176 – 25 648 b./ml. Priemerná abundancia počas sledovaného obdobia dosiahla 8 177 b./ml, táto hodnota bola vyššia iba v troch sledovaných odberoch, väčšinou hodnoty abundancie dosahovali do 2 000 b./ml, teda pomerne slabé oživenie producentmi. Druhovú zloženie spoločenstiev fytoplanktónu zvyčajne zastávali sinice aj riasy. Zo siníc sa vyskytovali druhy rodov *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Anabaena*, menej často *Woronichinia naegeliana*. Z rias sa v odobraných vzorkách pravidelne vyskytovali *Dinobryon divergens*, *Peridinium spp.*, *Gymnodinium spp.*, *Cyclotella spp.*, *Cryptomonas spp.*, *Trachelomonas spp.* a chlorokokálne riasy, najmä rody *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Oocystis* ako aj druh *Planktosphaeria gelatinosa*. Úzky interval stanovených abundancií spoločenstiev biosestónu a opakujúce sa druhy svedčia o stabilite nádrže a prebiehajúcich procesoch v nej. Podobné konštatovanie platilo aj pre hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov, ktoré sa takisto pohybovali v úzkych intervaloch a v našich odberoch sa neobjavili žiadne extrémne hodnoty. Hodnoty ukazovateľov obsahu rozložiteľných organických látok boli nízke: BSK₅ (1,23 – 2,53 mg/l), CHSK_{Mn} (2,43 – 4,21 mg/l); podobne aj obsah rozpustených látok: rozpustené látky (86,0 – 152 mg/l), merná vodivosť (13,9 – 21,0 mS/m). Odrazom spoločenstiev fytoplanktónu s abundanciou do 30 000 b./ml a ich opakujúceho sa druhového

zloženia bolo nasýtenie vody kyslíkom v úzkom rozmedzí: 93,6 – 124,8% a pH 7,75 – 9,01. Oproti výsledkom pred r. 2011 sme nestanovili vyššie koncentrácie kovov ani pri zinku, ani pri medi, či olove.

Po mikrobiologickej stránke sa nezistilo prekročenie odporúčaných hodnôt určených NV SR 269/2010 Z. z. V tejto nádrži, ktorá je tak na potešenie, ako aj na kúpanie, sa kvalita vody po stránke mikrobiologických ukazovateľov odzrkadľuje aj v nameraných hodnotách, ktoré sú pomerne nízke. Kvalitu vody v nádrži výrazne zlepšuje vodné rastlinstvo, ktoré z vody efektívne vychytáva biogénne prvky, čím brzdí rozvoj siníc a udržiava tak biomasu siníc v priaznivých číslach. Na základe hodnôt fyzikálno-chemických ukazovateľov, spoločenstiev mikroskopických rias a siníc a s ohľadom na pozitívny vplyv porastu vodnej vegetácie je reálne uvažovať o nádrži ako o mierne eutrofizovanej.

VODNÉ NÁDRŽE MALÁ RICHŇAVA A VEĽKÁ RICHŇAVA

Tieto tajchy patria do povodia Hrona. Pôvodne bola na ich mieste jedna veľká Richňavská nádrž, najväčšia v celom území a aj po ich rozdelení je naďalej Veľká Richňava najväčšou a najhlbšou nádržou v Štiavnických vrchoch. Projekt je z roku 1736, ktorého autorom je J. T. Brinna. K vlastnej stavbe sa však pristúpilo až o dva roky neskôr pod vedením Samuela Mikovínyho, ktorý projekt prepracoval. V rokoch 1738 – 1740 sa začala stavať jedna veľká nádrž s hrádzou dlhou na korune vyše 750 m, vysokou takmer 24 m v tvare nepravidelného široko rozťahnutého vďaka, s uhlom otočeným k návodnému svahu. Taká veľká nádrž si vyžadovala náležitý počet pracovníkov, v najväčšom stavebnom ruchu tu pracovalo viac ako 5 200 robotníkov. Neskôr ju však pre problémy s tesnosťou rozdelili na dve nádrže a vznikla dvojica nádrží. Problémy s tesnosťou sa však nikdy nepodarilo úspešne vyriešiť aj napriek viacerým neskorším pokusom. Preto Malá Richňavská nádrž sa pri podobnej rozlohe ako Veľká Richňava už nikdy pre netesnosť v dne nedala napustiť doplna. Hrádze a ostatné príslušenstvo



Obr. 3 Tajch Veľká Richňava

sa v priebehu neskorších rokov viackrát opravovali. Zaujímavé je, že voda z richňavských nádrží, patriacich do Pohronia, sa vypúšťala do Poiplia pomocou vodnej štôlne, ktorá vedie popod spoločnú hrádzu a dno richňavských nádrží a prevádza vodu pod horským hrebeňom k jazeru Veľká Vindšachta [1].

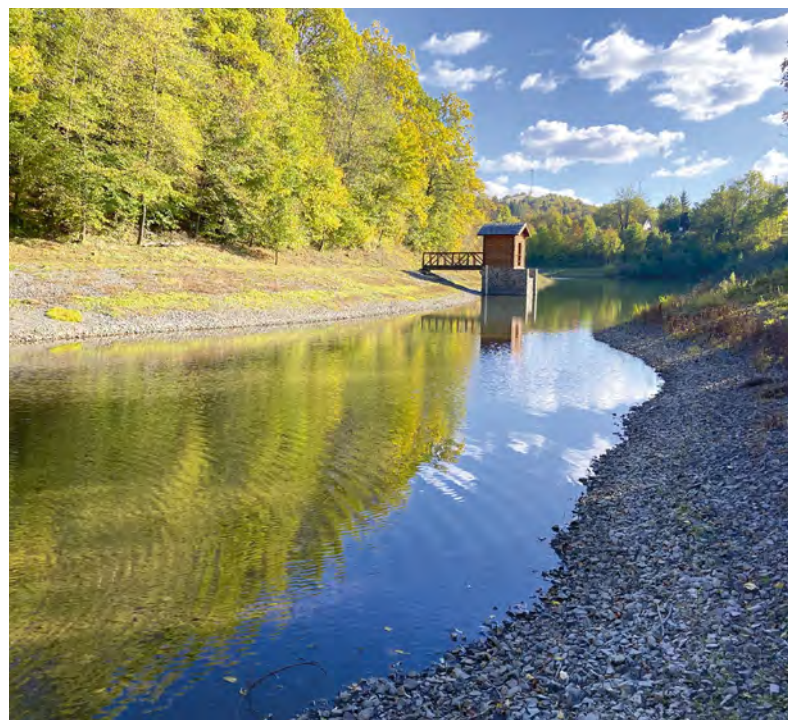
Veľké Richňavské jazero je situované v povodí toku Richňava nad jeho prameňom, tento tok je vymedzený ako samostatný útvar tečúcich povrchových vôd. Veľké Richňavské jazero zásobuje vodou sieť banských tajchov vybudovaných v tejto lokalite v 18. storočí.

Tento tajch je zároveň lovným kaprovým rybárskym revírom v užívaní Slovenského rybárskeho zväzu. Rybia osádka je utvorená zubáčom veľkouštým, kaprom rybníčnym, šfukou severnou, úhorom európskym, amurom bielym, jalcom hlavatým, z menej cenných druhov ostriežom zelenkavým, ploticou červenookou a belicou európskou. Napriek tomu, že ide o vodu kaprovú, vo Veľkom Richňavskom jazere sa nachádzajú aj pstruhy dúhové, menej pstruhy potočné. Vzhľadom na to, že ide o pomerne hlbokú, resp. celoročne chladnú vodu, prírastky nížinných druhov rýb sú pomalšie. Najvýznamnejšie zdroje znečistenia sú najmä nevyhovujúci spôsob odkaňalovania chat na individuálnu rekreáciu a intenzívny rybolov. Podľa výsledkov hygienickej prehliadky sa na negatívnom ovplyvňovaní kvality vody môžu podieľať tieto zdroje znečistenia: rekreačné chaty na individuálnu rekreáciu, ktoré nemajú vyriešený vyhovujúci spôsob odkaňalovania, vodné vtáctvo a rybne hospodárstvo (prikrmovanie, exkrementy) [7].

Hodnotenie kvality vody v priebehu rokov 2009 – 2021

Odbermi z hladiny nádrže raz ročne sa v sledovanom období zachytili spoločenstvá fytoplanktónu s abundanciou v rozpätí 32 – 5 652 b./ml. V rámci štyroch odberov v r. 2010 varírovalo množstvo fytoplanktónu na hladine v rozpätí abundancie 1 008 – 110 304 b./ml, pričom k nárastu až na 110 304 b./ml došlo počas jedného mesiaca

rozmnožením sinice *Aphanothece* sp. a riasy *Scenedesmus* sp. Je pravdepodobné, že v priebehu roka je kvantita fytoplanktónu pomerne nízka, avšak za vhodných podmienok má nádrž potenciál na jeho rýchly rozvoj. V rokoch 2009 a 2010 sme počas vegetačného obdobia vykonali sériu vertikálnych zonálnych meraní vo vode rozpusteného kyslíka, teploty vody, pH, vodivosti a odberov vzoriek vody. Merania a odbery sa urobili v najhlbšom mieste nádrže (nameraná hĺbka 18 m). Merania ukázali, že v čase vytvorenej letnej stratifikácie nádrže siahala vrstva epilimnia do hĺbky cca 6 m. V tejto vrstve boli teplota vody nad 20 °C, nasýtenie vody kyslíkom nad 100% a maximum fytoplanktónu. Priehľadnosť vody bola okolo 210 cm. Skočná vrstva, v ktorej prudko klesla teplota vody, pH a nasýtenie kyslíkom,



Obr. 4 Tajch Malá Richňava

bola v hĺbke cca 5 – 6 m. Od cca 7 m do 10 m pokračoval rýchly pokles teploty vody a nasýtenia kyslíkom a vo vrstve 11 m – dno bola voda bez kyslíka, so slabým zápachom po sírovodíku. Teplota vody bola v hĺbke 13 m – dno prakticky rovnaká [4]. Typickými mikroskopickými druhmi planktónu tohto tajchu sú žltohnedé riasy *Dinobryon sertularia* a *Dinobryon divergens*, inak je druhové zloženie fytoocenóz podobné Malej Richňave. Ojedinele sa vyskytovali riasy *Peridinium umbonatum*, *Tetraedron* sp., *Cryptomonas marssonii*. Zo siníc tu boli prítomné druhy *Aphanocapsa incerta*, *Aphanothece minutissima*, *Limnococcus limneticus*, *Rhabdoderma lineare* a *Snowella litoralis*. Pri celkovom porovnaní majú v tejto nádrži zástupcovia rias dominanciu nad zástupcami siníc. Medzné hodnoty chlorofylu v rokoch 2011 – 2021 sa neprekročili, pohybovali sa v rozmedzí od 2,0 do 7,7 µg/l (medzná hodnota ukazovateľa je 50 µg/l).

Vodné makrofyty sa na Velkom Richňavskom jazere vyskytujú v obmývanej zóne brehu len v blízkosti súkromných chát, pri môle s vodnými bicyklami. Neveľkú pláž tvoria upravované zatravnené brehy, ktoré pozvoľna prechádzajú do vody. Obmývaná zóna pláže nie je zarastená vodnou vegetáciou. Vodné cievnaté rastliny sú zastúpené druhmi *Persicaria amphibia* a *Najas marina*. Mimo oblasti pláže sa nachádzajú porasty vlhkomilných druhov – sitina stlačená (*Juncus compressus*), sitina článkovaná (*Juncus articulatus*), ostrica štíhla (*Carex acuta*), škripinec jazerný (*Schoenoplectus lacustris*), škripina lesná (*Scirpus sylvaticus*). Ďalej sa na brehu v blízkosti vody hojne vyskytuje iskerník plazivý (*Ranunculus repens*), mäta vodná (*Mentha aquatica*), vrbica vrboľistá (*Lythrum salicaria*), veronika potočná (*Veronica beccabunga*), porasty trstiny obyčajnej (*Phragmites australis*) a pálky širokolistej (*Typha latifolia*) [7].

Nádrže Malá a Veľká Richňava sa podobajú po chemickej stránke, hoci vo Veľkej Richňave sa zistili o niečo nižšie hodnoty napríklad pri mernej vodivosti (11,4 – 18,4 mS/m), rozpustených látkach (79,0 – 149 mg/l), síranoch (11,8 – 29,0 mg/l), CHSK_{Mn} (1,8 – 4,6 mg/l). Podobne ako v iných nádržiach aj v Malej a Veľkej Richňave sa zachytáva vyšší obsah zinku (max. 37,8 µg/l), do roku 2010 sa taktiež evidovali vyššie hodnoty medi (max. 7,02) a ako jednej z mála nádrží aj arzenu (max. 7,2 µg/l), od roku 2011 sme namerali maximá medi 3,49 µg/l a arzenu max. 1,54 µg/l. V rokoch 2014 – 2017 sa urobili rekonštrukčné a sanačné práce na hrádzovom objekte, pri zníženej hladine sa však pri odbere raz ročne nedá hodnotiť tento vplyv na kvalitu vody v nádrži.

Po mikrobiologickej stránke v nami sledovanom období, čo sa týka hygieny, išlo o vyhovujúcu vodnú nádrž, spĺňajúcu medzné hodnoty NV SR č. 87/2008 Z. z. Podľa výsledkov biologických rozborov sa nádrž javí ako mierne eutrofizovaná, lokalita sa však dlhodobo vyznačuje dobrou kvalitou vody.

Malá Richňavská nádrž je situovaná v povodí toku Richňava nad jeho prameňom. Obmývaná zóna pláže nie je zarastená vodnou vegetáciou. Vodné cievnaté rastliny zastupujú druhy *Persicaria amphibia* a *Najas marina*. Mimo oblasti pláže sa nachádzajú porasty vlhkomilných druhov *Juncus compressus*, *Juncus articulatus*, *Carex acuta*, *Scirpus sylvaticus*. Ďalej sa na brehu v blízkosti vody hojne vyskytuje *Bidens tripartita*, *Ranunculus repens*, *Mentha aquatica*, *Veronica* sp., *Typha latifolia*.

Je však paradoxom, že k tejto pôvabnej nádrži, ktorú SVP, š. p., citlivo zrekonštruoval, sa veľmi ťažko dostanete, keďže všade okolo nej sú značky upozorňujúce na zákaz vstupu, súkromný pozemok. Citlivá rekonštrukcia a sanácia tejto nádrže prispeli k jej atraktivite, a to je asi aj príčinou ľudského konania, veď prečo inak by do vodnej nádrže zasahovali napríklad stĺpy reštaurácie? Poskytovanie ubytovacích služieb prináša regiónu turistov, pracovné príležitosti a financie, ale zážitok z pokojnej a upravenej vodnej nádrže by mal patriť všetkým.

Hodnotenie kvality vody v priebehu rokov 2011 – 2021

V rokoch 2011 – 2021 sa abundancia fytoplanktónu na hladine pohybovala v intervale 276 – 58 324 b./ml. Maximum sa vzťahuje na vzorku z roku 2014, pričom hlavnou zložkou fytoplanktónu boli riasy *Dinobryon divergens* a *Dinobryon sertularia*. Zo zástupcov siníc sa v tomto tajchu zachytili sinice *Aphanocapsa planctonica*, *Planctolyngbya limnetica* a *Cyanodictyon planctonica* a opakovane sa vyskytli hlavne druhy rodu *Cyanodictyon*, *Cyanogranis*, *Dolichospermum*, menej často *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*. V analyzovaných vzorkách bývajú v spoločenstve mikroskopických rias prítomné najmä hnedé riasy rodu *Peridinium*, *Gymnodinium*, kryptomonády rodu *Cryptomonas*, *Trachelomonas*, žltohnedé riasy rodu *Dinobryon*, zo zelených rias druhy rodu *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetraedron*, *Pediastrum*, *Chlamydomonas*, *Carteria*, z rozsievok *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Asterionella formosa*.

Nádrž je vzhľadom na malý súbor údajov zložitá zhodnotiť. Zaznamenaná hodnota abundancie z roku 2009 (110 720 b./ml) ukazuje, že počas vegetačného obdobia sa podobné hodnoty pravdepodobne zvyknú objaviť a zachytili by sa až zvýšenou frekvenciou pozorovaní. O doterajšej prevažne nižšej abundancii fytoplanktónu hovorí aj nasýtenie vody kyslíkom (86,7 – 125,0 %), pH (7,46 – 9,03) a množstvo chlorofylu_a (2 – 20 µg/l), medzná hodnota ukazovateľa je 50 µg/l. Prítomnosť bezfarebných bičikovcov vo väčšine vzoriek indikuje biologicky rozložiteľné znečisťujúce látky, v našich vzorkách vody sa konzumenty pohybovali v rozsahu 0 – 100 jedincov/ml, čo je nízke zastúpenie. Výsledky BSK₅ (1,63 – 4,05 mg/l), CHSK_{Mn} (2,5 – 6,5 mg/l), rozpustených látok (61 – 270 mg/l) a interval mernej vodivosti (20,9 – 32,5 mS/m) pritom naznačujú skôr ich nízku hodnotu.

Získané výsledky mikrobiologických ukazovateľov kvality vody v sledovanom období radia túto vodnú nádrž po hygienickej stránke k vyhovujúcim vodným nádržiam, spĺňajúcej medzné hodnoty NV SR č. 87/2008 Z. z. Podľa výsledkov biologických rozborov sa nádrž javí ako mierne eutrofizovaná, no aj táto lokalita sa dlhodobo vyznačuje dobrou kvalitou vody.

VODNÁ NÁDRŽ POČÚVADLO

Vodná nádrž Počúvadlo je svojou plochou najväčším jazierom banskoštiavnickej oblasti. Rozprestiera sa na ploche 12 ha a je východiskovým miestom na najvyšší kopec Štiavnických vrchov, Sitno (1 009 m n. m.). Štiavnické vrchy sú chránenou krajinou oblasťou a vznikli sopečnou činnosťou. Tento kraj sa stal miestom nálezísk drahých kovov. Presný dátum



Obr. 5 Tajch Počúvadlo

jeho vzniku nie je známy. Jazero je umelo vytvorené priehradou, ktorá patrí medzi jedny z najstrmších na Slovensku [1].

Prvýkrát sa spomína Počúvadlo už ako funkčná nádrž v roku 1778 v konzultačných protokoloch. Jazero je umelého pôvodu, preto ho nazývajú i tajchom. Tajch Počúvadlo je zo všetkých banskoštiavnických tajchov najstudenší, dosahuje hĺbku 11 metrov. Autorom projektu vodnej nádrže je Jozef Karol Hell. Prišiel s ním v roku 1775, obsahoval 5 hrádzí a najrozsiahlejší systém zberných jarkov: Tatársky jarok 4 080 m, Dolný Počúvadielsky jarok 1 700 m, Horný Počúvadielsky jarok 3 080 m, Sitniansky jarok 4 630 m a Počúvadielsky jarok 1 247 m. Nádrž je situovaná severozápadne od Sitna v hornej časti údolia Klastavského potoka v obci Počúvadlo [8]. V súčasnosti je nádrž naplnená po max. hladinu a vodná plocha sa využíva na rekreáciu, člnkovanie a kúpanie.

Špecifikom vodnej stavby je existencia hlavnej hrádze a piatich menších bočných hrádzí. Hlavná hrádza tejto nádrže bola do 19. storočia všeobecne najvyššou hrádzou v Európe. Ide o mohutnú zemnú hrádzu so šírkou 19 m v korune [9]. Na návodnom svahu je kamenné opevnenie, ktoré je na mnohých miestach značne porušené. Vzdušný svah hrádze je porastený starými stromami, ktoré svojím koreňovým systémom narušajú stabilitu hrádze. Počúvadlo nemá výpustné zariadenie klasického typu, ovládané z mnicha na korune hrádze. Dnový výpustný objekt je umiestnený v šachte hĺbky 8 m mimo telesa hrádze. Uzáver dnového výpustu je nefunkčný a netesný. Dnový výpusť neumožňuje úplné vypustenie nádrže [1].

V minulosti malo Počúvadlo najdlhšiu súvislú sieť zberných jarkov v celom banskoštiavnickom revíre s celkovou dĺžkou 16 km. Jazero bolo prepojené sústavou vodných štôlní aj s nádržou Evička.

Čo sa týka hrádze, vzhľadom na to, že počas vyše dvestoročnej prevádzky vodnej nádrže sa nevyskytli žiadne väčšie porušenia hrádze, neodporúča sa robiť do hrádze nejaké väčšie zásahy okrem bežnej údržby, ako je oprava opevnenia návodného svahu a údržba vzdušného svahu a koruny hrádze. Tajch Počúvadlo patrí medzi turisticky najatraktívnejšie lokality v okolí Banskej Štiavnice a na rekreačné účely sa využíva celý rok. Plní aj mimoriadnu krajinotvornú, estetickú a sociálno - ekonomickú funkciu.

Počúvadlianske jazero je zároveň lovným kaprovým rybárskym revírom v užívaní Slovenského rybárskeho zväzu. Rybia osádka je tvorená zubáčom, kaprom, šfukou, úhorom európskym, amurom bielym, jalcom hlavatým, ostriežom, belicou európskou i pstruhom.

Pláž Počúvadlianskeho jazera sú vlastne zatrávnené brehy, ktoré zvolna prechádzajú do vody. Obmývaná zóna pláže nie je zarastená, ojedinele sa vyskytujúce porasty vlhkomilných druhov rastú na menej prístupných miestach okolo jazera. Dominantnými druhmi na brehu pláže sú ostrice, napr. ostrica štíhla (*Carex acuta*), ostrica pobrežná (*Carex riparia*), ojedinele sa vyskytujú vlhkomilné druhy, ako napr. škripina lesná (*Scirpus sylvaticus*), druhy rodu ostrica (*Carex*) a škripinec jazerný (*Schoenoplectus lacustris*). V obmývanej zóne, v blízkosti hotela Topky, sa vyskytujú porasty trstie obyčajnej (*Phragmites australis*) a pálky širokolistej (*Typha*

latifolia). Vo voľnej vode rastie stolistok klasnatý (*Myriophyllum spicatum*) [10].

Hodnotenie kvality vody v priebehu rokov 2011 – 2021

Zo zástupcov mikroskopických rias sa tu často vyskytovali *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria ulna* var. *acus*, *Oocystella lacustris*, *Radiococcus nimbatus*, z cyanobaktérií so schopnosťou tvoriť vodný kvet boli typickými *Planktothrix agardhii* a *P. rubescens*. Našli sa aj taxóny *Dolichospermum* spp. a *Aphanizomenon flos-aquae*.

Podľa doterajších výsledkov je pre nádrž v rokoch, keď sa nepremnožia sinice, charakteristické skôr menšie oživenie, chudobnejšia druhová skladba a vysoká priehľadnosť vody. Typickými pre nádrž boli v r. 2000 – 2011 sinice *Anabaena* spp., *Microcystis* spp., *Planktothrix* spp., *Aphanizomenon* spp.; v r. 2012 sa zistili aj pikoplanktónne druhy siníc rodu *Aphanocapsa*. Najväčšie problémy spôsobuje výskyt sinice *Planktothrix rubescens*, ktorá sa na nádrži občasne objaví ako vodný kvet, sfarbuje hladinu vody dočervena. Vodný kvet utvorený týmto druhom sa zistil v r. 2000, keď v septembri – novembri pokrýval cca 95% plochy, a v r. 2008, keď v závislosti od miesta odberu dosahovala veľkosť populácie sinice 75 548 – 197 760 b./ml. V rokoch 2002 – 2003 sme na hladine nádrže spozorovali vodný kvet vytvorený sinicou *Microcystis aeruginosa* a *Microcystis flos-aquae*.

Podľa zdroja Regionálneho úradu verejného zdravotníctva (RÚVZ) Banská Bystrica sa v roku 2008 jednorazovo zvýšila medzná hodnota ukazovateľa cyanobaktérie a na lokalite vznikol v letnej sezóne sinicový vodný kvet z monokultúry *Planktothrix rubescens*, pri ktorom sa dokázala akútna toxicita a produkcia mikrocystínov RR a YR (3 222 mg/kg). Zároveň sa zistila akútna toxicita aj povrchovej vody v mieste výskytu vodného kvetu. Na začiatku septembra v r. 2018 sa zaznamenalo vo vzorke vody prekročenie medznej hodnoty v ukazovateli cyanobaktérie [10]. Následným kontrolným odberom v polovici septembra 2018 sa prekročenie medznej hodnoty vo vyššie uvedenom ukazovateli potvrdilo a kvalita vody bola nevyhovujúca v biologickom ukazovateli cyanobaktérie. K premnožovaniu cyanobaktérií môže významným spôsobom prispievať zakrmovanie rýb, keďže jazero intenzívne využívajú aj rybári a usporadúvajú sa tu rybárske preteky. Pretrvávajúcim a stále neriešeným problémom je absencia kanalizácie v tejto rekreačnej oblasti, pretože ju majú len niektoré objekty (zdroj: UVZ SR) [10].

Pre hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov, ktoré sa pohybovali v úzkych intervaloch v našich odberoch, platí, že sa neobjavili žiadne extrémne hodnoty. Hodnoty ukazovateľov obsahu rozložiteľných organických látok boli nízke: BSK₅ (1,23 – 2,18 mg/l), CHSK_{Mn} (2,27 – 3,90 mg/l); podobne aj obsah rozpustených látok: rozpustené látky (61,0 – 146 mg/l), merná vodivosť (9,9 – 10,7 mS/m). Odrazom spoločenstiev fytoplanktónu a nízkych abundancií a ich opakujúcej sa druhej skladby bolo nasýtenie vody kyslíkom v úzkom rozmedzí: 93,6 – 117,1% a pH 7,58 – 8,87. Množstvá sledovaných kovov boli najvyššie pri zinku (10,0 – 38,9 µg/l), pri ostatných sme nestanovili vyššie koncentrácie kovov, ani pri medi, ani pri olove.

V roku 2010 sa popri každoročnom odbere vykonali aj vertikálne, aj zonálne merania vo vode rozpusteného kyslíka, teploty vody, pH, vodivosti a odobrali sa vzorky na stanovenie fytoplanktónu v jednotlivých vrstvách vody. Merania a odbery sa urobili v najhlbšom mieste nádrže (nameraná hĺbka 18 m). Zonálne odbery z júla ukázali, že kým na hladine bolo iba 1 280 b./ml sinice *Planktothrix* spp., v hĺbke 8 m bola veľkosť jej populácie 120 320 b./ml. Ďalším zonálnym odberom (28.7. 2010) sa zistilo, že vo vrstve 5 – 6 m sa nachádza populácia *Aphanizomenon issatschenkoi* (48 000 – 60 000 b./ml); populácia *Planktothrix* spp. bola v hĺbke 6 – 7 m v redukovanom počte. O mesiac neskôr v auguste sa pri každoročnom monitoringu nádrží na hladine zistil vodný kvet tvorený sinicami *Planktothrix* spp. (155 200 b./ml) a *Aphanizomenon* sp. (85 440 b./ml). Zonálny odber zo septembra ukázal, že sinice *Planktothrix* spp. sa nachádzajú v celom vodnom stĺpci, s maximom abundancie v 4 – 6 m, ale aj na hladine. V hĺbke 8 – 10 m sa našli populácie pikoplanktónnej sinice *Aphanocapsa* sp. (80 000 – 96 000 b./ml), ktorá sa v nasledujúcich rokoch objavila na hladine nádrže. V r. 2011 a 2012 sa urobili len dva odbery vzoriek, preto o ďalšom vývoji jej populácie nie je dostatok informácií. Odberom v r. 2012 sa zachytilo spoločenstvo fytoplanktónu, utvorené zo siníc rodov *Aphanocapsa*, *Dolichospermum*, *Snowella*, celkovo s abundanciou 63 168 b./ml.

Z uvedených informácií vyplýva, že pri výskyte vodného kvetu na hladine nie sú iba rozdiely v jeho horizontálnej distribúcii v rámci nádrže vplyvom vetra, ale aj vo vertikálnej distribúcii v rámci vodného stĺpca. Populácie siníc sa totiž v závislosti od aktuálnych podmienok formujú a pohybujú aj vo vodnom stĺpci, kde vyčkáva na vytvorenie vhodných podmienok vo vrstve hladinovej vody. Vertikálne zonálne merania vo vode rozpusteného kyslíka, teploty vody, pH, vodivosti ukázali, že v čase letnej stratifikácie nádrže bola obvyčajne vo vrstve hladina – 4 m stabilná hodnota nasýtenia vody kyslíkom (okolo 100,0 %), v hĺbke 5 – 6 m prudko klesala. Výnimkou boli prípady, keď sa práve v skočnej vrstve 5 – 6 m nachádzali populácie siníc, ktoré svojou aktivitou zdvihli nasýtenie na 130% a pH z cca 8,00 na približne 9,00. Prežívanie siníc aj v takejto hĺbke umožnila vysoká priehľadnosť vody – okolo 2,8 m. Od hĺbky 7 m nasýtenie rýchlo klesá a od hĺbky 10 – 8 m sa zaznamenáva nulový kyslík. Teplota hladinovej vody bola v závislosti od mesiaca odberu v rozmedzí 14,0 – 22,9 °C, teplota pri dne 4,6 – 6,0 °C.

Počúvadlo je chladná, hlboká nádrž. Je možné, že *Planktothrix rubescens* ako chladnomilnú sinicu budú pri pokračujúcom trende extrémne teplých letných období a následného otepľovania vody vytláčať iné sinice, alebo sa bude jej populácia zdržiavať v hlbších častiach nádrže, kde síce nebude viditeľná, ale vždy bude riziko, že pri objavení sa vhodných podmienok rýchlo prejde na hladinu, kde vytvorí vodný kvet. Toto sa však môže potvrdiť len pravidelnými pozorovaniami.

V rokoch 2011 – 2021 v sledovanom letnom období sa abundancia producentov vo vzorkách fytoplanktónu pohybovala v rozsahu 46 – 63 168 b./ml, pričom max. hodnota sa vzťahuje na rok 2012, keď vo vzorke dominovali cyanobaktérie. Vzorky z ostatných rokov sa k tejto maximálnej hodnote nepriblížili a ich počty sa pohybovali v desiatkach, prípadne stovkách. Hodnoty chlorofylu sa v sledovanom období rokov

nachádzali v rozmedzí od 2,0 do 7,9 µg/l, pričom medzná hodnota ukazovateľa je 50 µg/l.

Avšak v roku 2020 sme v novembri zaznamenali zmenený stav vodnej hladiny na tajchu Počúvadlo. V tomto období doručili do laboratória vzorky na rozbor fytoplanktónu a posúdenie možného vodného kvetu. Vzorku analyzovali v ukazovateli abundancia fytoplanktónu, teda urobili kvantitatívnu a kvalitatívnu analýzu fytoplanktónu a stanovenie vodného kvetu. Mikroskopická analýza vzorky dokázala prítomnosť vodného kvetu zo zástupcov siníc rodov *Aphanizomenon* a *Phormidium*, pričom väčšinou časť tvorila sinica druhu *Aphanizomenon flos – aquae*. Početnosť, teda abundancia fytoplanktónu, bola vyššia ako 100 000 buniek na mililiter, čo je tiež dôkazom prítomnosti sinicového vodného kvetu. Zistené druhové zastúpenie fytoplanktónu bolo typické pre túto vodnú nádrž, ale náhle objavenie sa zákalu a vodného kvetu na hladine bolo v tomto určitom ročnom období s najvyššou pravdepodobnosťou následkom výdatných a dlhšie trvajúcich dažďov v čase pred vzniknutou situáciou na našom území, a teda vyšší prítok mohol spôsobiť premiešanie vody v nádrži a presun dnových siníc do prostredia hladiny – vertikálne miešanie. Vegetačné obdobie a s ním spojené vhodné podmienky na rozvoj vodného kvetu neboli práve typické, v ďalšom období nastalo postupné usadzovanie siníc smerom ku dnu, čo viedlo k postupnému vyčisteniu hladiny vodnej nádrže.

Z mikrobiologického hľadiska sa počas celého sledovacieho obdobia neprekročili medzné hodnoty podľa NV SR č. 87/2008 Z. z., opäť však platí, že určiť dynamiku mikrobiologickej záťaže len z jedného odberu v roku a bez možnosti porovnania s ďalšími výsledkami nie je možné. Konštatovať možno iba prekročenie či neprekročenie medznej hodnoty uvedených mikrobiologických ukazovateľov s váhou indikátorov fekálneho znečistenia, bez možnosti prognózy.

Biologické analýzy zaraďujú tento tajch do beta – mezozapróbneho stupňa hodnotenia. Kvalite vody v nádrži by pomohlo skoré vyčistenie sedimentov a sfunkčnenie dnového výpustu, ktoré by umožnilo pravidelne preplachovať dno a redukovať tak množstvo sedimentov, ktoré následne

dotujú nádrž živinami. Zabránilo by sa tak nastúpenej eutrofizácii nádrže, ktorá sa spomedzi všetkých banskoštiavnických tajchov asi najväčšmi využíva na rekreačné účely.

ZÁVER

Z hľadiska bežného prevádzkového monitoringu kvality vody sa v banskoštiavnických nádržiach stručne zhodnotila kvalita vody vybraných nádrží za roky 2011 – 2021. Vzhľadom na častosť sledovania nádrží (1-krát ročne) nie je možné zhodnotiť kvalitu vody na základe výsledkov rozborov, preto sa hodnotenie opiera aj o výsledky analýz za dlhšie časové obdobie, a to pred roka 2011, čím sa zvyšuje pravdepodobnosť, že aj napriek nízkej frekvencii sledovania sa môže pomocou dlhšieho radu hodnôt na jednotlivých nádržiach zachytiť väčšina významných javov, objavujúcich sa počas vegetačného obdobia. Malý počet odberov a analýz za rok umožňuje poskytnúť len rámcový pohľad na kvalitu vody a priame porovnanie zistených hodnôt s odporúčanými či medznými hodnotami citovanými v NV SR č. 269/2010 Z. z. a NV 87/2008 Z. z. Na základe takéhoto obmedzeného súboru údajov nie je možné získať presnejšie informácie o dynamike vývoja populácie planktónových organizmov a ani fyzikálno-chemických a mikrobiologických ukazovateľov. Z dlhodobého hľadiska možno konštatovať, že medzi nádrže s miernou eutrofizáciou patria Počúvadlo, Vindšachta, Evička, Veľká Richňava a medzi mierne až stredne eutrofizované zaraďujeme nádrž Malá Richňava. Všetky hodnotené nádrže majú z hľadiska ich funkcie ako krajínovotného prvku dobrú kvalitu vody.

Vzhľadom na veľký spoločenský záujem o banskoštiavnické nádrže zo strany tak laickej, ako i odbornej verejnosti a na množstvo odborných článkov, odborných prác, ktoré sa venujú problematike sledovaných nádrží, vynára sa potreba rozšíriť súbor dosiaľ nami získaných údajov, ktoré aj SVP, š. p., OZ Banská Bystrica, ako správcovi dotknutých nádrží, umožnia odbornú interpretáciu, dostatočne podloženú súborom údajov, a hodnotenie vodohospodársky významných lokalít v súlade s aktuálnymi právnymi predpismi na úseku vodného hospodárstva.

Foto: V. Polakovič

Literatúra:

- [1] Timko, J., Pašerbová, E., Bakaljarová, M. 2009: Stav nádrží Banskosťavnického vodohospodárskeho systému
- [2] Kvalita vody, dostupné na internete: <<https://www.shmu.sk>.
- [3] Kvalita vody, dostupné na internete: <<https://www.enviroportal.sk/agendy/obcan/kvalita-vody-na-kupanie>.
- [4] Mláka, M., Polakovičová, E., Pašerbová, E. 2013: Zhodnotenie kvality vody vybraných banskoštiavnických jazier v období r. 1998 – 2012 na základe fyzikálno-chemických, biologických a mikrobiologických ukazovateľov
- [5] Mláka, M., Polakovičová, E., Pašerbová, E. 2016: Monitoring banskoštiavnických nádrží v r. 2015 a 2016.
- [6] Internetový profil vody určenej na kúpanie UVZ SR, 2019, dostupné na internete: <https://www.uvzsr.sk/docs/info/kupaliska/p_nove/Vindsachtske_jazero.pdf.
- [7] Internetový profil vody určenej na kúpanie UVZ SR, 2019, dostupné na internete: <https://www.uvzsr.sk/docs/info/kupaliska/p_nove/Velke_Richnavske_jazero.pdf.
- [8] Počúvadlianske jazero, dostupné na internete: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%BAvadianske_jazero.
- [9] Banskosťavnické tajchy, dostupné na internete: <<https://bajkomktajchom.sk/>.
- [10] Internetový profil vody určenej na kúpanie UVZ SR, 2019, dostupné na internete: <https://www.uvzsr.sk/docs/info/kupaliska/p_nove/Pocuvadlianske_jazero.pdf.

Rekonštrukcia vodnej stavby Ľadovo

Ing. Gabriel Angyal, Ing. Pavel Hronec, Ing. Pavol Gábor, Ing. Tomáš Ič
SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, realizoval v období od októbra 2019 do júna 2021 dodávateľským spôsobom rekonštrukciu vodnej stavby (priehrady) Ľadovo. Stavba predstavovala predovšetkým rekonštrukciu združeného funkčného objektu (ZFO), odstránenie a následné spätné dobudovanie časti hrádzového telesa. Počas vypustenia vodnej nádrže sa čiastočne odstránili sedimenty z jej zátopy.

ZÁKLADNÉ TECHNICKÉ PARAMETRE VODNEJ STAVBY ĽADOVO

Objem	Objem (m ³)	Zatopená plocha (ha)
Zásobný	351 225	22,3
Retenčný	178 965	26,2
Celkový	558 630	26,2

Hrádza

dĺžka hrádze / z toho čelná 770,00 m / 303,00 m,
výška hrádze 5,70 m.

Dnový výpust, odtoková štôľňa a vývar

počet dnových výpustov 1 ks,
kapacita 6,60 m³/s.

Bezpečnostný priepad

Kapacita bezpečnostného priepadu 30 m³/s.

Vodná stavba (VS) Ľadovo je situovaná na severozápadnom okraji intravilánu okresného mesta Lučenec. Vznikla prehradením Tuhárskeho potoka v riečnom kilometri 4,817 a jej prevádzka sa spustila v roku 1966, t. j. pred 55 rokmi, odkedy slúži primárne na transformáciu povodňovej vlny s následným vyrovnávaním povodňových prietokov v Tuhárskom potoku. Sekundárnym využitím vodnej stavby je športový rybolov a rekreácia.

Rekonštrukcia VS Ľadovo bola nevyhnutná z dôvodu zachovania bezpečnosti vodnej stavby, pretože betónové konštrukcie vykazovali značné deštrukcie, ktoré už nebolo možné sanovať bežnými opravami. Samotné prebudovanie nového ZFO vychádzalo z technického riešenia pôvodnej konštrukcie pri zachovaní pôvodnej kapacity dnových uzáverov 6,60 m³/s.

V rámci samotnej prípravy stavby bolo v počiatočnej fáze potrebné zrealizovať

- vypustenie nádrže,
- odstránenie nánosov po obvode stavby,
- vybudovať dočasnú prístupovú komunikáciu k samotným objektom,
- vybudovať obtok na prevedenie vôd z potoka Tuhársky počas rekonštrukcie ZFO,
- odstrániť časť hrádze v dĺžke cca 55 m,
- odstrániť pôvodné jestvujúce časti ZFO.

Po zrealizovaní prípravných prác v prvej fáze bolo možné



Obr. 1 Pohľad na združený funkčný objekt



Obr. 2 Vývar – pôvodná betónová konštrukcia



Obr. 3 Dočasný obtok potoka Tuhársky v úseku prerušenej hrádze



Obr. 4 Realizácia nových častí ZFO



Obr. 5 Pohľad na zrekonštruovaný vývar a časť Tuhárskeho potoka



Obr. 6 Dobudovaná odstránená časť hrádze



Obr. 7 Odstraňovanie sedimentov z dna

pristúpil k samotnej rekonštrukcii betónových častí ZFO, ktorá sa skladala zo zemných prác, výkopu stavebnej jamy a jej následného zhutnenia na požadované parametre. Po príprave stavebnej jamy a vykonaní potrebných skúšok zhutnenia sa začalo so samotným betónovaním nových častí ZFO.

Na výstavbu nového ZFO sa použilo približne 29 ton železnej stavebnej výstuže, 986 m³ vodostavebného betónu. Rekonštrukcia betónových častí ZFO sa urobila v mesiaci marec 2021, po ktorej sa mohlo začať s nanášaním zjednocujúceho náteru betónových častí, osadením ocelevej obslužnej lávky, vretenového stavidla s ovládaním a dobudovaním odstránenej časti hrádze s jej opevnením panelmi. Po skončení všetkých stavebných a zemných prác sa uskutočnilo preberacie konanie. Počas vykonávania stavebných prác

zhotoviteľom pristúpil Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., po splnení podmienok orgánu ochrany prírody a krajiny, k odstraňovaniu drevín v zátope. Potom SVP, š. p., začal odstraňovať sedimenty zo zátopej vodnej stavby vlastnými kapacitami (aj za pomoci techniky z OZ Bratislava). Celkové množstvo odstránených sedimentov z vodnej stavby Ľadovo predstavovalo 32 300 m³. Konečne po vyčistení od sedimentov Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., postupne VS Ľadovo napúšťal, pričom predpokladaný čas plnenia je podľa hydrologickej situácie a v súlade s manipulačným poriadkom približne 2 mesiace. Po napustení VS Ľadovo bude vodná nádrž plnohodnotne slúžiť všetkým účelom, na ktoré sa pred 55 rokmi vybuodovala.

Foto: archív SVP, š. p.

Nový prostor pro Dyji – napojení odstavných ramen

Dr. Ing. Antonín Tůma
Povodí Moravy, s. p.



Povodí Dyje

Celá Evropa čelila v posledních 7 letech dlouhotrvajícímu suchu. Tyto dopady byly citelné zejména na Jižní Moravě, kde díky nízké nadmořské výšce a vyšším teplotám byly projevy největší. Nízké srážky, malé zásoby vody ve sněhu, vysoké teploty a větrná eroze snižovaly zásoby vody v půdě, nebyly doplňovány zásoby podzemních vod, rostliny zvyšovaly svoji spotřebu vody pro přežití s každým narůstajícím

tropickým stupněm teploty. Drobné i významné toky v letních měsících vysychaly, celkové roční průtoky v uzavěrových profilech klesaly až na jednu třetinu. Dopady klimatické změny jsou patrné zejména v povodí Dyje, kde např. v roce 2017 i při 100 procentních ročních srážkách byl průtok v uzavěrovém profilu Dyje méně než poloviční. Krajina spotřebovala o 850 mil. m³ více vody, aby se uchoval život, přitom

spotřeba člověkem a dalšími odběrateli zůstala v tomto roce téměř stejná.

Zachování vody pro přírodu, pro krajinu je zásadním úkolem naší společnosti, které musí doplňovat uvědomělé hospodaření s vodními zdroji a posílení zdrojů stávajících výstavbou nádrží, aby člověku zůstal zachovaný přístup k pitné vodě. Již v současné době v České republice nemá přístup ke kvalitní pitné podzemní vodě celých 50% občanů a jsou závislí na dodávkách pitné vody v povrchových nádržích. I přes stávající ochranu podzemních vod nelze do budoucna uvažovat s jejich posílením, neboť i tyto zdroje jsou v přes dlouhodobé sucha vyčerpateľné a pomalu se doplňují. Druhou otázkou vedle množství je jejich kvalita, zejména ovlivněná pesticidy, farmaky a dalšími cizorodými látkami.

Prvořadým úkolem, který musí předcházet výstavbě nových zdrojů, je zdokonalení hospodaření s každou kapkou vody a posílení revitalizačních prvků – zpomalení a zadržení vody v krajině a síti vodních toků.

Povodí Moravy, s. p., jako správce významných vodních toků a správce povodí navrhlo a realizovalo celou řadu revitalizačních opatření ke zmírnění dopadů klimatické změny i zadržení vody v krajině. Kolegové a mnoho našich projekčních partnerů pod vedením Ing. Davida Veselého dokázali skloubit – harmonizovat řadu až protichůdných požadavků, což v minulých letech ocenili i významné instituce, zejména z oblasti ochrany přírody a krajiny. Cena AOPK ČR za přínos k ochraně a péči o naši přírodu byla udělena za Podporu samovolné renaturace řeky Moravy u Štěpánova, dále za napojení slepých ramen na Dyji a vytvoření nového lužního lesa a retenční prostor poblíž Novosedel. K dalším ohodnocením náleží cena Olomouckého kraje za přínos v oblasti životního prostředí (1. místo v kategorii Voda – Podpora samovolné renaturace řeky Moravy u Štěpánova) a dále úspěchy v projektu Adapterra Awards, kde i v letošním roce postoupil do finále projekt Dyje a nový lužní les poblíž Novosedel (retenční prostor Novosedly).

Vítězství v programu Adapterra Awards v roce 2020 získal od poroty projekt Nový prostor pro Dyji v kategorii Volná krajina a dostal i cenu Sympatie od veřejnosti. Napojení odstavených ramen na hraniční Dyji s Rakouskem a vytvoření nového prostoru pro vodu je významným počinem a proto zde uvedu několik podrobností.

Řeku Dyji společně s Moravou obklopuje největší a ekologicky nejceněnější komplex lužních území střední Evropy. V 70. letech byla mezi soutokem s Moravou a městem Břeclav řeka Dyje zkrácena o 3,2 km. Odříznuté říční úseky naštěstí zůstaly zachovány v nivě jako odstavená ramena. Díky projektu se tři z nich podařilo vrátit zpátky řece. Bez tohoto zásahu by ramena brzy zcela zanikla. Naopak, tento jediný projekt dokázal řece vrátit více než třetinu délky, o kterou v minulosti vinou necitlivých zásahů přišla. Stavby realizovalo povodí Moravy, s. p., s rakouským partnerem Viadonau za finanční podpory Interreg AT-CZ s celkovými náklady 899 387,04 eur.

Ramena byla na území obou států napojena při zachování státní hranice v ose stávajícího toku. Úpravou došlo k otevření obou konců ramene a vložení rozdělovacího objektu do původního průpichu. Rozdělovací objekt má unikátní strukturu, je tvořen nízkým balvanitým stupněm s širokou korunou,

který zajišťuje dělení zejména nízkých průtoků, a oboustranným zúžením toku (výstižně německy označeném „šlic“), zajišťujícím zase směřování průtoků povodňových. Jako přídavek bylo na rakouské straně ještě jednostranně napojené drobné rameno D8, které tvoří společný celek s českým ramenem D9. Kromě napojení ramen bylo součástí projektu vytvoření mokřade komunikující za zvýšených průtoků s řekou a hrudů s přebytkem zeminy, sloužících za povodně jako úkryt zvěře.

Napojením nejdelšího mrtvého ramene na rakouské straně – meandru D18 a meandrů D9 na české straně – došlo k prodloužení toku Dyje o více jak jeden kilometr. Musíme si představit, že každý metr koryta, který se řece vrátí, znamená pojistku pro lepší zvládnutí období sucha. O tuto délku se prodlouží šance povrchové vody nasytit tu podzemní.

Celý hraniční úsek řeky Dyje má délku 16,5 km a po vodohospodářských úpravách zůstalo v nivě zachováno více než dvacet zbytků původního koryta – odstavených ramen. Jejich charakter je ale různý. Našemu projektu předcházela rozsáhlá studie, která tyto ramena vyhodnotila z hlediska jejich potenciálu a vhodnosti k napojení. Na základě studie byly vybrány právě tyto dvě ramena, která byla vytypována jako nejvhodnější pro napojení.

Napojení odstavených ramen představuje jeden z důležitých prvků nového přístupu ke správě řeky Dyje na hraničním úseku, na kterém se dohodli vodohospodáři na obou stranách hranice. Projekt počítá s dalším samovolným morfologickým vývojem řeky a již první zkušenosti ukazují, že řeka tuto možnost vděčně přijala. Lokální přírodě blízká stabilizace břehu v místě souběhu s důležitými liniovými stavbami dává vodohospodářům možnost tento vývoj bez obav akceptovat.

Stavba probíhala současně na území dvou států, proto bylo nutné sladit stavební i pracovní právo obou zemí a z nich plynoucí omezení. Zároveň se jedná o velmi cenné území soustavy Natura 2000, proto bylo termínově omezeno i provádění stavby. Hledání průniku těchto pravidel bylo nelehkým úkolem.

Projekt představuje pilotní řešení napojení odstavených ramen na hraničním toku. Obdobné řešení nebylo zatím v Evropě realizováno. Výstupem řešení je i metodika, která poslouží k opakování řešení tohoto problému, a vyhodnocení úspěšnosti projektu na základě rozsáhlého biotického i abiotického monitoringu.

Již během stavby, krátce po dokončení napojení prvního z ramen, a pak následně po dokončení celé stavby, prošli řekou Dyje dvě jarní povodně. Odezva morfologických procesů nejen na znovu napojených ramenech, ale i v původním průpichu byla neočekávaně pozitivní. Řeka ochotně přijala nový stav a v korytě se vytvořily morfologické struktury, které do této doby v dotčeném úseku řeky chyběly. Štěrkové lavičky, střídání hloubek a mělčin v brodech nově dotváří charakter této nížinné řeky.

Úspěch projektu je výsledkem vynikající spolupráce s našimi rakouskými partnery, kde snahou všech je hledání nových inovativních cest, které naplňují společnou evropskou legislativu, pomáhají vytvářet a doplňovat legislativu národní a zejména pomáhají plnit naše poslání – péči o vodu, o vodní zdroje, o krajinu.

Foto: archiv Povodí Moravy, s. p.



Spriechodňovanie migračných bariér v kompetencii správcu vodných tokov SR

Ing. Monika Supeková¹ a kol., RNDr. Vladimír Druga²

¹ SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

² RNDr. Vladimír Druga – EKOSPOL

ÚVOD

Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva¹ (rámcová smernica o vode, RSV), definuje kvantitatívne a kvalitatívne ciele pre jednotlivé kategórie vodných útvarov a jedným z nich je zlepšenie alebo aspoň nezhoršenie ich hydromorfologickej kvality. SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik (SVP, š. p.), ako správca vodohospodársky významných a drobných vodných tokov v zmysle zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách v znení neskorších predpisov² (VZ) je kompetentný na realizáciu časti z nich. Stratégia EÚ v oblasti biodiverzity do roku 2030³ (Biodiversity Strategy, BS) definuje nový cieľ, a to zabezpečiť 25 000 km voľne tečúcich riek do roku 2030. Tento cieľ prevzala aj Dam Removal Strategy 2020 – 2030⁴ (DRE), pod hlavičkou ktorej sa pri obnove koridorov vodných tokov stretli 4 európske iniciatívy: World Fish Migration Foundation (WFMF), European River Network (ERN), Adaptive Management of Barriers in European Rivers (AMBER) a World Wide Fund For Nature (WWF) za podpory viacerých miestnych iniciatív z členských štátov EÚ.

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., vyvíja maximálne úsilie v rámci dostupných personálnych, ako aj finančných kapacít pripraviť a realizovať hydromorfologické opatrenia definované na vodných útvaroch vo Vodnom pláne Slovenska (VPS). Počas I. implementačného cyklu smernice 2000/60/ES nebolo možné na prípravu a realizáciu stavieb čerpať prostriedky EK z operačných programov. V II. implementačnom cykle to už však možné je. Pri príprave treba zohľadňovať požiadavky metodického usmernenia *Určenie vhodných typov rybovodov podľa typológie vodných tokov*, MŽP SR, jún 2015⁵ (usmernenie), ako aj vyhlášky č. 383/2018 Z. z. o technických podmienkach návrhu rybovodov a monitoringu migračnej priechodnosti rybovodov⁶ (vyhláška), ktoré sumarizujú základné požiadavky MŽP SR pre oblasť spriechodňovania migračných bariér a prekážok vo vodných útvaroch SR.

Opatrenia, ktoré je potrebné zrealizovať, sú obsiahnuté v prílohe 8.4 VPS alebo v tabuľke 8.6 VPS. Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., pripravuje a realizuje opatrenia na vodných útvaroch, ktoré sú ako vodohospodársky významné alebo drobné vodné toky v jeho správe. Napriek tomu naráža na viaceré problémy, z ktorých stojí za zmienku najmä rozdrobené vlastníctvo pozemkov a nedokončené (nezačaté) projekty pozemkových úprav. To realizáciu projektov značne spomaľuje. Pri návrhu sa vychádza z tzv. bioekologického zadania, ktoré zadefinuje skupina odborníkov (SVP, š. p., ŠOP SR,



Schéma 1 Celokorytový rybovod (bystrinný alebo bazénový)

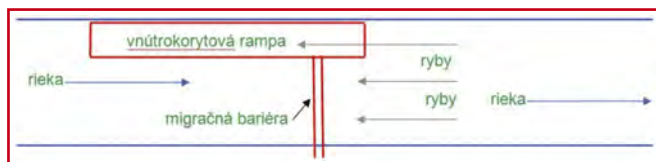


Schéma 2 Vnútrokorytová rampa (bystrinná alebo bazénová)



Schéma 3 Obtokový rybovod (bystrinný alebo bazénový)

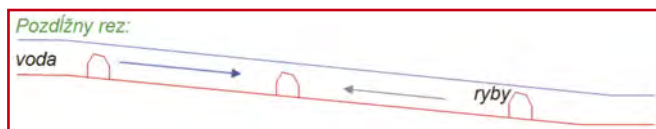


Schéma 4 Bezprepážkový/bystrinný typ (s prirodzeným bystrinným prúdením a s občasne vyčnievajúcimi skalami).

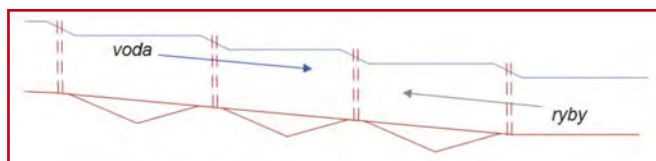


Schéma 5 Prepážkový/bazénový typ (s prúdením cez štrbiny medzi bazénmi)



Schéma 6 Vodopádový typ (bystrinný alebo bazénový)

SRZ-Rada Žilina a od r. 2020 aj VÚVH) priamo na mieste tak, aby sa zohľadnili aj ichtyologické pravidlá vyhlášky, aj miestne pomery. Vyhláška a usmernenie definujú typy spriechodňovania prekážok podľa ich polohy voči toku a podľa typu prúdenia, ktoré sú zobrazené v schémach 1 až 6.

Nielen rybám, ale aj prírodnému vzhľadu riek a potokov sú najbližšie bezprepážkové/bystrinné typy rybovodov. Sú najmenej problémové aj z hľadiska ich údržby, a teda spoľahlivejšieho fungovania oproti prepážkovým rybovodom alebo oproti kombinovaným mnohobalvanitým alebo štetinovým typom, ktoré si vyžadujú pravidelnú údržbu (odstraňovanie sedimentov a zachytených splavenín a plavenín).

Biologicky najvhodnejšie a aj z pohľadu iných hydromorfologických komponentov (v súlade s odporúčaniami dokumentu *Guidance Document No. 37 Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies* a jeho prílohy⁷, ako sú napr. sedimenty a ich transport, sú vhodnými riešeniami celokorytové bezbariérové sklzy, ktoré po odbúraní betónového stupňa plynulo prepájajú rozdielne vysoké – spravidla štrkovo-kamenné – dno pod a nad stupňom.

V ďalšom texte uvádzame príklady zrealizovaných alebo pripravovaných opatrení.

Drobné stavby realizuje SVP, š. p., aj v rámci opráv a údržby (t. j. prevádzkovej činnosti SVP, š. p.) a v rámci vlastných kapacít.

Napríklad, potok Kokávka – Kokava nad Rimavicou, rkm 0,400 (SKS0031) (obr. 1).

Ďalej SVP, š. p., realizuje i náročnejšie stavby financované z Operačného programu Kvalita životného prostredia⁸ vlastnými kapacitami alebo subdodávateľsky.

Napríklad, potok Štiavnica v Dudinciach, rkm 10,968 (SKI030) (obr. 2).

Na obrázku 3 vidieť revitalizujúci sa celokorytový sklz v Dudinciach rok od zrealizovania spriechodnenia. Vytvoril sa tu potrebný čerivý biotop rýb v pleskáčovom pásme. Počas nižších prietokov sa hlboké aj plytké prúdy koncentrujú v strednej časti koryta s kamenným dnom a štrkovo-piesčitými štrbinami. Veľkú časť sklzu už po roku tvoria trávne plytčiny vznikajúce na doplavených sedimentoch, ktoré sezónne slúžia na migráciu menej zdatných druhov rýb počas veľkých jarých prietokov.

Na obrázku 4 je detail vzniknutého spriechodňovania toku. Napriek celoplošnému podbetónovaniu kamenného dna sklzu nánosy hliny aj štrku v sezónnych okrajových plytčinách pomaly zarastajú mokračovými trávami, okolo ktorých sa prirodzene tvoria zátišia vodných prúdov.

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., spriechodňuje nielen potoky, ale aj rieky, ako napr. dolný úsek rieky Slaná pri Gemerskej Panici, rkm 23,216 (SKS0003) (obr. 5). Na mieste riečného stupňa s vodopádom sa pomocou celokorytového kamenného sklzu s miernym sklonom vytvoril nový prúdový riečny biotop, cenný pre vodné živočíšstvo.

Na dolnom úseku rieky Rimava sa v roku 2019 na troch priečných stupňoch zrealizovali jedny z najstarších pripravených projektov celokorytových sklzov (z roku 2015), kde sa ešte vyčnievajúce brzdiace balvany projektovali v priečných radoch. Na obrázku 6 je celokorytový sklz Pavlovce, rkm 24,984 (SKS0015), s viacerými radmi balvanitých prekážok, v strede sa ponárajúcich do hĺbočiny.

Na obrázku 7 je krátky celokorytový sklz Jesenské rkm, 22,435 (SKS0015). V okrajovej plytčine pod ním si rieka rýchlo vytvorila štrkovú lavicu, potrebnú pre mnohé živočíchy riek.



Obr. 1 Po odstránení vodného stupňa v potoku celokorytový sklz bez vodného skoku, archív SVP, š. p.



Obr. 2 Pre ryby nepriechodná strmá, hladká a plytká bariéra pred revitalizáciou, archív SVP, š. p.



Obr. 3 Dudince po revitalizácii, trávové plytčiny, V. Druga



Obr. 4 Detail sprírodňovania toku, V. Druga



Obr. 5 Rieka Slaná pri Gemerskej Panici, prúdový riečny biotop, V. Druga



Obr. 6 Celokrytový sklz Pavlovce, V. Druga



Obr. 7 Celokrytový sklz Jesenské, archív SVP, š. p.



Obr. 8 Celokrytový sklz na toku Myjava pod Senicou, V. Druga



Obr. 9 Potok Osrblianka pred revitalizáciou, archív SVP, š. p.

V neskoršom období sa rozloženie brzdiacich kameňov dôslednejšie prispôbilo nielen optimálnemu brzdiacemu efektu, ale aj oddychovému efektu vo všetkých výstupových prúdnicích pre rôzne zdatné skupiny rýb, napr. celokorytový sklz na toku Myjava pod Senicou, rkm 26,500 (SKM0006) (obr. 8).

Aby sa pomohlo migrácii ichthyofauny, spriechodňujú sa aj stavby slúžiace na protipovodňovú ochranu, nachádzajúce sa na vodných tokoch v intravilánoch a v stiesnených pomeroch.

Napríklad na potoku Osrblianka v Hronci, rkm 0,532 (SKR0038).

Pred revitalizáciou na týchto stupňoch končili všetky nere-sové migrácie pstruhov, lipňov, čereblí a ďalších rýb z neďalekého Čierneho Hrona (obr. 9).

Po revitalizácii sa výskyt lipňov a ďalších rýb z Čierneho Hrona zaznamenal v Hronci nad oboma spriechodneniami a hromadné migrácie pstruhov sa po desaťročiach objavili až na hornom toku v obci Osrblie (obr. 10a, b).

Vnútrokorytové rampy sú síce menej vhodnými riešeniami na ostatné hydromorfologické komponenty, ale sú biologicky vhodné v prípadoch, keď treba zachovať časti stupňa na zabezpečenie protipovodňovej ochrany a stlmenie priebehu povodňovej vlny v intraviláne alebo z dôvodu podmienky od SRZ-Rada Žilina zachovať silné okysličovanie vody.

Napríklad, horný tok Hornádu v meste Spišská Nová Ves, kamenný stupeň v rkm 131,280 (SKH0003), kde je zúžený koridor medzi sídliskom a futbalovým štadiónom (obr. 11a).

Po realizácii spriechodnenia v roku 2021 ryby vstupujú do pokojnej vnútrokorytovej bystrinnej rampy z vývaru pod stupňom (obr. 11b).

Na obrázku 12 vidieť veľmi pokojné neturbulentné a pomalšie prúdenie v rybovode (vnútrokorytovej rampe), s rýchlejšou hĺbočinou pre väčšie ryby a aj spomalenou plytčinou pre menšie ryby (vďaka priečne šikmému dnu to platí aj pri zvýšených prietokoch).

Obtokové bystriny sú riešenia najkomplikovanejších prípadov.

Napríklad, obtok okolo Vodného diela Kozmálovce na dolnom Hrone (obr. 13 až 16), rkm 73,400 (SKR0223), ktorý zmierňuje dôsledok veľkej priečnej bariéry Vodného diela Kozmálovce, postaveného kvôli bezpečnosti neďalekej Jadrovej elektrárne Mochovce (zabezpečovanie chladiacej vody) a produkcií elektrickej energie.

Kvôli veľkému kolísaniu hladiny zdrže a zabezpečeniu chladiacej vody pre Jadrovú elektrárňu Mochovce sa požadovalo až päť úrovní vtokových otvorov, prepojených plynulo klesajúcimi bazénmi (obr. 17).

Ďalším príkladom je rieka Turiec, hať na odbere do martskej teplárne, rkm 7,530 (SKV0026).

Náhradný vodný priechod je vtesnaný do extrémne úzkeho pásu strmého brehu medzi zregulovaným tokom a cestou. Vznikla tu pohodlná bystrina pre ryby lipňového pásma, široká 4 m, s kamenným dnom a s oddychovými rýchlostnými tieňmi vytvorenými za brzdiacimi kameňmi, so súvislou 80 cm hĺbočinou pre veľké ryby a širokou plytkinou s hĺbkou do 40 cm pre slabšie ryby, v popredí oddychová hlboká zátoka (obr. 18).



Obr. 10a Vodný tok v Hronci, archív SVP, š. p.



Obr. 10b Potok Osrblianka v Hronci, rkm 0,697 (SKR0038) po spriechodnení, V. Druga



Obr. 11a Tok Hornádu v meste Spišská Nová Ves pred realizáciou spriechodnenia, archív SVP, š. p.



Obr. 11b Tok Hornádu v meste Spišská Nová Ves po spriechodnení, V. Druga



Obr. 12 Tok Hornádu v meste Spišská Nová Ves, detail rybovodu, V. Druga



Obr. 13 Vodné dielo Kozmálovce, dolný vstup rýb do rybovodu, V. Druga



Obr. 14 Dolný strmší úsek rybovodu s 1. oddychovou zátokou a so zavzduťtým priechodom popod protipovodňovú hrádzu Hrona, V. Druga



Obr. 15 Stredný mierny úsek obtokového rybovodu križuje potok Perec. Hĺbočina lemovaná oddychovými balvanmi a plytčinami sa presúva od jedného brehu k druhému, V. Druga



Obr. 16 Na obrázku vidíme horný mierny úsek obtokového rybovodu počas ichtyoprieskumu. Do hornej 4. oddychovej zátoky vteká búrľivejší prúd z komplikovaného vtokového objektu, V. Druga



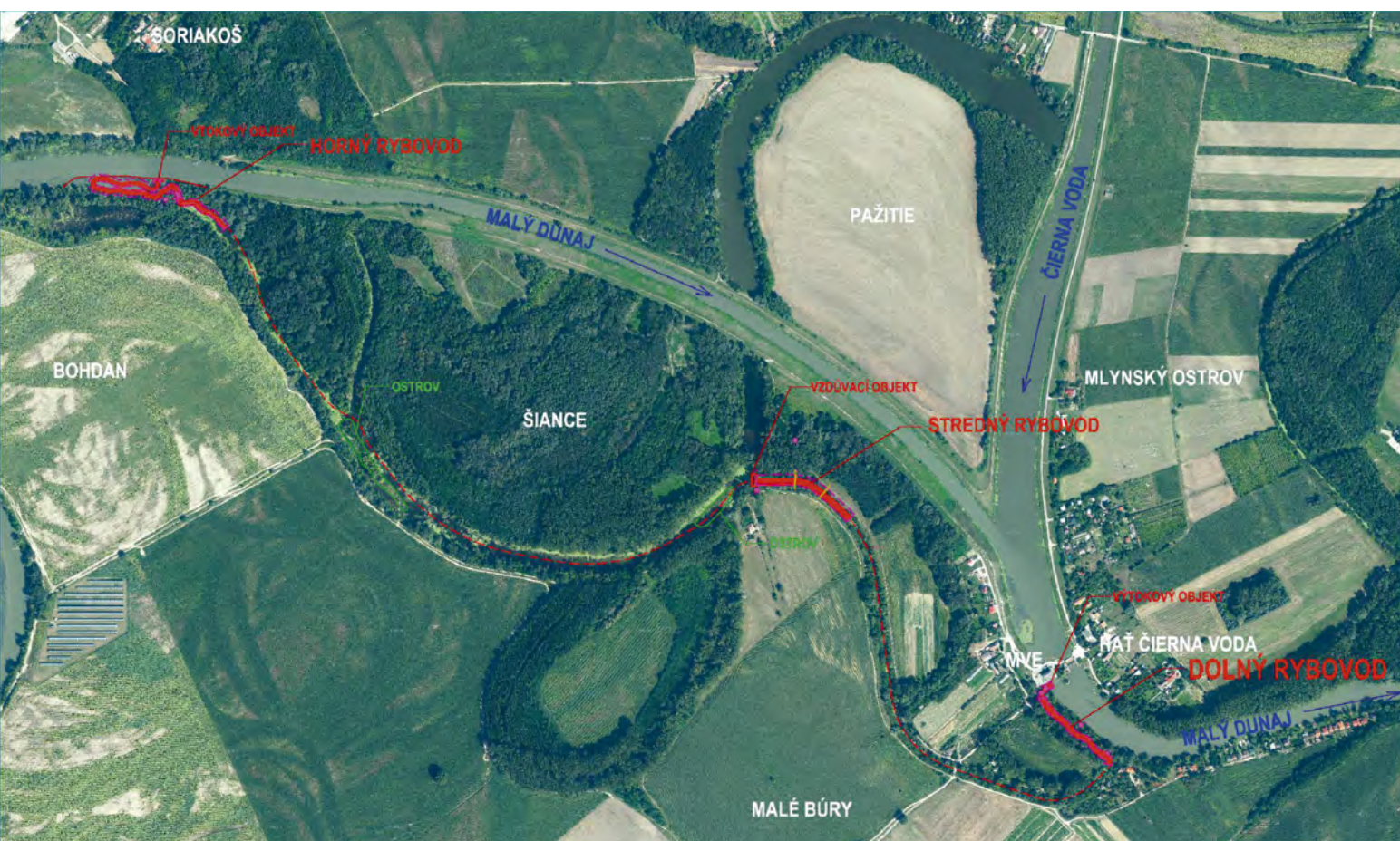
Obr. 17 Velké Kozmálovce, na hornom výstupe ryby snímajú kamery a nainštalovaná je PIT-telemetria, V. Druga



Obr. 18 Rieka Turiec, náhradný vodný priechod, V. Druga



Obr. 19 Meranie hydrotechnických parametrov, V. Druga



Obr. 20 Systém riešenia laterálnej konektivity v povodí Malého Dunaja, archív SVP, š. p.

V spolupráci s kompetentnými subjektmi sa pred kolaudáciou zrealizovaného spriechodnenia vykonávajú merania hydrotechnických parametrov (obr. 19) nadimenzovaných podľa vyhlášky.

Počas výstavby dohliada na správnu realizáciu spriechodnenia, najmä tvaru a členitosti dna a osádzanie kameňov, tzv. ekologický dozor výstavby (ekológ s príslušnou špecializáciou).

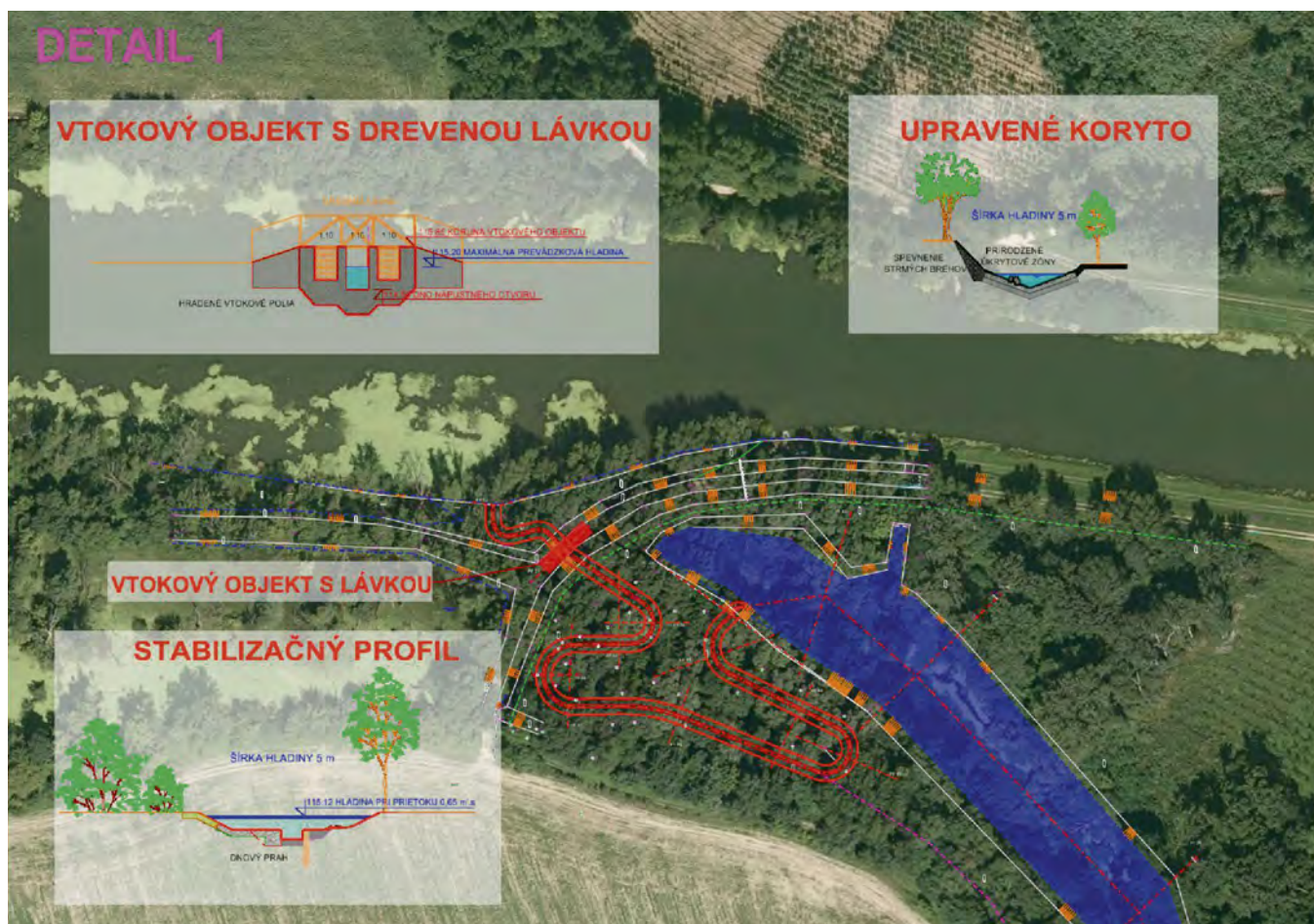
Z pripravovaných spriechodnení možno spomenúť napr. série vnútrokorytových rámp na Ciroche v meste Snina, rkm 24,840 – 26,119 (SKB0149), na Poprade pod Svitom, rkm 120,050 – 122,450 (SKP0002), na stupni na Bodve v Moldave nad Bodvou, rkm 18,760 (SKA0002), meandrujúcu vnútrokorytovú bystrinnú rampu na rieke Nitra na hati v Jelšovciach, rkm 72,100 (SKN0004) a susednú vnútrokorytovú bazénovú rampu na hati v meste Nitra, rkm 59,845 (SKN0004), obtokové bazénové rybovody na Hrone vo Zvolene, rkm 156,330 – 156,850 (SKR0222) a pri Šajdíkových Humenciach na hati na Myjave, rkm 23,800 (SKM0006), atď. SVP, š. p., má pripravených desiatky ďalších projektov rybovodov vypracovaných v súlade s ichtyologickými požiadavkami MŽP SR, ktoré ešte treba procesne dotiahnuť. Ide napr. o bystrinný obtok na Turci na hati nad Martinom, rkm 8,966 (SKV0026), celokorytový sklz na Revúcej v Ružomberku, rkm 1,000 (SKV0093).

Ďalej je dôležité spomenúť i aktivity v povodí Malého Dunaja, kde je pripravené spriechodnenie hate s malou vodnou

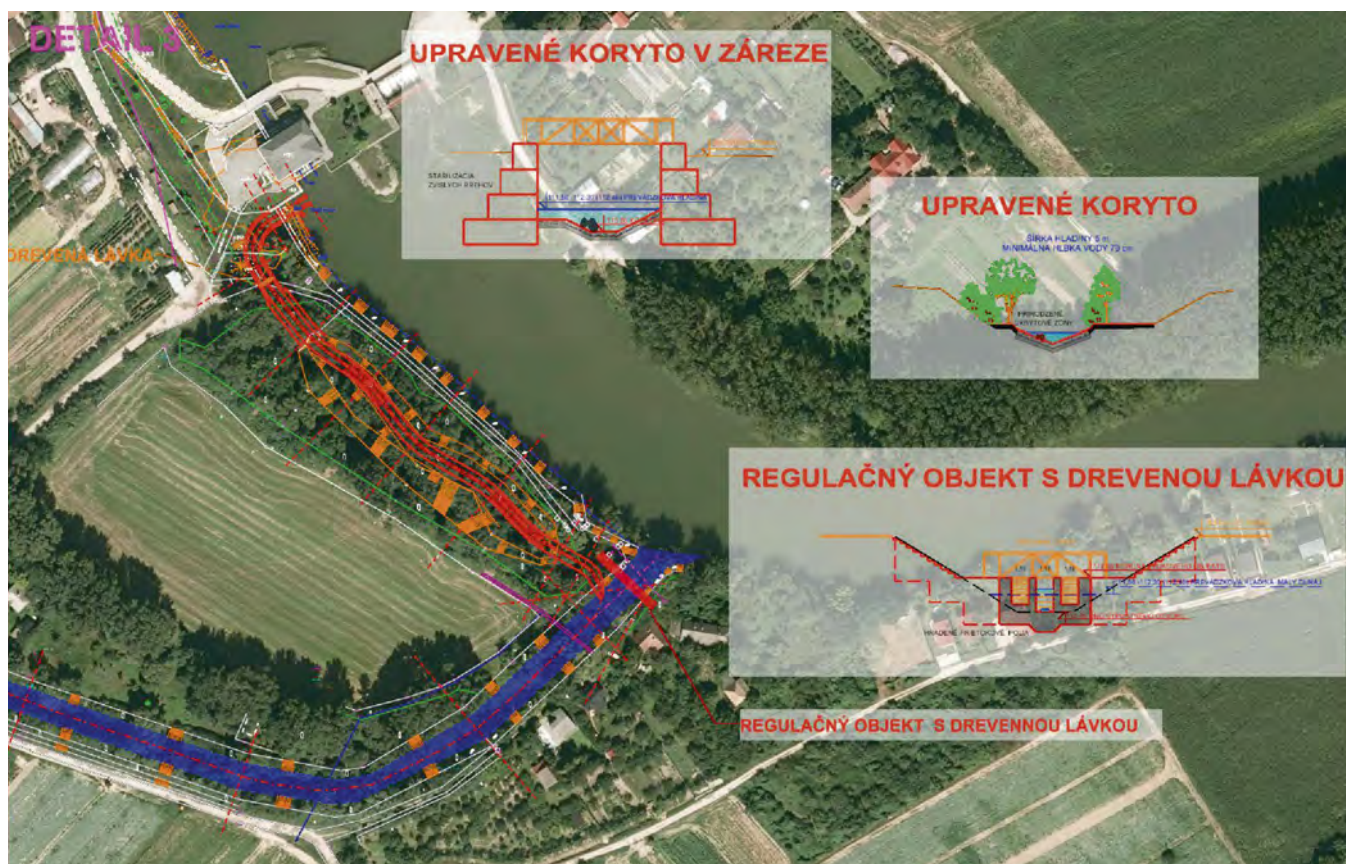
elektrárnou (MVE) Nová Dedinka, rkm 107,800 (SKW0002), cez ramenný systém zavodnením Malinovského ramena. Okrem toho je pripravované napr. aj spriechodnenie hate s MVE Čierna Voda, rkm 49,900 (SKW0002), formou zavodnenia a sprietochnenia sústavy bočných ramien vrátane sezónne vysychajúcich, čím sa obnoví aj laterálna konektivita Malého Dunaja. Zachová sa úžitok vodohospodárskej stavby a zároveň sa získa mnoho mokraďových biotopov na rozmnožovanie a prezimovanie ichtyofauny, vodného vtáctva a ďalších vodných živočíchov a rastlín. Na obrázkoch 20 a 21a,b je zobrazená celková situácia riešenia.

ZÁVER

Úlohou doterajších projektov rybovodov bolo vyriešiť časť vodohospodárskych problémov, ktoré boli identifikované ako významné pre I. a II. plánovací cyklus implementácie požiadaviek RSV. Ide o prvú časť revitalizácie vodných tokov, t. j. bodové zabezpečenie pozdĺžnej kontinuity pre ryby a vodnú biotu. Túto úlohu sa aj podarilo a naďalej darí plniť v plnom súlade s oficiálne platnými legislatívnymi ichtyologickými požiadavkami MŽP SR z roku 2015 (usmernenie) aj 2018 (vyhláška), s akceptovaním pripomienok odborne spôsobilých ichtyológov zo SRZ-Rady Žilina, ako aj kompetentných zoológov a hydrobiológov ŠOP SR, s dôrazom na odborne určené cieľové druhy migrujúcich rýb v slovenských riekach a potokoch.



Obr. 21a Detaily riešenia vtokového a výtokového objektu z obnoveného ramena, archív SVP, š. p.



Obr. 21b Archív SVP, š. p.

Obe organizácie sú odbornými organizáciami určenými legislatívou MŽP SR.

Vzhľadom na niekoľko minulých desaťročí, počas ktorých SVP, š. p., nespriechodňoval staré priečne bariéry a keď ani v I. plánovacom cykle nebolo možné na spriechodňovanie bariér čerpať prostriedky z fondov EÚ, bolo pre ichťológov veľmi potešujúce tempo prípravy desiatok spriechodnení a tempo realizácie 11 spriechodnení v rokoch 2016 – 2019. Je otázka, do akej miery je spomalenie tempa prípravy a realizácie spriechodnení po roku 2019, keď sa za 2 roky zrealizovali iba 2 spriechodnenia, pre vodné toky SR prínosom alebo negatívom.

Druhá časť revitalizácie tokov, ktorou je komplexná obnova hydromorfologických procesov prirodzeného toku, je ekologicky správnou, ale novou úlohou navrhnutou pre III.

plánovací cyklus a stanovenou až po období naprojektovania spriechodnení. Obnova hydromorfologických procesov v zregulovaných riekach medzi migračnými bariérami by teda mohla byť logickým pokračovaním už hotových projektov rybovodov

Pre splnenie cieľov BS a DRE začal SVP, š. p., v spolupráci s neziskovými organizáciami, úplné odstraňovanie bariér v prípade, že dávno neplnia svoj účel (napr. odbery vody pre zaniknuté prevádzky po roku 1989 a pod.). Tu je však potrebné citlivé zhodnotenie ekologických prínosov a negatívnych následkov odstránenia bariér nielen s ohľadom na súvisiaci lokálny pokles hladiny podzemných vôd vo vysušujúcej sa krajine vplyvom klimatickej zmeny, ale aj s ohľadom na potenciálny budúci rozvoj obcí a regiónov. Samozrejme, za konsenzuálneho posúdenia relevantnými subjektmi.

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060&qid=1635155745230>.

² <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2004/364/20200409>.

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0380&qid=1635156269457>.

⁴ <https://damremoval.eu/wp-content/uploads/2020/07/DRE-Strategy-2020-2030-v21juli-2020-WEB-SPREADS.pdf>;
<https://damremoval.eu/wp-content/uploads/2019/03/DRE-policy-Report-2018-digital-010319.pdf>.

⁵ <https://www.minzp.sk/voda/rybarstvo/rybovody-podla-typologie-vodnych-tokov.html>.

⁶ <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2018/383/20190101>.

⁷ <https://circabc.europa.eu/sd/a/d1d6c347-b528-4819-aa10-6819e6b80876/Guidance%20No%2037%20-%20Steps%20for%20defining%20and%20assessing%20ecological%20potential%20for%20improving%20comparability%20of%20Heavily%20Modified%20Water%20Bodies.pdf>; <https://circabc.europa.eu/sd/a/a6c70231-6715-44c4-bd8b-9d607275ef72/Guidance%20No%2037%20-%20SK.pdf>.

⁸ <https://www.op-kzp.sk/obsah-vyzvy/17-vyzva-na-predkladanie-ziadosti-o-poskytnutie-nfp-zamerana-na-zabezpecenie-spojnosti-vodnych-tokov-s-kodom-op-kzp-po1-sc123-2017-17/>.

Pesticídy vo vodách a možnosti ich odstraňovania

prof. Ing. Danko Barloková, PhD.¹, prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹,
Ing. Michal Marton¹, Ing. Alena Matis²

¹Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU

²Výskumný ústav vodného hospodárstva

Anotácia

Pesticídy sú chemikálie anorganického alebo organického typu, ktoré sa používajú na ničenie rastlinných a živočíšnych škodcov ako prípravky na ochranu rastlín. Toxicita pesticídov a produktov ich degradácie robí z týchto chemických látok potenciálne riziko kontaminácie životného prostredia, vodného ekosystému a ľudského zdravia. Kontaminácia podzemnej vody, povrchovej vody a pôdy pesticídmi je v súčasnosti závažným problémom.

Na odstránenie pesticídov z vody je možné použiť koaguláciu, filtráciu, zrážanie, ozonizáciu, adsorpciu, iónovú výmenu, nanofiltráciu, reverznú osmózu a pokročilé oxidačné procesy. Ich účinnosť sa značne líši a závisí predovšetkým od chemickej povahy odstraňovaného pesticídu.

Tento článok študuje adsorpciu pesticídov použitím granulovaného aktívneho uhlia Filtrasorb 400 a Norit 1240. Zmes štandardov pesticídov (acetochlor, alachlor, metazachlor a metolachlor) sa pridala do pitnej vody s koncentráciou približne 1 µg/l. Experimenty sa uskutočnili v laboratórnych podmienkach použitím statických skúšok. Pesticídy sa analyzovali v laboratóriách ALS Praha použitím LC-MS. Adsorpčná účinnosť odstraňovania pesticídov a adsorpčná kapacita granulovaného aktívneho uhlia závisia od času kontaktu vody s materiálom. Výsledky ukázali, že účinnosť odstraňovania a adsorpčnej kapacity vybraných pesticídov pre dva použité granulované aktívne uhlie sa líšila. Filtrasorb F400 sa ukázal ako lepší sorpčný materiál než Norit 1240. Účinnosť tohto materiálu sa pohybovala od 18 do 60 %, kým účinnosť Noritu 1240 bola výrazne nižšia.

Skúmala sa i adsorpčná kapacita aktívneho uhlia na vybrané pesticídy a reakčná kinetika 0., 1., 2. a 3. rádu.

ÚVOD

Pesticídne látky sú jedným z významných polutantov vo vodách, patria však medzi nežiaduce látky, ktoré nepriaznivo vplyvajú na ľudské zdravie. Správanie sa pesticídnych látok po aplikácii do životného prostredia a možný výskyt ich reziduí v podzemných a povrchových vodách závisia od fyzikálno-chemických vlastností účinných látok, ako aj samotných prípravkov, spôsobu použitia (aplikačná dávka, čas aplikácie) a od agroklimatických podmienok. Metabolity týchto pesticídnych látok sa delia na relevantné a nerelevantné, kde ich relevantnosť sa posudzuje už pri schvaľovaní účinnej látky [1].

Pesticídy sú prípravky na ochranu rastlín, používané na ničenie rastlinných a živočíšnych škodcov. Podľa účelu použitia sa rozdeľujú na insekticídy, fungicídy a herbicídy. Insekticídy sú určené proti hmyzu, ktorý pôsobí na poľnohospodárske plodiny, fungicídy proti škodlivým parazitickým hubám a herbicídy proti burinám. Medzi ostatné skupiny zaraďujeme akaricídy (proti roztočom), nematocídy (proti hárčikám), molluscicídy (proti mäkkýšom) a rodenticídy (proti hlodavcom).

Na Slovensku určuje limitnú koncentráciu pesticídov v pitnej vode vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2010 Z. z., ktorou sa stanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v znení neskorších predpisov. V prílohe č. 1 a 2 sú

uvedené ukazovatele kvality pitnej vody, ich limity a rozsah a početnosť analýz na minimálnu a úplnú analýzu. V zmysle uvedených príloh sa v rámci úplnej analýzy pitnej vody vyšetrujú ukazovatele: pesticídy a pesticídy spolu. Limitná hodnota pesticídov 0,10 µg/l sa vzťahuje na každý stanovený pesticíd, s výnimkou pesticídov aldrín, dieldrín, heptachlór a heptachlórepoxid, pre ktoré je stanovená limitná hodnota 0,03 µg/l. Limitná hodnota pesticídov spolu je stanovená na 0,50 µg/l. Limitné hodnoty majú charakter najvyššej medznej hodnoty, ktorej prekročenie vylučuje použitie vody na pitné účely. Za pesticídy sa pokladajú organické insekticídy, herbicídy, fungicídy, nematocídy, akaricídy, algicídy, rodenticídy, slimicídy, príbuzné produkty (napríklad regulátory rastu) a ich relevantné metabolity. Zisfujú a hodnotia sa iba pesticídy, ktorých prítomnosť v pitnej vode možno predpokladať [2].

Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z. nestanovuje kritériá na relevantnosť metabolitov daných pesticídov a neurčuje limity nerelevantných metabolitov pesticídnych látok. Požiadavky vyhlášky č. 247/2017 Z. z. sú v súlade s novoprijatou smernicou Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu, ktorá nadobudla účinnosť 12. januára 2021.

V tejto smernici sa za relevantný považuje každý pesticíd, pri ktorom existuje dôvod domnievať sa, že z hľadiska jeho cieľového pesticídneho pôsobenia má porovnateľné vnútorné vlastnosti ako materská látka alebo že on sám, prípadne produkty jeho premeny, vytvárajú zdravotné riziko pre

spotrebiteľov. Smernica problematiku nerelevantných pesticídov podrobnejšie neupravuje, necháva na jednotlivé členské štáty, aby si odporúčané hodnoty určili na základe ich výskytu [3].

V prípade relevantných pesticídov sa vychádza z Nariadenia EP a Rady (ES) č. 1107/2009 z 21. októbra 2009 o uvádzaní prípravkov na ochranu rastlín na trh. Týmto nariadením sa ustanovujú pravidlá autorizácie prípravkov na ochranu rastlín v obchodnej podobe a ich uvádzania na trh, používania a kontroly [4].

Na Slovensku zoznam autorizovaných prípravkov na ochranu rastlín pravidelne uvádza Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSÚP) na svojom webovom sídle [5].

Aj Ministerstvo poľnohospodárstva a regionálneho rozvoja (MParV) publikuje vo svojich vestníkoch zoznamy schválených prípravkov na ochranu rastlín. Zároveň dňa 23. februára 2021 MParV schválilo Národný akčný plán na dosiahnutie udržateľného používania prípravkov na ochranu rastlín na roky 2021 až 2025, cieľom ktorého je zabezpečenie kvalitnej a zdravej poľnohospodárskej produkcie, vyváženosti medzi ekonomickým a ekologickým spôsobom hospodárenia, adaptácia poľnohospodárstva a lesného hospodárstva na zmenu klímy, zvýšenie ochrany vodných zdrojov pitných vôd a zabezpečenie ich optimálneho stavu, ochrana verejného zdravia, ochrana včiel a iných opeľovačov, ochrana divo žijúcich živočíchov a vodného prostredia, podpora precízneho poľnohospodárstva, podpora ekologického poľnohospodárstva, podpora nechemických metód ochrany rastlín. Konkrétne ciele pre jednotlivé oblasti ako aj návrhy opatrení na ich dosiahnutie sú uvedené v prílohe 2 [6].

Tab. 1 Limitné hodnoty pre nerelevantné metabolity pesticídov (ÚVZ SR, 26. 3. 2019)

Nerelevantný metabolit	CAS ¹⁾	Limit	Jednotka	Druh limitu
2-hydroxy-atrazín	CAS 2163-68-0	2	µg/l	MH
Desfenylchloridazón ²⁾	CAS 6339-19-1	6		
Metyl-desfenylchloridazón ²⁾	CAS 17254-80-7	6		
Metolachlór ESA	CAS 171118-09-05	6		
Metolachlór OA	CAS 152019-73-3	6		
Metazachlór ESA	CAS 172960-62-2	5		
Metazachlór OA	CAS 1231244-60-2	5		
Alachlór ESA	CAS 142363-53-9	1		
Alachlór OA	CAS 171262-17-2	1		

Poznámky: ESA – kyselina etánsulfónová, OA – kyselina oxálová,

¹⁾ medzinárodný číselný kód chemickej látky,

²⁾ platí pre sumu Desfenylchloridazón a Metyl-desfenylchloridazón.

Úrad verejného zdravotníctva SR určil limity pre vybrané nerelevantné metabolity pesticídov v pitnej vode (tab. 1) v súvislosti so zistením prítomnosti niektorých nerelevantných metabolitov pesticídov v pitnej vode a v jej podzemných a povrchových zdrojoch na Slovensku a zohľadnil odporúčania pre hodnotenie relevantnosti metabolitov látok regulovaných smernicou 941/414/EHS v podzemnej vode (Guidance Document on the Assessment of the Relevance of Metabolites in Groundwater of Substances Regulated under Council Directive 91/414/EEC), vydané Európskou komisiou v roku 2003, ktoré pri posudzovaní pesticídnych látok v pitnej vode

využívajú všetky európske štáty. Relevantnosť metabolitov pesticídov a limitné hodnoty pre vybrané nerelevantné metabolity pesticídov určil ÚVZ SR na základe záverov z hodnotenia účinných látok, vykonaných Európskym úradom pre bezpečnosť potravín (EFSA), odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) pre pitnú vodu z roku 2011 a na základe hodnôt, ktoré pre nerelevantné metabolity ustanovili a zverejnili odborné európske inštitúcie (Ministerstvo zdravotníctva Českej republiky; Nemecká agentúra pre životné prostredie; Ministerstvo poľnohospodárstva, lesníctva, životného prostredia a vodného hospodárstva Rakúskej republiky) [7].

Požiadavky na pesticídy a ich kontrolu v pitnej vode upravuje zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, ako aj vyhláška MZ č. 247/2017 Z. z., obidva sú v tejto oblasti plne v súlade s európskymi smernicami pre pitnú vodu [2, 8].

V súčasnosti sa v rámci Európskej únie eviduje asi 1 300 účinných látok – pesticídov v prípravkoch na ochranu rastlín. Z tohto celkového počtu je do zoznamu povolených účinných látok zaradených 350 účinných látok (28,6%) a ich používanie v rámci EÚ je povolené. V súčasnosti sa ešte 59 účinných látok (4,8%) hodnotí za účelom ich zaradenia do zoznamu povolených účinných látok a 814 účinných látok (66,6%) je nezaradených a ich používanie je v rámci EÚ zakázané. V Slovenskej republike bolo registrovaných asi 250 pesticídov v prípravkoch na ochranu rastlín [9].

Medzi najviac používané a najnebezpečnejšie pre ľudské zdravie patria chlórované pesticídy, najmä pre ich toxicitu, karcinogenitu a mutagenitu. Chlórované pesticídy majú vysokú perzistenciu v životnom prostredí. Hromadia sa hlavne v tukových tkaninách, pečeni, obličkách, vo svaloch, v mozgu, ale aj v srdci. Akútne otravy sa zvyčajne prejavujú stratou rovnováhy a neskôr ochrnutím centrálnej nervovej sústavy. Pri chronických otravách sa najprv prejavuje nechutenstvo, bolesti hlavy, hypertónia a celková slabosť. V neskoršom štádiu príznaky pokračujú nervovými a psychickými poruchami. Preto sa ich používanie v mnohých krajinách zakázalo, príp. obmedzilo len na výnimočné prípady [10].

Pravidelnou aplikáciou pesticídov sa zvyšuje ich obsah vo vodnom prostredí a v poľnohospodárskych produktoch. Ich výskyt vo vodách je pomerne častý, z čoho vyplýva, že sa používajú v nadmerných množstvách. Veľkým problémom pesticídov je hlavne ich nízka biodegradabilita a dlhé pretrvávanie vo vodnom prostredí – tak materských látok, ako aj metabolitov (cca 1 – 2 roky). Vplyvom ich dobrej rozpustnosti vo vode sa z pôdy ľahko transportujú do zvodnených horizontov [11].

Dôležité faktory, ktoré ovplyvňujú potenciál pesticídu spôsobíť znečistenie vôd, sú rozpustnosť pesticídu, vzdialenosť aplikácie od vodnej plochy, resp. toku, počasie, typ pôdy, svahovitosť, prítomnosť, hustota pestovanej plodiny, metóda a technika aplikácie agrochemikálie.

V roku 2018 bola vypracovaná a zverejnená metodika „Odporúčaný postup pri zisťovaní a hodnotení pesticídov a ich metabolitov v pitnej vode a v jej zdrojoch“ určená pre dodávateľov pitnej vody, ktorú vypracoval ÚVZ SR v spolupráci s MParV SR, ÚKSÚP a Výskumným ústavom vodného hospodárstva (VÚVH) [12]. Metodiku je potrebné pravidelne

aktualizovať na základe zmien v autorizáciách prípravkov a výsledkov monitoríngov rezíduí pesticídov v podzemných, povrchových a pitných vodách.

Nástrojom na posúdenie znečistenia podzemných a povrchových vôd pesticídmi a tiež na výber najvhodnejších opatrení za účelom zabezpečenia ochrany vôd je monitorovanie kvality vôd s účinnou možnosťou identifikácie potenciálneho zdroja znečistenia, a tým aj možnosťou zabezpečenia opatrení na predchádzanie rizika. Monitorovanie kvality vôd sa vykonáva v gescii MŽP SR podľa Rámcového programu monitorovania vôd Slovenska, ktorý sa pripravuje na obdobie 6 rokov a každý rok sa aktualizuje dodatkom. Systém nápravných a preventívnych opatrení je riešený v rámci Vodného plánu SR [12,13].

V súčasnosti sa okrem základného prevádzkového, prieskumného a inšpekčného monitoríngu pesticídov, ktorý zabezpečuje SHMÚ, realizuje aj účelový monitoríng pesticídov využívajúci novú kombinovanú metódu vzorkovania. Tento účelový monitoríng vplyvu používania prípravkov na ochranu rastlín v SR, ktorý realizuje VÚVH od roku 2013 je súčasťou Programu monitorovania vôd MŽP SR. Pri jeho realizácii sa využíva nielen konvenčné, ale aj špeciálne pasívne vzorkovanie podzemných vôd. Podrobnejšie informácie sú dostupné na webovom sídle VÚVH [14].

V Rámcovom programe monitorovania vôd sa pravidelne rozširoval rozsah monitorovaných miest a zoznam monitorovaných pesticídov. Súčasťou monitorovania sú relevantné pesticídy, ktoré VÚVH stanovilo na základe metodiky pre klasifikáciu relevantných pesticídov pre podzemné vody v SR. Pretrvávajúcim problémom je potreba pravidelnej aktualizácie relevantných pesticídov a pokrytie zvýšenia finančných požiadaviek vzhľadom na rozsah a spôsob monitorovania vôd a nákladné chemické analýzy, vypracovanie analytických metód pre nové pesticídy a technické vybavenie umožňujúce analyzovať rezídua pesticídov a ich metabolitov v nízkych koncentráciách (menej ako 0,01 µg/l).

Výsledky monitorovania pesticídov v podzemných a povrchových vodách v SR sú súčasťou evidencie o vodách a vyhodnotenia stavu vôd, v súlade s požiadavkami smernice 2000/60/ES o vodách a sú zverejnené na webovom sídle VÚVH a v ročných správach SHMÚ pre podzemné a povrchové vody [15 – 17].

Analytické stanovenie pesticídov závisí od možnosti prístrojového vybavenia, dostupnosť chemikálií a štandardov, účelu analýzy, typu vzorky a celkovej úrovne ich obsahu vo vzorke. Dnes sa najčastejšie používajú chromatografické metódy, vysokoúčinná kvapalinová chromatografia (HPLC) a plynová chromatografia (GC) v spojení s hmotnostnou spektrofotometriou (MS). Súčasné analytické metódy umožňujú stanoviť koncentrácie na úrovni ng/l [18, 19].

Na odstraňovanie pesticídov z vody možno použiť viaceré metód, napr. koaguláciu, filtráciu s koaguláciou, zrážanie, ozonizáciu, adsorpciu, iónovú výmenu, nanofiltráciu, reverznú osmózu a pokročilé oxidačné procesy. Ich účinnosť sa výrazne líši a záleží hlavne na chemickej povahe odstraňovaného pesticídu [20 – 22].

Najčastejšie používaným sorpčným materiálom pri odstraňovaní organického znečistenia (pesticídy, mikropolutanty) z vody je aktívne uhlie (práškové, granulované, extrudované,

povrchovo upravené). Existuje veľké množstvo publikácií o účinnosti odstraňovania rôznych pesticídov a ich metabolitov z vody použitím aktívneho uhlia [23 – 27].

Aktívne uhlie je vysoko porézny uhlík s veľkým vnútorným povrchom. Je to súbor grafitových doštičiek, ich vzájomná vzdialenosť tvorí mikropóry (priemer < 2 nm), kde sa odohráva adsorpcia polutantov na povrchu aktívneho uhlia (mikropóry tvoria 90 – 95% celkového povrchu adsorbentu), mezopóry (priemer 2 – 50 nm), ktoré zabezpečujú transport molekúl polutantov do vnútorného priestoru uhlia smerom k mikropórom, majú malú adsorpčnú schopnosť a transportné póry (makropóry) priemeru > 50 nm, ktoré umožňujú prístup molekúl adsorbátu do vnútorného priestoru adsorbentu, neslúžia na adsorpciu. Množstvo mikropórov a transportných pórov určuje vlastnosti aktívneho uhlia a jeho vhodnosť či nevhodnosť na úpravu pitných vôd. Pre „správny“ pomer mikropórov a transportných pórov je rozhodujúci materiál, z ktorého sa aktívne uhlie vyrába – čierne uhlie, kokosové škrupiny, drevo, lignín, hnedé uhlie a iné. Aktívne uhlie vyrobené z čierneho uhlia má väčšinou vhodný pomer mikropórov a transportných pórov, kým v aktívnom uhlí vyrobenom z kokosových škrupín výrazne prevažujú mikropóry a vyrobenom z dreva makropóry. O adsorpčných schopnostiach rozhoduje veľkosť pórov, merný povrch a chemická reaktivita povrchu.

Aktívne uhlie používané v práškovej forme sa aplikuje v prvých stupňoch úpravy vody, zvlášť v povrchových vodách, keď môže dôjsť k havarijnému zhoršeniu kvality upravovanej vody. Práškové aktívne uhlie sa používa iba nárazovo (pred vložkovaním). Nevýhodou je adsorpcia aj látok, ktoré sa dajú odstrániť koaguláciou, a tak sa rýchlejšie vyčerpá jeho adsorpčná schopnosť.

Granulované aktívne uhlie (GAU) sa zvyčajne používa vo filtroch na konci procesu úpravy vody ako filtračná náplň otvorených alebo tlakových filtrov zrnitosti 0,5 – 2 mm. Otvorené filtre sú dimenzované na rýchlosť filtrácie 5 – 10 m/h, tlakové až na 20 m/h. Vrstva aktívneho uhlia v otvorených filtroch je 0,6 – 1,0 m, v uzavretých 1 – 2 m podľa filtračnej rýchlosti. Aktívne uhlie tak v otvorených, ako i v uzavretých filtroch je vrstvené na podložnú pieskovú vrstvu vysokú 30 – 40 cm. Veľkosť zŕn aktívneho uhlia má byť asi 4- až 5-násobok účinného zrna piesku [18].

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Cieľom experimentov bolo porovnať účinnosť odstraňovania vybraných pesticídov z vody granulovaným aktívnym uhlím od dvoch výrobcov (Cabot Corporation, Calgon

Tab. 2 Vlastnosti filtračných materiálov Norit 1240 a Filtrasorb 400 [29, 30]

	Norit 1240	F400
Jódové číslo [mg/g]	min. 1 020	min. 1 050
Metylénová modrá [mg/g]	min. 230	min. 260
Veľkosť častíc [mm]	0,85 – 2,0	0,42 – 1,68
Oter [%]	75	75
Prevádzková hustota [g/cm ³]	0,480	0,425
Špecifický povrch (BET) [m ² /g]	1 150	1 100
Koeficient rovnozrnosti	1,6	1,7

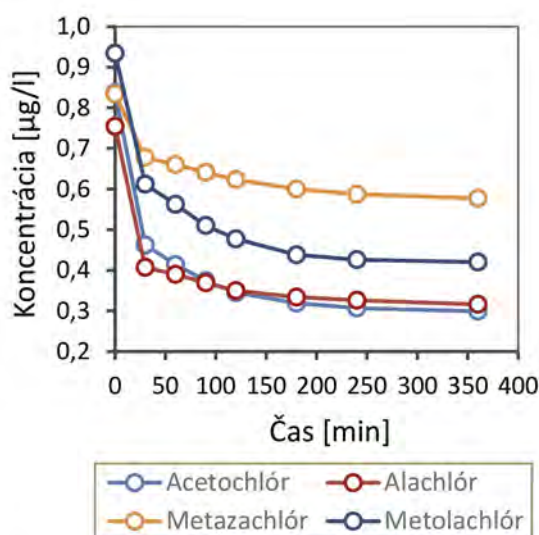
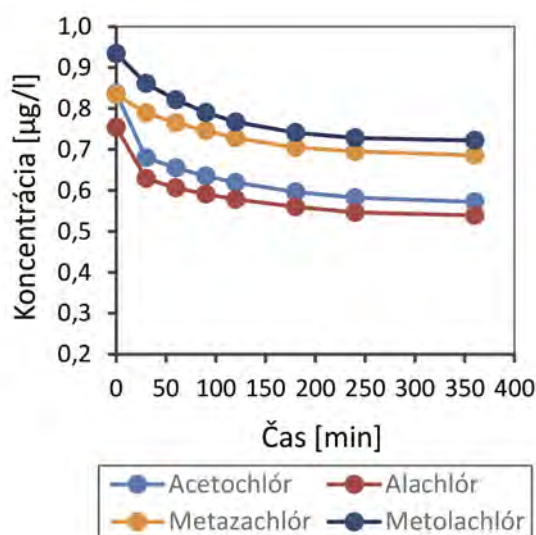
Carbon). Filtrasorb F400 dodala spoločnosť Jako, s. r. o., Norit spoločnosť Vulcascot. Základné charakteristiky použitých sorpčných materiálov sú uvedené v tab. 2.

Modelová voda sa pripravila pridaním zmesi štandardov do 5 litrov pitnej vody (bez úpravy pH) s výslednou koncentráciou pesticídov cca 1 µg/l. Na každý experiment sa použilo 200 ml modelovej vody a 0,2 g granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240, Filtrasorb F400). Vzorky sa pravidelne miešali ručne, pričom v stanovených časových intervaloch sa odobralo 40 ml vody do sklenených vialiek s pridaným tiosíranom sodným, ktorý zabezpečil konzervovanie vzorky. Jednotlivé vzorky sa odoberali v nasledujúcich časoch: 0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 360 min. Po odobratí vzorky sme vialky uskladnili

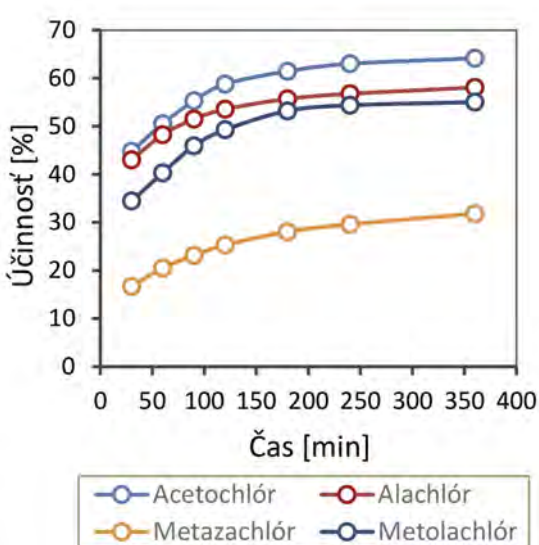
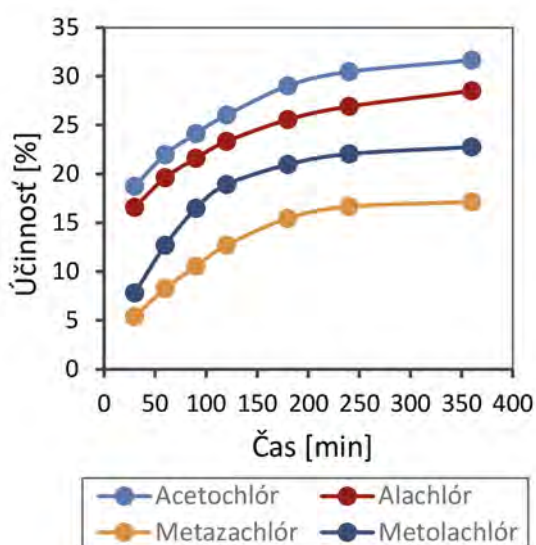
v chladničke a následne odovzdali na analýzu do laboratória ALS. Pesticídy sa stanovili metódou HPLC s priamym nástrekom vzorky a metódou vnútorného štandardu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

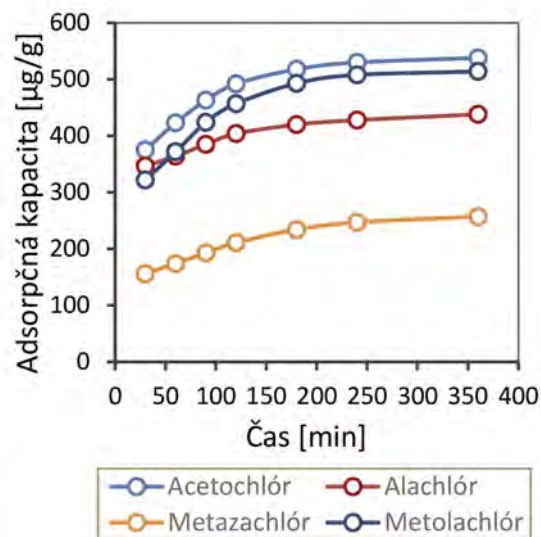
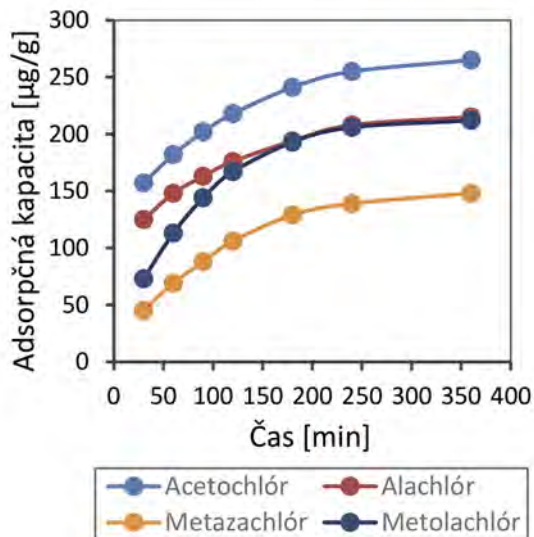
Účinnosť odstraňovania pesticídov z vody použitými sorpčnými materiálmi sa sledovala pri pH 7,6, pri laboratórnej teplote (22 – 23 °C) a vstupnej koncentrácii pesticídov 0,8 – 0,95 µg/l a čase kontaktu vody so sorbentom 30 – 360 minút. Na obr. 1 – 3 sú zobrazené namerané a vypočítané hodnoty sledovaných chlórovaných pesticídov a použitého aktívneho uhlia.



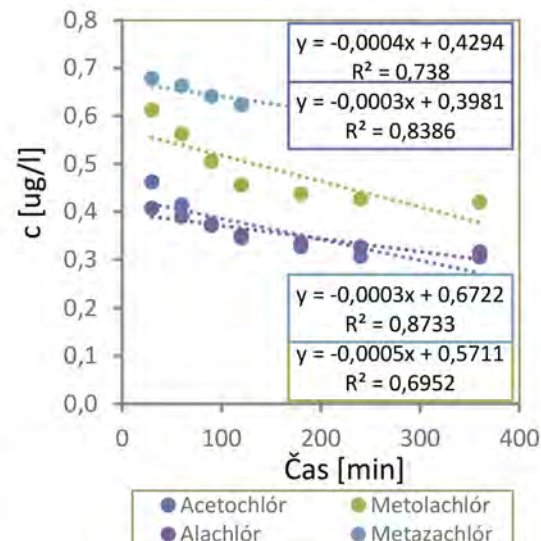
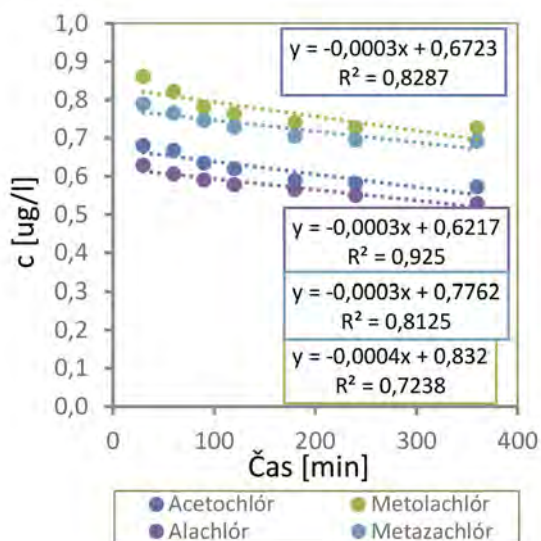
Obr. 1 Priebeh znižovania koncentrácie pesticídov v závislosti od času kontaktu s materiálom Norit 1240 (vľavo) a Filtrasorb F400 (vpravo)



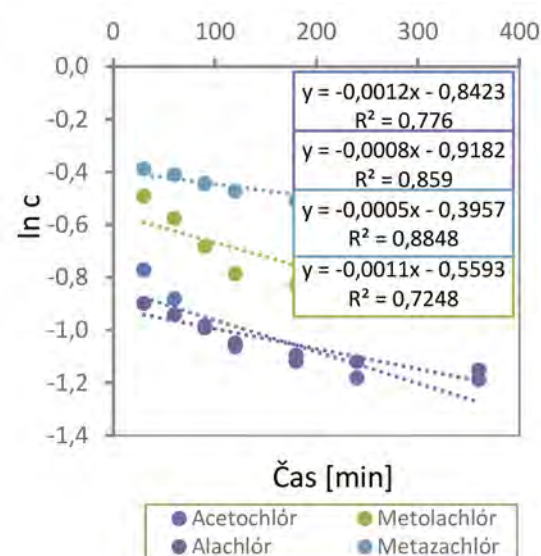
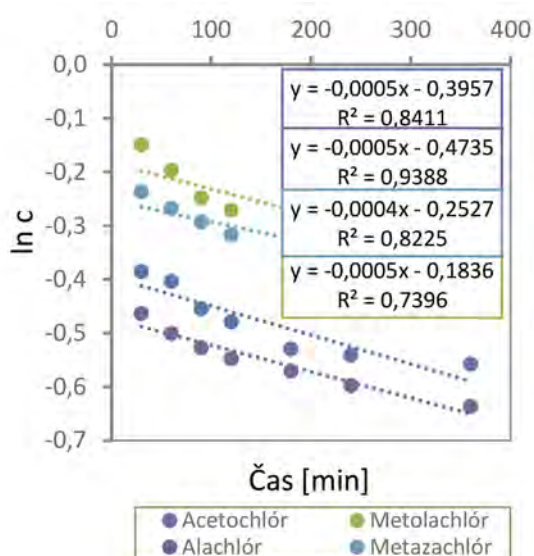
Obr. 2 Účinnosť odstraňovania pesticídov z vody v závislosti od času kontaktu s materiálom Norit 1240 (vľavo) a Filtrasorb F400 (vpravo)



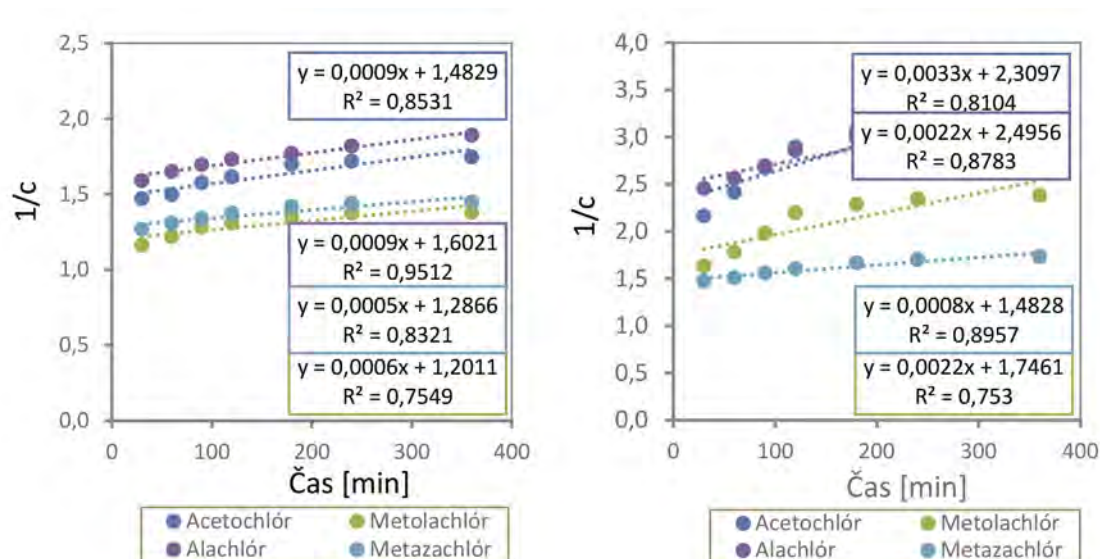
Obr. 3 Adsorpčná kapacita aktívneho uhlia pre vybrané pesticídy a čas kontaktu s materiálom Norit 1240 (vľavo) a Filtrasorb F400 (vpravo)



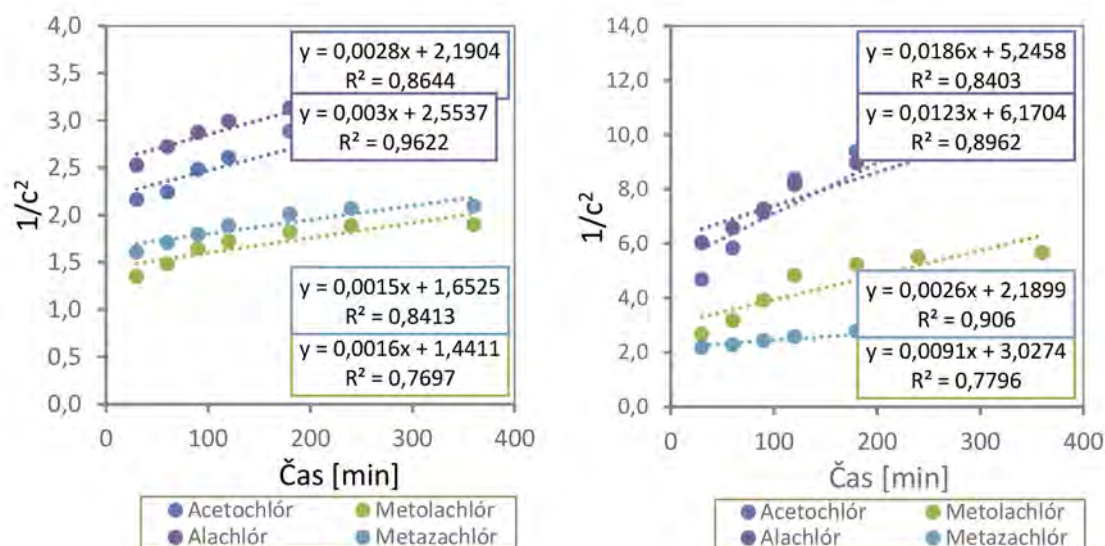
Obr. 4 Kinetická reakcia 0. poriadku pre sledované pesticídy a materiál Norit 1240 (vľavo), resp. Filtrasorb F400 (vpravo) s vyznačením rovnice priamky s hodnotou R^2



Obr. 5 Kinetická reakcia 1. poriadku pre sledované pesticídy a materiál Norit 1240 (vľavo), resp. Filtrasorb F400 (vpravo) s vyznačením rovnice priamky s hodnotou R^2



Obr. 6 Kinetická reakcia 2. poriadku pre sledované pesticídy a materiál Norit 1240 (vľavo), resp. Filtrasorb F400 (vpravo) s vyznačením rovnice priamky s hodnotou R^2



Obr. 7 Kinetická reakcia 3. poriadku pre sledované pesticídy a materiál Norit 1240 (vľavo), resp. Filtrasorb F400 (vpravo) s vyznačením rovnice priamky s hodnotou R^2

Tab. 4 Hodnota parametra R^2 pri vyhodnotení kinetických reakcií 0., 1., 2. a 3. poriadku

	Norit 1240				Filtrasorb 400			
	0.	1.	2.	3.	0.	1.	2.	3.
Acetochlór	0,829	0,841	0,853	0,864	0,738	0,776	0,810	0,840
Metolachlór	0,724	0,740	0,755	0,770	0,695	0,725	0,753	0,780
Alachlór	0,925	0,939	0,851	0,962	0,839	0,859	0,878	0,896
Metazachlór	0,813	0,823	0,832	0,841	0,873	0,885	0,896	0,906

Faktor R^2 vyjadruje presnosť kinetickej rovnice. Čím bližšie je číslo k 1, tým lepšie popisuje kinetická rovnica proces sorpcie. Hodnoty R^2 sú zosumárizované v tab. 4.

Z nameraných koncentrácií jednotlivých pesticídov sa vypočítala adsorpčná účinnosť a okamžitá adsorpčná kapacita (v $\mu\text{g/g}$) aktívneho uhlia pre vybrané chlórované pesticídy v závislosti od času kontaktu vody s materiálom. Z vypočítaných hodnôt vyplýva pre Norit 1240 účinnosť v intervale 5 – 32%, adsorpčná kapacita od 6 do 285 $\mu\text{g/g}$, v prípade

Filtrasorb F400 boli hodnoty výrazne vyššie, účinnosť sa pohybuje v intervale 12 – 64% a adsorpčná kapacita od 50 do 560 $\mu\text{g/g}$ v závislosti od času kontaktu s materiálom.

V rámci experimentov sa sledovala aj kinetika adsorpcie jednotlivých liečiv. Kinetika reakcie sa zisťovala iba pre celé poriadky reakcie (0., 1., 2. a 3. rádu). Lineárnou regresiou sa zisťovalo, ktorý poriadok najlepšie vyhovuje danej reakcii.

Na obrázkoch 4 – 7 sú znázornené vypočítané hodnoty kinetických reakcií v linearizovanom tvare ($y = a \cdot x + b$).

ZÁVERY

Účinnosť a adsorpčná kapacita použitých adsorpčných materiálov boli rôzne. Filtrasorb F400 sa ukázal ako lepší sorpčný materiál než Norit 1240. Účinnosť tohto materiálu sa pohybovala od 12 do 64%, účinnosť Noritu 1240 bola výrazne

nižšia. Pre každý pesticíd je potrebné overiť účinnosť aktívneho uhlia, optimalizovať podmienky adsorpcie, nie každé aktívne uhlie bude dosahovať vyhovujúcu adsorpčnú kapacitu. Účinnosť adsorpcie a okamžitá adsorpčná kapacita sledovaných pesticídov závisia od času kontaktu voda – materiál, hodnoty pH vody a koncentrácie jednotlivých pesticídov vo

vode. Kinetiku sorpcie študovaných pesticídov najlepšie popisuje kinetická rovnica 3. poriadku.

Podakovanie

Experimenty sa uskutočnili za finančnej podpory projektu APVV-18-0205 a projektov VEGA 01/0737/19 a VEGA 1/0825/21.

Literatúra:

- [1] <https://www.cepta.sk/index.php/sk/pesticidy-a-potraviny>
- [2] <https://www.epi.sk/zz/2017-247>.
- [3] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=celex%3A32020L2184>
- [4] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/sk/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1107>
- [5] <https://www.uksup.sk/orp-zoznamy-pripravkov-na-ochranu-rastlin>
- [6] <https://www.enviroportal.sk/polnohospodarstvo/narodny-akcny-plan-na-dosiahnutie-udrzatelneho-pouzivania-pripravkov-na-ochranu-rastlin-2021-2025>
- [7] http://www.uvzsr.sk/docs/info/pitna/Rozhodnutie_pre_vybrane_nerelevantne_metabolity_pesticidov.pdf
- [8] <https://www.epi.sk/zz/2017-355>
- [9] http://www.vuvh.sk/Documents/konferencie/Problem_Ochranu_Podz_Vod_2018/10_Patschova.pdf
- [10] Rosenfeld P., Feng L. Risk of Hazardous Wastes. Elsevier Inc., USA, 2011, p. 472.
- [11] The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard: Guidelines to Classification 2009. In: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. World Health Organization 2010, 81 p. Geneva.
- [12] https://www.uvzsr.sk/docs/info/pesticidy/Pesticidy_Pokyn.pdf
- [13] <https://www.minzp.sk/voda/vodny-plan-slovenska/>
- [14] <http://www.vuvh.sk/rsv2/default.aspx?pn=RPMV2PO>
- [15] <http://www.vuvh.sk/rsv2/default.aspx?pn=PDM>
- [16] <http://www.shmu.sk/sk/?page=1939>
- [17] <http://www.shmu.sk/sk/?page=1834>
- [18] Fenoll J., Hellin P., Martínez C. M., Flores P., Navaro S. Determination of 48 pesticides and their main metabolites in water samples by employing sonication and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Talanta 85, 2011, 975-982.
- [19] Krutz L. J., Senseman S. A., Sciumbato A.S. Solid-phase microextraction for herbicide determination in environmental samples – Review. Journal of Chromatography A. 999, 2003, 103-121.
- [20] Crittenden, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [21] Ormad M. P., Miguel N., Claver A., Matesanz J. M., Ovelleiro J. L. Pesticides removal in the process of drinking water production. Chemosphere 71, 2008, 97
- [22] Cosgrove S., Jefferson B., Jarvis, P. Pesticide removal from drinking water sources by adsorption: a review, Environmental Technology Reviews, 8:1, 2019, 1-24,
- [23] Areerachakul N., Vigneswaran S., Ngo H.H., Kandasamy J. Granular activated carbon (GAC) adsorption photocatalysis hybrid system in the removal of herbicide from water. Separation and Purification Technology 55, 2007, 206-211.
- [24] Nam S. W., Choi D.-J., Kim S. K., Her N., Zoh K.-D. Adsorption characteristics of selected hydrophilic and hydrophobic micropollutants in water using activated carbon. Journal of Hazardous Materials 270, 2014, 144-152.
- [25] Suo F., Liu X., Li Ch., Yuan M., Zhang B., Wang J., Ma Y., Lai Z., Ji M. 2019. Mesoporous activated carbon from starch for superior rapid pesticides removal. International Journal of biological Macromolecules 121. p. 806 – 813.
- [26] Corwin C. J., Summers R. S. Controlling trace organic contaminants with GAC adsorption. Journal of AWWA 104, 2012, p.E36 – E47.
- [27] Kyriakopoulos G., Douli D. Adsorption of Pesticides on Carbonaceous and Polymeric Materials from Aqueous Solutions: A Review. Separation & Purification Reviews, 35(3), 2006, 97-191.
- [28] Kopecký, J. Aktivní uhlí – technologie pro úpravu pitných a bazénových vod. Vodní hospodářství 53 (7), 2003, 185-187.
- [29] <https://www.calgoncarbon.com/app/uploads/DS-FILTRA40019-EIN-E1.pdf>
- [30] https://www.ews.com.gt/user_files/uploads/Norit_GAC_1240_W.pdf

Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V septembri a októbri 2021 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

STN P CEN/TS 1046: 2021 (73 6741) Potrubné a ochranné rúrové systémy z termoplastov. Systémy na dopravu vody alebo odpadovej vody mimo konštrukcie budov. Pokyny na podzemné inštalovanie

STN P CEN/TS je predbežná (P) slovenská technická norma, ktorá prevzala technickú špecifikáciu (TS) vydanú CEN.

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN P CEN/TS 1046: 2021 sa ruší TNI CEN/TR 1046: 2015 s rovnakým názvom.

STN 73 6614: 2021 (73 6614) Skúšky zdrojov podzemnej vody

Norma vyšla v slovenskom jazyku.

Vydaním STN 73 6614: 2021 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN 73 6614: 1984.

STN EN ISO 13162: 2021 (75 7626) Kvalita vody. Stanovenie aktivity uhlíka 14. Metóda kvapalinovej scintilačnej spektrometrie

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 13162: 2021 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 13162: 2016.

STN EN ISO 22515: 2021 (75 7400) Kvalita vody. Železo 55. Kvapalinová scintilačná skúšobná metóda

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN 1018: 2021 (75 8242) Chemikálie používané pri úprave vody na pitnú vodu. Uhlíčan vápenatý

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN 1018: 2021 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN 1018+A1: 2015.

STN EN 16941-2: 2021 (75 8800) Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 2: Systémy na použitie upravenej sivej vody

Norma vyšla v slovenskom jazyku.

Vydaním STN EN 16941-2: 2021 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy v anglickom jazyku z júna 2021 (obidve vydania sú identické, ide o preklad do slovenského jazyka).

Zmena A1: 2021 k norme STN EN ISO 11296-4: 2018 (75 6130) Potrubné systémy z plastov na renováciu podzemných beztlakových kanalizačných potrubí a stokových sietí. Časť 1: Výstlkovanie na mieste vytvrdzovanými rúrami



