



VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

9-10 / 2019

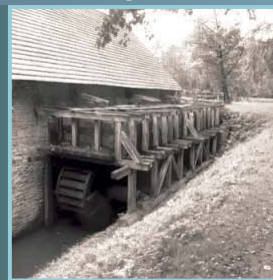
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie



Medzi energiou a spotrebiteľom



**KNOW - HOW
ZO SKÚSENOSTÍ**



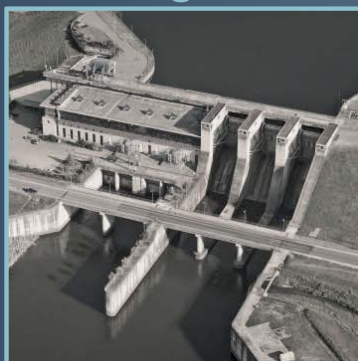
Myšlienka, návrh, projekt

Inžinierska, projektová
a dodávateľská spoločnosť
pre oblasť
Technológií
Monitoringu, merania,
regulácie a riadenia
technologických procesov

energetika

životné prostredie

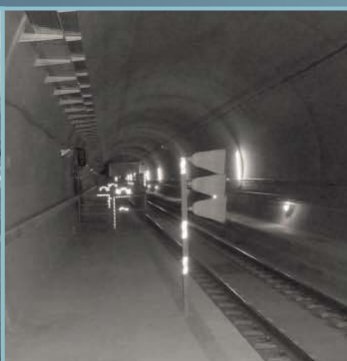
inžinierske siete



hydrotechnika



Voda je život, chráňme si ju



doprava



riadenie budov

Regotrans, spol. s r.o.
Pluhová 2
831 03 Bratislava

Partner Rittmeyer, AG. Baar/CH-6341

TEL/FAX:
+421-2-444 61612
+421-2-443 71766

E-mail:
office@regotrans.sk
www.regotrans.sk

Milí čitatelia,

to, že Dunaj je druhou najväčšou riekou v Európe a jeho dĺžka je viac ako 2 700 km, vie zrejme väčšina z nás. Povodie Dunaja pokrýva viac ako 800 000 km², teda 10% kontinentálnej Európy, a je domovom pre 80 miliónov obyvateľov v 19 krajinách. Práve na tejto rieke sa v lete toho roku uskutočnil v poradí už štvrtý Spoločný prieskum Dunaja (JDS4) organizovaný v rámci Medzinárodnej komisie pre ochranu Dunaja. Ide o jednu z najkomplexnejších investigatívnych udalostí zameraných na monitorovanie povrchových vôd na svete.

Cieľom prieskumu je získať informácie o najdôležitejších parametroch súvisiacich so stavom vodného ekosystému v celom jeho pozdĺžnom profile a vo vybraných prítokoch. Tentokrát sa realizoval na vybraných odberových miestach v 13 krajinách jeho povodia. Projekt zároveň harmonizuje postupy monitorovania vodného prostredia v podunajských krajinách v súlade s Rámcovou smernicou o vode (RSV). Výsledky prieskumu by mali byť prínosom aj pre aktualizáciu Medzinárodného plánu manažmentu povodia Dunaja v roku 2021. Prieskum Dunaja a jeho prítokov na slovenskom území zabezpečoval Výskumný ústav vodného hospodárstva (VÚVH) v spolupráci s ďalšími inštitúciami (Environmental Institute, s. r. o., Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, AQ-Bios, s. r. o., Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV).

V minulom období sa vykonávali prieskumy v rámci projektu JDS v rokoch 2001, 2007 a 2013. Kým v predchádzajúcich prieskumoch sa aktivity realizovali na lodiach s jedným expertným tímom, pričom prešli takmer celým úsekom Dunaja z Nemecka až do jeho delty, v rámci JDS4 bol použitý nový prístup. Dôraz kladie na aktivity národných inštitúcií, ktoré sa aktívne podieľali na monitorovaní. Koncept aktuálneho prieskumu Dunaja je jedinečný, a to aj z pohľadu medzinárodnej spolupráce, kedy jednotlivé krajiny mohli a aj preukázali schopnosť aktívne sa zapojiť do odberov vzoriek a časti

analýz prostredníctvom ich rutinného monitorovania. Okrem národných tímov sa prieskumu zúčastnili aj osobitné monitorovacie tímy, ktoré sledovali špeciálne vybrané parametre. Program zahŕňal odbery vzoriek vôd a sedimentov, prieskumy vodných spoločenstiev a hydromorfológie na sledovanie chemických, hydrobiologických, mikrobiologických, rádiochemických, hydrologických a morfológických parametrov. Okrem povrchových vôd sa zahrnuli do programu aj vybrané zdroje komunálnych odpadových vôd a vybrané zdroje pitných vôd. Medzi najzaujímavejšie inováčné metódy aktuálneho prieskumu patria:

- necielený chemický skríning,
- komplexný prieskum mikroplastov vo vode,
- porovnanie štandardných biologických metód s metódou výskumu vodnej fauny a flóry pomocou detekcie DNA, ktorá sa uvoľňuje z organizmov do vodného prostredia.

JDS4 si vytýčilo štyri hlavné ciele:

1. zber údajov o špeciálnych parametroch, ktoré nie sú bežne analyzované,
2. zber všetkých údajov spôsobom, ktorý je ľahko porovnateľný v krajinách dunajského regiónu,
3. zvýšenie povedomia o kvalite vody v Dunaji a o aktivitách na jej ochranu,
4. odstránenie nedostatkov, resp. vyplnenie medzier pri implementácii RSV.

Na výsledky tohtoročného prieskumu si však budeme musieť ešte počkať. Do konca roka 2019 sa budú ešte zbierať a konečná technická hodnotiacia správa by mala byť pripravená v roku 2020.

RNDr. Jarmila Makovinská, CSc.
riaditeľka Národného referenčného laboratória
pre oblasť vôd na Slovensku
Výskumný ústav vodného hospodárstva

© Vodohospodársky spravodajca
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 62

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.zzv.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: hucko@vuvh.sk, maria.rimarcikova@vuvh.sk

Redakčná rada: Ing. Marián Bocák, Ing. Stanislav Dobrotka, Ing. Ivica Galléová, Ing. Ingrid Grundová, Ing. Pavel Hucko, CSc. (predseda), doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., Ing. Juraj Jurica, Ing. Danica Lešková, PhD., RNDr. Oľga Majerčáková, CSc., Ing. Jana Poárová, PhD., Ing. Peter Rusina, Ing. Andrej Šille, prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Ing. Gabriel Tuhý, Dr. Ing. Antonín Tůma, RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Dátum vydania: september 2019

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarciková

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.zzv.sk

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

Evidenčné číslo: EV 3499/09

ISSN: 0322-886X



Foto na 1. a 4. strane obálky:
S. Ďurdáková, Turovský vodopád

3 Úvodník

Editorial

J. Makovinská

5 Posilnenie spolupráce medzi vodným plánovaním a ochranou pred povodňami s cieľom zlepšiť stav vôd v povodí rieky Tisy (projekt JOINTISZA)

Strengthening cooperation between river basin management planning and flood risk prevention to enhance the status of waters of the Tisza River Basin (JOINTISZA Project)

J. Makovinská, S. Ščerbáková

7 Hodnotenie environmentálnych vlastností sedimentov vybraných vodných nádrží

Evaluation of environmental properties of sediments of selected water reservoirs

P. Hucko, V. Roško, L. Babej

14 Monitoring posunov sedimentov na rieke Dunaj

Monitoring of sediment shifts in the Danube River

L. Gažúrová, R. Terek, P. Virág ml.

24 Stanovení rychlostní konstanty rozpadu volného chloru v proudu vody distribuční sítě

Determination of the decay rate constant of free chlorine in the water flow of the distribution network

H. Kolková, M. Rajnochová

29 Analýza súčasného stavu odkanalizovania mesta Nový Sad

Analysis of the current state of wastewater collection in Novi Sad

I. Marko, J. Hrudka, Š. Stanko

34 Složení jemných nezpevněných sedimentů ve vodovodní síti

Composition of fine unconsolidated sediments in water supply network

M. Rajnochová, J. Ručka, T. Sucháček

39 Normy STN

Slovak technical standards

D. Borovská

Posilnenie spolupráce medzi vodným plánovaním a ochranou pred povodňami s cieľom zlepšiť stav vôd v povodí rieky Tisy (projekt JOINTISZA)

RNDr. Jarmila Makovinská, CSc., Ing. Soňa Ščerbáková, PhD.
Výskumný ústav vodného hospodárstva

V rámci programu cezhraničnej spolupráce (Interreg Danube Transnational Programme) sa v priebehu rokov 2017 – 2019 (1. 1. 2017 – 30. 6. 2019, resp. 30. 9. 2019) realizoval projekt JOINTISZA (Strengthening cooperation between river basin management planning and flood risk prevention to enhance the status of waters of the Tisza River Basin/Posilnenie spolupráce medzi vodným plánovaním a ochranou pred povodňami s cieľom zlepšiť stav vôd v povodí rieky Tisy). Projekt bol rozdelený na 5 polročných období.

Projektu sa zúčastnilo 12 partnerov z Maďarska, Slovenska, Rumunska, Ukrajiny a Srbska, 5 partnerov bolo asociovaných. Riadiacim partnerom bola maďarská organizácia OVF (General Directorate of Water Management). Slovensko zastupoval Výskumný ústav vodného hospodárstva, pričom externe boli zahrnuté aj ďalšie dve organizácie (Slovenský hydrometeorologický ústav a Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.).

Hlavným cieľom bolo zosúladienie prístupov a posilnenie spolupráce medzi relevantnými aktérmi v procese vodného plánovania, ako aj v procese ochrany pred povodňami na zlepšenie stavu vôd v povodí, čo znamenalo pripraviť integrovaný plán manažmentu povodia rieky Tisy. Špecifickým cieľom bola lepšia integrácia vodného plánovania a riadenia povodňových rizík na úrovni povodia rieky Tisy, ako aj posilnené zapojenie ďalších sektorov a zainteresovaných strán.

Špecifické ciele sa premietli do šiestich pracovných balíkov (WP1 – riadenie projektu, WP2 – komunikačné aktivity, WP3 – charakterizácia povodia v oblasti povrchových vôd, WP4 – problémy kvantity vôd, WP5 – riadenie povodní, WP6 – syntéza).

Hlavnými výstupmi projektu boli:

1. Aktualizovaná GIS (Geografický informačný systém) databáza,

2. Pilotná štúdia o mestskej hydrológii,

3. Tréning v oblasti najlepších praktík v oblasti riadenia mestskej hydrológie,

4. Pilotná štúdia o suchu a klimatickej zmene (zdieľanie vízií v plánovaní),

5. Finálny návrh Integrovaného plánu manažmentu povodia rieky Tisy.

Výskumný ústav vodného hospodárstva viedol pracovný balík 3 (WP3). V rámci neho sa pripravila charakterizácia celého povodia rieky Tisy, ktorá obsahovala informácie o ploche povodia (156 869 km²), o dĺžke rieky Tisy (966 km), o počte vymedzených útvarov povrchových vôd (rieky – 237, jazerá – 4), o počtoch chránených území (649), stručne sa charakterizovali socioekonomické aspekty (využívanie krajiny, poľnohospodárstvo, priemysel, plavba, hydroenergetika, lesy a podobne). V rámci tejto aktivity sa aktualizovali aj všetky údaje v rámci GIS, pričom sa využila databáza v rámci ICPDR (Medzinárodnej komisie pre ochranu Dunaja) s kritériami pre povodie Tisy.

V druhej aktivite sa pripravila **analýza významných vodohospodárskych problémov** povrchových vôd v rámci povodia Tisy, ktorými sú organické znečistenie, znečistenie živinami, nebezpečné látky a hydromorfológia. Do analýzy vstupovali informácie o čistení komunálnych odpadových vôd, o priemyselných podnikoch, o bodových a difúzných zdrojoch dusíka a fosforu, o zdrojoch nebezpečných látok, o zmenách riečného kontinua pre migráciu rýb, o zmenách v morfológii riek, o mokradiach a inundačných územiach, o hydrologických zmenách a odberoch vôd.

Nosnou témou bolo v rámci tretej aktivity **hodnotenie stavu vodných útvarov povrchových vôd**. Zhodnotili sa úrovne monitorovacích systémov vo všetkých krajinách povodia Tisy, bola stanovená typológia, referenčné podmienky a národné klasifikačné schémy na hodnotenie

ekologického stavu a potenciálu. Krajiny predstavili aj prístup a výsledky vymedzenia významne modifikovaných a umelých vodných útvarov. Hodnotené boli vodné útvary vymedzené na tokoch s veľkosťou povodia nad 1 000 km².

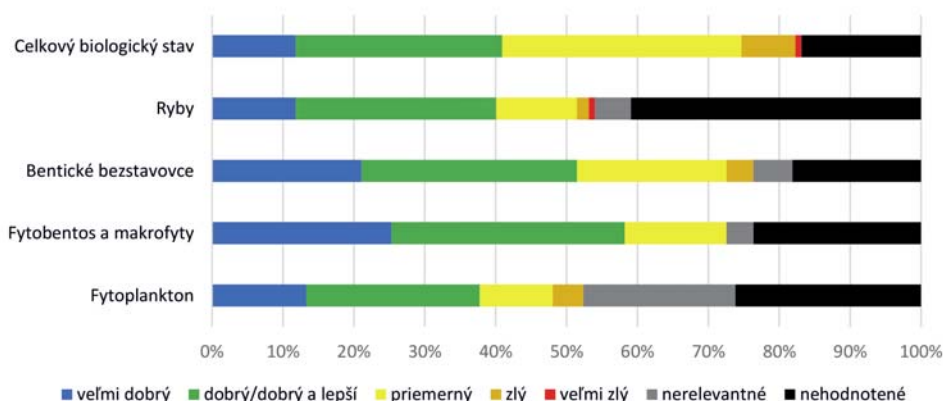
Výsledky hodnotenia ekologického stavu, ekologického potenciálu a chemického stavu riek sú uvedené v tabuľke 1.

Ekologický stav, resp. potenciál sa hodnotil v 237 vodných útvaroch

Tab. 1 Hodnotenie ekologického stavu, ekologického potenciálu a chemického stavu vodných útvarov povrchových vôd (rieky) v povodí rieky Tisa (počet vodných útvarov) v referenčnom období 2009 – 2013.

Krajina	Ekologický stav/potenciál						Chemický stav		
	veľmi dobrý	dobrý (dobrý a lepší)	priemerný	zlý	veľmi zlý	neznámy	dobrý	nedosahuje dobrý	neznámy
Ukrajina	3	8	12	5	0	2	21	8	1
Rumunsko	0	71	30	0	0	0	93	8	0
Slovensko	0	9	18	4	0	0	30	1	0
Maďarsko	0	5	36	5	2	0	22	23	3
Srbsko	0	0	18	9	0	0	10	17	0
Celkovo	3	93	114	23	2	2	176	57	4

Biologické spoločenstvá (počet vodných útvarov)



Obr. 1 Podiel počtu vodných útvarov v rámci hodnotenia jednotlivých biologických spoločenstiev v období 2009 – 2013 v povodí rieky Tisy.

za obdobie 2009 – 2013. Z celkového počtu bolo 1,27% vodných útvarov vo veľmi dobrom stave a 39,24% vodných útvarov bolo v dobrom stave (resp. v dobrom a lepšom ekologickom potenciáli). Veľký počet vodných útvarov (48,10%) dosiahol priemerný stav a v zlom a veľmi zlom stave bolo 10,55% vodných útvarov. Iba dva vodné útvary na Ukrajine neboli hodnotené. Hlavnými príčinami nedosiahnutia dobrého ekologického stavu, resp. potenciálu, bolo znečistenie a hydromorfológia.

V hodnotenom období bolo v dobrom chemickom stave 74,26%, kým 24,05% nedosiahlo dobrý chemický stav a 4 vodné útvary neboli hodnotené. Treba však poznamenať, že spoľahlivosť hodnotenia chemického stavu bola stredná a nízka, čo znamená, že nie všetky ukazovatele (prioritné látky) boli vždy sledované, frekvencia sledovania (12-krát ročne) nebola vždy dodržaná a metódy stanovenia v mnohých prípadoch neplnili požiadavky dané v smerniciach EÚ. Príčiny nedosiahnutia dobrého chemického stavu predstavovali

Tab. 2 Hodnotenie ekologického potenciálu a chemického stavu vodných útvarov povrchových vôd (jazerá) v povodí rieky Tisa v referenčnom období 2009 – 2013.

Názov jazera	Veľkosť [km ²]	Ekologický potenciál	Chemický stav
Hortobágyi Lakes	16,48	neznámy	neznámy
Csaj Lake	10,23	priemerný	neznámy
Szegedi Fehér Lake	14,48	neznámy	neznámy
Tisza Lake	120,83	dobry a lepší	nedosahuje dobrý

vali prekročené limity pre ťažké kovy (olovo (Pb), kadmium (Cd), ortuť (Hg), nikel (Ni)) v Rumunsku a Maďarsku a DEHP (di(2-etylhexyl)ftalát) na Slovensku.

V rámci hodnotenia ekologického potenciálu jazier (všetky jazerá s veľkosťou nad 10 km² sú v Maďarsku a boli vymedzené ako významne modifikované) treba konštatovať, že iba dve jazerá boli zhodnotené z hľadiska ekologického potenciálu a iba jedno z hľadiska chemického stavu. Výsledky sú uvedené v tabuľke 2.

Výsledky hodnotenia jednotlivých biologických spoločenstiev sú uvedené na obrázku 1.

V rámci hodnotenia stavu útvarov podzemných vôd sa sledoval kvantitatívny stav a chemický stav, pričom dobrý chemický stav bol dosiahnutý za referenčné obdobie 2009 – 2017 v 86% všetkých vodných útvarov a dobrý kvantitatívny stav v 66% všetkých vodných útvarov podzemných vôd.

Štvrtou aktivitou WP4 bolo vytvoriť **manuál na potenciálny prieskum rieky Tisy**. Manuál (Joint Tisza Survey Manual) obsahuje cieľ prieskumu, vzorkovací program s viacerými scenármi, zoznam odberových miest, matrice, parametre (biologické, fyzikálno-chemické, chemické, mikroplasty a pod.), metódy vzorkovania, časový har-

monogram prieskumu, zostavenie tímov, logistika (plavba, uloženie vzoriek, transport vzoriek, laboratórny servis), príprava databázy a vyhodnotenie výsledkov.

Poslednou aktivitou nášho balíka bolo **zhodnotiť významné vodohospodárske problémy a vypracovať program opatrení** pre oblasť povrchových vôd. Pre každý stresor (organické znečistenie, nutrienty, nebezpečné látky) sa vypracovali vízie a strategické ciele, zhodnotil sa progres v implementácii opatrení z prvého plánu, zosumarizovali sa opatrenia na úrovni medzinárodného subpovodia Tisy, pripravili sa scenáre budúceho vývoja (základný scenár do roku 2021, strednodobý scenár a scenár pre vízie) a zároveň sa odhadol efekt opatrení na úrovni medzinárodného subpovodia Tisy. V rámci hydrologických zmien krajiny sa navrhli opatrenia na spriechodnenie a zlepšenie morfológie, na zlepšenie laterálnej konektivity a hydrologické opatrenia. Bolo navrhnutých 7 budúcich projektov (23 na Tise a 4 na prítokoch), pričom všetky sú zamerané na protipovodňovú ochranu.

Finálny návrh integrovaného plánu manažmentu povodia rieky Tisy obsahuje okrem vyššie uvedených oblastí, vypracovaných v rámci pracovného balíka 3, aj otázky prepojenia kvality a kvantity vody so zameraním sa na povodne a prebytok vody, na sucho a nedostatok vody, ako aj na klimatickú zmenu. Posledná časť je zameraná na zahrnutie verejnosti do prípravy plánu a na konzultácie.

Návrh integrovaného plánu manažmentu povodia rieky Tisy bude zverejnený koncom septembra 2019 na stránke projektu (<http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/jointisza>, prípadne <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/jointisza>).

POĎAKOVANIE

Článok bol vypracovaný v rámci projektu JOINTISZA Strengthening cooperation between river basin management planning and flood risk prevention to enhance the status of waters of the Tisza River Basin. Danube Transnational Programme.

Hodnotenie environmentálnych vlastností sedimentov vybraných vodných nádrží

Ing. Pavel Hucko, CSc., Ing. Vladimír Roško, Ing. Ladislav Babej

Výskumný ústav vodného hospodárstva

ÚVOD

Dnové sedimenty, ktoré vznikli ako dôsledok erózných procesov prebiehajúcich v povodiach tokov, predstavujú významnú súčasť riečneho ekosystému, ktorá má schopnosť akumulovať z vody polutanty, ako sú toxické (ťažké) kovy, rádionuklidy a organické látky.

V sedimentoch sa akumulujú látky, ktoré v konečnom dôsledku môžu významnou mierou ovplyvniť kvalitu vody, s ktorou sú v kontakte, a to ako v samotnom vodnom útvere, tak aj v infiltrujúcich vodách prechádzajúcich cez sedimentačnú vrstvu. Z uvedeného dôvodu sa na toto médium treba pozerať ako na zdroj možného znečistenia obidvoch druhov vôd. Napríklad obsah rizikových kovov v povrchových vodách značne závisí od interakcií voda – sediment. Pri vyšších hodnotách pH sa preferuje ich väzba na sediment, nízke hodnoty pH spôsobujú, naopak, ich uvoľňovanie. Na migráciu niektorých toxických kovov majú vplyv i oxidačno-redukčné podmienky prostredia. Táto závislosť je i príčinou ich vertikálnej stratifikácie v hlbokých uloženiach na dne historických nádrží.

Význam sledovania kvality sedimentov zdôrazňuje aj Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES z 23. októbra 2000 (Rámcová smernica o vode – RSV), ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky, ktorá zavádza komplexnú integrovanú štruktúru riadenia európskej vodnej politiky [1] v rámci jej implementácie v jednotlivých členských štátoch. Podľa tejto smernice by mali členské štáty zlepšiť informovanosť a dostupné údaje o zdrojoch prioritných látok a spôsoboch znečisťovania s cieľom identifikovať možnosti cielených a účinných opatrení. Ďalej je to Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2008/105/ES zo 16. decembra 2008 o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky [2] a Smernica Komisie 2009/90/ES z 31. júla 2009, ktorou sa v súlade so Smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES ustanovujú technické špecifikácie pre chemickú analýzu a sledovanie stavu vôd [3]. Monitoring a hodnotenie kvality sedimentov je nevyhnutným príspevkom k napĺňaniu cieľov RSV, článku 1c „zvýšená ochrana a zlepšenie vodného prostredia, okrem iného prostredníctvom špecifických opatrení na postupné znižovanie vypúšťania, emisií a únikov prioritných látok a zastavenie alebo postupné ukončenie vypúšťania, emisií a únikov prioritných nebezpečných látok“. Problematika monitoringu sedimentov a bioty je rozpracovaná v EU WFD CIS Guidance document No. 25 on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive (WFD) [4]. Sediment a biota aj naďalej zostávajú dôležitými matricami na monitorovanie určitých látok s významným akumuláčnym potenciálom.

Keďže dnové sedimenty väčšinou tvorí erodovaná zemina, ktorá predstavuje cenný materiál, je predpoklad, že takúto zeminu je možné po vyčistení z nádrží ďalej vhodne využiť. Významným faktorom ich využiteľnosti je miera znečistenia. Ich aplikácia do pôd je podmienená fyzikálno-mechanickým a biologickým stavom pôd, ako aj obsahom agrochemicky významných zložiek.

V priebehu rokov 2017 – 2018 sa uskutočnilo hodnotenie environmentálnych vlastností dnových sedimentov z troch vybraných vodných nádrží (VN) Hričov, Lozorno a Palcmanová Maša [5 – 7].

METODIKA RIEŠENIA

Odbery vzoriek sedimentov

Odber vzoriek sedimentov sa riadil požiadavkami noriem ISO 5667 časť 1, 4, 12, 14 a 15 a Guidance document No. 25 on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive [4]. Monitorovanie kvality sedimentov sa vykonávalo v súlade s článkom 3 ods. 2 smernice 2008/105/ES o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky [2] transponovanej do našej právnej úpravy nariadením vlády SR č. 270/2010 Z. z. [8] a vyhlášky Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z., § 4, ods. 5, bod f [9].

Na odber vzoriek sedimentov sme použili odberové zariadenie CORER 90 od firmy UWITEC v súlade s STN EN 5667-12: 2001 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 12: Pokyny na odber dnových sedimentov [10].

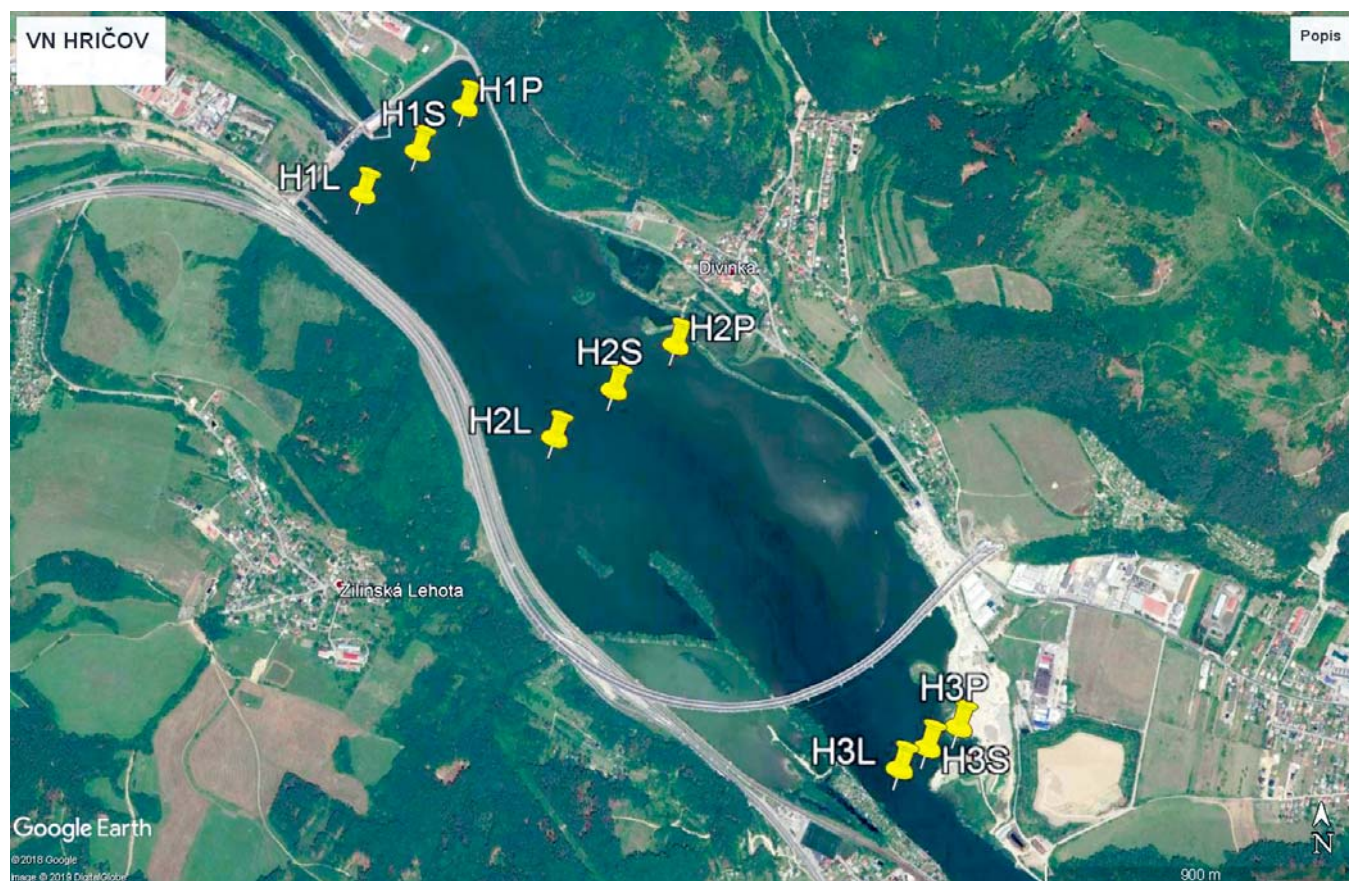
Zoznam sledovaných vodných nádrží (VN) je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1 Vodné nádrže hodnotené v rokoch 2017 a 2018

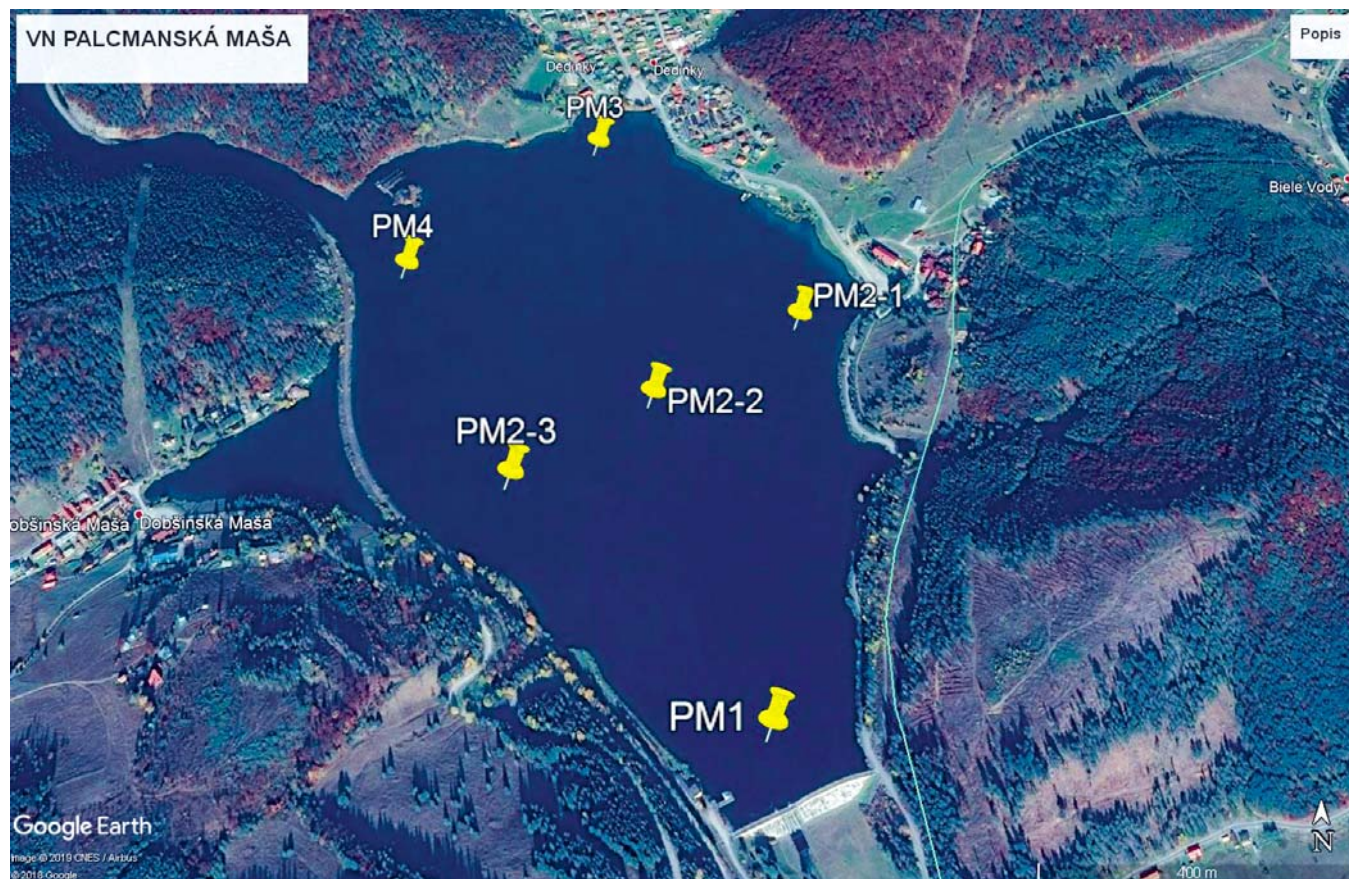
Por. číslo	Kód	Názov	Rok	V _c (tis. m ³)	Plocha (km ²)
1	SKV0008	VN Hričov	2017	8 467	2,53
2	SKH1002	VN Palcmanová Maša	2018	11 050	0,860
3	SKM0048	VN Lozorno	2018	2 051	0,323

V_c (celkový objem vodnej nádrže) a plocha podľa ICOLD

Z VN Hričov (rok 2017) [5] sa odobrali tri zmiešané vzorky sedimentov. Vzorky sa odobrali z troch priečnych profilov nádrže, a to pri priehradnom múre (H1), v strede nádrže (H2) a v prítokovej oblasti (H3). V každom profile sa odobrala bodová vzorka z pravej (P) a ľavej (L) časti a zo stredu nádrže (S). Z takto odobraných vzoriek z daného priečneho profilu nádrže sa vytvorila jedna zmiešaná vzorka. Umiestnenie miest odberu vzoriek z VN Hričov je na obrázku 1.



Obr. 1 Umiestnenie miest odberov vzoriek sedimentov z VN Hričov



Obr. 2 Umiestnenie miest odberov vzoriek sedimentov z VN Palcmanská Maša



Obr. 3 Umiestnenie miest odberov vzoriek sedimentov z VN Lozorno

Z VN Palcmanová Maša (rok 2018) [6] sa odobrali štyri vzorky. Išlo o miesto odberu pri priehradnom múre PM1, v strede nádrže PM2 (tu sa odobrali 3 vzorky v priečnom profile – pravá (PM2-3) a ľavá (PM2-1) časť a stred nádrže (PM2-2), z ktorých bola vytvorená zmiešaná vzorka z troch odobratých) a v prítokovej oblasti (v dvoch miestach, a to v zátoke Dedinky PM3 a na vtoku Hnilca do nádrže PM4). Umiestnenie miest odberu vzoriek v roku 2018 je na obrázku 2.

Z VN Lozorno (rok 2018) [7] sa odobrali tri vzorky v troch miestach odberu (L1-3, L4 a L5). Pri hrádzi VN sa odobrali vzorky v priečnom profile (v troch miestach L1, L2 a L3), z ktorých sa vytvorila zmiešaná vzorka L1-3. Ďalej boli odobrané vzorky z ľavostranného (L4) a pravostranného ramena nádrže (L5) v strede obidvoch ramien. Umiestnenie miest odberu vzoriek v roku 2018 je na obrázku 3.

V každom mieste odberu sa odobrali 4 bodové vzorky, z ktorých sa vytvorila zmiešaná vzorka. Pri všetkých vzorkách sa použilo vrchných 10 cm vrstvy sedimentu.

Spracovanie vzoriek a sledované ukazovatele

Vzorky doručené do laboratória sa ešte za mokra sitovali na síte s veľkosťou 63 μm . Dôvodom bola skutočnosť, že na analýzu sa použila iba frakcia sedimentu $\leq 63 \mu\text{m}$. Vzorka bola po vysušení pri laboratórnej teplote podrvená v trecej miske na veľmi jemný prášok a v takomto stave odovzdaná do laboratória na ďalšie spracovanie.

Vo vzorkách sedimentov sa stanovil rozšírený rozsah ukazovateľov v porovnaní s programom monitorovania [11]:

- **stopové prvky:** arzén (As), kadmium (Cd), celkový chróm (Cr_{celk}), meď (Cu), ortuť (Hg), nikel (Ni), olovo (Pb) a zinok (Zn),
- **organické látky:** polycyklické aromatické uhľovodíky {antracén, benzo(a)antracén, benzo(a)pyrén, benzo(b)fluorantén, benzo(k)fluorantén, benzo(ghi)perylén, fenanttrén, fluorantén, chryzén, indeno(1,2,3)pyrén, naftalén}, priemyselné polutanty a prípravky na ochranu rastlín {di-(2-etylhexyl)ftalát (DEHP), dikofol, hexachlórbenzén (HCB), heptachlór, heptachlórepoxid, hexachlórbutadién, lindan, pentachlórbenzén, tributylcínitý kation (TBT)}, polybromované difenylétery (BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154), polychlórované bifenyl (kongenéry PCB-8, PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153, PCB-180, PCB-203, suma PCB).

VÝSLEDKY A ICH DISKUSIA

Kvalitatívne hodnotenie dnových sedimentov

Hodnotenie kvality sedimentov vodných nádrží je možné uskutočniť z viacerých hľadísk. V tomto príspevku sa venujeme hodnoteniu podľa Metodického pokynu MŽP SR (MP MŽP) č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží [12]. Zistené štandardizované hodnoty sme porovnali s kritériami kvality podľa prílohy č. 1 k MP

MŽP, osobitne s hodnotami maximálnej prípustnej koncentrácie (MPC) sledovaných ukazovateľov.

Hodnotenie kvality sedimentov podľa MP MŽP SR č. 549/98-2

Metodický pokyn MŽP SR č. 549/98-2 stanovuje všeobecné princípy hodnotenia rizík spôsobovaných nepriaznivými faktormi pre človeka a životné prostredie, vyplývajúcich v tomto prípade zo sedimentov akumulovaných v tokoch a nádržiach. Výsledkom procesu hodnotenia a riadenia rizík je optimalizácia rizika s cieľom dosiahnuť spoločensky prijateľnú mieru zdravotného a ekologického rizika.

Hodnotenie sa vykonáva na základe štandardizovaných hodnôt {hodnoty pre sedimenty sú štandardizované na 10% obsah organickej hmoty a 25% podiel lútitovej (prachovito/ílovitej) frakcie so zrnitosťou zložením <63 µm} porovnaním s kritériami kvality sedimentov uvedenými v prílohe č. 1 k Metodickému pokynu č. 549/98-2.

Na prepočet na štandardizovaný sediment sa pre organické látky a kovy používajú nasledovné vzťahy:

Organické látky: $C_{sed(št)} = C_{sed} \cdot 10/OH$

$$A + B \cdot 25 + C \cdot 10$$

Kovy: $C_{sed(št)} = C_{sed} \cdot \frac{A + B \cdot (L)_{sed} + C \cdot (OH)_{sed}}{A + B \cdot 25 + C \cdot 10}$

$$A + B \cdot (L)_{sed} + C \cdot (OH)_{sed}$$

C_{sed} – koncentrácia príslušného prvku v analyzovanom sedimente [ppm],

OH – obsah organickej hmoty v analyzovanom sedimente (nie TOC) [%],

A, B, C – konštanty stanovené pre príslušný kov,

L – podiel lútitovej frakcie (frakcie <63 µm) v analyzovanom sedimente [%].

Vzorec je normalizovaný na obsah organickej hmoty v sedimente v intervale 2 – 30%. V prípade, že v sedimente je obsah OH pod 2%, potom hodnotu OH treba upraviť na hodnotu 2.

Pod kritériami kvality sedimentov (Sediment Quality Criteria, SQC), na základe ktorých sa robí hodnotenie, sa rozumie číselné koncentrácie chemických látok alebo ich zlúčenín prítomných v sedimentoch odvodené z ekotoxikologických testov, pri ktorých možno stanoviť mieru potenciálneho rizika pre živé organizmy vrátane človeka (t. j. pre ekosystém ako taký). V rámci SQC sú uvedené viaceré limitné koncentrácie – podľa stupňa ochrany príslušných organizmov, resp. spoločenských ekosystémov. Limitné hodnoty uvedené v prílohe č. 1 k MP MŽP SR č. 549/98-2 reprezentujú rôzne environmentálne riziká.

Výsledky stanovenia vybraných stopových prvkov a organických látok v sedimentoch sledovaných vodných nádrží vo frakcii ≤63 µm sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách 2 – 10. Neuvoľzame údaje, ktoré sa neštandardizovali alebo pre ne nie sú stanovené limitné hodnoty.

Vodná nádrž Hričov

Hodnotenie kvality sedimentov z VN Hričov [5] podľa MP MŽP SR č. 549/98-2 pre stopové prvky je uvedené v tabuľke 2. Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch VN Hričov vyplýva, že kritériám kvality MPC vyhovovali štandardizované výsledky pre arzén (As), kadmium (Cd), celkový chróm (Cr_{celk}), meď (Cu), ortuť (Hg), olovo (Pb) a nikel (Ni) vo všetkých vzorkách. Požiadavkám (MPC) MP MŽP nevyhovovali štandardizované výsledky zinku (Zn) vo všetkých miestach odberu. Najvyššie prekročenie (1,5-násobné) bolo zistené v mieste odberu H2.

Tab. 2 Štandardizované hodnoty stopových prvkov v sedimentoch VN Hričov v roku 2017 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	H1št	H2št	H3št	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg			mg/kg			
As	2,471	2,954	2,332	29	55	55	55
Cd	0,273	0,315	0,297	0,8	12	7,5	12
Cr_{celk}	9,88	14,88	14,12	100	380	380	380
Cu	37,14	31,20	14,29	36	73	90	190
Hg	0,039	0,093	0,047	0,3	10	1,60	10
Pb	7,69	12,59	8,17	85	530	530	530
Ni	14,57	15,56	13,90	35	44	45	210
Zn	81,15	84,34	60,81	42	56		

Poznámky k tabuľkám 2 – 10: **TV** – cieľová hodnota, **MPC** – maximálna prípustná koncentrácia, **TVd** – testovacia hodnota, **IV** – intervenčná hodnota, **št.** – štandardizované, tučným sú uvedené hodnoty prekračujúce **MPC** príslušného ukazovateľa.

Výsledky stanovenia organických látok v sedimente VN Hričov sú uvedené v tabuľke 3 (hodnoty štandardizované podľa MP MŽP). Zo získaných výsledkov stanovenia organických látok vyplýva, že kritériám kvality MPC vyhovovali štandardizované výsledky pre benzo(a)pyrén, lindan a tributylcínitý kation vo všetkých vzorkách, pentachlórbenzén v mieste odberu H1 a heptachlór v miestach odberu H2 a H3. Podmienkam MP MŽP nevyhovovali štandardizované výsledky pre fluorantén a hexachlórbenzén vo všetkých miestach odberu, pentachlórbenzén v miestach odberu H2 a H3 a heptachlór v mieste odberu H1. V prípade heptachlóru bola prekročená intervenčná hodnota vo všetkých miestach odberu vzoriek.

Tab. 3 Štandardizované hodnoty organických látok v sedimentoch VN Hričov v roku 2017 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	H1št	H2št	H3št	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg			mg/kg			
fluorantén	7,061	3,841	5,815	0,03	3	2	
benzo(a)pyrén	2,547	1,420	2,182	0,003	3	0,8	
Jednotka	µg/kg			µg/kg			
pentachlórbenzén	21,63	144,35	133,44	1	100	300	
lindan	60,41	8,26	8,28	0,05	230	20	
hexachlórbenzén	40,82	11,96	17,22	0,05	5	20	
heptachlór	183,27	25,65	36,09	0,7	68		4
tributylcínitý kation	7,35	1,17	1,03	0,1	10		

Vodná nádrž Palcanská Maša

Hodnotenie kvality sedimentov vodnej nádrže Palcanská Maša [6] podľa MP MŽP SR č. 549/98-2 pre stopové prvky je uvedené v tabuľke 4.

Tab. 4 Štandardizované hodnoty stopových prvkov v sedimentoch VN Palcanská Maša v roku 2018 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	PM1š	PM2š	PM3š	PM4š	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg				mg/kg			
As	12,37	6,83	4,25	5,16	29	55	55	55
Cd	0,574	0,538	0,551	0,220	0,8	12	7,5	12
Cr _{celk}	14,32	12,08	8,96	2,08	100	380	380	380
Cu	64,96	25,40	30,22	38,52	36	73	90	190
Hg	0,448	0,291	0,190	0,163	0,3	10	1,60	10
Ni	26,82	15,88	13,49	22,27	35	44	45	210
Pb	20,67	17,94	18,38	15,751	85	530	530	530
Zn	230,93	105,80	105,81	105,30	42	56		

Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch z VN Palcanská Maša (tabuľka 4) vyplýva, že kritériám kvality – MPC vo všetkých vzorkách vyhovovali štandardizované výsledky arzenu (As), kadmia (Cd), celkového chrómu (Cr_{celk}), medi (Cu), ortuti (Hg), niklu (Ni) a olova (Pb). MPC vo všetkých miestach odberu nevyhovovali štandardizované výsledky zinku (Zn). Prekročenie MPC zinku bolo viacnásobné.

Výsledky výskytu organických látok v sedimentoch VN Palcanská Maša sú uvedené v tabuľkách 5, 6 a 7. V tabuľke 5 sú uvedené hodnoty PCB (štandardizované podľa MP MŽP). Zo získaných výsledkov stanovenia PCB (tabuľka 5) vyplýva, že kritériám kvality MPC vyhovovali štandardizované výsledky kongenénov PCB vo všetkých vzorkách sedimentu, nachádzali sa pod limitom kvantifikácie.

V tabuľke 6 sú uvedené štandardizované výsledky stanovenia polycyklických aromatických uhľovodíkov a vybraných organických látok. Zo štandardizovaných výsledkov vyplýva, že ani jeden zo sledovaných ukazovateľov neprekročil stanovenú hodnotu MPC.

V tabuľke 7 sú uvedené štandardizované hodnoty zostávajúcich hodnotených organických látok. Zo získaných výsledkov

Tab. 5 Štandardizované hodnoty PCB v sedimentoch VN Palcanská Maša v roku 2018 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	PM1š	PM2š	PM3š	PM4š	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	µg/kg				µg/kg			
PCB-8	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5				
PCB-28*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	1	4	30	
PCB-52*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	1	4	30	
PCB-101*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	30	
PCB-118*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	30	
PCB-138*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	30	
PCB-153*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	30	
PCB-180*	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	30	
PCB-203	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5				
Suma 7-PCB	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	20		200	1 000

Poznámka: *PCB tvoriace skupinu Suma 7 – PCB

vyplýva, že ani v jednom prípade nebola prekročená hodnota MPC, resp. nachádzali sa pod limitom kvantifikácie.

Tab. 6 Štandardizované hodnoty PAU v sedimentoch VN Palcanská Maša v roku 2018 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	PM1š	PM2š	PM3š	PM4š	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg				mg/kg			
antracén	0,04	0,02	0,03	0,06	0,001	0,1	0,8	
benzo(a)antracén	0,24	0,20	0,22	0,32	0,003	0,4	0,8	
benzo(a)pyrén	0,24	0,21	0,23	0,30	0,003	3	0,8	
benzo(b)fluorantén	0,36	0,26	0,25	0,51				
benzo(k)fluorantén	0,10	0,10	0,10	0,17	0,02	2	0,8	
benzo(ghi)perylén	0,30	0,24	0,24	0,29	0,08	8	0,8	
fenantrén	0,32	0,21	0,19	0,37	0,005	0,5	0,8	
fluorantén	0,72	0,63	0,68	1,11	0,03	3	2	
chryzén	0,33	0,27	0,33	0,43	0,1	11	0,8	
indeno(1,2,3)pyrén	0,22	0,17	0,18	0,19	0,06	6	0,8	
naftalén	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,001	0,1	0,8	

Tab. 7 Štandardizované hodnoty organických látok v sedimentoch VN Palcanská Maša v roku 2018 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	PM1š	PM2š	PM3š	PM4š	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	µg/kg				µg/kg			
TBT	0,520	0,986	0,360	1,237	0,1	10		
heptachlór	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	0,7	68,0		4
lindan	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	0,05	230	20	
hexachlórbenzén	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	0,05	5	0,02	
pentachlórbenzén	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	1	100	0,3	

Vodná nádrž Lozorno

Hodnotenie kvality sedimentov VN Lozorno [7] podľa MP MŽP SR č. 549/98-2 pre stopové prvky je uvedené v tabuľke 8 a pre organické látky v tabuľkách 9 a 10.

Tab. 8 Štandardizované hodnoty stopových prvkov v sedimentoch VN Lozorno v roku 2018 podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	L1-3š	L4š	L5š	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg			mg/kg			
As	3,776	1,345	2,488	29	55	55	55
Cd	0,327	0,405	0,390	0,8	12	7,5	12
Cr _{celk}	7,600	3,548	5,680	100	380	380	380
Cu	24,547	7,694	13,106	36	73	90	190
Hg	0,057	0,035	0,048	0,3	10	1,60	10
Ni	14,541	4,741	7,795	35	44	45	210
Pb	11,336	6,929	8,825	85	530	530	530
Zn	62,210	34,290	43,633	42	56		

Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch z VN Lozorno roku 2018 (tabuľka 8) vyplýva, že kritériám kvality MPC vo všetkých vzorkách vyhovovali štandardizované výsledky arzenu (As), kadmia (Cd), celkového chrómu (Cr_{celk}), medi (Cu), ortuti (Hg), niklu (Ni) a olova (Pb). V prípade zinku (Zn) v jednej vzorke L1-3 nevyhovovala štandardizovaná hodnota MPC.

Tab. 9 Štandardizované hodnoty PAU v sedimentoch VN Lozorno v roku 2018 a porovnanie s MP MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	L1-3št	L4št	L5št	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	mg/kg			mg/kg			
antracén*	<0,02	<0,02	<0,02	0,001	0,1	0,8	
benzo(a)antracén*	0,26	0,95	0,16	0,003	0,4	0,8	
benzo(a)pyrén*	0,32	1,04	0,21	0,003	3	0,8	
benzo(b)fluorantén	0,53	1,24	0,33				
benzo(k)fluorantén*	0,16	0,43	0,15	0,02	2	0,8	
benzo(ghi)perylén*	0,38	1,08	0,24	0,08	8	0,8	
fenantrén*	0,17	0,47	0,16	0,005	0,5	0,8	
fluorantén*	0,78	2,53	0,48	0,03	3	2	
chrysén*	0,32	1,35	0,21	0,1	11	0,8	
indeno(1,2,3)pyrén	0,21	0,65	0,18	0,06	6	0,8	
naftalén	<0,02	<0,02	<0,02	0,001	0,1	0,8	
Suma 10 PAU	3,128	9,734	2,114				

Poznámka: *jednotlivé PAU tvoriace Suma 10 PAU

Tab. 10 Štandardizované hodnoty PAU v sedimentoch VN Lozorno v roku 2018 a porovnanie s MP MŽP SR č. 549/98-2

Ukazovateľ	L1-3št	L4št	L5št	TV	MPC	TVd	IV
Jednotka	µg/kg			µg/kg			
TBT	<0,1	<0,1	0,268	0,1	10		
heptachlór	4,38	29,44	10,00	0,7	68		4
lindan	<2,5	<2,5	<2,5	0,05	230	20	
hexachlórbenzén	<2,5	<2,5	7,56	0,05	5	0,02	
pentachlórbenzén	<2,5	<2,5	<2,5	1	100	0,3	

V tabuľke 9 a 10 sú uvedené štandardizované výsledky stanovenia polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAU) a vybraných organických látok. Zo štandardizovaných výsledkov vyplýva, že benzo(a)antracén prekročil MPC v mieste odberu L4. Z ďalších organických látok bolo zistené prekročenie MPC v prípade hexachlórbenzenu v mieste odberu L5. Zostávajúce sledované ukazovatele vyhovovali a neprekračovali MPC.

ZÁVER

Hodnotenie kvality dnových sedimentov z VN Hričov, Pálmanská Maša a Lozorno bolo vykonané podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2 (MP MŽP) v rozsahu sledovaných ukazovateľov.

Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch VN Hričov vyplýva, že kritériám kvality MPC vyhovovali štandardizované výsledky pre arzén (As), kadmium (Cd), celkový chróm (Cr_{celk}), meď (Cu), ortuť (Hg), olovo (Pb) a nikel (Ni) vo všetkých vzorkách. Požiadavkám MP MŽP (MPC) nevyhovovali štandardizované výsledky zinku (Zn) vo všetkých miestach odberu. Najvyššie prekročenie (1,5-násobné) bolo zistené v mieste odberu H2 – v strede nádrže. Ani v jednom prípade nebola prekročená intervenčná hodnota. Zo získaných výsledkov stanovenia organických látok

vyplýva, že kritériám kvality MPC nevyhovovali štandardizované výsledky pre fluorantén a hexachlórbenzén vo všetkých miestach odberu, pentachlórbenzén v miestach odberu H2 a H3 a heptachlór v mieste odberu H1. V prípade heptachlóru bola prekročená intervenčná hodnota vo všetkých miestach odberu vzoriek. Naopak, podmienkam MP MŽP vyhovovali štandardizované výsledky pre benzo(a)pyrén, lindan a tributylcínitý kation vo všetkých vzorkách, pentachlórbenzén v mieste odberu H1 a heptachlór v miestach odberu H2 a H3.

Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch VN Pálmanská Maša vyplýva, že environmentálne riziko (prekročenie kritéria kvality sedimentov MPC) bolo zistené u zinku (Zn). Prekročenie MPC pre zinok bolo viacnásobné. Zostávajúce štandardizované výsledky sledovaných stopových prvkov vo všetkých vzorkách vyhovovali kritériám kvality (MPC) v prípade arzénu (As), kadmia (Cd), celkového chrómu (Cr_{celk}), medi (Cu), ortuti (Hg), niklu (Ni) a olova (Pb). Výsledky

stanovenia PCB v sedimentoch VN Pálmanská Maša ukazujú, že kritériám kvality MPC vyhovovali štandardizované výsledky kongenérův PCB vo všetkých vzorkách sedimentu, nachádzali sa pod limitom kvantifikácie. Zo štandardizovaných výsledkov polycyklických aromatických uhľovodíkov a vybraných organických látok vyplýva, že ani jeden zo sledovaných ukazovateľov neprekročil stanovenú hodnotu MPC.

Zo získaných výsledkov stanovenia stopových prvkov v sedimentoch VN Lozorno vyplýva, že environmentálne riziko (prekročenie kritéria kvality sedimentov MPC) bolo zistené v jednej vzorke L1-3, kedy nevyhovovala štandardizovaná hodnota zinku (Zn). Kritériám kvality (MPC) vo všetkých vzorkách vyhovovali štandardizované výsledky arzénu (As), kadmia (Cd), celkového chrómu (Cr_{celk}), medi (Cu), ortuti (Hg), niklu (Ni) a olova (Pb). Zo získaných výsledkov stanovenia organických látok vyplýva, že environmentálne riziko bolo zistené len pre benzo(a)antracén v mieste odberu L4 a hexachlórbenzén v mieste odberu L5. Zostávajúce organické látky boli buď nižšie, ako sú stanovené MPC, alebo boli stanovené pod limitom kvantifikácie.

Príspevok bol prezentovaný na IX. konferencii s medzinárodnou účasťou Sedimenty vodných tokov a nádrží 2019 v Šamoríne-Čilistove.

Literatúra:

[1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES z 23. októbra 2000 (RSV) ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky http://www.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=53&lang=sk.

[2] Smernica 2008/105/ES Smernica Európskeho parlamentu a Rady o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky, o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a o zmene a doplnení smernice 2000/60/ES zo 16. decembra 2008.

- [3] Smernica Komisie 2009/90/ES z 31. júla 2009, ktorou sa v súlade so Smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES ustanovujú technické špecifikácie pre chemickú analýzu a sledovanie stavu vôd.
- [4] EU WFD CIS Guidance document No. 25 on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. Technical Report – 2010.3991. Luxembourg. ISBN 978-92-79-16224-4.
- [5] ČUBAN, R. 2017: Hodnotenie zanášania vodohospodárskych nádrží SR vo vzťahu k zmenám retenčného objemu a možnostiam zlepšenia ich ekologického stavu I. Záverečná správa. VÚVH Bratislava, 2017.
- [6] ČUBAN, R. 2018: Hodnotenie zanášania vodohospodárskych nádrží SR vo vzťahu k zmenám retenčného objemu a možnostiam zlepšenia ich ekologického stavu II. Záverečná správa. VÚVH Bratislava, 2018.
- [7] HUCKO, P. 2018: Hodnotenie environmentálnych vplyvov sedimentov vybraných malých vodných nádrží a možnosti ich riešenia. Záverečná správa. VÚVH Bratislava, 2018.
- [8] Nariadenie vlády SR č. 270/2010 Z. z. z 25. mája 2010 o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky.
- [9] Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z. zo 14. októbra 2010 o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona. Časová verzia predpisu účinná od: 15. 7. 2016.
- [10] STN EN 5667-12: 2001 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 12: Pokyny na odber dnových sedimentov.
- [11] KOŠOVSKÝ, P. a kol. 2015: Rámcový program monitorovania vôd Slovenska na obdobie rokov 2016 – 2021. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, december 2015. [http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/26_Ramcovy_program_mo-nitorovania_vod/RPM_2021.pdf](http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/26_Ramcovy_program_mo-nitorovania_vod/RPM_2016_2021.pdf)
- [12] Metodický pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 27. augusta 1998 č. 549/98 – 2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží. Vestník MŽP SR, ročník VI, časť 5, 1998.

ZDRUŽNIE ZAMESTNÁVATEĽOV VO VODNOM HOSPODÁRSTVE NA SLOVENSKU

v spolupráci s

Ministerstvom životného prostredia SR
Výskumným ústavom vodného hospodárstva, Bratislava
Stavebnou fakultou Slovenskej technickej univerzity v Bratislave
Slovenským vodohospodárskym podnikom, š. p., Banská Štiavnica
Slovenským hydrometeorologickým ústavom, Bratislava
Vodohospodárskou výstavbou, š. p., Bratislava
Ústavom hydrológie SAV, Bratislava
Slovenským priehradným výborom
Medzinárodnou asociáciou hydrologických vied
Slovenskou vodohospodárskou spoločnosťou, členom ZSVTS

organizuje konferenciu, nad ktorou prevzal záštitu
podpredseda vlády a minister životného prostredia Slovenskej republiky László Sólymos

MANAŽMENT POVODÍ A EXTRÉMNE HYDROLOGICKÉ JAVY 2019

VYHNE, Hotel Sitno
8. – 9. októbra 2019

Tematické okruhy konferencie

Integrovaný manažment povodí a programy opatrení

aktualizované plány a environmentálne ciele manažmentu povodí, plány manažmentu povodňového rizika, technické a zelené opatrenia, manažment sucha

Hydrologické extrémny: modelovanie a predpovedanie

extrémne hydroklimatické javy, sucho a lokálne povodne

Technické opatrenia a zelená infraštruktúra

vplyvy, význam a účinnosť opatrení v manažmente rizík spojených s hydrologickými extrémami (povodne a sucho)

Kontakt: Tomáš Hajdin, Tel: +421 2 59 343 358, e-mail: tomas.hajdin@vuvh.sk

Monitoring posunov sedimentov na rieke Dunaj

Ing. Lenka Gažúrová, Radovan Terek, Pavel Virág ml.

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik

ÚVOD

Cez Slovenskú republiku preteká veľtok Dunaj, ktorý je neoddeliteľnou súčasťou medzinárodnej vodnej cesty tiahnucej sa z Nemecka až do Čierneho mora. V Slovenskej republike je správcom vodných tokov aj rieky Dunaj Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik (SVP, š. p.), z čoho mu vyplývajú povinnosti spojené s udržiavaním plavebnej dráhy, udržiavaním zaručenej minimálnej plavebnej hĺbky od hladiny nízkej regulačnej a plavebnej vody (HNRaPV), s vytyčovaním a vyznačovaním plavebnej dráhy a s ostatnými činnosťami, ktoré zabezpečujú splavnú a bezpečnú vodnú cestu. Na to, aby správca toku vedel vyššie uvedené povinnosti realizovať, je potrebné vykonávať pravidelný monitoring riečneho dna, ktorý v rámci SVP, š. p., Odštepného závodu Bratislava, zabezpečuje oddelenie hydromorfologie.

VÝZNAM A ÚČEL MONITORINGU

Monitoring posunov sedimentov zohráva veľmi významnú úlohu pri navrhovaní vodohospodárskych činností a opatrení na zachovanie splavnosti a bezpečnosti na plavebnej ceste. Za posledné obdobie dochádza k zvýšenému zanášaniu rieky Dunaj sedimentami a naplaveninami, čo spôsobuje znižovanie retenčnej schopnosti vodného diela Gabčíkovo, zhoršuje možnosť bezpečnej a plynulej plavby a plavebných manévrov a ďalšie problémy spojené s vodohospodárskou činnosťou. Preto je monitoring posunu sedimentu ako taký dôležitou a neodmysliteľnou súčasťou v rámci vodohospodárskej činnosti.

Všetky práce vodohospodárov, či už ide o zabezpečenie bezpečnej a splavnej vodnej cesty alebo o vyhodnocovanie povodňových rizík či predikciu vývoja riečneho koryta a ďalšie, majú spoločného menovateľa, ktorým sú vstupné údaje na analýzu a následné vyhodnocovanie potrebných opatrení. Vo všeobecnosti platí, že čím viac vstupných údajov, tým je analýza kvalitnejšia, čo má výrazný vplyv na rýchlosť, účinnosť, efektívnosť a kvalitu práce vodohospodárov. Jedným z najdôležitejších vstupných údajov pre tieto činnosti sú údaje z batymetrických a geodetických meraní, fotogrametrie a ROV prieskumu. Najmä batymetrické merania hrajú pri permanentnom monitoringu plavebnej cesty dôležitú rolu, nakoľko ide o geoakustické meranie hĺbkových pomerov v rámci riečneho dna. Na základe takéhoto merania je možné mať plavebnú dráhu pod kontrolou a udržiavať ju v predpísaných parametroch pre splavnosť, prípadne v situáciách, kedy je diagnostikovaný problém, a aplikovať patričné opatrenia na zachovanie bezpečnosti a splavnosti. Keďže morfológia riečneho dna sa neustále mení v závislosti od viacerých premenných, je najčastejším problémom udržania

plavebnej dráhy na predpísaných parametroch posun sedimentu. V rámci takýchto úsekov treba prijať okamžité opatrenia v podobe preznačenia plavebnej dráhy, presunu plavebnej dráhy alebo realizácie bagrovacích prác. Úseky, ktoré majú znížené hodnoty či už v predpisanej šírke, alebo hĺbke, sú vedené ako kritické (brody a úžiny). Týmto úsekom sa musí venovať zvlášť pozornosť a je potrebné ich kontrolne zmerať niekoľkokrát do roka. Samozrejmosťou je, že plavebná dráha musí byť monitorovaná po povodni a po vyšších prietokoch, pri ktorých je väčší predpoklad posunu sedimentu, ktorý by mohol spôsobiť zmenu v plavebných podmienkach na plavebnej ceste. Na základe pravidelných niekoľkoročných batymetrických meraní doplnených o údaje z fotogrametrie sa spravidla robia analýzy, štúdie a štatistiky, ktoré pomáhajú vodohospodárom robiť rieky nielen splavnými, ale dávajú im aj energetický, environmentálny a rekreačný rozmer.

ZÁKLADNÉ POJMY

Batymetria – náuka o meraní hĺbok vodných plôch (morí, jazier a pod.).

EchoSounder – zariadenie na meranie hĺbkových pomerov riečneho dna na báze ultrazvuku.

HNRaPV – hladina nízkej regulačnej a plavebnej vody.

S-JTSK – súradnicový systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej.

Bpv – výškový systém – Balt po vyrovnaní.

ETRS89 – európsky terestrický referenčný systém 89.

SKPOS – Slovenská priestorová observačná služba – multifunkčný nástroj na presné určovanie polohy objektov a javov pomocou GNSS, ktorého zriaďovateľom je Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky. [3]

GNSS – Globálne navigačné družicové systémy – spoločný termín na označenie satelitných systémov umožňujúcich určovať presný čas, priestorovú polohu a rýchlosť v ľubovoľnom čase a na ľubovoľnom mieste na Zemi a v jej blízkosti. [3]

Metóda RTK – Real Time Kinematic – kinematická metóda merania pomocou GNSS v reálnom čase, ktorá vyžaduje referenčnú stanicu a rover, medzi ktorými musí existovať komunikačný kanál na prenos meraných údajov. [3]

Metóda RTN – Real Time Network – kinematická metóda merania pomocou GNSS v reálnom čase, ktorá vyžaduje sieť permanentných referenčných staníc a rover, medzi ktorými je na prenos meraných údajov použitá sieť internet. [3]

Rover – pohybujúci sa prijímač určený na prácu v teréne kinematickou metódou merania, umožňujúci príjem signálov z družíc GNSS a referenčnej stanice alebo siete permanentných referenčných staníc, vzhľadom na ktorú alebo na ktoré umožňuje zaznamenať alebo vypočítať svoju relatívnu polohu. [3]

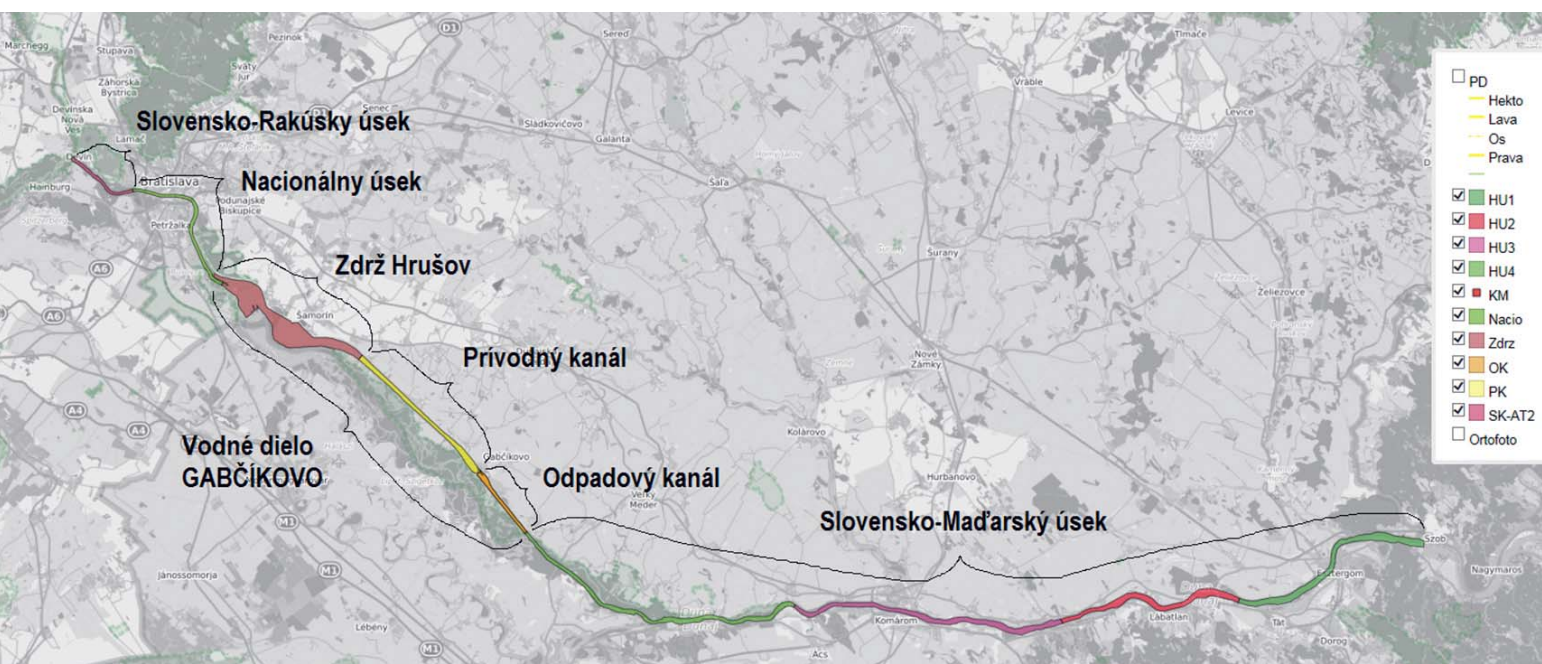
Referenčná stanica – prijímač slúžiaci na zber signálov z družíc GNSS prostredníctvom antény umiestnenej na bode so známymi súradnicami použitý na výpočet korekcií, ktoré vysiela prostredníctvom internetového alebo rádiového spojenia používateľom vybaveným roverom. [3]

Permanentná referenčná stanica – nepretržite observujúca referenčná stanica. [3]

CHARAKTERISTIKA RIEKY DUNAJ NA MERAČSKÉ ÚČELY

Na území Slovenskej republiky tečie Dunaj v dĺžke 172 kilometrov, od riečneho kilometra (r.km) 1880 v Devíne až

po riečny kilometer 1708 v Chlabe. Na meračské účely SVP, š. p., je rieka Dunaj na území Slovenskej republiky rozdelená na niekoľko úsekov, a to: Slovensko-rakúsky úsek r.km 1880 (Devín) až 1872 (Lafranconi), Nacionálny úsek r.km 1872 (Lafranconi) až 1853/39 (Čunovo), Vodné dielo Gabčíkovo – Zdrž Hrušov r.km 1856,5 (Rusovce) až 25,7 (Vojka), Vodné dielo Gabčíkovo – Prívodný kanál r.km 25,7 (Vojka) až 8,3 (Gabčíkovo), Vodné dielo Gabčíkovo – Odpadový kanál r.km 8,0 (Gabčíkovo) až 0,0/1811 (Sap), Slovensko-maďarský úsek r.km 1811 (Sap) až 1708 (Chlaba). Pozri obrázok 1. Pred výstavbou Vodného diela Gabčíkovo Dunaj tiekol v pôvodnom koryte. Tento úsek sa taktiež monitoruje a meračská časť sa nazýva Staré koryto r.km 1853 až 1811.



Obr. 1 Rozdelenie rieky Dunaj na jednotlivé meračské úseky

MERACÍ SYSTÉM

Monitoring a samotné meranie realizujeme pomocou špeciálne upravených plavidiel a použitie konkrétneho plavidla je závislé od splavných možností. Znamená to, že na nádrže a veľmi plytké oblasti sa nasadzuje gumový nafukovací čln a na rieku Dunaj sa používa plavidlo Targa. Plavidlá sú vybavené geokustickým meracím zariadením pozostávajúcim z echosounderu, GPS rovera, switchu, bočného skenera a ovládacích jednotiek.

POUŽITÉ METÓDY MERANIA

V súčasnej dobe sa na meranie dna vodných tokov a vodných nádrží využívajú batymetrické merania, založené na technológii globálnych navigačných družicových systémov (GNSS) v kombinácii s modernými zariadeniami na hydrografické merania ako napr. ultrazvukové echosounder a sonary. Pri batymetrickom meraní rieky Dunaj využívame

GNSS technológiu, konkrétne službu SKPOS_cm od SKPOS, presnejšie metódy merania RTK alebo RTN, a batymetrické meranie pomocou echosounderov.

METÓDA RTK

Metóda RTK vyžaduje prístrojové vybavenie pozostávajúce z jedného referenčného nepohybujúceho sa prijímača označovaného aj ako báza a druhého pohybujuceho sa prijímača označovaného aj ako rover. Oba prijímače (báza aj rover) musia simultánne uskutočňovať fázové merania na družice GNSS a medzi prijímačmi musí fungovať neustále rádiové alebo internetové spojenie, pomocou ktorého je zabezpečený prenos meraných dát z referenčného prijímača do rovera. Rover musí mať v sebe zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní, na základe ktorých je hneď po inicializácii schopný z prijatých a z vlastných meraní vytvárať diferencie a počítať relatívnu polohu s ohľadom na polohu referenčného prijímača. Vzhľadom na rozdielne rozloženie



Obr. 2 Plavidlo Targa 25.1



Obr. 3 Plavidlo Mercury heavy duty 365

GPS Trimble R10



GPS Trimble R8



Obr. 4 Merací systém GPS Trimble R10 a R8 [1]



Simrad 200-7F



Simrad 50/200 Combi D



Obr. 5 Echosounder od spoločnosti Kongsberg [2]

hmôt v atmosfére a odlišné podmienky medzi miestom referenčného prijímača a rovera klesá presnosť metódy RTK s narastajúcou vzdialenosťou. Metóda je spoľahlivá najmä pri dĺžkach základnice do cca 20 kilometrov. Pozri obrázok 6. [3]

METÓDA RTN

Na kompenzovanie nedostatku metódy RTK bola vyvinutá metóda RTN. Metóda RTN využíva sieť referenčných staníc rozmiestnených v záujmovom území v odporúčanej vzdialenosti, ktoré v reálnom čase odosielajú svoje observácie do riadiaceho centra, kde sú spracovávané. Softvér v riadiacom centre z nameraných údajov pomocou pokročilých algoritmov generuje sieťové riešenie, ktoré sa vysiela používateľom prostredníctvom internetu, a to slúži na výpočet diferencií, čiže relatívne určenie polohy rovera používateľa. Rover používateľa musí mať v sebe zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní, na základe ktorých je hneď po inicializácii schopný z prijatých korekcií a z vlastných meraní vytvárať diferencie a počítať relatívnu polohu vzhľadom na geodetický referenčný systém siete referenčných staníc. SKPOS poskytuje svojim používateľom pre metódu RTN korekcie výlučne v koncepte virtuálnej referenčnej stanice (VRS). Koncept VRS je založený na generovaní korekcií pre virtuálnu (fiktívnu) referenčnú stanicu nachádzajúcu sa v blízkosti miesta rovera (len niekoľko metrov). Princíp metódy RTN pri koncepte VRS pri použití SKPOS je nasledovný: rover používateľa po úspešnej

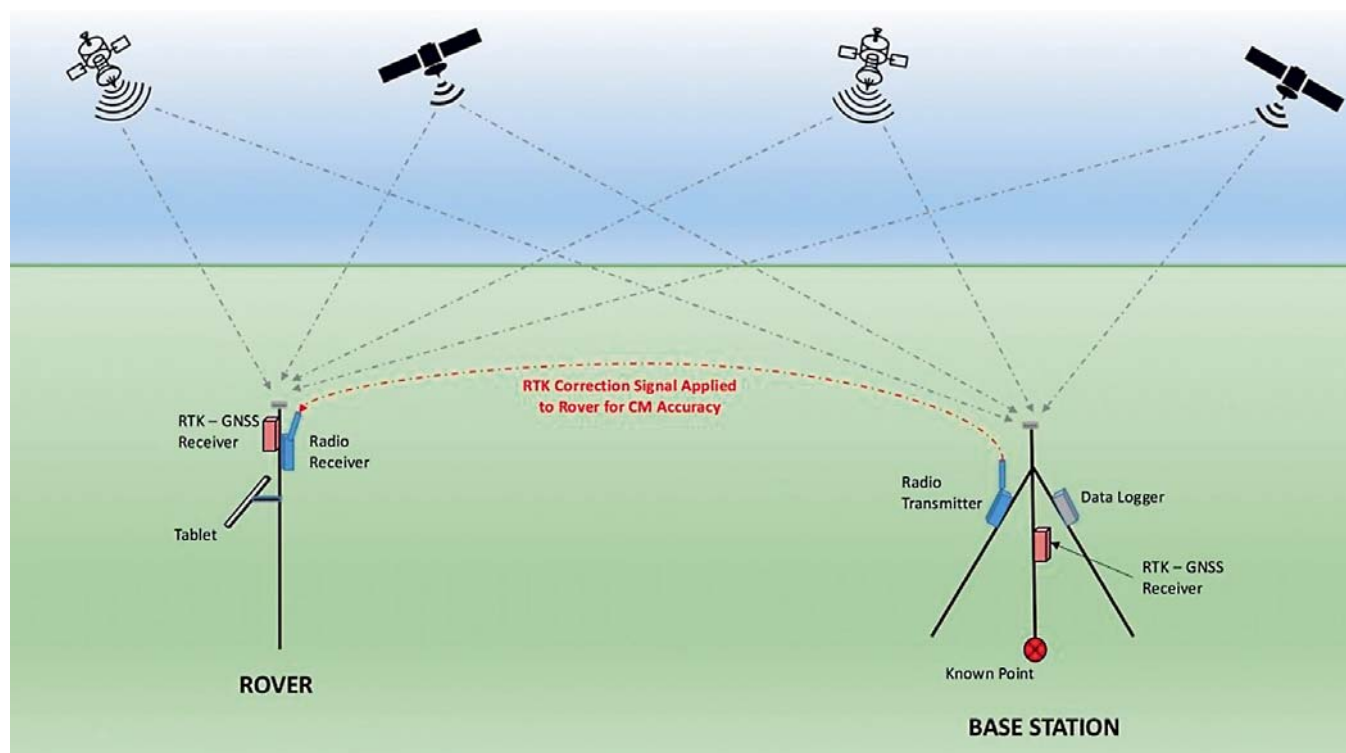
autorizácii do služby pošle svoju približnú polohu vo forme NMEA GGA správy do riadiaceho centra SKPOS prostredníctvom internetu; softvér v riadiacom centre SKPOS akceptuje túto polohu ako lokalitu pre novú VRS, vypočíta korekcie pre túto VRS a odošle ich späť do rovera v štandarde RTCM alebo inom proprietárnom formáte. Geodetický referenčný systém, rámec a epochu merania preberá rover z VRS, t. j. z nastavenia služby SKPOS. Metóda umožňuje dosiahnuť presnosť na úrovni 2 až 4 centimetrov v závislosti od podmienok merania. Na využívanie metódy pri použití SKPOS je potrebné mať zakúpenú službu SKPOS_cm. Pozri obrázok 7. [3]

BATYMETRICKÉ MERANIE

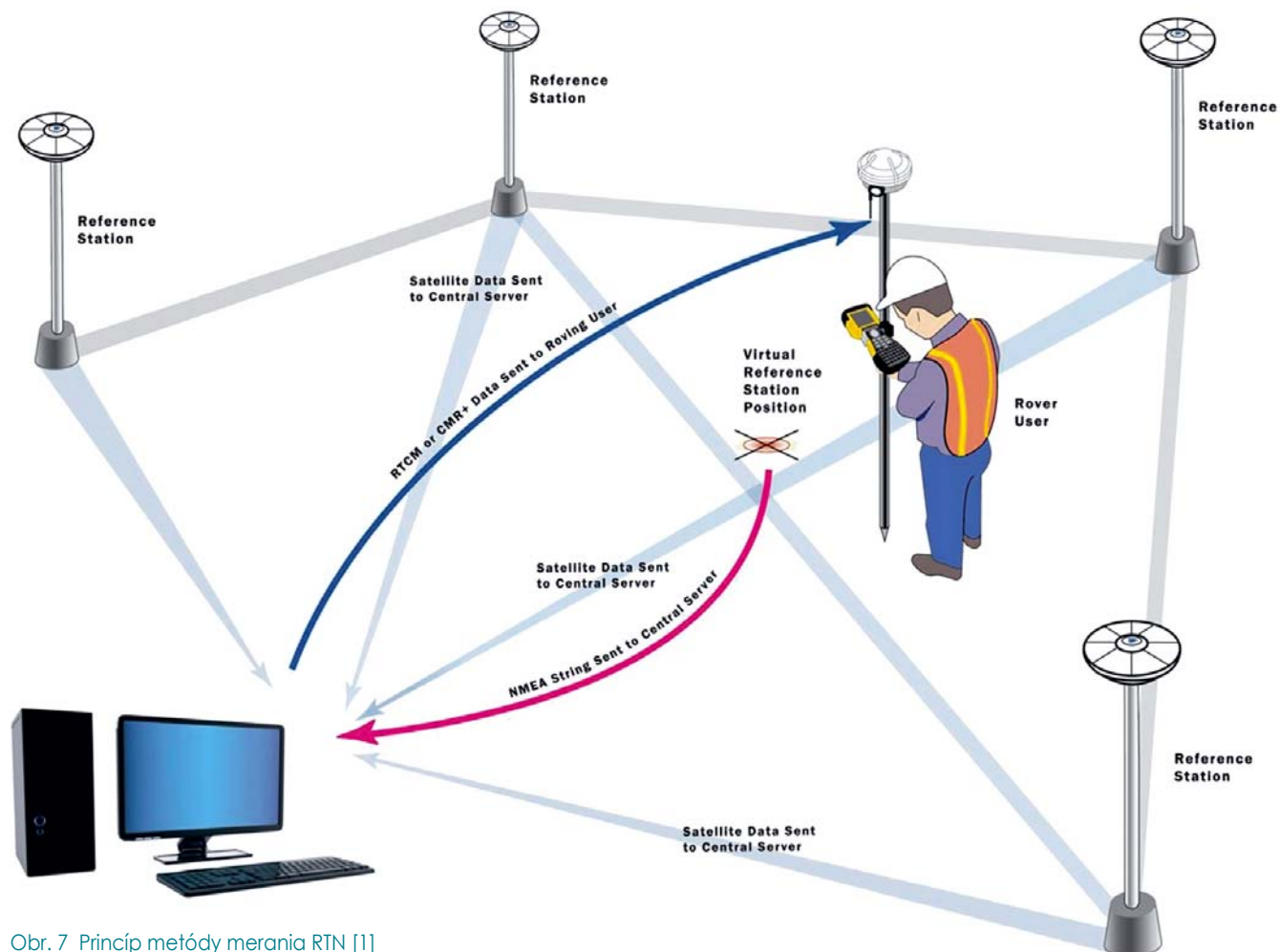
Batymetrické meranie je metóda merania, pri ktorej sa pomocou echosounderu využitím ultrazvuku pod vodnou hladinou určí hĺbka od vodnej hladiny po dno riek, jazier, umelých vodných nádrží atď. Pozri obrázok 8.

MERANIE A SPRACOVANIE

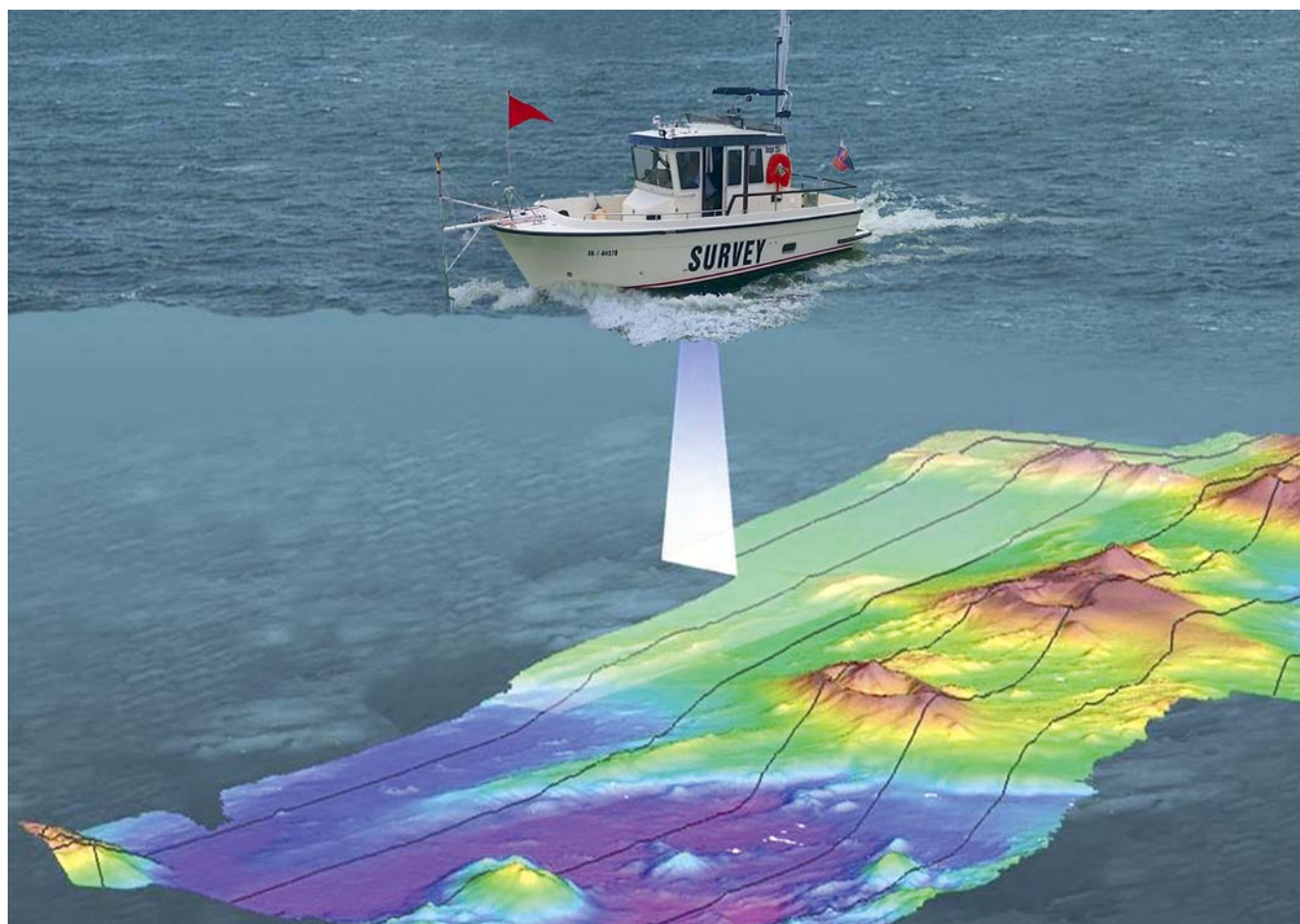
Rieka Dunaj sa meria špeciálnym plavidlom v priečných profiloch, ktoré sú od seba vzdialené od 10m po 100m, v rôznych úsekoch je rôzna hustota profilov. Batymetrické meranie sa vykonáva RTK_ping metódou, kedy sa v reálnom čase prepočítava nameraná výška hladiny režimom RTKi v kombinácii s hĺbkovým údajom z echosounderu. Táto metóda môže



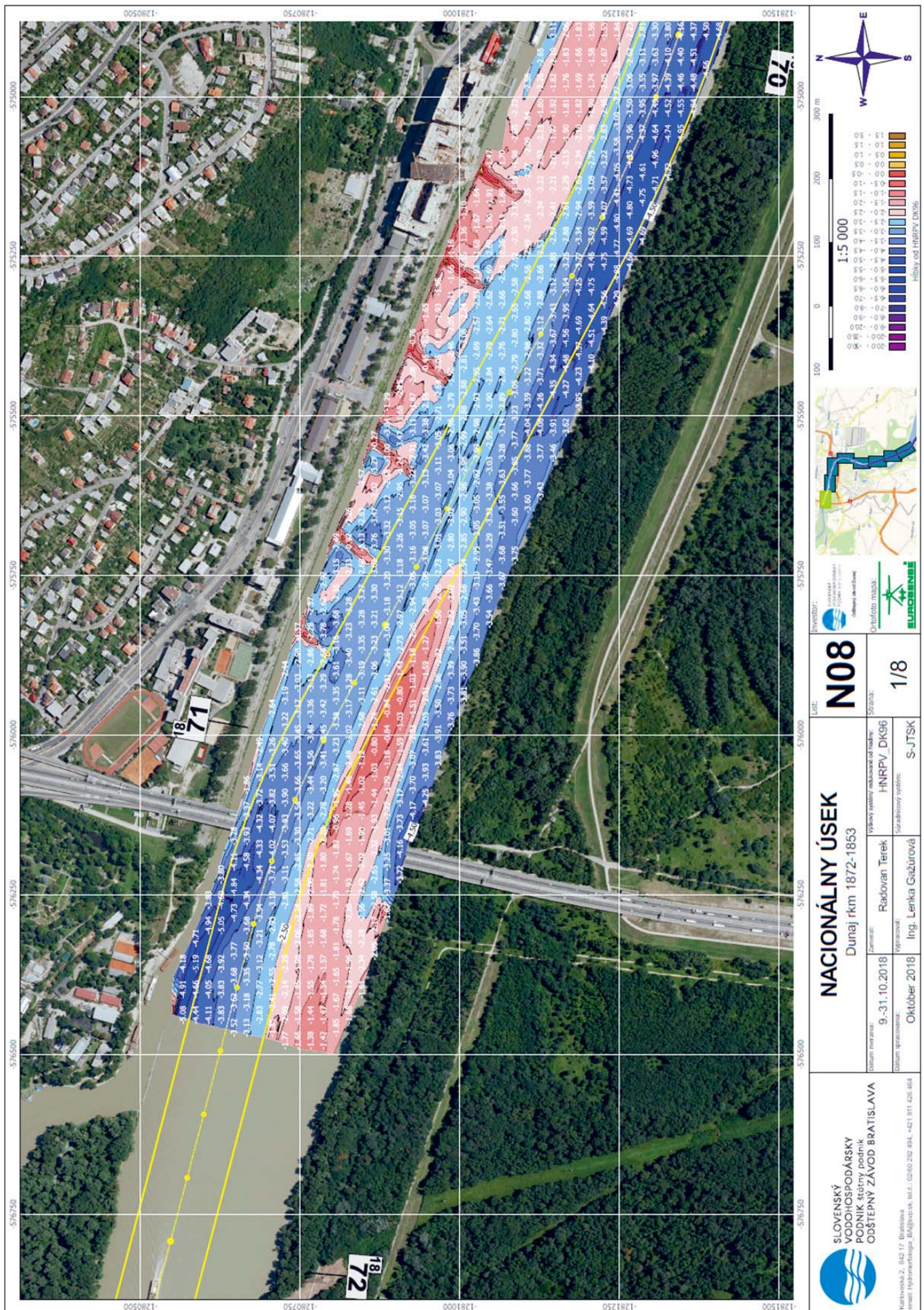
Obr. 6 Princíp metódy merania RTK



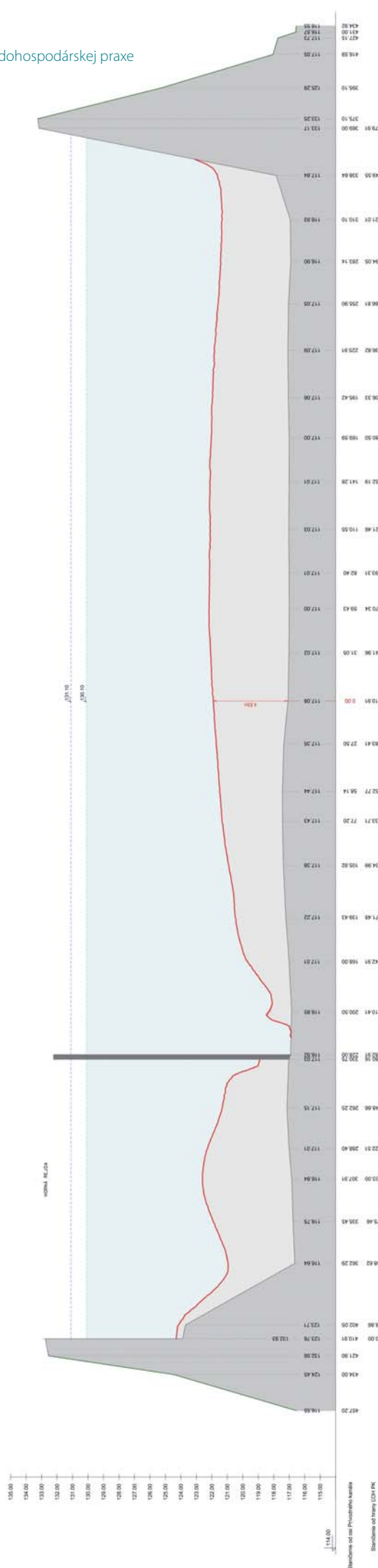
Obr. 7 Princíp metódy merania RTN [1]



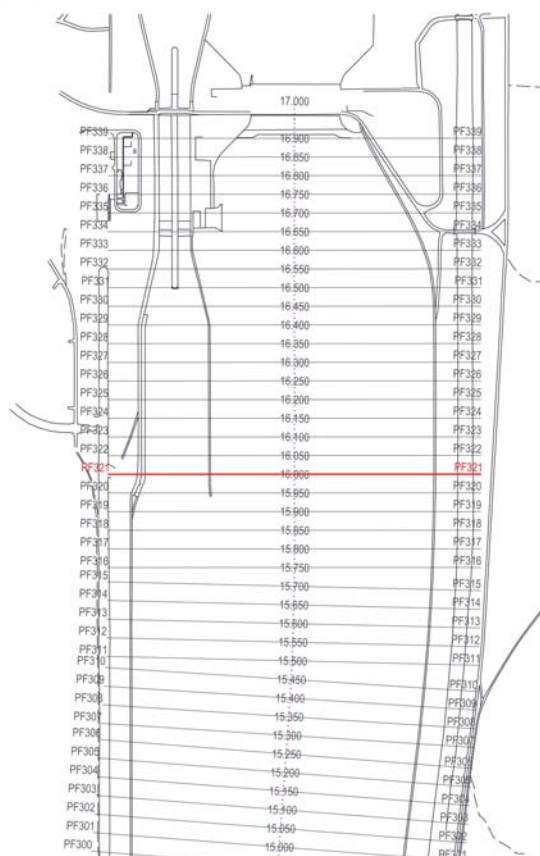
Obr. 8 Princíp batymetrického merania hĺbok



Obr. 9 Batymetrický plán [4]



SITUÁCIA:



ZMENY VO VYBRANOM PRIEČNOM PROFILE
PRÍRODNÉHO KANÁLA VODNÉHO DIELA GABČÍKOV
POROVNANIE (2015, 2016, 2017, 2018)

Číslo profilu:

PF321
r.km 9,300

Začiatok profilu	X = -544782.07	Y = -1312090.34
Koniec profilu	X = -545614.70	Y = -1312644.17

LEGENDA:

- 131.10 - maximálna prevádzková hladina
- 130.10 - minimálna prevádzková hladina
- OS Prírodného kanála
- meranie pred napustením PK 1990 - 1991
- batymetrické meranie 2018

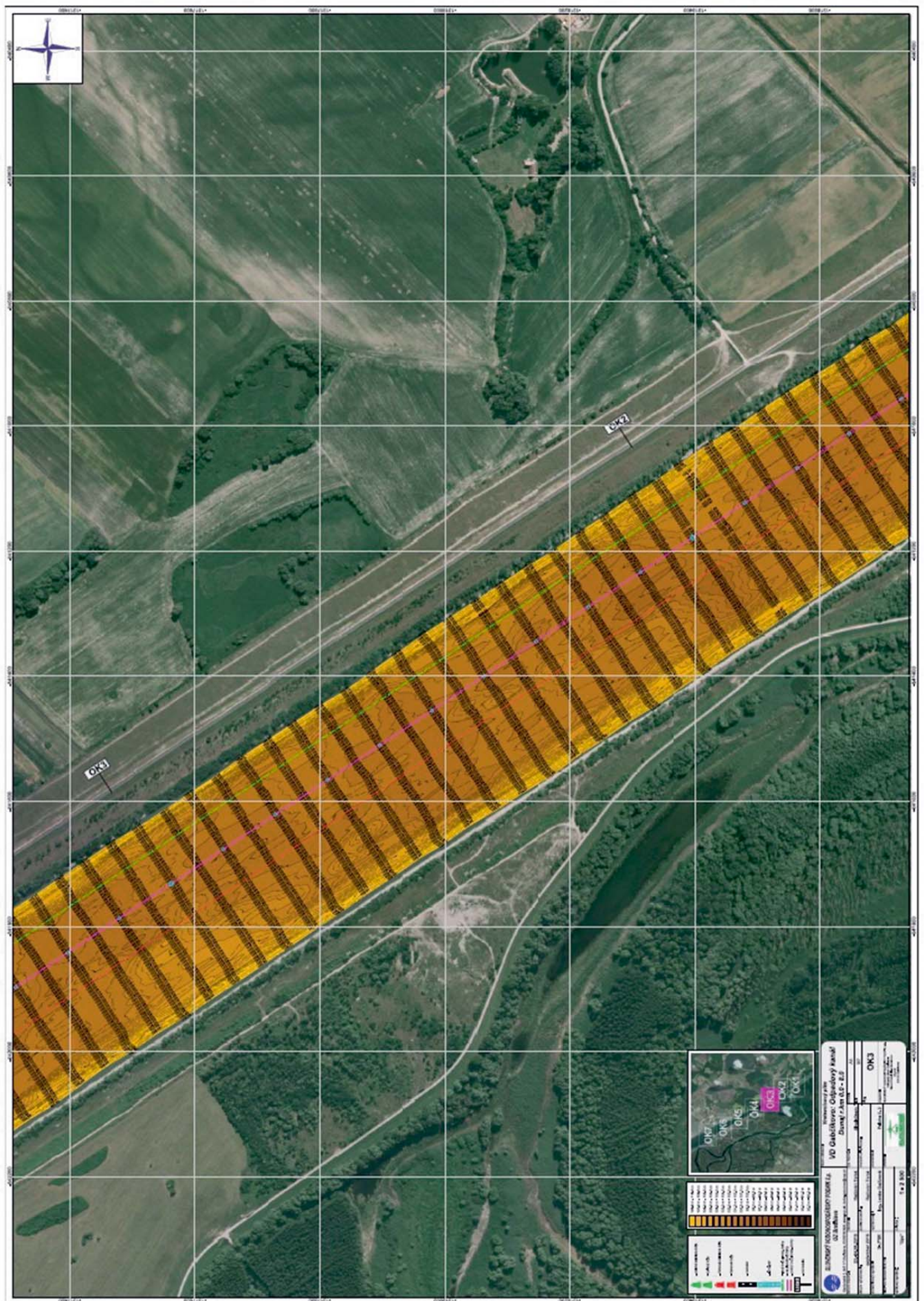
Zmenšený prietokový profil vplyvom sedimentácie k hladine 130.10

Prietoková plocha: 68,36% (662,70m²)

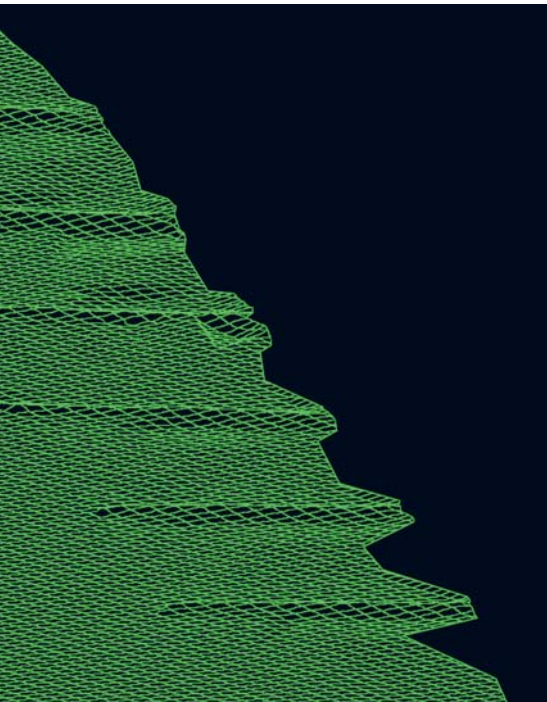
Plocha sedimentov: 31,64% (306,65m²)

 SLOVENSKÝ VOJENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK Bratislava OŠETROVÁ ZÁVOD BRATISLAVA oddelenie hydromorfologie tel: 02/60292494 e-mail: p.virag@stv.sk	Stagionat: Povel VIRAG		Zámet: Rodovon TERK		st.km 16,000
	Paramet: Povel VIRAG		Výhod: Povel VIRAG		
	Výhod: Povel VIRAG		Zap. vedci: Ing. Lenka GAŽOROVÁ		
	Objednáv: SVP, š.p., OZ Bratislava, Závod Vodné dielo Gabčíkovo				
Názov: PRIEČNE PROFILY PRÍRODNÉHO KANÁLA POROVNANIE K MERANIU 2018					
Archív č.: 2019_002	Súradnicový systém: S-JTSK	Výškový systém: Bpv	Merka: 1:1000/100	Formát: A4 Roll	Profil č.: 321

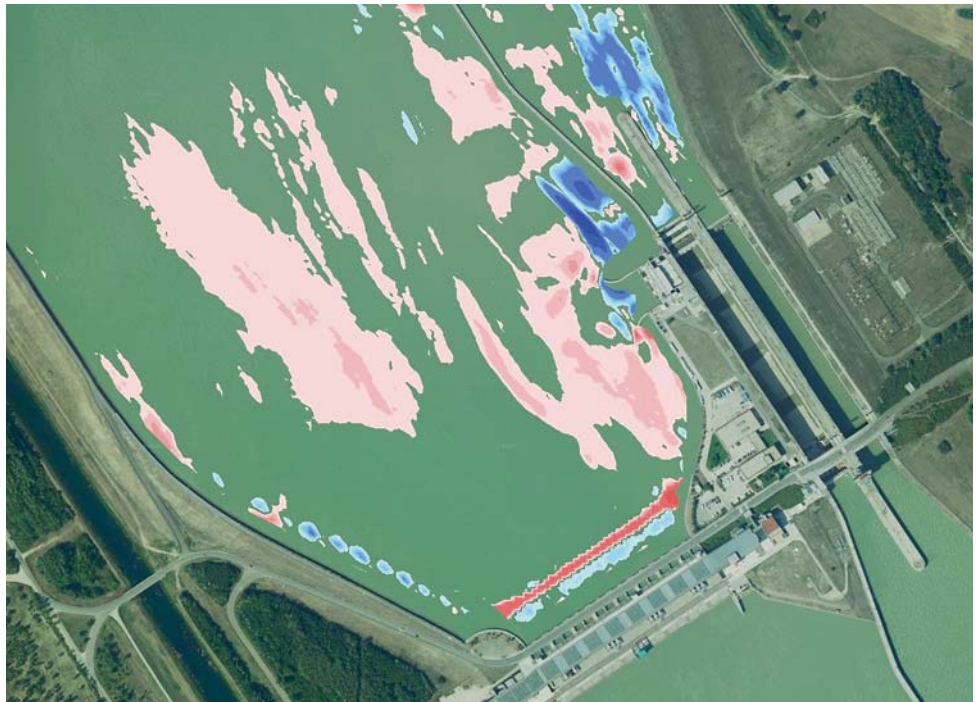
Obr. 10 Pričný profil rieky Dunaj s vyznačeným množstvom nánosov [4]



Obr. 11 Vrstevnicový plán [4]



Obr. 12 3D model časti Dunaja [4]



Obr. 13 Výrez z izopachového plánu [4]

byť použitá iba v súčinnosti so službou SKPOS alebo s použitím referenčnej básovej GPS stanice. V prípade, ak nie je možné použiť ani jednu z vyššie uvedených služieb, je potrebné na presné vyhodnotenie hĺbkových pomerov použiť geodetickú fixáciu vodnej hladiny v čase merania. Výsledné hodnoty sa ukladajú v súradnicovom systéme S-JTSK, ktoré sú v reálnom čase prepočítavané sedemprvkovou Helmertovou transformáciou zo súradníc ETRS89. Výškový údaj je v reálnom čase prepočítavaný do výškového systému Bpv aj do redukovaných hodnôt od hladiny HNRaPV.

INTERPRETÁCIA MERANÍ

Na prezentáciu morfológie dna Dunaja sa vo väčšine lokalít vyhotovuje batymetrický plán, avšak v úsekoch *Odpadový kanál* a *Staré koryto*, kde nie je definovaná žiadna hladina, na ktorú by sa výška vzťahovala, sa vytvára vrstevnicový plán vo výškovom systéme Bpv. Výsledkom nameraných údajov je aj 3D model Dunaja, z ktorého je možné vyhotovovať rôzne mapy, priečne a pozdĺžne profily, izopachové plány – mapy príbytku a úbytku sedimentov oproti starším meraniam, vykonávať rôzne výpočty, napr. objemy, odkopy a nánosy sedimentov, rôzne porovnávania, oproti starším stavom, voči referenčným hladinám atď.

ZÁVER

V súčasnosti SVP, š. p., vykonáva monitoring rieky Dunaj po priečných profiloch, či už 10 metrov od seba vzdialených, 25 metrov, 50 metrov alebo 100 metrov. Na meranie polohy využívame technológiu GNSS a na meranie hĺbky využívame echosounder – singlebeam. Výsledkom sú body v profile v rôznej vzdialenosti od seba vzdialené, preferujeme vzdialenosť po cca 1 m. Z týchto údajov potom vytvárame 3D model, s ktorým ďalej pracujeme. Naša vízia je monitorovať dno Dunaja v celku viaclúčovým sonarom – multibeam. Meranie už nebudeme vykonávať po profiloch, ale budeme ho vykonávať niekoľkými líniami pozdĺž toku a výsledkom bude mračno bodov v rôznej hustote po celej šírke Dunaja, v celej jeho dĺžke. Zo zafarbeného mračna bodov vyhotovíme omnoho presnejší 3D model Dunaja slúžiaci na vytýčenie plavebnej dráhy, tvorbu elektronickej plavebnej navigačnej mapy – ENC mapy a v neposlednom rade presnejší monitoring sedimentov na rieke Dunaj.

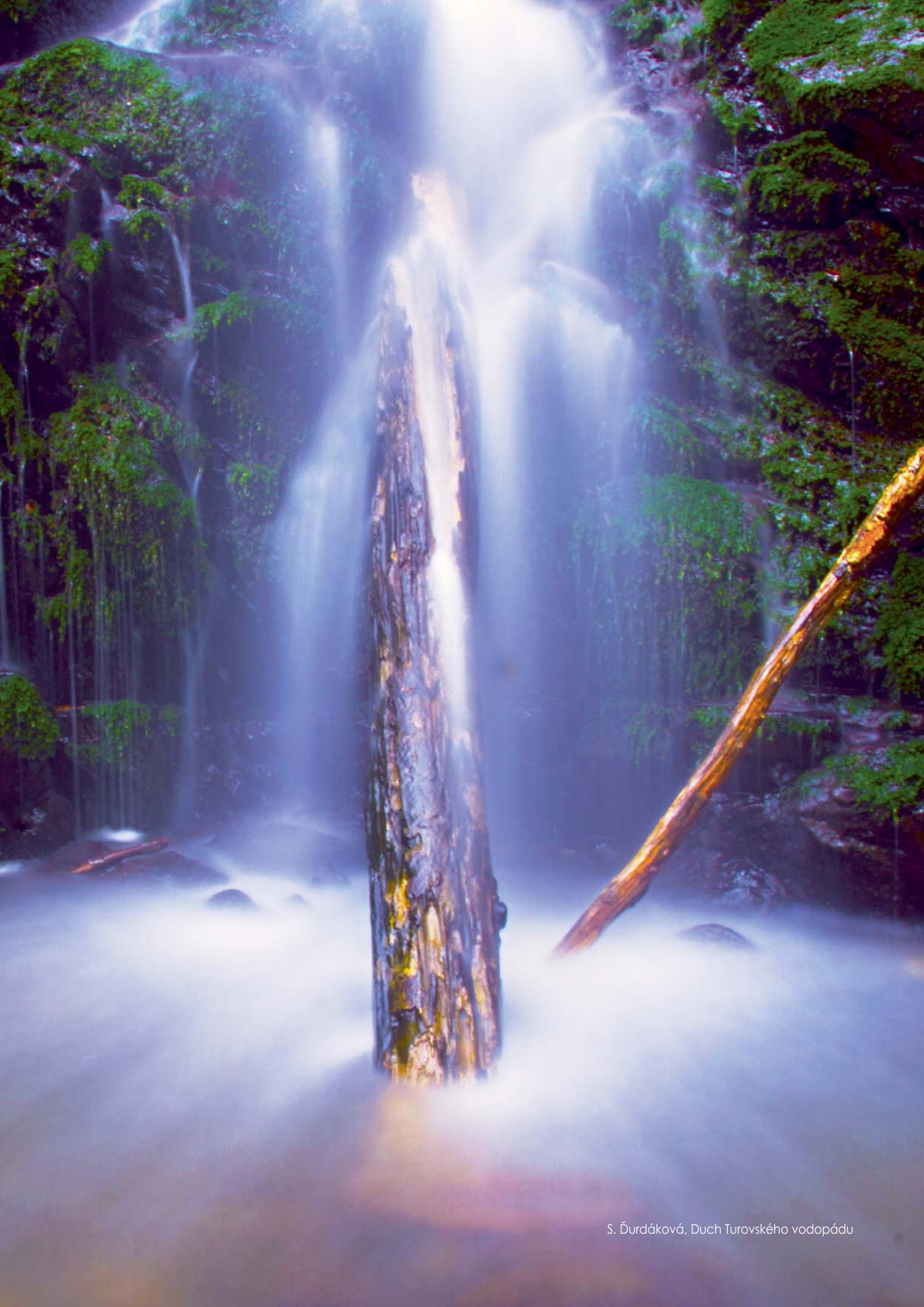
Príspevok bol prezentovaný na IX. konferencii s medzinárodnou účasťou *Sedimenty vodných tokov a nádrží 2019* v Šamoríne-Čilistove.

Literatúra:

- [1] www.trimble.com
- [2] www.kongsberg.com
- [3] ÚRAD GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY: Smernica

na vykonávanie geodetických meraní prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby. SM_UGKK SR_26/2016.

- [4] Digitálny archív SVP, š. p., OZ Bratislava, Oddelenie Hydromorfológie.



Stanovení rychlostní konstanty rozpadu volného chloru v proudu vody distribuční sítě

Ing. Hana Kolková, Ing. Markéta Rajnochová

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí

ÚVOD

Použití chloru jakožto dezinfekce je jeden z nejčastějších a nejoblíbenějších způsobů po celém světě. První zmínky o prosazování využití chloru k tomuto účelu se vyskytly již na přelomu 18. a 19. století a první chlorování vody na území České republiky proběhlo v roce 1924. Chlor si získal oblibu hlavně díky jeho vysoké baktericidní účinnosti i při malých koncentracích. Chlorace je proces dezinfekce vody, při němž se do vody přidávají sloučeniny chloru, případně elementární chlor. Používá se v různých podobách: plynný chlor, chlornan sodný, nebo například oxid chloričitý. V prostorech jako jsou vodojemy, či úpravní vod je sledování koncentrace chloru a jeho dávkování relativně snadné. Problém nastává při řízení koncentrace chloru v potrubí. Po první chloraci vody a největším úbytku chloru v úpravě vody/vodojemu dochází k transportu vody k zákazníkovi (požadovaná koncentrace volného chloru v nejvzdálenějším místě na síti je v rozmezí 0,05 – 0,3 mg/l). Při transportu vody potrubím dochází k dalším úbytkům chloru, způsobeným několika faktory. Ty se rozdělují do dvou hlavních skupin: úbytek chloru v proudu vody a úbytek chloru se stěnami potrubí. Pro každý z těchto faktorů se stanovuje samostatný rychlostní koeficient poklesu koncentrace volného chloru.

Nedostatečnému množství chloru v pitné vodě ve vzdálenějších větvích lze předejít dostatečným počátečním množstvím chloru na úpravě vody/vodojemu. Ke stanovení dostatečného počátečního množství chloru je potřeba modelovat úbytek chloru ve vodovodní síti, což je možné za pomoci nejrozumnějších počítačových programů. Příkladem lze uvést program EPANET. Má-li dojít ke kvalitní kalibraci a verifikaci modelu, je potřeba stanovit rychlostní konstantu úbytku chloru jak pro úbytek chloru v proudu vody, tak úbytek chloru se stěnami potrubí. [1, 2, 3]

Modely vodovodních sítí vykreslující úbytek chloru jsou v dnešní době ve světě časté a žádané (v České republice o ně zájem roste).

REAKČNÍ KINETIKA CHLORU

U chloru rozlišujeme chlor volný, vázaný a celkový. Mezi chlor volný lze zařadit molekulární chlor, chlornany, mezi vázaný chloraminy a organicky vázaný chlor. Celkový chlor vyjadřuje souhrn volného i vázaného chloru. Reakční kinetika se snaží popsat rychlost chemické reakce, analyzuje při tom podněty ovlivňující tuto rychlost. Výsledkem jsou informace o reakčním mechanismu, což jsou elementární kroky, ze kterých se skládá chemická reakce (např. jaká vazba se štěpí

a jaká vzniká). Kinetická rovnice představuje závislost reakční rychlosti na koncentraci. Existují rovnice nultého, prvního a druhého řádu. Vyšší řády se pak dají odvodit. Obecná rovnice vypadá následovně:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^n \quad (1)$$

C koncentrace (mg/l),

t čas (dny),

n řád procesu.

REAKCE PRVNÍHO ŘÁDU

Ve vodě lze najít stopy mnoha různých složek, které mají potenciál reagovat s chlorem. Každá z nich má jinou reakční schopnost a reaguje v jiný čas, některé složky rychleji, jiné pomaleji. Modelovat každou složku zvlášť by bylo velmi obtížné, proto musí dojít ke značnému zjednodušení. Většina modelů stanovuje úbytek chloru dle kinetické rovnice prvního řádu. Jedná se o nejjednodušší rovnici, kteráž to je definována takto ($n = 1$):

$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad (2)$$

$$C = C_0 \exp(-kt) \quad (3)$$

C koncentrace chloru v čase t (mg/l),

C_0 koncentrace chloru v čase 0 (mg/l),

k rychlostní konstanta úbytku chloru (den^{-1}),

t doba zdržení vody v potrubí (dny).

Jde o funkční závislost na době zdržení. Touto rovnicí můžeme získat koncentraci chloru v jakémkoli čase t. [4]

MODELOVÁNÍ ROZPADU CHLORU VE VODĚ BĚHEM JEJÍ DISTRIBUCE

Úbytek chloru ovlivňuje několik faktorů, zjednodušeně zařazených do dvou skupin, a to: úbytek chloru v proudu vody (k_p) a úbytek chloru způsobený reakcemi chloru s částicemi ulpěnými na stěnách potrubí (k_w). Složky bývají často modelovány odděleně, dohromady však ovlivňují rychlost úbytku chloru. Nejjednodušší je definovat konstantu k jako součet konstant k_p a k_w :

$$k = k_p + k_w \quad (4)$$

Pro komplexnější kinetický model je dobré použít výpočtový software, například EPANET. Tento model se snaží uvažovat hromadný pohyb mechanismu a počítá i s převodem úbytku chloru v masě vody na úbytek chloru na stěnách potrubí. Tím je jednoduše dosaženo toho, že k_w je funkcí rychlosti proudění, dimenzí, délkou potrubí a viskozitou. Je tedy uvažováno radiální rozdělení chloru v potrubí. [5, 6]

ÚBYTEK CHLORU V PROUDU VODY K_B

Oproti stanovování úbytku chloru v daném místě sítě je stanovování úbytku chloru v proudu vody jednodušší, protože jdou provést laboratorně. Hodnoty jako teplota a koncentrace reaktantu jsou pak snáze kontrolovatelné.

Průběh poklesu koncentrace volného chloru se dá rozdělit do 3. oblastí v závislosti na rychlosti reakcí: oblast nejrychleji probíhající reakcí, která nastává okamžitě po styku chloru s vodou a trvá v řádu sekund. Následují o něco pomalejší reakce a jejich trvání se pohybuje v rámci minut. Během těchto fází probíhají rychlé reakce chloru s lehce oxidovatelnými složkami vody. Nastávají během desinfekce vody v úpravárnách či vodojemech a nebývají pozorovány v distribuční síti.

Poslední fází jsou nejpomalejších reakce. Úbytek chloru je zaznamenáván v intervalech hodin a pokles koncentrace chloru je v rámci setin a tisícín. V této fázi chlor reaguje s méně oxidovatelnými složkami ve vodě a reakce jsou pomalejší. Dochází k dlouhodobé spotřebě zbylého chloru ve vodě. Tyto reakce jsou charakterističtější pro úbytek chloru nastávající v distribuční síti.

Úbytek chloru v množství/proudu vody jako takovém se měří zaznamenáváním úbytku chloru v časových intervalech ze skleněných lahví (lahev = bottle), které jsou předem naplněny vzorky testované vody. Toto měření je obvykle nazýváno jako „bottle test“, případně „jar test“. [6] Cílem měření je stanovit rychlostní konstantu k_b , která je závislá pouze na složení dopravované vody, její teplotě, přístupu světla. Tímto testem se eliminuje vliv povrchu potrubí (materiálu, přilehlé biomasy, koroze, sedimentů). [6] Aby tomu skutečně tak bylo, je potřeba perfektně vymýt lahve, ve kterých jsou následně vzorky uskladněny. V našem případě jsme testovali čistotu lahví takzvaným kontrolním vzorkem. Jednalo se o destilovanou vodu obohacenou chlorem, uskladněnou ve stejných lahvích jako zbytek vzorků, ve kterých se měřil pokles chloru v čase. V ideálním případě by pokles neměl nastat a koncentrace volného chloru by měla být konstantní a rovna počáteční koncentraci volného chloru.

Úbytek chloru může být modelován skrz kinetickou reakci prvního řádu. Hodnota k_b závisí na kvalitě testované vody, teplotě vody a obsahu celkového organického uhlíku ve vodě a stanovuje se na základě experimentálního měření. [7]

PŘÍPADOVÁ STUDIE – BRNO

Město Brno získává vodu ze tří zdrojů, konkrétně podzemní voda z Březové nad Svitavou, odkud je voda přiváděna dvěma březovskými přivaděči, dále pak voda upravovaná z Vírské přehrady, upravovaná úpravnou vody Švařec, a z řeky

Svratky, s úpravou vody v Pisárkách. Hlavní z těchto zdrojů je první zmíněný zdroj. Voda použita k testování byla z části Brno-Židenice, konkrétně z oblasti Staré Osady. Tato oblast se vyskytuje v tlakovém pásmu 1.0, kdy pro toto pásmo slouží tři napájecí uzly. Jedná se o VDJ Holé hory I, VDJ Preslova, případně ÚV Pisárky – ČS II. Toto pásmo je nejnižší pásmo zásobující nejrozsáhlejší oblast města. [8]

VÝSLEDKY

Voda testovaná v Brně byla voda kohoutková a bez přítomnosti chloru. Proto se do ní přidal chloman sodný a tím se dosáhla počáteční koncentrace volného chloru 1,84 mg/l. Měření v Brně probíhalo zhruba 30 hodin na vzorcích uskladněných při teplotě 6 °C. Ačkoli se jednalo o vodu z kohoutu, po přidání chloru proběhly okamžité reakce. Koncentrace chloru klesla během 3,5 hodin o 0,13 mg/l. Za reakce mohly nečistoty ve vodě, které se do ní dostaly z potrubí. Z tohoto důvodu se hodnoty uvažující pro výpočet k_b braly až od času 3,5 hodiny. Během následujících 26,5 hodin bylo naměřeno dalších 8 hodnot. Počáteční koncentrace volného chloru v čase $t = 0$ byla 1,84 mg/l, pro stanovení rychlostní konstanty byla zvolena jako počáteční koncentrace volného chloru hodnota 1,71 mg/l, která byla dosažena po 3,5 hodinách od počátku měření. Pokles volného chloru ve vzorcích během celého měření byl 0,03 mg/l a poslední naměřená hodnota byla 1,68 mg/l. Průběh poklesu koncentrace celkového chloru byl tomu přiměřený. Nízký pokles koncentrace chloru je způsoben faktem, že voda již jednou dezinfikována byla. Rychlost poklesu koncentrace taky ovlivnila nízká teplota uskladnění vzorků a vyšší počáteční koncentrace volného chloru.

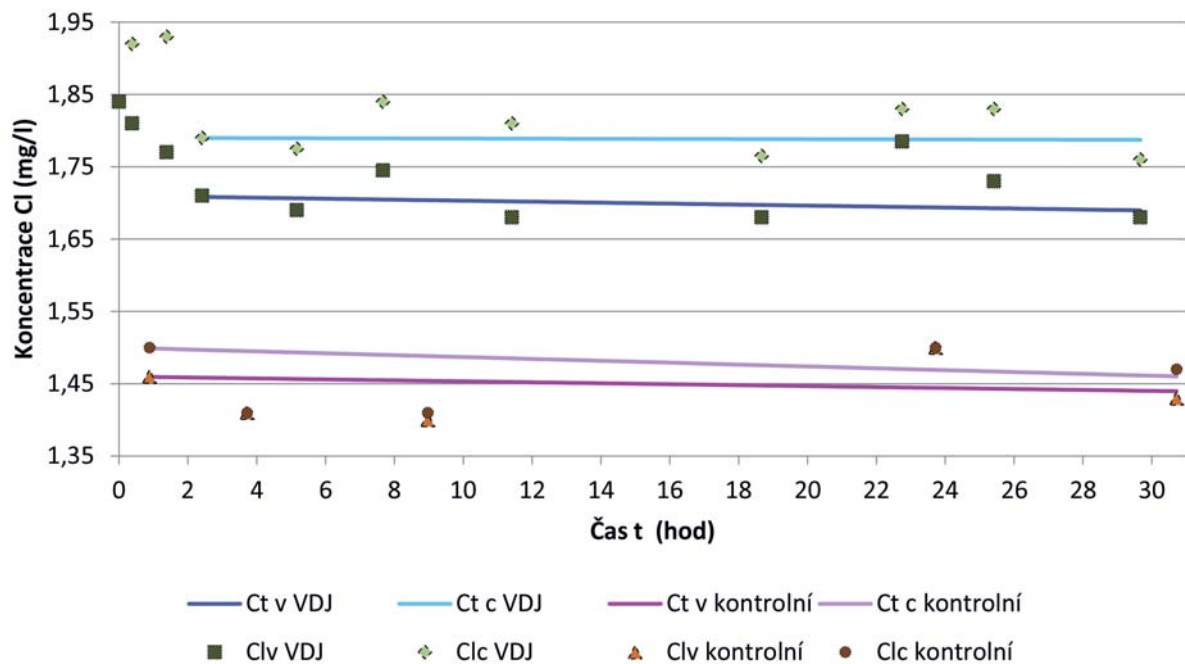
Výsledky hodnot naměřených na kontrolních vzorcích, kde měření trvalo stejně dlouho jako na vzorcích z vody ze sítě, jsou vyrovnané. Počáteční koncentrace volného chloru byla 1,46 mg/l, poslední naměřená hodnota 1,43 mg/l. Pohyb naměřených hodnot u kontrolního vzorku mohl být způsoben několika důvody, například špatně vymytými reagenčními lahvemi, vznikem vzduchových bublin, chybou měření, či nedostatečně rozmíchaným přidaným chlorem.

Zaznamenané výsledky jsou vidět v grafu č. 1. Jsou zde bodově vyznačeny skutečné naměřené hodnoty, které jsou proloženy křivkami stanovenými na základě hodnot dopočtených za pomoci metody nejmenších čtverců a kinetické rovnice prvního řádu.

Hledaná hodnota koeficientu k_b pro volný chlor vody ze sítě při teplotě 6,0 °C je rovna 0,010.

PŘÍPADOVÁ STUDIE – KATEŘINICE

Obec Kateřinice se nachází cca 5 km severovýchodním směrem od města Příbor. Území této obce náleží se rozléhá v údolí, obklopující oba břehy potoka Trnávka. Rozloha obce Kateřinice je cca 550 ha. [9] Mezi květnem a listopadem roku 2017 probíhala na vodovodní síti v Kateřinicích měřná kampaň. Cílem těchto měření bylo získání dat, dále sloužících pro kalibraci a verifikaci simulačního modelu poklesu koncentrace volného chloru.



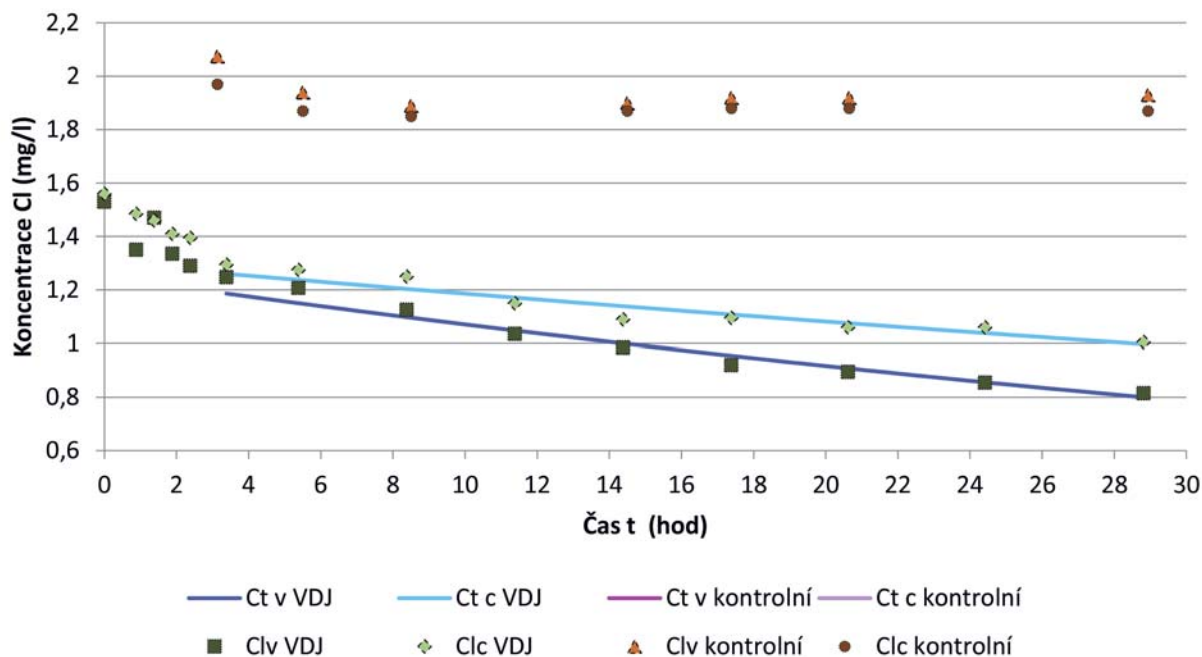
Graf 1 Průběh koncentrace chloru při teplotě 6,0 °C na kohoutkové vodě z Brna (Ct – dopočtené hodnoty, Cl – naměřené koncentrace, index „v“ – volný chlor, index „c“ – celkový chlor)

Voda byla odebrána z potrubí vyvádějící vodu z vodojemu. V době odběru vzorkované vody byl na vodojemu technický problém, který způsobil nefunkčnost čerpadla dávkující chlor do vody, a tak se opět jednalo o vodu s nulovou koncentrací volného chloru. Z těchto důvodů opět došlo k obohacení vody chlorem, a to přidáním chloračního prostředku, který byl odebrán na vodojemu a běžně se do něj přidává. Tento postup umožnil dvoje měření o dvou teplotách současně. Je potřeba zdůraznit fakt, že voda přišla do styku

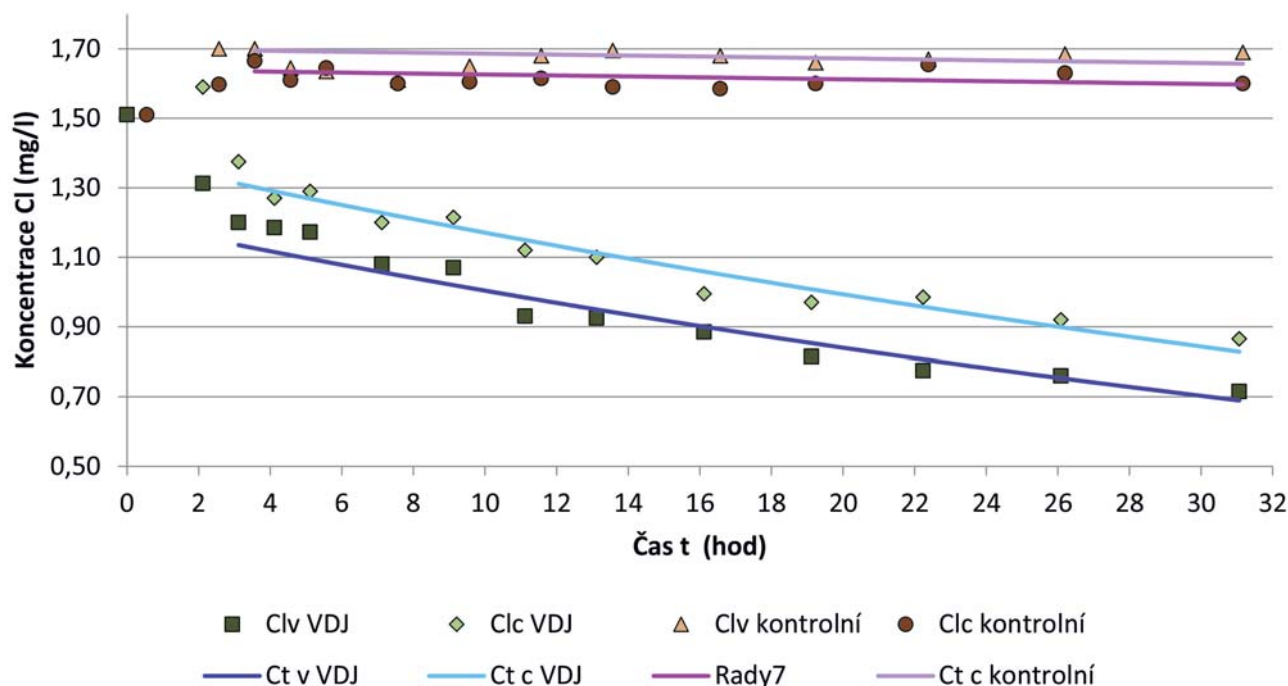
s chlorem poprvé. Průběh veškerých reakcí byl tímto faktem ovlivněn.

VÝSLEDKY PRVNÍHO MĚŘENÍ

Počáteční koncentrace volného chloru v těchto měřeních byly téměř totožné, jednalo se o hodnoty 1,53 mg/l pro teplotu 11,9 °C a 1,51 mg/l pro teplotu 16,4 °C. Počáteční koncentrace volného chloru, z kterých se vycházelo při



Graf 2 Průběh koncentrace chloru při teplotě 11,9 °C – Kateřinice, 1. Měření (Ct – dopočtené hodnoty, Cl – naměřené koncentrace, index „v“ – volný chlor, index „c“ – celkový chlor)



Graf 3 Průběh koncentrace chloru při teplotě 16,4 °C - Kateřinice, 1. Měření (Ct – dopočtené hodnoty, Cl – naměřené koncentrace, index „v“ – volný chlor, index „c“ – celkový chlor)

výpočtech rychlostního koeficientu rozpadu chloru, jsou 1,25 mg/l pro teplotu 11,9 °C a 1,20 mg/l pro teplotu 16,4 °C. pH odebrané vody z vodojemu bylo 7,7 a pH kontrolních vzorků 7,0.

Při porovnání těchto dvou měření při teplotách 11,9 °C a 16,4 °C je patrné, že pokles koncentrace chloru při nižší teplotě je menší a pomalejší než při teplotě vyšší. To je způsobeno pomalejšími reakcemi chloru s okolím. Pro nižší teplotu je rozdíl koncentrací volného chloru mezi počátečním měřením a měřením koncovým 0,71 mg/l, u vyšší teploty je tento rozdíl 0,79 mg/l. Rozdíl mezi těmito výsledky není nikterak markantní. Měření při 16,4 °C probíhalo zhruba o 2 hodiny déle, tudíž se dá předpokládat, že výsledný pokles koncentrace při teplotě 11,9 °C, při prodloužení měření, by byl ještě větší. Zvětšení rozdílu by se však pohybovalo v řádu tisícín, možná setin. Stejně tak je ale patrné, že sklon křivky, kterou jsou měřené hodnoty při vyšší teplotě proloženy, je větší než sklon, v jakém klesají hodnoty koncentrací u teploty nižší. Viz grafy č. 2 a 3.

Tento fakt je možné dokázat i matematicky, a to dosazením hodnot k_p do rovnice reakce prvního řádu. Čím větší je hodnota k_p , tím menší je pak hodnota koncentrace chloru v daný čas t . Dopčtené koeficienty k_p 0,372 (11,9 °C) a 0,428 (16,4 °C) toto tvrzení potvrzují. Ty však byly stanoveny z rozdílů koncentrací 0,43 mg/l pro teplotu 11,9 °C a 0,48 mg/l při 16,9 °C, získání hodnot koncentrací je popsáno v předchozím textu.

Výsledné hodnoty udávající rychlostní koeficienty rozpadu chloru v kontrolních vzorcích jsou skoro nulové. To znamená, že proložení naměřených bodů křivkou stanovenou na základě bodů dopčtených z rovnice pro reakci chloru prvního řádu, jsme dosáhli téměř vodorovné, neklesající křivky. Výkyvy

mohly být způsobeny několika důvody, které jsou stejné jako v předchozím měření – špatně vymytými reagenčními lahvemi, vznikem vzduchových bublin, chybou měření, či nedostatečně rozmíchaným přidaným chlorem. Ve výsledku tyto chyby nikterak zásadně neovlivní získané hodnoty a stanovené závěry měření.

VÝSLEDKY DRUHÉHO MĚŘENÍ

V tomto měření byly počáteční koncentrace volného chloru totožné, v obou případech byla tato hodnota 0,65 mg/l. Počáteční koncentrace volného chloru, ze kterých se vycházelo při výpočtech rychlostního koeficientu rozpadu chloru, jsou 0,41 mg/l pro teplotu 11,7 °C a 0,41 mg/l pro teplotu 16,1 °C. Testovaná voda měla pH 7,7.

Při vyšší teplotě byl pokles koncentrací volného chloru rychlejší. Pro teplotu 11,7 °C je rozdíl koncentrací volného chloru mezi počátečním měřením a měřením koncovým 0,39 mg/l, u vyšší teploty, 16,1 °C, je tento rozdíl 0,48 mg/l. V grafu č. 4 lze vidět rozdílný pokles koncentrací z původní shodné počáteční koncentrace pro obě teploty. Jsou zde bodově vyznačeny skutečné naměřené hodnoty, které jsou proloženy křivkami stanovenými na základě hodnot dopčtených za pomoci metody nejmenších čtverců a kinetické rovnice prvního řádu.

Dopčtené rychlostní koeficienty k_p dosahují hodnot 0,600 pro teplotu 11,7 °C a 0,895 pro teplotu 16,1 °C. Hodnoty potvrzují fakt, že s vyšší hodnotou k_p je menší hodnota koncentrace chloru v daný čas t . Koeficienty k_p byly opět stanoveny z rozdílů koncentrací 0,19 mg/l pro teplotu 11,7 °C a 0,24 mg/l při 16,1 °C, získání hodnot koncentrací oproti koncentracím 0,39 mg/l a 0,48 mg/l je popsáno v předchozím textu.

V porovnání s výsledky z prvního měření je též potvrzen fakt z literatury, který říká, že čím vyšší je počáteční koncentrace, tím nižší je hodnota k_p a naopak.

ZÁVĚR

Zkoumání úbytku chloru ve vodě pomocí „bottle testu“ se dělá po celém světě a každé provedení se v přípravě a postupu trochu liší. Většina autorů měření však vychází z postupu zpracovaném v článku *Factors which control bulk chlorine decay rates*, James C. Powell anebo podobný.

Koeficient k_p je funkcí vody proudící v potrubí (vodojemu, zásobního řádu, odbočné větve...), ne funkcí objektu jako takového.

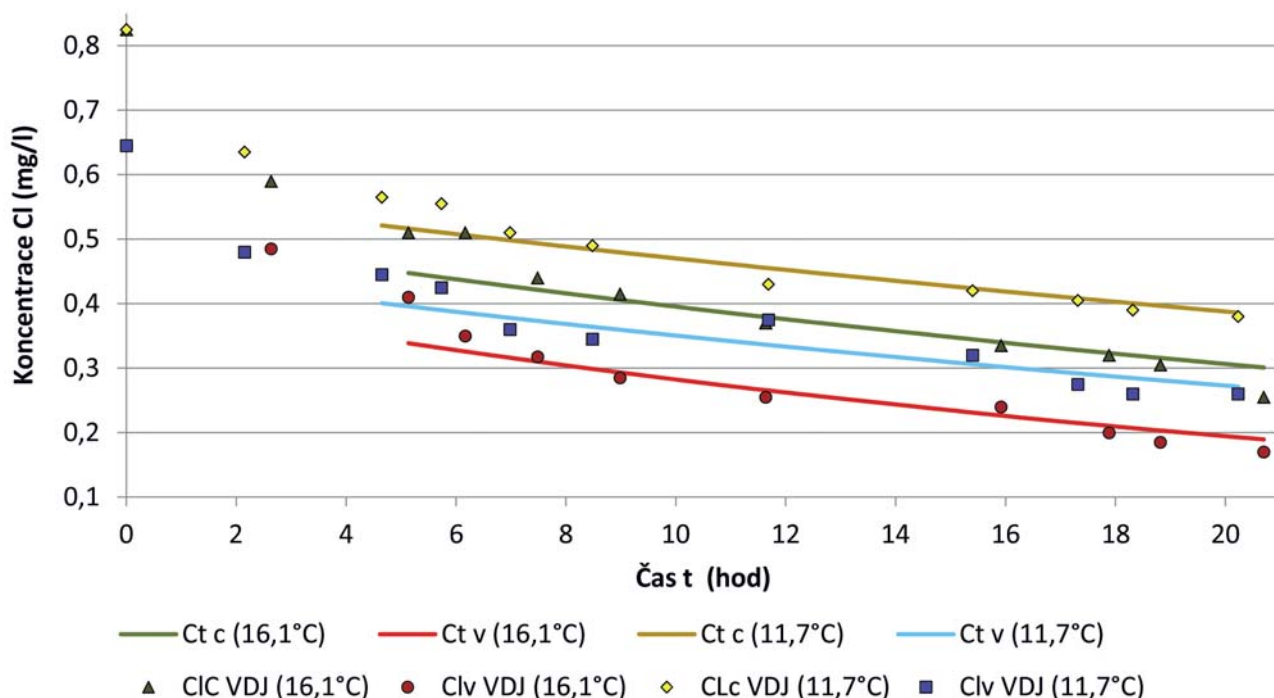
Ačkoli v rámci brněnského měření dochází k větším výkyvům naměřených hodnot, v porovnání s vodou z Kateřin

dosahují rychlostní koeficienty řádově jiných výsledků. Tento poznatek odpovídá tomu, že hodnoty naměřené v Brně jsou získány měřením na vodě kohoutkové a výsledky naměřené v Kateřinách jsou z vody, která přišla do styku s chlorem poprvé.

Závěrem lze říct, že měření potvrdilo fakta uváděná v literatuře.

- S vyšší teplotou dochází k rychlejším reakcím a vyšší hodnotě k_p .
- Vyšší počáteční koncentrace volného chloru zapříčiní nižší hodnotu k_p .

Pozn.: Článek byl zpracován z dat z diplomové práce, kterou jsem autor já, Ing. Hana Kolková. Název práce je *Rychlost rozpadu volného chloru ve vodovodní síti a byl přednášen na jarní Konferenci mladých výzkumníků 2019*.



Graf 4 Srovnání průběhů změny koncentrace chloru při teplotě 16,1 °C a 11,7 °C (Ct – dopočtené hodnoty, Cl – naměřené koncentrace, index „v“ – volný chlor, index „c“ – celkový chlor)

Literatúra:

- [1] Dezinfekce chlorem a jeho sloučeninami. VO-DA [online]. [cit. 2018-12-25]. Dostupné z: <https://www.vo-da.cz/encyklopedie-wiki/dezinfekce-chlorem-a-jeho-slouceninami/>.
- [2] SÝKORA, V., KUJALOVÁ, H., PITTER, P. 2016: *Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2016. ISBN 978-80-7080-949-5.
- [3] PITTER, P. 1999: *Hydrochemie*. 3. Vydavatelství VŠCHT, Praha 1999. ISBN 80-7080-340-1.
- [4] SLAVÍČKOVÁ, K., GRÜNWARD, A., SLAVÍČEK, M. 2016: *Sledování změn obsahu volného aktivního chloru při dopravě pitné vody*. Katedra zdravotního inženýrství, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, 2016.
- [5] RAJNOCHOVÁ, M., RUČKA, J. 2018: *Zásady získávání a přípravy dat pro kalibraci modelu jakosti pitné vody ve vodovodní síti*. Příspěvek na konferenci *Juniorstav 2018*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno 2018. ISBN 978-80-86433-69-1.
- [6] POWELL, J. C., WEST, J. R., HALLAM, N. B., FORSTER, CH. F., SIMMS, J.: Performance of various kinetic models for chlorine decay. In: *J. Water Resour. Plann. Manage.* 126(1). 2000, s. 13 – 20.
- [7] VASCONCELOS, J. J. et al. 1996: *Characterization and Modeling of Chlorine Decay in Distribution Systems*. U.S.A: AWWA Research Foundation, 1996. ISBN 0-89867-870-6.
- [8] Aktualizace Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje, územní celek Brno-město: A.2.5 Zásobování vodou v období „sucha“ [online]. In: *Jihomoravský kraj*, 2016 [cit. 2019-01-01].
- [9] Základní informace. Obec Kateřinice [online]. Kateřinice: Obec Kateřinice, 7. 9. 2011 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <http://www.katerinice.cz/obec/zakladni-informace/>.

Analýza súčasného stavu odkalanizovania mesta Nový Sad

Ing. Ivana Marko, Ing. Jaroslav Hrudka, prof. Ing. Štefan Stanko, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva

ÚVOD

Na území Srbska do roku 2000 nebolo približne 80% obyvateľov pripojených na verejnú stokovú sieť a iba 10% komunálnej a priemyselnej odpadovej vody podliehalo procesu čistenia. [1] Verejná stoková sieť bola vybudovaná iba v mestách ako sú Belehrad, Nový Sad, Subotica, Sombor a iné väčšie mestá, kým menšie obce a dediny komunálnu odpadovú vodu odvádzali do žump alebo septikov. Čistenie odpadových vôd, pokiaľ existovalo, bolo zväčša zabezpečené primárnym stupňom prečistenia (mechanické prečistenie), zriedkavo sekundárnym (biologické prečistenie) a ešte menej terciárnym (chemické prečistenie) stupňom prečistenia. Výstavba stokovej siete na území Srbska prebiehala najmä v 90. rokoch. Priemerný vek stokovej siete sa odhaduje na 35 až 40 rokov, pričom je nevyhnutné obnoviť 10 400 km kanalizačného potrubia a 359 objektov na čistenie odpadovej vody, čo predstavuje veľké investičné náklady do budúcnosti. [2]

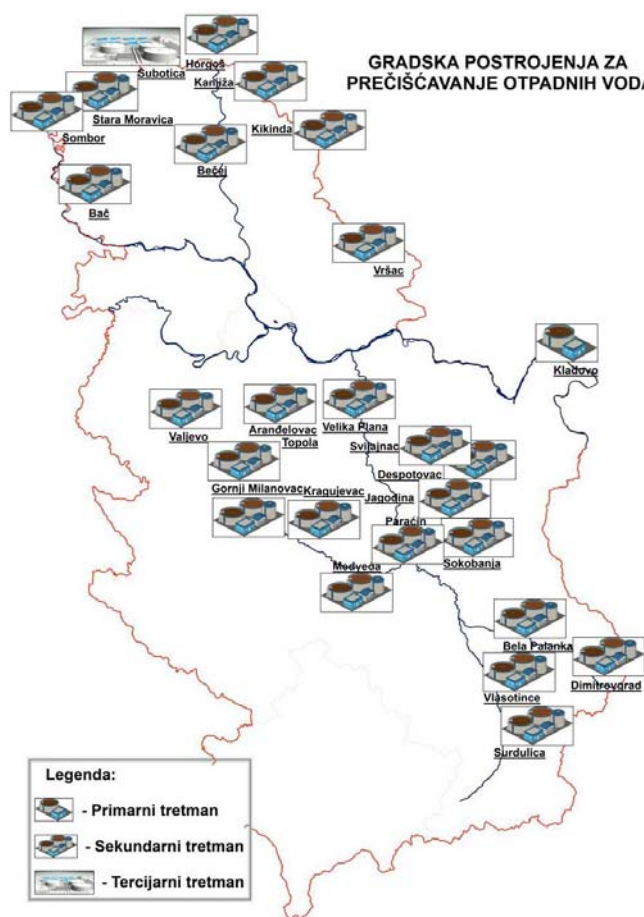
V posledných rokoch hromadne prebieha výstavba stokovej siete a následne i rekonštrukcie existujúcej. Cca 55% obyvateľov je napojených na verejnú kanalizáciu, čo predstavuje lineárny rast vzhľadom na predchádzajúce obdobie. [2] Na stokovú sieť je napojených niekoľko stoviek obcí a dedín vo Vojvodine a centrálnej časti Srbska, pokým južná časť krajiny je na tom o niečo horšie (obr. 1). V porovnaní s ostatnými krajinami v EÚ, kde je percentuálny podiel napojenia na verejnú kanalizáciu cca 95%, môžeme konštatovať, že kanalizačný systém v Srbsku nie je dostatočne rozvinutý a vyžaduje si veľké investičné náklady. [2] Na podklade štatistických údajov v roku 2017 sa výstavba verejnej kanalizácie zvýšila o 3,4% a napojenie obyvateľov na verejnú kanalizáciu o 1,0% vzhľadom na rok 2016. Taktiež sa zvýšilo i percento prečistených odpadových vôd o 4,4% v porovnaní s rokom 2016. [3] Bohužiaľ, i keď vo väčšine miest a obcí v Srbsku, hlavne vo Vojvodine a centrálnej časti Srbska, je vystavaná verejná stoková sieť, nie všetky domácnosti sú na ňu napojené a nie všetky odpadové vody podliehajú procesu prečistenia.

ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD V SRBSKU

V súčasnosti patrí Srbsko medzi krajiny s najnižším percentuálnym podielom prečistenia komunálnych a priemyselných odpadových vôd. Z celkového množstva vyprodukovaných komunálnych odpadových vôd je cca 58% odvedených do stokovej siete, pričom iba 12% podlieha procesu prečistenia a zvyšných 48% je bez akéhokolvek stupňa prečistenia

vypustených priamo do recipientu (rieky, jazera), následkom čoho dochádza k znehodnocovaniu kvality nielen povrchových, ale aj podzemných vôd. [1]

Na území Srbska sa v súčasnosti nachádza cca 39 objektov na čistenie odpadovej vody (obr. 1), z čoho iba 20 objek-



Obr. 1 Rozmiestenie ČOV na území Srbska [4]

to je v prevádzke a len 5 až 6 objektov spĺňa kritériá stanovené Európskou úniou (Smernica EÚ 91/271/EEC). [1] Väčšina objektov na čistenie odpadových vôd je situovaná v centrálnej a južnej časti Srbska, ako je znázornené na obrázku (obr. 1). Sú to malé čistiarnie odpadových vôd, ktoré zabezpečujú primárny (mechanický stupeň) a sekundárny (biologický stupeň) proces čistenia. Takýto druh čistiarní sa nachádza napr. v obci Rumenka, Velika Plana, Vršac, Gornji Milanovac,

Negotin a v iných menších obciach. Veľké mestá, ako sú Belehrad a Nový Sad, majú iba zastaraný mechanický stupeň prečistenia, ktorý v súčasnosti nie je funkčný, a komunálna odpadová voda sa vypúšťa priamo do recipientu (rieky Dunaj a Savi). Terciárny proces čistenia komunálnych odpadových vôd na území Srbska zabezpečujú iba dve čistiarene – ČOV v meste Subotica (obr. 2) a ČOV v obci Vrbas. [5]

Čistiareň odpadových vôd v Subotici bola vystavaná v 70. rokoch pre 150 000 EO. Pred rekonštrukciou ČOV zabezpečovala iba dva stupne prečistenia – mechanický a biologický stupeň. V roku 1989 na objekte prebiehala rekonštrukcia, počas ktorej bola zväčšená kapacita čistiarene z 15 400 m³/h na 26 000 m³/h. S cieľom splniť kritériá EÚ prebehla v roku 2009 ďalšia rekonštrukcia, pri ktorej bola čistiareň zväčšená o tretí stupeň úpravy – chemický stupeň čistenia. V súčasnosti patrí ČOV v Subotici medzi najväčšie čistiarene odpadových vôd na území Srbska a spĺňa kritériá EÚ. [6]

Čistiareň odpadových vôd pre obec Vrbas-Kula je novovytváraná čistiareň, ktorá bola v marci 2017 pustená do skúšobnej prevádzky. Je to v poradí druhá čistiareň na území Srbska, ktorá by mala spĺňať kritériá EÚ. Čistiareň je navrhnutá pre 120 000 EO vrátane priemyselných závodov a okolitých dedín, ktoré patria pod obec. Hlavným cieľom vybudovania tejto čistiarene bolo znížiť znečistenie Veľkého báčskeho kanálu, do ktorého sa vypúšťala odpadová voda a ktorý je súčasťou siete kanálu Dunaj-Tisa-Dunaj. [7]

CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA – NOVÝ SAD

Zaujímavá oblasť mesto Nový Sad sa nachádza v severnej časti Srbska známej ako oblasť Vojvodina. Leží v Juhobáčskom okrese na ľavom brehu Dunaja medzi hranicami Báčky

a Srijemu v Panónskej nížine a na severných svahoch Fruške hory. Podľa počtu obyvateľov (cca 389 000) je druhým najväčším mestom v Srbsku a zároveň aj hlavným mestom Autonomnej pokrajiny Vojvodiny. Spolu s päťnástimi prímestskými sídliskami (Veternik, Futog, Rumenka, Kysáč, Kaf, Kovil a iné) sa rozprestiera na 702,7 km², kým územie mesta samotného zaberá 129,4 km². Územie Nového Sadu je z geografického hľadiska rozdelené na dve časti, báčsku časť a srijemsku časť. Nadmorská výška z báčskej strany sa pohybuje v rozmedzí od 72 do 80 m n. m., pokým zo srijemskej strany je to o čosi vyššie – od 250 do 350 m n. m. Báčska časť je po ľavej strane Dunaja a tvorí ju Nový Sad, Veternik, Futog, Kysáč, Rumenka, Štepanovitevo, Begeč, Čenej, Kaf, Budisava, Kovil. Srijemska časť je po pravej strane rieky a patria sem osady ako Sremski Kamenica, Bukovac, Petrovaradin a Ledinci. Čez Nový Sad preteká rieka Dunaj v dĺžke cca 10 km, do ktorej sa vlieva Malý báčsky kanál, ktorý je časťou siete kanálu Dunaj-Tisa-Dunaj. [8 – 9]

HISTÓRIA VÝSTAVY STOKOVEJ SIETE

Výstavba prvej stokovej siete v Novom Sade sa začala koncom 19. storočia. V tomto období sa mesto rozprestieralo na 427 ha a žilo v ňom cca 21 500 obyvateľov. Do roku 1939 malo mesto 40 km dlhú stokovú sieť, ktorej hlavnou funkciou bolo odvedenie atmosférickej vody. [8] Historicky významný je rok 1953, kedy bol schválený projekt výstavby stokovej siete v meste, podľa ktorého je dodnes zadržaný koncept rozdelenia kanalizačnej siete na južný a severný hlavný zberač. [8] V rovnakom roku prebiehala aj výstavba čerpacích staníc ČS 1 a ČS 2 zabezpečujúcich odvod odpadovej vody do hlavného kolektora, ktorý ústi



Obr. 2 Výstavba stokovej siete v Novom Sade (rok 1953) [8]



Obr. 3 a Vypúšťanie OV do rieky Dunaj



Obr. 3 b Zaplavenie mesta počas prívateľného dažďa

do recipientu – rieky Dunaj. Postupným rozrastaním mesta, rozvojom priemyslu a urbanizácie okolo Nového Sadu vznikli prímestské osady, ako sú Veternik, Futog, Rumenka, Kysáč, Kaf a iné menšie osady, ktoré si z hygienických dôvodov vyžadovali výstavbu verejnej kanalizácie. Medzi prvé prímestské osady, v ktorých bola vybudovaná stoková sieť, patria Futog a Veternik (rok 1988). [8] Ostatné osady boli bez stokovej siete a odpadová voda z domácností sa odvádzala do domových žump (dokonca ešte niektoré osady takto fungujú).

Výstavba verejnej stokovej siete na území AP Vojvodiny prebiehala prevažne v 80. a začiatkom 90. rokov, neskôr sa realizovali iba nevyhnutné rekonštrukcie. Komunálna odpadová voda z domácností a priemyslu sa odvádzala do jednotnej stokovej siete, vo väčšine prípadov bola bez prečistenia vypustená do najbližšieho recipientu. Rýchly pokrok vo výstavbe verejnej kanalizácie sa zaznamenal v posledných desiatkach rokov, a to kandidovaním Srbska na budúceho člena EÚ a prijatím požiadaviek a zmien zákonov a smerníc (Smernica EÚ 91/271/EEC, Smernica EÚ 76/464 EEC, Smernica EÚ 91/676/EEC a Smernica EÚ 76/464/EEC). V súčasnosti v Novom Sade funguje prevažne jednotná stoková sieť vybudovaná v 90. rokoch, iba v niektorých (nových) štvrtiach mesta je vybudovaná delená stoková sieť. Viac ako polovica okolitých osád patriacich pod správu Nového Sadu má vybudovanú novú verejnú stokovú sieť, i keď nie všetci obyvatelia sú na kanalizáciu napojení. V osadách, ako je Rumenka, Stepanovitevo a Kovil, sa nachádza novovybudovaná čistiareň odpadovej vody s mechanickým stupňom prečistenia, odkiaľ sa prečistená voda privádza pomocou zberača do hlavného kolektora a vypúšťa do recipientu. [1, 8]

ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Hlavným nedostatkom odkanalizovania mesta Nový Sad, ako i prímestských osád je neadekvátne hospodárenie s odpadovými vodami. Odpadové vody z domácností, priemyselne OV, OV z objektov na chovanie dobytku a povrchové vody otekajúce z poľnohospodárskej pôdy, stavebného pozemku, skládky a komunikácií sú nekontrolovateľné a bez prečistenia vypúšťané do povrchových a podzemných vôd. Mesto Nový Sad vypustí ročne do rieky Dunaj cca 19 mil. m³ odpadovej vody z domácností a priemyslu, čím dochádza k znehodnoteniu kvality povrchovej vody v rieke a znečisteniu biodegradovateľnými organickými látkami. Vďaka schopnosti samočistenia a rozptýľil dôležité množstvá organickej hmoty je Dunaj schopný zachovávať si uspokojivú kvalitu vody, zatiaľ čo kanál Dunaj-Tisa-Dunaj a Malý báčsky kanál majú nižší stupeň samočistenia, a preto sú zaradené do II. triedy kvality vody. Hodnotenie kvality povrchových a podzemných vôd na území AP Vojvodiny vykonáva Hydrologický ústav. [9 – 11]

V súčasnosti hlavné mesto Autonómnej pokrajiny Vojvodiny nemá čistiareň odpadovej vody, čo znamená, že odpadová voda z domácností sa vypúšťa priamo do recipientu – rieky Dunaj (obr. 3 a). Preto je najväčšou prioritou mesta vybudovanie novej ČOV. Ďalším vážnym problémom je nakladanie s dažďovými vodami v meste. Atmosférické odpadové vody sú vo väčšej časti mesta odvádzané do jednotnej stokovej siete, následkom čoho dochádza počas prívateľných dažďov k jej zafarbeniu a následne k zaplaveniu komunikácií, ale i okolitého územia. Odvodňovacie žľaby sú upchaté a kapacita stokovej siete nepostačujúca (obr. 3 b), preto je potrebné vykonať rekonštrukciu stokovej siete v jednotlivých úsekoch. [9 – 11]

Do budúcnosti je už naplánovaná výstavba ČOV pre mesto Nový Sad, ktorá by mala obsahovať všetky tri stupne prečistenia odpadovej vody z domácností a zároveň spĺňať požiadavky EÚ. Čistiareň sa má nachádzať v priemyselnej zóne Sever IV medzi komunikáciou Nový Sad – Kaf a diaľnicou E75 (Belehrad – Subotica). Čistiareň je kapacitne navrhnutá i na prečistenie odpadovej vody z okolitých osád prislúchajúcich pod správu Nového Sadu. Taktiež je naplánovaná rekonštrukcia starých úsekov kanalizačnej siete a dostavba v nových častiach mesta. [9 – 11]

ZÁVER

V súčasnosti je odkanalizovanie obcí na území Nového Sadu uspokojujúce, i keď nie na požadovanej úrovni. Veľký problém predstavuje vypúšťanie komunálnych a priemyselných odpadových vôd do recipientu – rieky Dunaj a Malého báčskeho kanálu bez predchádzajúceho prečistenia. Tým dochádza k znehodnoteniu nielen povrchovej vody, ale i podzemných zdrojov pitnej vody, ktoré sa nachádzajú v bezprostrednej blízkosti Dunaja. Prijatie smerníc EÚ poukazujúcich na ochranu vody a emisné a imisné hodnoty odpadovej vody malo značný vplyv na odpadové hospodárstvo. Mesto Nový Sad začalo výrazne investovať do výstavby

verejnej stokovej siete a príslušných objektov, ako i objektov na čistenie odpadových vôd. Vo väčšine obcí patriacich pod správu Nového Sadu sa v súčasnosti nachádza verejná kanalizácia a niektoré obce majú i vlastné čistiarene odpadových vôd s primárnym alebo sekundárnym stupňom úpravy. Do roku 2025 je naplánovaný rozsiahly projekt – obnova starej stokovej siete v meste Nový Sad, vyriešenie problému s atmosférickými vodami a výstavba čistiarene odpadovej vody, ktorá by mala zabezpečovať terciárny stupeň prečistenia odpadovej vody. Štát taktiež prijal rozhodnutie, že do roku 2025 musia mať všetky priemyselné závody, ako sú mäsiarne, mliekare a iné podniky produkujúce chemicky inú, ako je odpadová voda z domácností, vlastnú čistiareň odpadovej vody.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol za podpory grantu „Mladý výskumník STU“ financovaného z centrálnych zdrojov rektorátu STU v Bratislave riešeného na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty STU v Bratislave, Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0203 a Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV projekt č. 1/0574/19.

Literatúra:

- [1] Veljković, N., Petrović, Z., Šotić, A., Cibulić, V. 2018: *Perspective on implementation of the eu urban waste water treatment directive in Serbia*. Voda i sanitarna tehnika, XLVII (1), s. 5 – 16, 2018.
- [2] Vodovod a kanalizácia (Srb.). List javnog komunalnog preduzeća „Vodovod i kanalizacija“ Novi Sad, Decembar, 2018, br. 320, online: <https://www.vikns.rs/publikacije/>.
- [3] Republičký štatistický úrad, Štatistika životného prostredia, Odpadové vody z obcí, 2017. č. 128, 2017, ISSN 0353-9555.
- [4] Čistiarene odpadových vôd na území Srbska, online: <https://staklenozvono.rs/2017/10/kakvo-je-upravljanje-vodama-u-srbiji/slide-1-7/>.
- [5] Dalmacija, B. a kol. 2009: *Stratégia zásobovania vodou a ochrana vody v AP Vojvodine (Srb.)*. Univerzita u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, Katedra za hemisku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad 2009.
- [6] Janvo komunalno preduzeće Vodovod i Knalizacija Subitica, online: <http://www.vodovodsu.rs/14-Preciscavanje-otpadnih-voda> (16. 6. 2019).
- [7] Janvo komunalno preduzeće Vrbas, online: <http://komunalacvrbas.rs/Profil/POCETNA> (14. 6. 2019).
- [8] Geografická poloha Nového Sadu, online: <https://sites.google.com/site/novisad791993/geografski-polozaj> (12. 6. 2019).
- [9] Javno komunalno preduzeće vodovod i kanalizacija Novi Sad, online: <https://www.vikns.rs/istorijat/?pismo=lat> (16. 6. 2019).
- [10] Pavlović, V. a kol. 2011: *Regionálny plán AP Vojvodine do 2020 roku (SRB.)*. Pokrajinski sekretar za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine, Novi Sad 2011.
- [11] Čerň, J. 2011: *Vodné hospodárstvo Republike Srbskej (Srb.)*, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodopoprivrede Republike Srbije, Institut za vodoprivredu, Beograd 2011.



Jako, s.r.o.

aktivní uhlí, antracit
UV-dezinfekce

tel.: +420 283 981 432
+420 603 416 043

fax: +420 283 980 127
www.jako.cz
e-mail: jako@jako.cz



Podvečer na Železnej Studienke, M. Rimarčíková

Složení jemných nezpevněných sedimentů ve vodovodní síti

Ing. Markéta Rajnochová, Ing. Jan Ručka, Ph.D., Ing. Tomáš Sucháček

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

ÚVOD

Příspěvek se zabývá složením jemných nezpevněných sedimentů, které se běžně vyskytují ve vodovodních sítích. Tyto jemné částice, které sediment tvoří, mohou pocházet z různých zdrojů. Nejčastěji se jedná o: (1) jemné jílovité částice z horninového prostředí podzemního zdroje, který je přetížen sufozí, (2) horninový materiál z dřívějších poruch potrubí, resp. oprav, kdy došlo k vniku zeminy do potrubí, (3) částice pronikající do vodovodní sítě z úpravní vody vlivem nesprávně fungující filtrace, (4) částice vznikající korozí kovových povrchů potrubí, (5) materiál vznikající při degradačních procesech v biologicky nestabilní dopravované vodě, (6) částice pocházející z rozpadu biofilmu. [1] Jemný materiál v potrubí buď přímo vzniká, nebo se do něj dostává z vnějšího prostředí. Přítomnost sedimentů ve vodovodní síti je nežádoucí, jelikož má negativní vliv na jakost dopravované vody a také může způsobovat provozní problémy, zejména náhodné zákalové události.

Intenzita zákalové události, doba jejího trvání a dopad na spotřebitele, je závislá na množství jemného sedimentu v potrubí, a také aktuálních hydraulických podmínkách ve vodovodní síti. Například za rok 2014 bylo evidováno 47 986 stížností zákazníků vodárenských společností dodávajících pitnou vodu na území Anglie a Walesu. Tyto stížnosti se týkaly zakalené vody dodávané domácnostem a průmyslu, přičemž zákazníci zákal hlásili jako „dirty tap water“ [2]. Je prokázáno, že ve vodovodních sítích jsou úseky, které jsou náchylnější k usazování jemných sedimentů. Také jsou ale úseky, kde je zajištěna samočistící schopnost potrubí, a sedimenty se zde dlouhodobě neusazují. Samočistící schopnosti je dosaženo překročením určitého smykového napětí, které na stěnách potrubí vyvolá proudící voda. Toto smykové napětí se stanoví výpočtem a jeho velikost ovlivňuje, mimo jiné, také rychlost proudící vody v potrubí. Velmi zjednodušeně se za dostatečnou prevenci proti vzniku sedimentů považuje, když se v daném úseku potrubí pravidelně dosahuje rychlosti proudění alespoň 0,4 m.s⁻¹. [3] Z různých historických důvodů a také z důvodů zajištění požární vody je však v ČR až 75% potrubí předimenzováno [4] a z tohoto důvodu není tato minimální proplachovací rychlost dosahována. Ve většině vodovodních sítí tak dochází k postupnému dlouhodobému usazování sedimentu v potrubí. Sedimenty následně mohou v potrubí sloužit jako zdroj živin pro bakterie a podpořit jejich opětovný růst [5, 6]. Složení sedimentů v potrubí se evidentně liší případ od případu. Z dostupných studií však vyplývá, že převážnou část sedimentu tvoří anorganické částice, a menší část částice organického původu, které mohou být silně kolonizovány

mikroorganismy a makroorganismy. Sediment kromě toho, že poskytuje mikroorganismům úkryt a rozhraní, na němž mohou proliferovat, je také chrání před účinkem dezinfekčního činidla a zapřičiňuje jeho vyšší spotřebu. [1] V neposlední řadě při změně hydraulických podmínek ve vodovodní síti dochází k rozvíření akumulovaných sedimentů v potrubí a vzniku zákalové události, která způsobuje především organoleptické závady vody. Složení sedimentů a jeho vliv na opětovný růst bakterií a jejich diverzitu ovlivňuje z velké části materiál potrubí. [7, 8] Sedimenty z vodovodní sítě lze z potrubí odstranit řízeným proplachem potrubí. Aby byl proplach účinný, bezpečný a efektivní, měl by respektovat pravidla řízeného proplachu. [9]

ŘÍZENÝ PROPLACH VODOVODNÍ SÍTĚ

Cílem řízeného proplachu je vypláchnout sediment kompletně z celé vodovodní sítě a provést to: (1) zcela, (2) bezpečně, řízeně a po celou dobu proplachu mít pod kontrolou hydraulické chování vodovodní sítě, (3) efektivně s minimálními přejezdy mezi hydranty a s minimální spotřebou pitné vody a (4) s minimálním dopadem na komfort odběratelů. [9]

PŘÍPADOVÁ STUDIE – VODOVODNÍ SÍŤ CENTRA MĚSTA

Problematikou složení jemných nezpevněných sedimentů se zabývá výzkumný projekt Technologické agentury České republiky TAČR Zéta I. č. T J01000296 s názvem „Řízení jakosti pitné vody ve vodovodních sítích“ a projekt specifického výzkumu FAST-J-19-6066 s názvem „Doba vlivu řízeného proplachu vodovodního potrubí na vybrané ukazatele jakosti pitné vody“. V rámci řešení projektu byl proveden řízený proplach vodovodní sítě centra města, které zahrnuje celkem 31,4 km vodovodní sítě a zásobuje cca 15 tisíc spotřebitelů. Sedimenty z potrubí byly odebírány v průběhu řízeného proplachu na 37 místech. Poté byly vzorky podrobeny rozboru v akreditované laboratoři.

SLOŽENÍ JEMNÝCH NEZPEVNĚNÝCH SEDIMENTŮ VE VODOVODNÍ SÍTI

Ve složení jemných nezpevněných sedimentů, které byly z vodovodního potrubí vypláchnuty během řízeného proplachu, byly sledovány mikrobiologické, chemické a biologické ukazatele. Z mikrobiologických ukazatelů byly kultivovány: bakterie *Escherchia Coli*, koliformní bakterie, enterokoky, *Clostridium perfringens*, kolonie kultivovatelné při 22 °C



Obr. 1 Jemné nepevněné sedimenty vypláchnuté z vodovodní sítě během řízeného proplachu

a při 36 °C. Mikroskopicky byl zjišťován také abioseston a bioseston, přičemž nálezy byly podrobněji popsány a také byly kvantifikovány počty jedinců ve vzorku. Z chemických ukazatelů byly zjišťovány ukazatele: zákal, železo, CHSK.

Voda se suspendovanými částicemi jemných sedimentů, která byla podrobena rozboru, vykazovala hodnoty zákalu v rozmezí od 26 Z_F do 1086 Z_F, I přes fakt, že zkoumaný vodovod za běžných provozních podmínek splňuje limity dané vyhláškou 252/2004 Sb. a je provozovatelem považován za téměř bezproblémový z hlediska jakosti distribuované vody, byly ve vzorcích vody nalézány všechny indikátorové organismy, které stanovuje vyhláška 252/2004 Sb., některé i ve velmi vysokých počtech.

V ukazateli **Escherichia Coli** byly v sedimentu stanovovány hodnoty od 0 KTJ/100 ml po 630 KTJ/100 ml.

Tato bakterie se běžně nachází v trávicím traktu teplokrevných živočichů. Její přítomnost ve vzorku vody bývá interpretována jako čerstvé fekální znečištění i přesto, že je známo, že se může množit i v sedimentech. [10] Absence E. coli ve vzorku vody však neznamená, že se ve vodě nemohou nacházet jiné fekální patogeny, protože enterické viry a prvoci jsou k desinfekci více rezistentní a mohou ve vodě lépe přežívat. E. coli se mohou zakomponovat do biofilmu přítomného na stěnách potrubí. Doba přežití těchto bakterií v síti je závislá

na podmínkách prostředí a je kmenově specifická. [1, 11]

Interval vykultivovaných počtů kolonií **koliiformních bakterií** v sedimentu byl od 0 KTJ/100 ml po 20 000 KTJ/100 ml.

Jejich přítomnost v pitné vodě ve vodovodní síti značí vnik kontaminace z venkovního prostředí do sítě a nedostatečnou dezinfekci pitné vody. Jejich zvýšené hodnoty však neznamenají hygienicky významné fekální znečištění, neboť koliiformní bakterie se vyskytují přirozeně v okolním prostředí, v půdě, na listech rostlin apod. [12]

Interval vykultivovaných počtů kolonií enterokoků v sedimentu byl od 0 KTJ/100 ml po 530 KTJ/100 ml.

Tyto bakterie jsou také vnímány jako indikátor fekálního znečištění. V půdě a v povrchové vodě se bez předchozí fekální kontaminace běžně nevyskytují. [12] Enterokoky jsou ve srovnání s E. coli a koliiformními bakteriemi odolnější vůči působení desinfekčních činidel a lépe odolávají nepříznivým podmínkám. V proudící vodě však dlouho nepřežívají a preferují sedimenty usazené v potrubí. Jejich přítomnost v proudící vodě tudíž naznačuje velmi nedávné fekální znečištění. [10]

Interval vykultivovaných počtů kolonií *Clostridium perfringens* v sedimentu byl od 0 KTJ/100 ml po 110 KTJ/100 ml.

Tyto bakterie se vyznačují schopností vytvářet endospory. [13] Spory chrání bakterii před nepříznivými podmínkami



Obr. 2 Vzorky odebrané vody se suspendovanými jemnými sedimenty



prostředí a mohou přežívat až roky. Klostridia se běžně vyskytují v trávicím traktu teplotokrevných živočichů a jsou proto chápány jako indikátorové organismy fekálního znečištění. Díky jejich značné odolnosti však není možné říci, kdy ke kontaminaci došlo. Ve vodě ani v sedimentech se klostridia nemnoží. [10] Dle literatury *C. perfringens* slouží jako indikátorový organismus pro zjištění přítomnosti parazitických prvoků (*Giardia* spp. a *Cryptosporidium* spp.) ve vodě. *Giardia* ani *Cryptosporidium* by se neměla být schopná v pitné vodě, ani v sedimentech rozmnožovat, rozmnožují se pouze v hostiteli. *Cryptosporidium* dokáže ve vodním prostředí přežívat až několik měsíců, *Giardia* několik týdnů až měsíc. [14] Ty jsou velmi odolné k desinfekčním činidlům a výše zmíněné indikátorové organismy, které jsou k desinfekčním látkám citlivější, nedokáží jejich přítomnost indikovat.

Ukazatel počty kolonií kultivovatelných při 22 °C se vyskytoval v intervalu od 4 KTJ/ml do 28 000 KTJ/ml. Počty kolonií při 22 °C je obecný ukazatel jakéhokoliv znečištění a má za úkol upozornit na možnost nějakého problému. Je důležité si uvědomit, že narostlé kolonie reprezentují pouze malou část přítomných heterotrofních bakterií, a to tu, které vyhovuje dané růstové médium, daná teplota a kultivační doba. [15] Výskyt těchto bakterií nemá hygienický význam, ale značí přítomnost živin ve vodě, které mohou být využívány bakteriemi, které pronikají do vodovodní sítě z vnějšího prostředí.

Ukazatel počty kolonií kultivovatelných při 36 °C se vyskytovaly v intervalu od 1 KTJ/ml do 20 000 KTJ/ml. Výskyt těchto kolonií může a nemusí mít hygienický význam. Ve vodě přežívají po krátkou dobu, protože je pro ně voda ve vodovodní síti příliš studená. Ve spektru indikátorových organismů dle vyhlášky 252/2004 Sb. jsou tyto organismy důležitým indikátorem mikrobiologického znečištění organismy, které preferují prostředí teploty blízké teplotě lidského těla. Z tohoto důvodu pro jejich výskyt také vyhláška stanoví přísnější limity.

V následující tabulce 1 jsou přehledně uvedeny nejvyšší hodnoty vykultivovaných bakterií, které byly nalezeny ve vzorcích vody během řízeného proplachu vodovodní sítě.

Intervaly hodnot chemických ukazatelů vzorků odebrané vody během řízeného proplachu uvádí tabulka 2.

Mikroskopické nálezy ve vzorcích odebrané vody během proplachu byly následující:

Bioseston: konidie, háďátka, nálevníci, kryténky, železité bakterie, živé centrické rozsivky, chlorophyta, bezbarví bičíkovci, chrysococcus sp. kephyrion sp. a další.

Abioseston: drobné kamínky, sraženiny železa, křemičité úlomky, rez, schránky centrických rozsivek, manganové sraženiny, uhličitánové krystalky, schránky nálevníků, pylová zrna, zbytky korýšů a další.

Vzorky vody se suspendovanými částicemi jemných sedimentů byly během řízeného proplachu odebírány na různých místech z podzemních hydrantů. Jejich rozmístění ve vodovodní síti

je patrné z obr. č. 3. Rozboru bylo podrobeno 37 odebraných vzorků z celkového počtu 136 míst, kde se voda během řízeného proplachu vypouštěla.

ZÁVĚR

V rámci řešení případové studie byl proveden řízený proplach vodovodní sítě centra města, během kterého byly odebírány vzorky vody se suspendovanými jemnými sedimenty, které byly podrobeny laboratornímu rozboru. Bylo zjištěno, že vlastnosti sedimentů jsou závislé na materiálu, stáří a celkovém technickém stavu potrubí, s čímž souvisí také výskyt poruch potrubí. Také bylo ověřeno, že výskyt mikroorganismů v sedimentech ovlivňuje jakost vody, která do vodovodní sítě vstupuje z vodního zdroje. Rozsah jednotlivých ukazatelů byl stanoven dle vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Ve vzorcích vody se hojně vyskytovaly fekální mikroorganismy, které dosahovaly vykultivovaných hodnot až několika desítek KTJ na 100 ml. Dále byly nacházeny živé i mrtvé organismy především prvoci a hlístice. Zajímavým zjištěním bylo, že dle literatury *C. perfringens* slouží jako indikátorový organismus pro zjištění přítomnosti parazitických prvoků (*Giardia* spp. a *Cryptosporidium* spp.) [14] Tuto souvislost se nám nepodařilo potvrdit, neboť ve vzorcích, kde se i hojně vyskytovaly *Clostridie p.* (250 KTJ/ml), nebyli tito prvoci nalezeni.

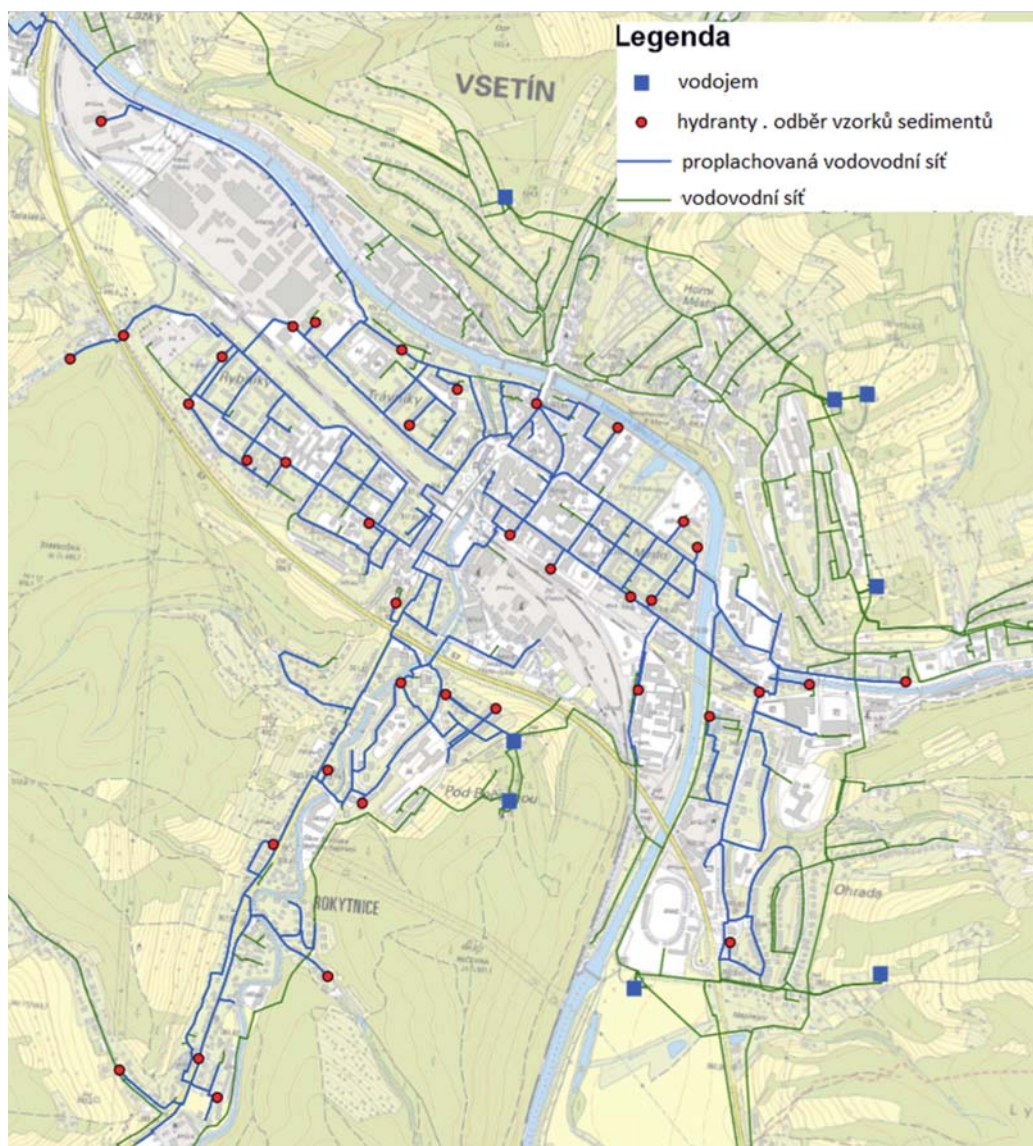
Na závěr je nutno zdůraznit, že provozovatel vnímá tento vodovod jako bezproblémový. Při běžném provozu vodovodní sítě jsou vzorky pravidelně odebírány a voda splňuje limity dané vyhláškou 252/2004 Sb. To naznačuje, že bakterie jako jsou *E. Coli*, enterokoky, *Clostridie*, či koliformní bakterie dokáží v sedimentech přežívat, případně se i množit. Za běžných hydraulických podmínek a běžného provozu vodovodní sítě jsou tyto bakterie ukryté v sedimentu, nebo biofilmu a do proudící vody se neuvolňují. Ale ve chvíli, kdy nastane ve vodovodní síti změna proudění, ať už vlivem poruchy na síti, či vlivem odběru požární vody, se tyto sedimenty dostávají do vznosu a vytvoří zákal vody. Společně s částicemi

Tab. 1 Rozmezí hodnot vykultivovaných bakterií ve vzorcích vody během proplachu

Mikrobiologický ukazatel	Nejvyšší nalezená hodnota	Nejnižší nalezená hodnota	Limit daný vyhláškou 252/2004 Sb.
kultivovatelné b. 36°C KTJ/ml	20 000	1	Bez abnormálních změn, nebo 40 KTJ/ml
kultivovatelné b. při 22°C KTJ/ml	28 000	4	Bez abnormálních změn, anebo 200 KTJ/ml
<i>Escherichia Coli</i> KTJ/100 ml	630	0	0 KTJ/100 ml
Koliformní bakterie KTJ/100 ml	20 000	0	0 KTJ/100 ml
Enterokoky KTJ/100 ml	530	0	0 KTJ/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i> KTJ/100 ml	110	0	0 KTJ/100 ml

Tab. 2 Rozmezí hodnot chemických ukazatelů ve vzorcích vody během proplachu

Chemický ukazatel	Nejvyšší nalezená hodnota	Nejnižší nalezená hodnota	Limit daný vyhláškou 252/2004 Sb.
Zákal ZFt	1086	25,8	5
CHSK	69,5	0,6	3
Fe	121,8	2,0	0,2



zákalu se do vody uvolní také bakterie, které proudící voda unáší dál do vodovodní sítě.

Poděkování: Výzkumné aktivity, jichž je tento příspěvek výsledkem, jsou financovány z rozpočtu grantového projektu Technologické agentury ČR s názvem „Řízení jakosti pitné vody ve vodovodních sítích“, registrační číslo TJ01000296, a dále z rozpočtu projektu „Doba vlivu řízeného proplachu vodovodního potrubí na vybrané ukazatele jakosti pitné vody“, registrační číslo FAST-J-19-6066, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Obr. 3 Situace proplachované vodovodní sítě s vyznačením míst odběru vody pro rozbor

Literatúra:

- [1] Kooij, D. 2014: *Microbial Growth on Drinking – Water Supplies*. London: IWA Publishing, 2014. s. 261 – 278. ISBN 9781780400402.
- [2] Drinking water inspectorate. 2015. *Drinking water quality in England: the position after 25 years of regulation*. London, ISBN 978-1-905852-95-6.
- [3] Husband, S., Boxall, J. B., Saul, A. J. 2008: *Laboratory studies investigating the processes leading to discoloration in water distribution networks*. *Water Research* 42(16), 4 309 – 4 318. DOI: 10.1016/j.watres.2008.07.026.
- [4] Europump and Hydraulic Institute. 2004. *Variable speed pumping: a guide to successful applications*. New York: Elsevier, 2004. ISBN 18-561-7449-2.
- [5] Gauthier, V., Gérard, B., Portal, J.-M., Block, J.-C., Gatel, D. 1999: *Organic matter as loose deposits in a drinking water distribution system*. *Water Research* 33(4), 1 014 – 1 026. DOI: 10.1016/S0043-1354(98)00300-5. ISSN 00431354.
- [6] Carrière, A., Gauthier, V., Desjardins, R., Barbeau, B. 2005: *Evaluation of loose deposits in distribution systems through: unidirectional flushing*. *Journal – American Water Works Association*. 97(9), 82 – 92. DOI: 10.1002/j.1551-8833.2005.tb07474.x. ISSN 0003150X.
- [7] Niquette, P., Gauthier, V., Desjardins, R., Barbeau, B., Gatel, D. 2005: *Impacts of pipe materials on densities of fixed bacterial biomass in a drinking water distribution system: unidirectional flushing*. *Water Research*. 34(6), 1 952 – 1 956. DOI: 10.1016/S0043-1354(99)00307-3. ISSN 00431354.
- [8] Douerelo, I., Husband, S., Boxall, J. B. 2014: *The bacteriological composition of biomass recovered by flushing an operational drinking water distribution system*. Elsevier. (54), 100 – 114.
- [9] Ručka, J., Kovář, J. 2014: *Řízení proplachy vodovodních sítí*. In *Provoz vodovodů a kanalizací*. 2014. SOVAK – sdružení obor vodovodů a kanalizací. Libeň, ČR: Medim, spol. s r. o., 2014. s. 105 – 109. ISBN: 978-80-87140-36-9.
- [10] Desmarais, T. R., Solo-Gabriele, H. M., Palmer, C. J. 2002: *Influence of Soil on Fecal Indicator Organisms in a Tidally Influenced Subtropical Environment*. *Applied and Environmental Microbiology*. [online]. 2002, 68(3), 1 165 – 1 172 [cit. 2018-12-16]. DOI: 10.1128/AEM.68.3.1 165-1 172. 2002. ISSN 0099-2240. Dostupné z: <http://aem.asm.org/cgi/doi/10.1128/AEM.68.3.1165-1172.2002>.
- [11] Abberton, C. L., Bereschenko, L., Van Der Wielen, P. W. J. J., Smith, C. J., Schaffner, D. W. 2016: *Survival, Biofilm Formation, and Growth Potential of Environmental and Enteric Escherichia coli Strains in Drinking Water Microcosms*. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 2016, 82(17), 5 320 – 5 331. [cit. 2018-06-04]. DOI: 10.1128/AEM.01569-16. ISSN 0099-2240. Dostupné z: <http://aem.asm.org/lookup/doi/10.1128/AEM.01569-16>
- [12] Cabral, J. P. S. 2010: *Water Microbiology, Bacterial Pathogens and Water*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2010, 7(10), 3657-3703 [cit. 2018-12-16]. DOI: 10.3390/ijerph7103657. ISSN 1660-4601. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1660-4601/7/10/3657>.
- [13] Sedláček, I. 2007: *Taxonomie prokaryot*. Masarykova univerzita, Brno 2007. ISBN 80-210-4207-9.
- [14] Buadišová, D. 2017: *Metody mikrobiologického rozboru vody: (příručka pro hydroanalytické laboratoře)*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha 2017. ISBN 978-80-87402-61-0.
- [15] Allen, M. J., Edberg, S. C., Reasoner, D. J. 2004: *Heterotrophic plate count bacteria – what is their significance in drinking water?* *International Journal of Food Microbiology* [online]. 2004, 92(3), 265 – 274 [cit. 2018-12-17]. DOI: 10.1016/j.jfoodmicro.2003.08.017. ISSN 01681605. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160503004537>.



VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA BRATISLAVA

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku
Asociácia vodárenských spoločností
Asociácia čistiarenských expertov SR
Slovenská vodohospodárska spoločnosť, člen ZSVTS
Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS

vás pozývajú na

11. BIENÁLNU KONFERENCIU S MEDZINÁRODNOU ÚČASŤOU REKONŠTRUKCIE STOKOVÝCH SIETÍ A ČISTIARNÍ ODPADOVÝCH VÔD

Podbanské, 15. – 17. október 2019

Konferencia je organizovaná pod záštitou ministra životného prostredia SR

Tematické okruhy konferencie:

- legislatívne a koncepcné východiská pre výstavbu a modernizáciu ČOV a stokových sietí
- rekonštrukcia, intenzifikácia a obnova stokových sietí a ČOV
- ekonomické hľadiská a nástroje investičných akcií v oblasti stokových sietí a ČOV vrátane využitia prostriedkov z fondov EÚ
- progresívne metódy čistenia odpadových vôd a spracovania kalov
- vzťah stokovej siete k ČOV, špecifiká rozsiahlych stokových sietí
- vody z povrchového odtoku
- prevádzkové skúsenosti z rekonštruovaných ČOV a stokových sietí
- prevádzka stokových sietí a ČOV, krízové stavy a havárie
- špecifiká prevádzky priemyselných ČOV
- nové technologické postupy pri výstavbe, rekonštrukcii a obnove stokových sietí a ČOV
- materiály a výrobky používané pri rekonštrukcii stokových sietí a ČOV
- optimalizácia, automatizácia a riadenie procesov

Bližšie informácie: www.vuvh.sk

Dodávateľ technologických celkov
čistiarní odpadových vôd a úpravní vôd

envi-pur

ČOV s membránovým bioreaktorom MBR pre zaistenie ešte lepšej kvality vyčistenej vody

Technológia MBR je vhodná

- » Pre objekty v národných parkoch a chránených oblastiach
- » Pre vypúšťanie do podzemných vôd
- » Pre využitie vyčistenej vody ako úžitkovej
- » Pre rekonštrukcie a intenzifikácie ČOV

Výhody technológie MBR

- » Vysoká kvalita vyčistenej vody
- » Takmer nulové koncentrácie nerozp. látok, baktérií a vírusov
- » Nižšie požiadavky na objemy nádrží a zastavanú plochu

Ponúkané ČOV s MBR

- » Domové a kontajnerové ČOV s MBR
- » Kompaktné obecné ČOV s MBR
- » Priemyselné ČOV s MBR



envi-pur

ENVI-PUR.SK, s.r.o.

Obchodná kancelária:
Zvolenská 27
821 09 Bratislava
Slovenská republika

www.envi-pur.sk

Milan Drda, konateľ
telefon: +421 911 897 897
e-mail: info@envi-pur.sk



VodaTím

VodaTím s.r.o.

Zvolenská 27, 821 09 Bratislava
e-mail: vodatim@vodatim.sk
www.vodatim.sk

Bezpečná pitná voda zdravie a ekológia

- » výskum a prieskum vo vodnom hospodárstve
- » odber a analýza vzoriek vody
- » návrh technológie úpravy vody
- » poloprevádzkové a prevádzkové overenie navrhnutých technológií a technologických zariadení na úpravu vody
- » dodávka technologických zariadení
- » prevádzkovanie verejných vodovodov a kanalizácií
- » organizovanie konferencií a seminárov v oblasti pitných vôd
- » činnosť podnikateľských, organizačných a ekonomických poradcov
- » dodávka biodegradovateľných a ekologických výrobkov na čistenie, pranie

Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V júli a auguste 2019 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

STN EN ISO 7027-2: 2019 (75 7361) Kvalita vody. Stanovenie zákalu. Časť 2: Semikvantitatívne metódy na posúdenie priehľadnosti vôd

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN 17136: 2019 (75 7040) Kvalita vody. Pokyny na terénne a laboratórne postupy kvantitatívnej analýzy a identifikácie makroinvertebrát z vnútrozemských povrchových vôd

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN 17204: 2019 (75 7206) Kvalita vody. Návod na analýzu mezozooplanktónu z morských a brakických vôd

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN ISO 12010: 2019 (75 7520) Kvalita vody. Stanovenie polychlórovaných alkánov s krátkym reťazcom (SCCPs) vo vode. Metóda plynovej chromatografie s hmotnostnou spektrometriou (GC-MS) a negatívnej chemickej ionizácie (NCI)

Vydaním STN EN ISO 12010: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 12010: 2014.

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN ISO 10704: 2019 (75 7620) Kvalita vody. Celková objemová aktivita alfa a celková objemová aktivita beta. Metóda na tenkej vrstve

Vydaním STN EN ISO 10704: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 10704: 2016.

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN 17183: 2019 (75 7924) Charakterizácia kalov. Stanovenie hustoty kalov

Vydaním STN EN 17183: 2019 v slovenskom jazyku sa zrušilo identické vydanie tejto normy STN EN 17183: 2019 v anglickom jazyku.

Norma vyšla v slovenskom jazyku.

STN EN 14701-4: 2019 (75 7916) Charakterizácia kalov. Filtračné vlastnosti. Časť 4: Stanovenie odvodniteľnosti flokulovaných kalov

Vydaním STN EN 14701-4: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN 14701-4: 2010.

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN ISO 11296-7: 2019 (75 6130) Potrubné systémy z plastov na renováciu podzemných beztlakových kanalizačných potrubí a stokových sietí. Časť 7: Výstelkovanie špirálovo navíjanými rúrami

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 11296-7: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 11296-7: 2013.

STN EN 12873-3: 2019 (75 8702) Vplyv materiálov na pitnú vodu. Vplyv migrácie (vylúhovania). Časť 3: Skúšobná metóda pre ionovymenné a adsorpčné živice

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN 12873-3: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN 12873-3: 2006.

STN EN 17215: 2019 (75 8110) Chemikálie používané pri úprave vody na pitnú vodu. Koagulanty na báze železa. Analytické metódy

Norma vyšla v anglickom jazyku.

