



3-4 / 2019

VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie



UN WATER

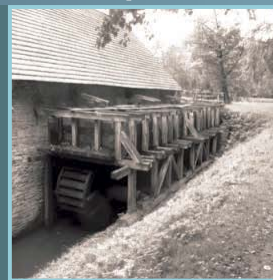
22. MAREC

SVETOVÝ DEŇ VODY

Medzi energiou a spotrebiteľom



**KNOW - HOW
ZO SKÚSENOSTÍ**



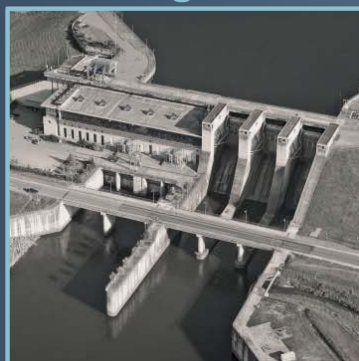
Myšlienka, návrh, projekt

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,

Svetový deň vody so sebou prináša príležitosť detailnejšie sa zamyslieť nad významom a nutnosťou ochrany vody a prírody u nás i vo svete. Zároveň je aj príležitosťou poďakovať sa vám, milí kolegovia vodohospodári, za vašu každodennú prácu v prospech vodného hospodárstva na Slovensku, za váš

odborný a profesionálny prístup, vďaka ktorému je pre nás voda tečúca z kohútikov samozrejmosťou.

Už ako deti sme počuli o ľuďoch z rozvojových krajín, ktorí každodenne musia chodiť desiatky kilometrov, aby sa dostali k zdroju vody. Smutnou realitou zostáva, že táto situácia pretrváva v rozličných kútoch sveta dodnes a k čistej a zdravotne neškodnej vode nemá každý na planéte rovnaký prístup.

Nás sa problém s nedostatkom vody, našťastie, netýka. Slovensko má vody, a to ako pitnej, tak i úžitkovej, dostatok. Zatiaľ. No bude to stále tak? Naši predchodcovia vodohospodári nám zanechali kvalitné vodné stavby, ktoré pomáhajú jednak so zásobami pitnej vody, ale aj vody určenej pre poľnohospodárstvo či na hydroenergetické využitie. Hovorí sa však aj o tom, že možno to nebude stačiť. Musíme rátať aj s takýmto scenárom. Vidíme, čo spôsobujú klimatické zmeny, preto pevne verím, že spoločnými silami dokážeme odborne

apelovať na ďalšiu výstavbu vodných stavieb, ktoré by pre spoločnosť aj environment priniesli úžitok, a zároveň sa tak včas pripravíme na potenciálny nedostatok vody.

Nad nutnosťou ochrany vody a jej nedostatkom by sme sa mali zamýšľať celoročne, a to aj vtedy, keď ho nepocítujeme. 22. marec považujem za výnimočnú príležitosť na širšie diskusie o vode a o vodných zdrojoch, o nutnosti zachovania zdravého a čistého životného prostredia pre budúce generácie. Aj v súvislosti so Svetovým dňom vody sme sa vo VODOHOSPODÁRSKEJ VÝSTAVBE, ŠTÁTNYM PODNIKU, rozhodli pripraviť environmentálne súťaže pre žiakov a študentov, ktorými chceme aj my prispieť k zvyšovaniu povedomia o výnami ochrany vody a prírody.

Tohtoročný Svetový deň vody tematicky upriamuje pozornosť aj na komplexnejšiu problematiku – na rovnoprávny prístup k bezpečnej a čistej vode pre všetkých bez rozdielu rasy, pohlavia či sociálneho statusu. Smutná je skutočnosť, že bez čistej a zdravotne neškodnej vody sú v súčasnosti milióny ľudí na svete – ženy, deti, starší obyvatelia, ľudia v utečeneckých táboroch i v marginalizovanom prostredí.

Z našej pozície nedokážeme ovplyvniť, aby mali všetci na planéte rovnaký prístup k vode, som však presvedčený, že máme moc ovplyvniť, aby naše deti a deti ich detí na Slovensku mali čistej a zdravotne bezchybnej vody dostatok.

Ing. Daniel Kvocera
generálny riaditeľ

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, ŠTÁTNY PODNIK

© Vodohospodársky spravodajca

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 62

Vydavateľ: Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Partizánska cesta 69, 974 98 Banská Bystrica, IČO: 30 841 721, tel.: 048/41 48 742, 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: marec 2019

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarčíková

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

Príspevky sú recenzované.

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

Pravidlá písania do Vodohospodárskeho spravodajcu nájdete na www.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:
ilustračné foto, www.shutterstock.com

3 Úvodník

Editorial

D. Kvocera

5 Stretnutie Prioritnej oblasti 4 Dunajskej stratégie (PO4 EUSDR) a Medzinárodnej komisie pre ochranu rieky Dunaj (ICPDR)

Meeting of the Danube Strategy Priority Area 4 (PA4 EUSDR) and
International Commission for the Danube Protection (ICPDR)

A. Vranovská

6 35. ročník konference Vodárenská biologie 2019

35th Conference "Water Supply Biology 2019"

J. Říhová Ambrožová

13 Opätovné získavanie fosforu z čistiarenských kalov a odpadových vôd v ČOV

Phosphorus recovery from sewage sludge and wastewater in WWTP

M. Drtil, S. Kecskéssová

18 Monitorovanie a hodnotenie znečistenia podzemných vôd dusičnanmi v zmysle smernice 91/676/EHS za rok 2018

Monitoring and assessment of groundwater pollution by nitrates in
terms of the Directive 91/676/EEC in 2018

R. Cibulka, A. Seman

22 Zkušenosti s provozováním membránového bioreaktoru v oblasti čištění odpadních vod

Experience with the operation of membrane reactor in wastewater
treatment

E. Ničová, D. Vilím, S. Kubíčková

28 Nejnovější zkušenosti s membránovou keramickou filtrací AMAYA

Latest experience with the AMAYA membrane ceramic filtration

T. Munzar, T. Brabenec, P. Hrušková

32 K osemdesiatke Ing. Jozefa Jambora

Ing. Jozef Jambor celebrates his 80th birthday

V. Holčík

34 In memoriam – Dipl. tech. Dušan Krajčí

38 Normy STN

Slovak technical standards

D. Borovská

Stretnutie Prioritnej oblasti 4 Dunajskej stratégie (PO4 EUSDR) a Medzinárodnej komisie pre ochranu rieky Dunaj (ICPDR)

RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Dňa 19. 2. 2019 sa vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva v Bratislave konalo stretnutie zástupcov koordinátorov PO4 EUSDR za Slovensko, Maďarsko a zástupcov ICPDR zamerané na vzájomné informovanie sa o aktivitách a plánoch na rok 2019. Okrem zhodnotenia aktivít z roku 2018 a výmeny informácií o správe za projekt koordinácie PO4 pre Dunajský nadnárodný program, účastníci stretnutia prerokovali plánované aktivity na rok 2019, a to prípravu: 17. zasadnutia Riadiacej skupiny PO4 (16. 4. 2019, Bratislava), workshopu o spolupráci makroregionálnych stratégií v oblasti vôd (17. 4. 2019, Bratislava), informačných brožúr, štúdie o výskyte farmaceutík vo vodách a poskytli krátku informáciu o výročnom fóre Dunajskej stratégie (27 – 28. 6. 2019, Bukurešť). Jedným z bodov programu bolo aj prerokovanie časového harmonogramu a vecnej náplne revízie akčného plánu PO4 EUSDR. Významnou časťou stretnutia, ktoré sa konalo vo veľmi príjemnej tvorivej atmosfére potvrdzujúc tak, že posilňovanie partnerstiev medzi iniciatívami a inštitúciami je jednou z priorít Európskej Komisie, bola príprava Memoranda o spolupráci. PO4 EUSDR zameraná na obnovu a udržanie kvality vôd, zastúpená koordinátormi prioritnej oblasti za Slovensko, Ing. Vladimírom Novákom, generálnym riaditeľom Sekcie vôd MŽP SR a koordinátormi za Maďarsko, p. Balázsom Horváthom

z Directorate General of Water Management, dňa 22. 2. 2019 podpísala Memorandum o spolupráci s mimovládnu organizáciou Globálne Partnerstvo pre vodu pre strednú a východnú európu (GWP CEE) pôsobiace v oblasti vodného hospodárstva, legislatívy a stratégií, súvisiacich s inštitucionalizovaním vodného hospodárstva.

Cieľom Memoranda o spolupráci je koordinovať postupy, hľadať win-win riešenia a spolupracovať v oblastiach, ktoré sú predmetom záujmu oboch partnerov, a to najmä v oblastiach:

- plánovania a integrovaného manažmentu vodného hospodárstva,
- integrovaného manažmentu odpadových vôd,
- prenosu a vzájomného zdieľania skúseností,
- spolupráce pri príprave stratégií adaptácie na klimatickú zmenu a ich koordinácia s cezhraničnými, národnými a regionálnymi iniciatívami,
- implementácie Cielov udržateľného rozvoja (Sustainable Development Goals – SDG), najmä cieľa SDG6 „Čistá voda a hygiena“.

Memorandum definuje spôsoby spolupráce a oblasti zapojenia sa do spolupráce oboch partnerov.



Prameň pri Stanišovskej jaskyni, Liptovský Ján, S. Rybár

35. ročník konference Vodárenská biologie 2019

doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.

Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Praha

Ve dnech 6. až 7. února 2019 se v konferenčním sále Interhotelu Olympik v Praze 8 konala mezinárodní konference VODÁRENSKÁ BIOLOGIE 2019 (35. ročník). Odborné setkání pořádaly následující organizace: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r. o., Česká limnologická společnost a Výzkumný ústav vodního hospodářství. Mediálními partnery konference byly EnviWeb, s. r. o., Vodní hospodářství, Vodohospodářsky spravodajca a Vodovod.info.

Na akci byla použita aplikace BestTalk (www.besttalk.cz), prostřednictvím které byly v průběhu přednášek shromažďovány dotazy a komentáře. Jedná se o online platformu zpětné vazby a facilitace, která významně přispívá k hodnocení řečníků v reálném čase.

Bylo předneseno celkem 29 odborných témat, včetně krátkých sdělení, týkajících se vystavovaných posterů a firemních prezentací (např. HiMedia – Čaderský-Envitek, spol. s r. o., Consygen CZ, s. r. o., Technoprocure CZ, spol. s r. o.). Konference se zúčastnilo cca 160 účastníků včetně zástupců prezentujících firem a vystavovatelů.

Na konferenci byla představena naučná publikace T. Kvítka a kolektivu z roku 2017, zabývající se významu retence vody na zemědělském půdním fondu pro jakost vody. Publikace s názvem *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce* bude v dohledné době k dispozici v druhém vydání v počtu 1 000 kusů, proto případné zájemce o další specifikace ohledně data distribuce, ceny apod. odkazují na prof. Tomáše Kvítka, e-mail: tomas.kvitek@pvl.cz.

V následujícím textu jsou v krátkém přehledu uvedeni autoři příspěvků, názvy příspěvků a jejich stručný obsah (upravená stručná anotace z publikovaných příspěvků ve sborníku). Další informace lze získat na internetové adrese <http://www.ekomonitor.cz/seminare/2019-02-06-vodarenska-biologie-2019#hlavni>, kde je možné přímo shlédnout nejen program a fotogalerii, ale také i instrukce pro případné zájemce o tištěný sborník z akce, který lze objednat u firmy Ekomonitor.

L. FREMROVÁ (Sweco Hydroprojekt, a. s.) – **Nové normy.** Referát obsahuje informace o vybraných normách pro analýzu vody a pro chemické výrobky používané pro úpravu vody, které byly zpracovány v roce 2018. V roce 2018 pokračovalo zavádění evropských a mezinárodních norem do soustavy ČSN překladem. Byly zpracovány například dále uvedené normy: ČSN EN ISO 5667-3 (75 7051) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi; ČSN ISO 5667-4 (75 7051) Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 4: Návod pro odběr vzorků z jezer a vodních nádrží; ČSN EN ISO 7393-2 (75 7419) Kvalita vod – Stanovení volného a celkového chloru – Část 2: Kolorimetrická metoda

s N,N-dialkyl-1,4-fenylendiaminem pro běžnou kontrolu; ČSN EN ISO 19340 (75 7427) Kvalita vod – Stanovení chloristanů – Metoda iontové chromatografie (IC); ČSN EN 17034 (75 5802) Chemické výrobky používané pro úpravu vody určené k lidské spotřebě – Chlorid hlinitý bezvodý, chlorid-hydroxid hlinitý, chlorid-pentahydroxid dihlinitý a chlorid-hydroxid-síran hlinitý. Referát zahrnuje také seznam připravovaných norem pro biologické metody. ČSN EN 17136 Kvalita vod – Návod pro terénní a laboratorní postupy pro kvantitativní analýzu a identifikaci velkých bezobratlých z vnitrozemských povrchových vod; ČSN EN ISO 11348-1 Kvalita vod – Stanovení inhibičního vlivu vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) – Část 1: Metoda s čerstvě připravenými bakteriemi (konzolidované znění zahrnující změnu A1); ČSN EN ISO 11348-2 Kvalita vod – Stanovení inhibičního vlivu vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) – Část 2: Metoda se sušenými bakteriemi (konzolidované znění zahrnující změnu A1); ČSN EN ISO 11348-3 Kvalita vod – Stanovení inhibičního vlivu vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) – Část 3: Metoda s lyofilizovanými bakteriemi (konzolidované znění zahrnující změnu A1); revize ČSN EN ISO 10634 Kvalita vod – Pokyny pro přípravu a zpracování ve vodě těžko rozpustných organických látek pro následující hodnocení jejich biologické rozložitelnosti ve vodním prostředí (norma EN ISO 10634 bude vyhlášena ve Věstníku ÚNMZ a bude dostupná její anglická verze). Na závěr jsou uvedeny informace o dostupnosti norem a o zřízení České agentury pro standardizaci.

L. VAVRUŠKOVÁ a R. HUŠKOVÁ (PVK, a. s., VEOLIA ČR, a. s.) – **Právní předpisy pro pitnou vodu a posouzení rizik vodovodu.** Významným právním předpisem, který přinesl nový pohled na provozování veřejného vodovodu z hlediska kvality dodávané pitné vody, je novela zákona o ochraně veřejného zdraví, tj. zákon č. 258/2000 Sb. Příspěvek se zabývá zásadními změnami, které souvisí s novelou tohoto zákona a k němu prováděcích předpisů. Podrobněji se zabývá povinným posouzením rizik vodovodu a promítnutím posouzení rizik do provozního řádu. Novela právních předpisů přinesla řadu změn. Nejvýznamnější změnou je zavedení posouzení rizik do celého systému zásobování pitnou vodou – od zdroje až ke kohoutku u spotřebitele. Důvodem zavedení povinného posouzení rizik je, aby byla podchycena a zdokumentována všechna rozhodnutí a činnosti prováděné v průběhu provozování a aby byly podchyceny všechny nastalé události. To je důležité nejen pro samotnou kontrolní činnost vedoucích pracovníků provozovatele, ale je to zároveň způsob, jak kontrolním orgánům doložit, že provozovatel řádně plní své povinnosti.

M. RAJNOCHOVÁ (Vysoké učení technické v Brně) – **Vliv řízeného proplachu vodovodní sítě na jakost dopravované pitné vody.** Na vodovodu města Vsetína byl proveden historicky první řízený proplach celého jednoho tlakového pásma. Před proplachem bylo po dobu dvou měsíců sledováno několik míst, ze kterých byly odebírány vzorky pro mikrobiologický, biologický a chemický rozbor vody. Během řízeného proplachu byly odebírány vzorky vypláchnutých sedimentů a vzorky čisté vody po ukončení řízeného proplachu. Bylo zjištěno, že i přesto, že voda za normálních podmínek splňuje limity dané vyhláškou, tak v sedimentech byly nalézány bakterie ve vysokých počtech. To naznačuje, že bakterie (jako jsou *E. coli*, enterokoky, klostridia, či koliformní bakterie) dokáží v sedimentech přežít, případně se i množit. Za normálních hydraulických podmínek a normálního provozu jsou tyto bakterie ukryté v sedimentu, nebo biofilmu a do proudící vody se neuvolňují. Ale ve chvíli, kdy nastane změna proudění, ať už při poruše vodovodu, či odběru požární vody se tyto sedimenty dostávají do vlnosy a vytvoří zákal vody. Společně s částicemi zákalu se do vody uvolní také bakterie. Monitoring a řízený proplach byly provedeny v rámci výzkumného projektu TAČR Zéta I. č. TJ01000296 s názvem Řízení jakosti pitné vody ve vodovodních sítích, který je aktuálně řešen na Ústavu vodního hospodářství obcí Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, jehož je vodovod města Vsetína případovou studií.

D. BAUDIŠOVÁ (Státní zdravotní ústav Praha) – **Jaké jsou možné dopady vzorkování pitné vody dle nové legislativy na nálezy organotrofních bakterií.** Předmětem příspěvku je zhodnotit vliv procesu vzorkování pitných vod na počet bakterií (celkový počet bakterií stanovených metodou průtokové cytometrie a počet kolonií při 22 °C a 36 °C) v odebraných vzorcích. Významné zvýšení počtu bakterií (celkového počtu bakterií stanoveného průtokovou cytometrií i kultivovatelných mikroorganismů) bylo zaznamenáno především v „prvním podílu“ odtáčené vody, tudíž se jednalo o jejich pomnožení především během stagnace ve vodovodní baterii. Po odtočení dvou litru byly již bakteriální počty nižší a po odtočení 4 a více litrů se již počet bakterií ustálil. Možný vliv dezinfekčního činidla na vzorek vody závisí především na technice provádění dezinfekce kohoutku (intenzita, razance a prostorové dispozice), která však není v technických normách specifikována. V řadě odběrových míst se zdá být výrazně větší nebezpečí ovlivnění vzorku, odebraného pouze po krátkém proplachu teplotou než dezinfekčním činidlem.

P. OPPELTOVÁ (Mendelova Univerzita v Brně) – **Analýza zdrojů znečištění povrchových a podzemních vod a návrh nápravných opatření v souvislosti se zásobováním obce Studené pitnou vodou.** Zájmové území se nachází v katastru obce Studené a částečně v sousedním katastru obce Nekoř v podhůří Orlických hor. Obec je zásobována pitnou vodou z vrtu vybudovaného v roce 1995, přičemž stávající ochranná pásma byla stanovena v roce 1999. Od roku 2006 jsou ve vodě zjišťovány vyšší koncentrace dusičnanů, v současné době je problém i s pesticidy. Podstatou práce bylo zhodnocení jakosti podzemní vody a současně monitoring vody povrchové – konkrétně Nekořského potoka, který protéká

zájmovým územím. Následně byl vytvořen návrh konkrétních nápravných opatření s cílem zvýšit jakost povrchové i pitné vody.

J. ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ (VŠCHT ÚTVP Praha) – **Stále opomíjený rizikový bod v systému zásobování pitnou vodou.** Zákonem č. 258/2000 Sb. v platném znění je výrobcům a dodavatelům pitné vody a provozovatelům veřejných vodovodů uložena povinnost zpracovat posouzení rizik a tato následně promítnout do provozního řádu a monitorovacího programu. V souvislosti s revizí zákona č. 258/2000 Sb. a jeho prováděcí vyhláškou č. 252/2004 Sb. se pozornost provozovatelů distribučních sítí kritičtěji zaměřuje na rizikové body, které byly opomíjeny. Tento referát se zaměřuje na **vodojemy**, které mohou významně ovlivnit kvalitu vody tím, že nejsou většinou splněny stavebně konstrukční požadavky na jejich provoz včetně údržby v objektu a jeho souvisejícím okolí. V příspěvku jsou shrnuty poznatky z uskutečněných auditů vodojemů v roce 2018, při kterých byl hodnocen vliv stavu a provozu vodojemů na kvalitu vody a případnou tvorbu biofilmů. Zmíněn je dokument technického doporučení I-D-48 *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů* a norma ČSN 75 5355 *Vodojemy*. Blíže jsou uvedena doporučení pro eliminaci kontaminace objektů a vhodná technická a konstrukční řešení včetně i návrhu na provádění technického a biologického auditu objektů.

T. MUNZAR a kol. (EnviPur, s. r. o., VŠCHT Praha) – **Keramic-ká membránová filtrace AMAYA 5.2.: Nejnovější zkušenosti a aplikace.** Příspěvek je zaměřený na představení aplikací membránové keramické filtrace AMAYA 5.2 k úpravě pitné vody i jako terciární stupeň čištění vyčištěné odpadní vody. V roce 2018, kdy bylo nadměrně suché léto, se řada obcí potýkala s nedostatkem vody z důvodu velmi nízkého srážkového úhrnu a s tím spojeným poklesem hladin povrchových i podzemních zdrojů. Právě z tohoto důvodu byla jednou z aplikací keramické membránové filtrace její instalace na ÚV Vyšší Brod, kde bylo nutné jednorázově navýšit kapacitu stávající úpravy. Dále byla jednotka umístěna na ÚV Hrobice, kde docházelo k poloprovozním zkouškám úpravy povrchového zdroje a také se sledovala účinnost odstranění železa a manganu v odpadních vodách z úpravy podzemní vody. Velmi zajímavou aplikací bylo umístění technologie jako terciární stupeň čištění na čistírně odpadních vod.

L. BAUMRUKOVÁ a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Praha, Centrum výzkumu Řež, a. s., ELE) – **Monitoring mikrobiologického oživení v provozu demineralizační linky na elektrárně Ledvice.** Výskyt organismů v technologických vodách elektrárny, především ve vodách pro chladicí účely, je z hlediska bezproblémového chodu zařízení nepřipustný. Mikroorganismy se mohou podílet na technologických závadách, zejména spojených s korozí, tvorbou úsad a biofilmů, nejenom samotnou přítomností a činností, ale také sekundárně svým následným rozkladem a uvolňováním metabolitů. Opomíjené mikrobiologické oživení je proto nezbytné a zcela žádoucí pravidelně kontrolovat spolu s chemickými parametry. Tato práce je zaměřena na monitoring chemické úpravy vody (ChÚV) a demineralizační linky (DEMI linka) na elektrárně Ledvice (ELE) vedoucí ke zhodnocení separační účinnosti jednotlivých

technologických stupňů a případné optimalizaci provozu. Nejvyšší důraz byl kladen především na účinnost zařazeného hygienizačního prvku, zde na UV technologii. Mikrobiologický monitoring spočíval ve stanovení vybraných biologických ukazatelů (kultivovatelné mikroorganismy, mikromycety, *P. aeruginosa*, železitě bakterie, mikroskopický rozbor – bioseston, abioseston), které jsou nejčastěji spojovány se zmiňovanou korozi a biofilmem, a to ve vzorcích vody odebíraných za jednotlivými technologiemi ChÚV a DEMI linky, kterými ELE disponuje. Zhodnocením výsledků z celoročního monitoringu byla konstatována výrazná odolnost mikromycet vůči zařazeným technologiím a zjištěna sekundární kontaminace DEMI linky. Dále byla zaznamenána klesající účinnost UV technologie spojená s jejím zanášáním a častými odstávkami, což se následně projevilo i zvýšením bakteriálního oživení v následujících separačních stupních.

L. MATĚJŮ a Z. BOŠTÍKOVÁ (Státní zdravotní ústav Praha) – **Mikrobiologie šedých vod.** V poslední době se ve státech EU i v mnoha státech na celém světě zvyšují požadavky na zdravotní nezávadnost ve všech oborech lidského počínání. Ne jinak je tomu i v oboru nakládání s šedými vodami. Zvýšené požadavky si vynutily tlak na revizi právních předpisů v mnoha zemích, které by měly uplatňovat princip předběžné opatrnosti a nové principy stanovení rizik. Výsledkem je snad výše uvedený návrh normy prEN 16941-2, který ale stále na zveřejnění, jako evropská norma čeká. Je třeba si uvědomit, že vody v ČR začíná být nedostatek, což nám potvrdily poslední dva roky s velmi malým množstvím srážek. Je třeba hledat nové cesty, jak s vodou šetřit. Projekty na recyklaci šedých vod určitě nelze zastavit a je třeba přistupovat k řešení problému komplexně a rizika zvažovat ze všech stran. Na druhou stranu je pravda, že v zahraničí recyklace šedých vod v bytových domech a úředních budovách funguje bez problému přes téměř 20 let. Šedé vody mohou dnes být považovány za zdroj vody. Jejich využívání však představuje zdravotní riziko, které způsobuje zejména mikrobiologická kontaminace. V posledních letech se ve světě, ale i v České republice, začaly realizovat projekty na opětovné využití šedé vody. V České republice realizace předběhla legislativu. V článku jsou diskutované limity pro mikrobiologickou kontaminaci opětovně používaných šedých vod a jsou uvedena relevantní data mikrobiologických parametrů šedých vod jednoho z fungujících stávajících projektů.

I. KARPÍŠEK a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Praha) – **Vliv adaptace aktivovaného kalu na biodegradaci antibiotik a akumulaci genů antibiotické resistance.** Aktivovaný kal na čistírnách odpadních vod je neustále vystavován nízkým koncentracím antimikrobiálních látek a dalších léčiv. To vyvolává otázku, jak mikroorganismy k těmto látkám na čistírně odpadních vod přistupují. Zda jsou schopny se v tomto prostředí na tyto látky adaptovat, degradovat je, případně je využít jako substrát. Nebo jestli jsou tyto látky aktivovaným kalem opomíjeny. Pro posouzení adaptace aktivovaného kalu byla využita metoda PCR pro sledování genů resistance a testy biologické rozložitelnosti. Pro testy byl využit aktivovaný kal z ČOV a kal adaptovaný v laboratorních SBR modelech při koncentracích antibiotik 500 ng l⁻¹ a 500 µg l⁻¹. Biologická rozložitelnost

byla posuzována dle normy ČSN ISO 14593. Testované látky byly sledovány pomocí skupinového stanovení celkového anorganického uhlíku. Jako testované látky byly vybrány: benzylopenicilin, ampicilin, streptomycin, erythromycin, chloramfenikol, sulfamethoxazol a trimetoprim. Aktivovaný kal z čistírny odpadních vod neměl vyvinutou aktivitu k biodegradaci testovaných antibiotik. Je pravděpodobné, že vysoké zatížení snadno biologicky rozložitelným substrátem a krátké zdržení odpadní vody na ČOV vede k tomu, že mikroorganismy aktivovaného kalu nejsou nuceny tyto látky aktivně užívat a brání se jim pouze tvorbou obranných mechanismů pomocí genů antibiotické resistance. Nízké koncentrace antibiotik v SBR modelech vytvářely selekční tlak na mikroorganismy a podněcovaly šíření genů antibiotické resistance.

A. FILOVÁ (Přírodovědecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislavě) – **Interakcie medzi dvojmocným kationom Cu²⁺ a inými kovmi (Zn²⁺, Ni²⁺) v párovom teste ekotoxicity na sladkovodnej riasie *P. subcapitata*.** V práci sa hodnotil účinok jednotlivých kovov (Cu, Zn, Ni), ako aj ich párových kombinácií na riasu *Pseudokirchneriella subcapitata*. Pokiaľ ide o rast, tak koncentrácia Cu (0,15 mg l⁻¹) spôsobila inhibíciu rastu o 50%, ale v kombinácii s Zn (0,12 a 0,18 mg l⁻¹) alebo Ni (0,17 a 0,50 mg l⁻¹) nebola táto inhibícia zmiernená a rast bol vzhľadom na kontrolu inhibovaný až o 70%. Aj napriek tomu hodnotíme, že spoločné účinky Cu + Zn alebo Cu + Ni na rast boli aditívne alebo slabo antagonistické. Pri sledovaní vplyvu párových kombinácií na produkciu fotosyntetických pigmentov dochádzalo väčšinou vzhľadom na kontrolu k redukcii ich obsahu o polovicu. Len v kombinácii Cu + Zn v koncentráciách 0,15 + 0,12 mg l⁻¹ sa pozorovala 60% stimulácia produkcie Chl b. Sledoval sa aj vplyv párových kombinácií na oxidačný stres. Zatiaľ čo v kombinácii Cu + Zn (0,15 + 0,12 a 0,15 + 0,18 mg l⁻¹) bola peroxidácia lipidov v bunkách rias približne rovnaká ako pri pôsobení jednotlivých kovov, tak pri kombinácii Cu + Ni (0,15 + 0,17 a 0,15 + 0,50 mg l⁻¹) peroxidácia lipidov najmenej dvojnásobne prevyšovala ich produkciu v kontrole.

P. PUMANN a F. KOTHAN (Státní zdravotní ústav Praha) – **Sinice v koupacích vodách ČR v mimořádně teplé sezóně 2018.** Koupací sezóna 2018 byla výjimečná nejen kvůli velmi teplému počasí, ale rovněž díky výrazně horší kvalitě vody na mnoha lokalitách. Koncem sezóny bylo hodnoceno stupněm 3 a horším z celkové pětibodové stupnice téměř 44% lokalit, což je mnohem více než v jiných sezónách období 2012 až 2017. V sezóně 2018 navíc na mnoha lokalitách začaly problémy již v první polovině července. Za většinou špatných hodnocení stojí zvýšený výskyt sinic.

P. PUMANN a kol. (Státní zdravotní ústav Praha) – **Deset let internetového dotazníku onemocnění z koupání.** Každý člověk, který má pocit, že onemocněl po kontaktu s koupací vodou, může svůj případ nahlásit do internetového dotazníku Státního zdravotního ústavu. Za deset let existence (2009 až 2018) přišlo celkem 218 věrohodných hlášení. Pocházela především z přírodních vod ke koupání (87 %), z nichž se v 80% jednalo o lokality, kde se pravidelně sleduje kvalita vody. Nahlášená onemocnění jsou rozložena v rámci ČR značně nehomogenně s nejvyšší hustotou v Praze a okolí. Mezi hlášeními dominovala kožní onemocnění (70 %), další onemocnění byla zastoupena v mnohem menší míře: gastrointestinální

(15 %), urogenitální a oční (9 %). Mezi kožními onemocněními byly podle typických příznaků vytipovány suspektní případy cerkáriové dermatitidy, kterých bylo celkově 77 (35 %). Data z tohoto internetového dotazníku však představují velmi neúplný, a navíc zkreslený obrázek o onemocnění z koupání. Proto lze největší praktický přínos dotazníku spatřovat při odhalování probíhajících epidemií, které by bez něj možná zůstaly neidentifikovány, a v možné identifikaci problémových míst se sporadickým výskytem onemocnění.

J. BULANTOVÁ a kol. (Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha, Státní zdravotní ústav Praha) – **Cerkáriová dermatitida v ČR – výzkum, praxe, legislativa.** Mezi nemocemi z koupání se v ČR stále častěji objevuje i tzv. cerkáriová dermatitida. Výskyt tohoto alergického kožního onemocnění lidí působeného larvami ptačích motolic vylučovaných mezipřístřelovými vodními plži bude nově podle připravované novely zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví sledováno jako jeden z parametrů pro hodnocení kvality koupacích vod ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. Požadavek na změnu legislativy vyústil v potřebu skloubit vědecké poznatky s potřebami terénní praxe s následným převedením výstupů do podoby standardizované metodiky (normy). Cerkáriová dermatitida je v ČR narůstající problém, jehož šíření aktuálně vedlo k inicializaci změny zákona, vytvoření s ním související prováděcí vyhlášky a schválení přípravy metodické normy. Přesné znění vyhlášky je v tuto chvíli v přípravě a v aktuální podobě je k dispozici na vyžádání u autorů. Předpokládána účinnost zákona je od prosince 2019, vzhledem k tomu je použití vyhlášky i metodické normy v praxi reálné až od koupací sezóny 2020.

F. KOŽÍŠEK (Státní zdravotní ústav Praha) – **Připomenutí epidemie primární amébové meningoencefalitidy v Ústí nad Labem v letech 1962 až 1965.** V první polovině 60. let došlo v Ústí nad Labem k epidemii primární amébové meningoencefalitidy (PAME), při které ve čtyřech clusterech zemřelo celkem 16 mladých lidí ve věku od 8 do 25 let. Společným jmenovatelem bylo koupání v jednom z umělých bazénů. Původce epidemie, ze které byly nejprve podezřívány různé bakterie, se podařilo odhalit až po dvou letech od skončení epidemie. Rezervoár améb (dutina za jednou stěnou bazénu) se podařilo najít až za dalších 11 let. Jednalo se nejen o nejhorší českou epidemii z koupacích vod v novodobé historii, ale také o událost unikátní ze světového hlediska – jak co do velikosti epidemie, tak prostředí, kde došlo k nákaze. V referátu jsou zmíněny nejen dva další sporadické případy PAME z České republiky, ale také osoba i dílo parazitologa Lubora Červy, který se o objasnění ústecké epidemie rozhodující měrou zasloužil. Účelem příspěvku je připomenout tuto mimořádnou událost, kterou již málokdo pamatuje a o které dnes panují nepřesné představy. Riziko PAME může být totiž za určitých podmínek stále aktuální i v České republice.

L. CHOMOVÁ (Úřad veřejného zdravotnictví SR) – **Monitoring biokúpalísk na Slovensku.** Biokúpaliská využívajú technológiu samočistenia vody pomocou vodných rastlín, prípadne pomocou pridávaných „čistiacich baktérií“ bez použitia chemických látok. Požiadavky na kvalitu vody v takýchto typoch umelých kúpalísk zahŕňa na Slovensku vyhláška MZ SR č. 308/2012 Z. z. o požiadavkách na prevádzku, vybavenie

prevádzkových plôch, priestorov a zariadení na prírodnom kúpalisku a na umelom kúpalisku. Na Slovensku sú štyri oficiálne vyhlásené biokúpaliská, ktorých bližšie kvalitu vody sleduje Úrad verejného zdravotníctva SR od r. 2016. Okrem mikrobiologických ukazovateľov kvality vody, ktoré sú zahrnuté v uvedenej vyhláške, sa sledovali aj vybrané biologické, chemické a ekotoxikologické parametre.

M. DUJČÁKOVÁ a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technológie vody a prostredia, Praha) – **Identifikácia pôvodcov organoleptických závad v pitných a povrchových vodách.** Pri úprave zdrojov povrchových vôd na vodu pitnú sa často stretávame s rôznymi problémami. Medzi tieto prejavy patrí organoleptická škodlivosť vody, na ktorú sa zameriava tento príspevok. Táto problematika sa sústreďuje predovšetkým na konkrétnu skupinu organizmov, streptomycéty, ktoré sú známe produkciou sekundárnych metabolitov, hlavne geosminu a 2-methylisoborneolu, ktoré sa podieľajú na vzniku plesnivého až zemitého zápachu vody, ktorý sa následne prejavuje u spotrebiteľa.

J. ZUZÁKOVÁ a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technológie vody a prostredia, Praha) – **Selektivita senzorových molekúl k povrchu E. coli.** Absence rychlé a přesné metody detekce mikrobiální kontaminace pitné vody je v současnosti příčinou snahy o vývoj nových pokročilejších metod. Mezi perspektivní metody patří biosenzory, které by mohly poskytovat výsledky v reálném čase a zároveň být specifické k různým buněčným povrchům bakterií. Hlavním úkolem je tedy najít specifické látky k povrchu modelových organismů, které by plnily funkci senzorových molekul. V roce 2018 byly otestovány navrhované peptidy a sacharidy označené fluorescenčními barvivami Cy5 a Bodipy na kmenech bakterie E. coli CCM 3954 a CCM 4787. Na základě zjištěných výsledků, kdy byla pozorována nedostatečná specifita testovaných senzorových molekul, se přistoupilo ke změně postupu, kterým byla syntéza peptidů a sacharidů s navázanými nanodiamanty (ND) jako fluorescenčním prvkem.

A. FARGAŠOVÁ (Přírodovědecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave) – **Riasy ako ekotoxikologický objekt.** Testami sa sledoval inhibičný účinok $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ a $\text{Cu}(\text{II})$ kyano-komplexov s biologicky aktívnymi heterocyklickými imidazolovými ligandmi na rast, produkciu chlorofylu-a (Chla) a chlorofylu-b (Chlb), ako aj akumuláciu Cu v bunkách riasy *Desmodesmus quadricauda*. Inhibičné IC_{50} hodnoty Cu sa pohybovali v rozsahu: 1,2 – 3,4 mg/l pre rast, 2,4 – 5,8 a 1,7 – 7,0 mg/l pre Chla a Chlb. Pre tieto sledované parametre sa dali zostaviť nasledovné inhibičné rady: rast a obsah Chlb: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(\text{imidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(1,2\text{-dimethylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylbenzimidazole})_2$; obsah Chla: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylbenzimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(1,2\text{-dimethylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(\text{imidazole})_2$. Pre akumuláciu z kultivačného média s testovanými látkami (1,0 mg/l Cu média) po 15 dňoch rastu bol zostavený nasledovný akumuláčny rad (od najvyššieho po najnižšie naakumulované množstvo Cu): $\text{Cu}(\text{NCO})_2(\text{imidazole})_2 \geq \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(1,2\text{-dimethylimidazole})_2 > \text{Cu}(\text{NCO})_2(2\text{-methylbenzimidazole})_2$.

I. RISHKO a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Praha, VŠCHT, DEKONTA, a. s.) – **Oxidační účinek ferátů na autotrofní a heterotrofní mikroorganismy.** Práce se zabývá zkoumáním oxidačního účinku ferátů na autotrofní a heterotrofní mikroorganismy. V této problematice byla hodnocena dezinfekční účinnost ferátů (ve formě produktu ENVIFER 026/I) o různých koncentracích na studniční vodě. Laboratorní testy se studničními vodami potvrdily srovnatelnou účinnost ferátů a klasického dezinfekčního činidla používaného ve vodárenství v eliminaci bakteriální mikroflóry sledované dle požadavků na pitnou vodu. Testovány byly koncentrace činidel 15 mg l⁻¹, 25 mg l⁻¹, 50 mg l⁻¹, 75 mg l⁻¹, 100 mg l⁻¹ a všechna stanovení byla realizována v triplicátu. Aplikovány byly testy ekotoxicity na chlorokokální řase *Desmodesmus subspicatus*, doplněné o mikroskopické stanovení (fluorescence) a stanovení koncentrace chlorofylu-a.

E. PETERKOVÁ a kol. (Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Praha) – **Eliminace mikrobiálního znečištění ve vyčištěné odpadní vodě.** Vyčištěná odpadní voda je zatím bez jakéhokoliv dalšího využití vypouštěna do recipientu. V dnešní době, kdy se stále častěji hovoří o tzv. „vodním stresu“, se však na vyčištěnou odpadní vodu začíná pohlížet také jako na možnou surovinu pro další použití. Většina chemických ukazatelů znečištění je po běžně používaném mechanicko-biologickém čištění odpadních vod snížena na úroveň akceptovatelnou pro opětovné využívání. Problémem ale zůstává mikrobiální znečištění, které znemožňuje využití této vody v municipálních oblastech, kde by se dala využít např. pro zalévání městské zeleně a sportovních hřišť, k čištění chodníků a pozemních komunikací apod. Příspěvek shrnuje výsledky laboratorního testování vybraných technologií, aplikovaných na vzorky biologicky vyčištěné vody. Cílem práce je dosažení takové úrovně odtoku z komunální čistírny odpadních vod, aby bylo možné opětovné využití takto získané vody.

J. BROM a kol. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Povodí Vltavy, státní podnik) – **Hodnocení kvality vody vodních nádrží pomocí dat dálkového průzkumu Země a pomoc při stopování eutrofizačních projevů.** Dálkový průzkum Země (DPZ) představuje nástroj, který může efektivně a levně doplnit informace o kvalitě vody ve vodních nádržích. Výhodou DPZ je možnost kvalitativní i kvantitativní analýzy některých parametrů kvality vody (fotosyntetická barviva, obsah nerozpuštěných látek, turbidita apod.) v prostorovém měřítku. Pomocí metod DPZ lze hodnotit např. celé území vodní nádrže nebo vodních nádrží v jednom čase při relativně vysokém rozlišení. V současnosti je možnost využití dat DPZ, zejména družicových dat, umocněna jejich bezplatnou dostupností a vysokou časovou frekvencí pořizování dat. Představen je software RemoteGuard vyvíjený Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, který kombinuje dostupná data družice Sentinel 2 a moderní metody strojového učení pro jejich analýzu. Software RemoteGuard je určený pro kvantitativní analýzu vybraných parametrů kvality vody a časových změn. DPZ lze s úspěchem využít pro studium, monitoring a hodnocení eutrofizačních procesů v krajině a ve vodních nádržích. Vlastní problematiku využití DPZ pro studium eutrofizace lze rozdělit do dvou úrovní. V první úrovni lze DPZ použít

pro studium eutrofizace na úrovni krajiny jako celku (např. na úrovni hydrologických jednotek, povodí). DPZ přináší důležité poznatky o chování krajiny, tedy o procesech, o složení a struktuře krajiny a jejích změnách. Druhou úrovní je pak analýza vlastního vodního prostředí. Zde lze studovat zejména opticky aktivní ukazatele jakosti vody, jako je obsah fotosyntetických barviv, obsah nerozpuštěných látek, zákal vody a další korelující vlastnosti vody. Výhodou použití DPZ pro hodnocení problému eutrofizace krajiny je dostupnost dat s vysokým prostorovým a časovým rozlišením (zejména satelitní data). Data jsou v řadě případů poskytována zdarma.

D. FIALA a kol. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Praha) – **Variabilita denních odnosů makrotrienů a mikropolutantů z typových obcí v povodí VN Švihova a jejich transformace ve vodních ekosystémech.** Pro získání dat potřebných v bilančním modelu povodí VN Švihov se v roce 2018 měřila denní emise živin (C, N, P) a farmak. Sledování bylo uskutečněno na polovičním počtu obcí oproti roku 2017. Vybrané obce nadále reprezentují rozdíly jak ve velikosti (65 až 15 500 napojených obyvatel), tak ve vodohospodářské infrastruktuře (obce s ČOV vs. obce s volnou kanalizační výustí). Naměřené hodnoty dobře postihují širokou variabilitu koncentrací na přítocích do ČOV, resp. na odtocích z volných výustí veřejné kanalizace a následně různé míry transformace na čistírnách, a ještě dále ve vodních tocích, či v biologických rybnících. Sledování všech parametrů i profilů bylo prováděno plně automaticky ve třech 24hodinových obdobích. Shrnutí je pouze část výsledků z druhého roku probíhajícího projektu zaměřených na analýzy živin a detailní popis lokalit. Po dokončení chemické analýzy farmak a zejména výpočtech průtoků budou následovat odhady denní produkce a díky použití prostých směšovacích rovnic i vyhodnocení bilančních toků živin a farmak ve vodních ekosystémech.

J. DURAS a M. MARCEL (Povodí Vltavy, státní podnik) – **Vstupy živin odlehčením odpadních vod – měření v povodí VN Hracholusky.** V rámci projektu zlepšení jakosti vody ve vodní nádrži Hracholusky byla věnována také pozornost chování bodových zdrojů znečištění za deště. V roce 2018 se podařilo dobře zachytit dvě srážkoodtokové události (město Stříbro) a částečně i dvě události další (Planá a Mariánské Lázně). Výsledky potvrdily předpoklad, že vnos znečištění z měst prostřednictvím odlehčovacích vod je důležitým faktorem pro riziko eutrofizace vodního prostředí. Podle těchto výsledků se zdá, že roční vnos P s odlehčovanou vodou zhruba odpovídá množství P, které je ročně vypouštěno z ČOV samotné. K prioritám nápravných opatření je zapotřebí zařadit i tuto otázku, zejména ve smyslu, jak minimalizovat objem vody, který při srážkách do kanalizace vstupuje.

J. HEJZLAR (Biologické centrum AV ČR, v. v. i. České Budějovice) – **Potenciál biomanipulace pro ovlivnění vodního ekosystému a kvality vody ve vodních nádržích.** Biomanipulací pomocí řízené rybí obsádky lze účinně zlepšovat kvalitu vody zejména v mělkých jezerech a nádržích s přiměřeně dlouhou dobou zdržení, ve kterých vodní makrofyta během vegetační sezóny dokážou vázat přísun živin, zejména fosforu, účinně konkurovat fytoplanktonu a podílet se spolu se zooplanktonem na udržování stavu „čiré vody“. Cílem projektu OP3V Biomanipulace jako nástroj zlepšení kvality

vody nádrží (2018 až 2022) je ukázat, zda je redukce biomasy planktonožravých ryb a podpora dravců schopna ovlivnit tímto způsobem také vodní ekosystém hlubokých nádrží, tj. nádrží Římov, Žlutice a Klíčava. V prvních dvou letech tohoto projektu se provádí důkladný průzkum všech částí vodního ekosystému, od hydrologie a stratifikace, přes živinový režim a chemii vody, po biologické složky – fytoplankton, zooplankton, makrofyta a společenstva ryb, na které v dalších letech navážou intenzivní biomanipulační odlovy ryb a sledování dopadů na kvalitu vody a vodní ekosystém. Rok 2018, který byl na všech třech nádržích mimořádně málo vodný, se projevil relativně nízkými přítoky, a proto relativně nízkým vnějším zatížením živinami, naopak mimořádně vysokými přítokovými koncentracemi fosforu. U všech třech nádrží celkový obsah fosforu ve vodě během období stratifikace narůstal, což je důkazem probíhající recyklace a vnitřního zatížení fosforem ze sedimentujícího sestonu či sedimentů. Trofické podmínky na jednotlivých nádržích představovaly škálu od eutrofie u nádrže Římov k mezo-eutrofii a oligo-mezotrofii u nádrží Žlutice a Klíčava, s odpovídajícím složením fytoplanktonních společenstev. Výskyt makrofyt korespondoval se škálou trofických podmínek; nejbohatšími zárosty byly v nádrži Klíčava, poněkud chudší výskyt v nádrži Žlutice a prakticky absence v nádrži Římov. Průzkum rybích obsádek prokázal poměrně vysoké hustoty ryb na nádržích Žlutice a Římov a naopak relativně nízkou obsádku na nádrži Klíčava. V nádrži Římov byly dominantní kaprovité druhy ryb, na nádrži Klíčava okoun říční, plotice obecná a ježdík obecný. Ichtyologické sledování poukázalo na velký biomanipulační potenciál především nádrží Římov a Žlutice, kde byly zaznamenány vysoké abundance i biomasy nežádoucích druhů ryb (cejn, plotice, ouklej, perlín ostrobříchý) a také úspěšná reprodukce těchto druhů. Klíčava

s téměř oligotrofním charakterem, velmi čistou vodou a výrazně nižší hustotou nežádoucích druhů ryb může sloužit spíše jako referenční nádrž, do jejíhož stavu by bylo vhodné dovést většinu přehradních nádrží v Česku (málo planktonožravých ryb a jejich omezená reprodukce, vysoká průhlednost vody a přítomnost makrofyt).

R. GERIŠ (Povodí Moravy, státní podnik) – **Vliv výrazného snížení hladiny u tří moravských vodárenských nádrží na kvalitativní i kvantitativní změny fytoplanktonu.** V letech 2017 a 2018 byly prováděny zásadní opravy hrází u nádrží Opatovice (2017 a 2018), Boskovice (2018) a Koryčany (2018). Byly nemyslitelné bez výrazného snížení vodní hladiny, které mělo význam pro změny poměrů epilimnia a hypolimnia a následně na dostupnost živin pro fytoplankton. Došlo ke změnám trofické odpovědi, kdy došlo buďto ke zvýšení biomasy dříve běžných, ale kvantitativně méně významných druhů (Opatovice a Boskovice), nebo dokonce k masovému prosazení sinic, které dříve v nádrži téměř nebyly (Koryčany).

D. KOSOUR (Povodí Moravy, státní podnik) – **Kvalita surové vody vodárenských nádrží ve správě Povodí Moravy, státního podniku.** Povodí Moravy, s. p., je správcem 12 přehradních nádrží, které v současné době slouží výhradně jako aktivní zdroj surové vody pro úpravu na vodu pitnou. U těchto nádrží sleduje státní podnik dlouhodobě kvalitu surových vod v široké škále parametrů. Příspěvek zhodnotí chemické parametry surových vod jednotlivých nádrží, předloží jejich vzájemné porovnání a poukáže na příčiny nejzávažnějších závad na kvalitě těchto vod. Dále budou nastíněny návrhy na zlepšení a bude diskutován obecný stav ochrany vodních nádrží v ČR.

Důležité sdělení! Zveme vás na **36. ročník konference Vodárenská biologie 2020**, který se bude konat v prostorách hotelu Olympik v Praze v únoru 2020.

Literatúra:

Vodárenská biologie 2019, 6. až 7. února 2019, Praha, Česká republika, Říhová Ambrožová Jana, Pecinová Alena (Edit.), str. 165, ISBN 978-80-88238-12-6, © Vodní zdroje EKOMONITOR, spol. s r. o., Chrudim 2019.



Niva rieky Moravy, S. Rybár



Potok Štiavnica, Liptovský Ján, S. Rybár

Opätovné získavanie fosforu z čistiarenských kalov a odpadových vôd v ČOV

prof. Ing. Miloslav Drtil, PhD., Ing. Stanislava Kecskéssová

Slovenská technická univerzita, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

FOSFOR A ZDÔVODNENIE JEHO RECYKLÁCIE Z ODPADOVÝCH VÔD

K čoraz častejším diskusiám o fosfore (P) prispieva nielen zvýšený dopyt po potravinách (viššie 90% P sa spotrebuje ako hnojivo a prídavok do krmív), ale aj neehospodárne nakladanie s P a správy o zmenšujúcich sa zásobách P v dostupných horninách. Viaceré informácie sa značne líšia: od 50 – 100 rokov až do 300 – 400 rokov [1]. Podľa [2, 3] bola v roku 2008 ťažba P-hornín 161 miliónov ton a zásoby boli vyčíslené na 62 miliárd ton (15 miliárd „ťažiteľných“). V roku 2017 sa uvádza: ťažba 263 miliónov ton, zásoby 70 miliárd ton (pri cene 70 – 100 USD/t). Podľa [4] je suchozemská aj oceánska zásoba P až 300 miliárd ton, pričom dostupnosť P-hornín bude závisieť aj od ceny P (vyššie ceny umožnia ťažiť aj v horších geologických podmienkach). V [4] sa doslova píše: „nedostatok P nebude problém pre najbližšie generácie“.

Otázka je, prečo sa teda EÚ zaoberá recykláciou P z odpadových vôd? Problém je v tom, že viššie 90% P sa do EÚ dováža (najmä z Maroka, ktoré nemusí byť dlhodobou bezpečnou dodávateľ, a jeho horniny obsahujú aj kadmium (Cd) a urán (U). Ďalšie riziko sú zmeny v cene (napr. v 2008 ako dôsledok colných opatrení vzrástli ceny P-hornín až o 700% [4]; potom síce v „krízovom“ roku 2011 klesli, ale takéto zmeny sú šokové). Cenové zmeny sa týkajú aj P-hnojív (cena hnojiva DAP podľa [5] za posledných 10 rokov bola od 5 000 do 19 000 Kč/t). Ďalším rizikom je energia na dopravu do EÚ (spotreba na tonu P-hnojiva je cca 2,4 GJ/t; s dopravou stúpne až na 5 GJ/t; pričom viac dopravy znamená ďalšiu spotrebu P na hnojenie plodín na biopalivá).

Z týchto dôvodov prijala Komisia EÚ dokument [4], v ktorom sa píše: „...svetové zdroje P sú síce pomerne bohaté, ale 90 %-ný dovoz do EÚ, neefektívne využívanie (50% P straty; 20% s odpadovými vodami, 20% eróziou a 10% v odpade), znečisťovanie vody, plytvanie zdrojmi a bezpečnosť dodávok nás zaväzujú prijať opatrenia na efektívne využívanie P. Úplne nahraď P nie je nutné, ale viac recyklovať bude potrebné“. Podľa [4] sa lepšie využívanie P dosiahne:

- efektívnou ťažbou a spotrebou (racionálne hnojenie, ale aj prídavky do krmív umožňujúce lepšie využiť P),
- znížením poľnohospodárskych emisií (P v EÚ 0,1 – 1 kg / ha.rok; pre porovnanie v SR sú difúzne zdroje P nad 80% [6] a po prepočítaní týchto emisií na reálne ha pôdy vidieť, aký malý je význam extrémne nízkych mg/l P vo vyčistených vodách v porovnaní s difúznymi zdrojmi),
- prevenciou vzniku potravinového odpadu,

- v neposlednom rade aj recykláciou P z čistiarní odpadových vôd (ČOV) (P už roky odstraňujeme [7, 8], ale zatiaľ sa ešte neuvádza recyklácia P z vôd a kalov).

Aj preto sú P-horniny v EÚ na listine kritických surovín (s významom pre hospodárstvo a s rizikom spojeným s ich dodávkou). V 2014 sa jednou z 20 takých surovín stali aj P-horniny [9]. Z metód recyklácie P sa v [4] uvádza najmä zrážanie struvitu a extrakcia P z popola po spálení kalov. Rovnako sa však uvádza aj aplikácia upravených kalov na pôdu. Potenciál tohto P v EÚ by mal byť do 300-tisíc ton/rok. Pravidlá pre aplikáciu kalov na pôdu sumarizuje EÚ [10]. Táto smernica má síce dlhú históriu, mnohé štáty EÚ prijali prísnejšie opatrenia, ale nič nenaznačuje jej zrušenie. Roky sa pripomienkovali drafty novelizácií, ale v kontexte celej EÚ sa doteraz nešla zhoda.

RECYKLÁCIA P V ZÁVISLOSTI OD SPÔSOBOV NAKLADANIA S ČISTIARENSKÝMI KALMI

Je zrejmé, že postoj EÚ k recyklácii P je strategicky správny. Otázkou však je, ako ju realizovať. A tu sme pri polemike, na riešenie ktorej nemajú štáty EÚ jednotný názor. K recyklácii môžeme pristúpiť z 2 pozícií:

- buď sa čistiarenské kaly budú naďalej využívať aj na pôde (priamo alebo po kompostácii) a potom sa recyklácia podstatnej časti P odstráneného z odpadovej vody už realizuje; hlavnou úlohou bude optimálna realizácia,
- alebo sa čistiarenské kaly nebudú využívať na pôde a potom bude potrebné P získavať a recyklovať z vodnej a kalovej linky ČOV špeciálnymi procesmi (ich stručný prehľad je uvedený nižšie v časti P nerecyklovaný v čistiarenských kaloch).

SR a ČR sú zatiaľ v pozícii krajín, kde je aplikácia upravených kalov na pôdu realitou a nevidujeme zatiaľ nič podstatné, čo by to malo zmeniť (aj keď občasné prekážky sa nájdu). Pravidlá na túto aplikáciu sú v [11, 12] – v ČR sú prísnejšie požiadavky na hygienizáciu kalov, v SR potrebnú kvalitu dosiahneme aj anaeróbnou mezofilnou stabilizáciou. Aplikáciu na pôdu podľa [11, 12] podporujú aj vybrané citácie: „...MŽP ČR v súčasnej dobe neplánuje ďalší zprísnění podmínek používání kalů na zemědělské půdě a nadále jej považuje za důležitý způsob konečného zpracování kalů“ [13]; „...čistiřenský kal je cennou surovinou, jejíž protierozní a hnojivá hodnota je nesporná a v současnosti stále žádaná. Je potřeba hledat cesty a technologie, které umožní využívat kal na zemědělské půdě“ [14]. Pre korektnosť treba uviesť aj

to, že citované publikácie uvádzajú aj to, že kaly sú možným zdrojom znečistenia životného prostredia.

V SR sa ukladaniu kalov na pôdu venujú najmä kolegovia z VÚVH, rezortného a poradného orgánu MŽP SR, ktorý má k dispozícii odborný potenciál aj faktografickú databázu. V [15] sa píše: „... v SR je preferovaným spôsobom nakladania s kalmi recyklácia v poľnohospodárstve; tam, kde je vhodná pôda, je to najlepšia environmentálna voľba...“ Uvádza sa najmä aplikácia priamo a v komposte na pôdu a pasienky, čiastočne rekultivácia pôdy, prekryvanie skládok, podpora rýchlorastúcich drevín. Až potom je energetické a materiálové zhodnotenie kalov. Podľa [16] väčšina kalov v SR končí v kompostárňach a následne na pôde: v 2007 – 2016 bola produkcia kalov 53 – 59-tisíc ton/rok; na pôdu sa uložilo 60 – 86% (najviac v 2011; v 2015 pokles na 60% najmä pre energetické spracovanie kalov [17]; v 2016 znovu nárast na 65%); čo je však dôležité, kaly nevhodné na aplikáciu do pôdy podľa [10, 11] boli len na 10 – 11 ČOV (množstvo na úrovni 4% celej produkcie v SR).

Z [15, 16] vyplýva aj to, že SR nepripravuje radikálne zmeny v nakladaní s kalmi (za súčasného stavu EÚ aj národnej legislatívy [9, 11]) a pokračujeme „v úvážnej“ recyklácii kalov na pôdy, rešpektujúc aj možnosti štátu. Podstatná časť P z ČOV v SR tak končí s kalmi na pôde (de facto sa recykluje). Z logiky procesov vyplýva, že z popola po energetickom spracovaní kalov v [17] by sa mal v budúcnosti extrahovať a recyklovať P.

Predošlé riadky však neplatia všeobecne. Posledné roky evidujeme názory (často od mienkotvorných inštitúcií a jednotlivcov), ktoré poukazujú na riziká aplikácie kalov na pôdu. Uvádza sa jej ústup pre ťažké kovy, mikrobiologické znečistenie (patogénne a rezistentné mikroorganizmy) a najnovšie aj pre mikropolutanty v kaloch (tzv. emerging pollutants, ktoré sú pri daných koncentráciách minimálne rozložiteľné; produkty osobnej hygieny, lieky, antibiotiká, endokrinné disruptory, drogy, farbivá, stabilizátory, hormóny, produkty dezinfekcie, aditíva, mikroplasty atď.). Nachádzajú sa v odpadových vodách a sorbujú sa na kaly, v ktorých zostávajú aj po odvodnení. V SR sme ich výskyt začali monitorovať len posledné roky a prvé výsledky sú zhrnuté napr. v [18], kde sa monitorovali farmaceutiká a drogy v kaloch: 92 zistených zlúčenín bolo v koncentráciách jednotky – stovky ng/g (1 zlúčenina viac ako µg/g). Celoslovenská produkcia zlúčenín bola vyčíslená na jednotky až desiatky kg/rok; max. 170 kg/rok (na doplnenie: ak tieto kg prepočítame na plochu poľnohospodárskej ornej pôdy v SR, dostaneme dávky v jednotkách – desiatkach mg/ha.rok). V záveroch [18] sa píše, že výskyt mikropolutantov môže ovplyvniť doterajšie nakladanie s kalmi. V ČR sa problematike venuje napr. [19], kde sa okrem výskytu sledoval aj osud liekov z kalov na pôde (sorpcia, degradácia a vstrebávanie rastlinami). Niektoré lieky sa vstrebávali na koncentrácie desiatok ng/g do koreňov a listov. Aj tento poznatok môže viesť k záveru o prehodnotení nakladania s kalmi. Avšak na potvrdenie alebo vyvrátenie potrebujeme oveľa komplexnejšie rizikové analýzy. Jedna z otázok je, či sa skutočne zväčšuje množstvo mikropolutantov v odpadových vodách a kaloch. Bilancovanie ich množstva totiž závisí nielen od výskytu, ale aj od rozvoja analytických možností

(ng-koncentrácie sme v minulosti nevedeli analyzovať, a pritom mohli byť vo vodách a kaloch desiatky rokov). Ďalšia otázka je, ako vplyvajú dané koncentrácie mikropolutantov na vodné/pôdne organizmy a na človeka. Po štúdiu najnovšej dostupnej literatúry (za všetky napr. [20 – 23]) si myslíme, že sme stále len na začiatku poznania komplexných rizikových analýz a o skutočnom vplyve mikropolutantov zatiaľ ťažko hovoriť. Čakajú nás ešte roky výskumnej práce (ktorú treba určite podporovať!).

Je logické, že na rozdiel od napr. ťažkých kovov mikropolutanty v kaloch na pôdu nie sú zatiaľ súčasťou legislatívy (ani EÚ, ani národnej). Napriek tomu viaceré štáty prijali tzv. princíp preventívnej opatrnosti a začínajú presadzovať aj legislatívne opatrenia, aby sa tieto zlúčeniny nedostávali do životného prostredia. V prípade kalov existuje jediný: neaplikovať ich priamo, resp. v kompostoch na pôdu a začať ich spracovávať procesmi „materiálovej transformácie“ (ktoré by rozložili okrem iného aj mikropolutanty). Vybraným procesom uplatniteľným aj na našich ČOV (bližšie uvedené v časti P ne-recyklovaný v čistiarenských kaloch) aj s detailným energetickým a materiálovým vyhodnotením sa venujú najmä práce Ing. Kosa (za všetky napr. [24, 25]). V súvislosti s týmto príspevkom je dôležité, aby sa v transformáciách kalov nestrácal recyklovateľný P. Zároveň by procesy mali využívať aj zvyškovú energiu v kaloch (rádovo za EÚ cca 113 miliónov GJ ročne [25]). Transformácie kalov tak prinesú nielen ekologický efekt, ale aj ekonomický. Napriek tomu sa väčšina štátov EÚ zatiaľ nechystá masovo opustiť ukladanie kalov na pôdu priamo, resp. po kompostácii. Hlavný dôvod je zrejmy: ide o nemalé investície (aj keď čas návratnosti je na diskusiu). Naši prevádzkovatelia ČOV navyše riešia „obrovské investičné dlhy“ (napr. [26]) určené na aktuálnejšie problémy (nedostatok vody, obnova sietí, nesplnené napojenie obyvateľstva na ČOV v zmysle už desiatok rokov platnej EÚ aj národnej legislatívy). V tejto situácii bude problém presvedčiť ich o nových možnostiach spracovania kalov (navyše, keď ešte nepoznáme komplexné rizikové analýzy vplyvu mikropolutantov; resp. keď sa nevieme zjednotiť ani v jednoduchých otázkach o prípadnej absencii organického podielu z kalov na pôde, o dostupnosti nutričov z kalov pre plodiny atď.; viď ďalší text).

V stave obmedzeného poznania a odbornej aj neodbornej medializácie problematiky sa v rámci EÚ vytvorili skupiny štátov, ktoré reagujú na aplikáciu kalov na pôdu po svojom. Prehľad EÚ legislatívy o využívaní kalov z ČOV v [27] len potvrdzuje, aký je prístup štátov EÚ rozdielny. Všetci akceptujú [10], ale na národnej úrovni ju mnohí modifikovali. 10 štátov má limity pre kal na pôdy podobné ako uvádza [10] (v skutočnosti 11; v evidencii [27] chyba SR). 9 štátov má požiadavky významne prísnejšie. Zároveň sú dnes v EÚ aj štáty, ktoré sa aj podľa predbežnej opatrnosti snažia výrazne redukovať, resp. zakázať aplikáciu kalov na pôdy. V EÚ tak platí komplikovaná zmes predpisov, limitov, zákazov a prijatie spoločnej legislatívy o ukladaní kalov na pôdy bude asi aj naďalej problém.

Snahu o aspoň nejaké zjednotenie kalovej legislatívy by malo priniesť nové Nariadenie o certifikovaných „CE hnojivách“. Návrh [28] zavádza systém pravidiel, ktoré by mali platiť pri uvádzaní CE hnojív na trhu celej EÚ. CE hnojivá by mali byť anorganické aj organické (napr. aj z kompostu); podľa

[24] by sem mal patriť aj biochar z pyrolýzy. Z pohľadu čistiarenskeho kalu to však až tak jednoducho nevyzerá: CE hnojivá by sa mali deliť podľa tzv. účinku (príloha I.) a podľa surovín (príloha II). Kým v prílohe I nie je nič, čo by bránilo výrobe CE hnojív z kalov, príloha II uvádza, že z kalov sa nesmie hnojivo CE vyrábať (ani priamo z kalu, ani z kompostu alebo digestátu obsahujúceho kal z ČOV). [28] tak diskvalifikuje kaly. Z textu návrhu nie je úplne jasné (aspoň nie autorom tohoto príspevku), či do kategórie CE hnojív podľa pôvodu nebude možné zahrnúť žiadnu formu kalu (napr. ani po tepelnom spracovaní), a tak sa aktivizujú prevádzkovatelia ČOV (napr. SOVAK podľa [29] žiada doplniť [28] tak, aby sa aspoň P z ČOV dostal na pôdu napr. z popola po spálení kalu alebo ako struvit z odpadových vôd). Pri definícii CE hnojív si však treba uvedomiť, že ak výrobca hnojivo neoznačí CE, t. j. nemá ambíciu ho uviesť na trh EÚ, v národných podmienkach ho môže využívať. Producenti kalu v SR, ČR a podľa všetkého aj v ďalších štátoch EÚ môžu tak naďalej vyrábať kompost uplatniteľný na pôdu z kalu, resp. môžu priamo aplikovať kaly na pôdu.

P RECYKLOVANÝ V ČISTIARENSKÝCH KALOCH (PRIAMO, RESP. V KOMPOSTOCH)

Ak vezmeme do úvahy, že na ČOV s kapacitou

- nad 10 000 obyvateľov (odstraňovanie P povinné) je v SR napojených cca 2,5 milióna obyvateľov + 1 obyvateľ produkuje P cca 1,8g/deň + v ČOV odstraňujeme 80% P + kaly by sme využívali na hnojenie (priamo alebo po kompostovaní, kde k úniku P do prostredia nedochádza), môžeme tak hovoriť o recyklácii P 3,6 tony/d... 1 300 t/rok,
- do 10 000 obyvateľov (odstraňovanie P nepovinné) je napojený 1 milión obyvateľov + v ČOV sa odstraňuje cca 20% P (prostou asimiláciou; bez zvýšeného biologického odstraňovania a zrážania), v kale recyklovanom z týchto ČOV je P 0,3 tony/d... 100 t/rok.

Po odčítaní 4% s nevyhovujúcou kvalitou [11, 16] je v kale potenciálne využiteľnom na pôdy cca 1 300 t/rok P. Ak by sme chceli recyklovať ešte viac P, potom máme k dispozícii ďalšie dozrážanie P v terciárnom stupni, kalovej vode, resp. priamo v aktivácii. V tomto prípade evidujeme ešte rezervy P max. do 2,3 tony/d... 800 t/rok.

Otázka je, ako je P z kalu na pôde využiteľný. Napriek desiatkam rokov tejto aplikácie ani tu nemáme jednoznačnú odpoveď. Skeptické práce (napr. [30 – 32]) konštatujúce horšie využitie P z kalu sriedajú práce s opačným poznaním [33, 34]. Najmä štúdia [34] je z pohľadu dostupnosti P komplexná, pričom píše: P v kale by mal byť recyklovaný; P v kale viazaný biologicky alebo chemicky s molárnym pomerom Fe/P do 1,6 rastliny využijú lepšie ako P v minerálnych hnojivách (pomer 1,6 je bežný v ČOV); vyššie pomery Fe/P (9,8) obmedzujú dostupnosť P; zrážanie P s vápnom, resp. hygienizácia kalu vápnom znižuje dostupnosť P (apatity sú stabilnejšie zrazeniny); anaeróbna stabilizácia znižuje dostupnosť P (ale kal musíme stabilizovať); menší podiel P z kalu na pôde sa vymyje vodou (vplyv organických zlúčenín v kale) atď. Je zrejmé, že tak ako v rizikových analýzach mikropolutantov je potrebný ďalší výskum o dostupnosti P z kalu na pôde, ale tento spôsob nakladania s kalom a P zostáva naďalej realistický.

P NERECYKLOVANÝ V ČISTIARENSKÝCH KALOCH (P RECYKLOVANÝ Z ODPADOVEJ VODY, RESP. Z KALOV PO TRANSFORMÁCII)

Príkladom EÚ štátu, ktorý aj v zmysle predbežnej opatrnosti urobil rázny legislatívny krok, je Nemecko. Podľa Naariadenia [35] (platí od 2017) sa prevádzkovatelia veľkých ČOV pripravujú na zrušenie priamej aplikácie kalov na pôdy, z čoho vyplýva aj potreba extrahovať a recyklovať P. Okrem iného sa uvádza: od 2023 monitorovať a reportovať obsah P v kaloch a pripravovať plány na recykláciu P + od 2029 kaly z ČOV nad 100 000 obyvateľov neukladať na pôdy a P recyklovať + od 2032 rovnaké platí aj pre ČOV nad 50 000 obyvateľov. Kaly z ostatných ČOV sa budú môcť naďalej ukladať na pôdu. Recyklácia P sa týka kalov s 2 a viac % P (čo je každý kal z mestskej ČOV odstraňujúcej nutrienty, ale už nemusí platiť pre kal z kombinovanej mestskej a priemyselnej ČOV). Účinnosť získania P z kalu by mala byť nad 50%, resp. P v kale by mal klesnúť pod 2%. Účinnosť získania P z popola/uhlíkatého zvyšku by mala byť 80%, resp. by sa tento materiál mohol uskladňovať a P by sa získaval neskôr. Pre kaly aplikované na pôdu sú v [35], resp. v ďalších predpisoch platných z minulosti určené koncentrácie ťažkých kovov a vybraných organických látok (PCB, benzopyrén, PCDD, AOX; bez „emerging“ mikropolutantov).

V prípade, že kaly nebudeme aplikovať priamo alebo cez kompost na pôdu a budeme ich spracovávať/materiálovo transformovať aj s využitím energie z kalov, máme k dispozícii napr. termickú hydrolýzu (na prebytočný aj zmesný surový kal), nízkoteplotné sušenie stabilizovaného kalu, pyrolýzu, resp. splyňovanie vysušeného stabilizovaného kalu, monospaľovanie vysušeného stabilizovaného kalu. Možností je viac, viaceré už boli overené v plnej prevádzke ČOV (určite stovky aplikácií celosvetovo). Popis a zdôvodnenie u nás uplatniteľných procesov a technológií nájdeme napr. v [24, 25]. Detailné vyhodnotenie aj s energetickými a materiálovými bilanciami je v [25] (spracované pre procesy odporúčané DWA). Na ČOV s týmito procesmi musíme však uvažovať aj so zavedením získavania a recyklácie P. Nasledujúci prehľad procesov a technológií na recykláciu P z ČOV pri nevyužívaní kalov priamo, resp. v komposte na pôdu vychádza najmä zo štúdie [36] (doplnenej o procesy z [5, 37, 38]). Podrobne popísať tieto procesy sa nedá, ale detaily sa dajú vyhľadať (buď v literatúre, alebo po zadaní skratiek procesov do internetu):

Získavanie a recyklácia P z odpadových vôd (z vodných liniek ČOV, resp. separovaných vôd); podľa [36] sa dá 10 až 70% P z vody recyklovať; podľa našich prepočtov > 50% môžeme recyklovať pri optimálnej prevádzke ČOV):

- Terciárne zrážanie v biologicky vyčistených vodách:
- proces REM-NUT: zakoncentrovanie v iónomeničoch/adsorbentoch + alkalické pH + zrážanie s Mg alebo s Ca → struvit MAP, resp. apatity HAP, HDP, CaP. Pozn.: teoreticky by sem malo patriť aj dozrážanie s Fe^{3+} a Al^{3+} (Fe a Al nie sú síce priamo hnojivé zložky, ale relatívne čistý P sa dá získať aj pri neutrálnom pH)
- Zrážanie v kalových vodách:

- procesy NuReSys; Phospaq; Ostara Pearl; Phosnix Unitaka; Phostrip; REPHOS; STRUVIA: alkalické pH prídavkom hydroxidov alebo stripaním CO_2 + zrážanie s Mg alebo Ca → MAP alebo apatity (pozor na dozrážavanie MAP v kalových potrubíach; možný prídavok napr. piesku ako kryštalizačných jadier)

- proces FIX-Phos a P-Roc: prídavok CSH (kalcium silikát hydrát) pri alkalickom pH → „P rich CSH“

Uvádza sa, že recyklácia P je limitovaná, pretože v kalových vodách je málo P [5]. Je to tak, pretože v aktivácii sa veľa P vyžráža s Fe^{3+} a zrazeniny zostávajú v kale aj po stabilizácii. Ak sa zníži zrážanie s Fe^{3+} v aktivácii, viac P sa uvoľní do kalovej vody a vznikne viac MAP (musí sa však ustrážiť bilancia P, aby neodtekala do odtoku z ČOV).

Zrážanie v „žltých vodách“:

- špecifické získavanie P zo žltých vôd pri viackrát popisovanom, ale zatiaľ minimálne aplikovanom separovanom odvádzaní odpadových vôd (No-Mix). P je najmä v moči; v stovkách mg/l; zrážanie s Mg, resp. Ca → MAP alebo apatity

Získavanie a recyklácia P zo stabilizovaného kalu (z kalových liniek ČOV; pred alebo po odvodnení); podľa [36] sa dá až 90% P z odpadovej vody recyklovať:

Proces AirPrex: prevzdušnenie kalu + zvýšenie pH stripaním CO_2 + prídavok Mg a vyžrážanie + oddelenie od kalu (zrazeniny rýchlejšie sedimentujú ako kal) → MAP

Mokrý chemický proces/vylúhovanie:

- procesy Seaborne; Stuttgart: nízke pH 2 – 4 prídavkom kyselín + vylúhovanie P z kalu + pH do alkalického oblasti + prídavok Mg → MAP (pozor na penenie a ťažké kovy lúhujúce sa s P; treba nájsť optimálne pH a kovy buď dozrážať s Na_2S , alebo zakomplexovať s kyselinou citrónovou, aby sa nevyžrážali spolu s MAP)
- proces Budenheim: podobné, akurát pH 4 – 5 prídavkom CO_2

Termické procesy a termická/chemická hydrolýza:

- proces HeatPhos: kal na 70 °C → uvoľní sa viac biologicke viazaného P
- proces Cambi: para ku kalu + rozbitie buniek → uvoľní sa viac P
- proces PONDUS: termická a chemická hydrolýza kalu pri 60 – 70 °C + prídavok NaOH → uvoľní sa viac P
- ďalšie procesy z tejto kategórie: LysoPhos, EuPhoRe atď. („intenzívne napredujú“)

Mokrý oxidácia/mokrý spaľovanie a superkritická oxidácia:

- proces Athos: 200 – 300 °C + kyslík → uvoľní sa viac P (navyše efekt je oxidácia amoniaku na N_2)
- proces PHOXNAN: pH 2 + 160 – 200 °C + čistý kyslík → uvoľní sa viac P (P sa vyžráža pri upravenom pH tak, aby sa čo najviac oddelili ťažké kovy)
- Aqua Reci, Aqua Crixox: nad 375 °C + 220 bar + kyslík (exotermický proces) + vylúhovanie P z popola buď pri nízkom pH (HCl), alebo vysokom pH (NaOH) + vyžrážanie P s Ca → apatity (najmä HAP)
- Metalurgické procesy
- proces MEPHREC: kal do kúpeľa s roztaveným Fe 1 450 °C → P zostane v minerálnom zvyšku/troske.

Do tejto kapitoly by mala patriť aj pyrolýza (termická transformácia/rozklad kalu bez kyslíka, 500 – 800 °C) [5, 27, 28] (v [36] nie je uvedená): proces Pyreg → recyklovateľný P je v biochare (pozor na ťažké kovy v biochare).

Získavanie a recyklácia P z popola (z kalových liniek ČOV; po spálení kalu); podľa [36] sa dá recyklovať > 90% P z odpadových vôd:

- popol sa obsahom P (50 – 100 g/kg) približuje P-horninám (90 – 170 g/kg); ale spolu s P sú akumulované ťažké kovy (okrem Hg); preferované je fluidné monospaľovanie (relatívne čistejší popol v práškovom stave)

Biovlúhovanie

- proces Inocre/P-bac: vylúhovanie pri kyslom pH (H_2SO_4 produkovaná biologicky) → vylúhovaný P sa asimiluje v špeciálnych mikroorganizmoch

Mokrý chemická extrakcia, resp. vylúhovanie:

- procesy ICL Fertilizers; RecoPhos (na podobnom princípe ako výroba P hnojív z hornín): prídavok H_2SO_4 , resp. H_3PO_4 → tvorba superfosfátov
- proces LOTUS Project (alkalické vylúhovanie): prídavok NaOH + 50 – 90 °C + prídavok Ca → apatity
- procesy Eco-Phos; PASCH; Eberhard; BioCon; SESAL-Phos; LEACHPHOS (kyslé vylúhovanie): prídavok P s H_2SO_4 , HCl, H_3PO_4 + rôzne procesy dekontaminácie najmä od ťažkých kovov (rozpúšťadlami, zrážanie so sulfidmi, iónová výmena) → v kyslom pH H_3PO_4 , v zásaditom pH apatity

Termochemické procesy:

- procesy AshDec; SUSAN (separácia ťažkých kovov od P): 750 – 1 050 °C + prídavok chloridov + odparenie niektorých chloridov kovov (Cd, Cu, Zn, Pb) + čistenie spalín → popol priamo na výrobu hnojív, resp. prídavok Na_2SO_4 a tvorba CaNaPO_4

Termoelektrické procesy:

- proces ThermPhos: zmiešanie popola (podľa možnosti s nižším obsahom Fe) a P-hornín + 1 500 °C v elektrickej oblúkovej peci + koks + SiO_2 + čistenie spalín s P + kondenzácia P → biely P_4 fosfor

Termoredukčné procesy:

- proces InduCarb/RecoPhos: popol pri 1 300 – 1 600 °C v redukčných podmienkach + čistenie spalín s CO a P + kondenzácia P → čistý P_4 a následne H_3PO_4 .

Je zrejmé, že ide o komplikované procesy a viaceré majú za sebou ešte len laboratórny výskum. Napriek tomu sú využiteľné. Na ich aplikáciu budú potrebné väčšie investície a odpady z procesov môžu spätne zafažovať ČOV (v literatúre sme nenašli ani náznaky cien, resp. návratnosti, škoda, absencia týchto informácií vyvoláva nedôveru...).

ZÁVER

Recyklácia P z odpadových vôd a kalov je v prípade EÚ opodstatnená požiadavka. Otázkou je, ako recyklovať P:

- ukladať kaly priamo, resp. komposty s kalmi na pôdu, a tak v už realizovanej recyklácii optimálne pokračovať?
- alebo pod tlakom poznatkov o znečistení čistiarenských kalov, resp. akceptujúc „predbežnú opatnosť“ pred

znečistením zastaviť alebo významne zredukovať ukladanie kalov na pôdu? Potom však budeme musieť P z odpadových vôd a kalov získavať novými procesmi a technológiami a následne ho recyklovať.

Z prehľadu poznatkov o aplikácii kalov na pôdu, o poznaní skutočného vplyvu polutantov v kale na pôdu, o našej a EÚ legislatíve môžeme konštatovať, že evidujeme stále veľké množstvo neznámych. V tejto situácii by bolo asi vhodné, aby príslušný orgán, celorepublikovo akceptovaný (nielen jednotlivci, resp. inštitúcie angažované v niektorom aspekte problematiky), vydal stanovisko, víziu, ako bude SR v tejto oblasti najbližšie roky pokračovať.

Toto stanovisko nemusí kopírovať stanoviská iných štátov EÚ, máme vlastné podmienky ekologické aj ekonomické. EÚ legislatíva v súčasnom znení nám to umožňuje a v podstate všetky štáty EÚ si vytvárajú „svoju cestu“. Môžeme sa inšpirovať bez kopírovania. Vízia by však mala byť, aby sme sa mohli pripraviť (vedomostne aj ekonomicky).

Podakovanie: Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0772/16 s podporou Vedeckej grantovej agentúry SR.

Literatúra:

- [1] Van Kauwenbergh, S. J. 2010: *World P rock reserves and resources*, International Fertilizer Development Center.
- [2] US Geological Survey: Mineral commodity summaries, 2018.
- [3] Gilbert, N. 2009: The disappearing nutrient, *Nature* 2009, 461, s. 716 – 718.
- [4] Európska komisia: Konzultačné oznámenie o udržateľnom využívaní P, Com (2013) 517 final, 2013.
- [5] Rosenbergová, R. et al. 2018: Jak na P – budoucí trendy a realita; Nové metody a postupy provozování ČOV. Moravská Třebová, IV 2018, s. 12 – 23.
- [6] MŽP SR: Vodný plán SR, kap. 4.1.2.2, 2015.
- [7] Smernica rady o čistení komunálnych odpadových vôd, 91/271/EHS, 1991.
- [8] Nariadenie vlády 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
- [9] Európska komisia: Oznámenie o preskúmaní zoznamu surovín kritických pre EÚ, Com (2014) 297, 2014.
- [10] Smernica rady o ochrane prostredia a pôdy pri použití splaškových kalov v poľnohospodárstve, 86/278/EHS, 1986.
- [11] Zákon 188/2003 Z. z., o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy.
- [12] Vyhláška 437/2016Sb. o podmínkach použitia upravených kalů na zemědělské půdě.
- [13] Jakl, Š. 2018: Co přináší Vyhláška 437/2016 Sb.: Kaly a odpady. Brno, VI 2018, s. 5 – 12.
- [14] Matějů, L., Boščíková, Z.: Zkušenosti s ověřováním účinnosti technologií úpravy kalu dle Vyhlášky 437/2016; Kaly a odpady, Brno, VI 2018, s. 13 – 20.
- [15] Šumná, J. et al.: Trendy nakladania s kalmi z ČOV; Odpadové vody. Š. Pleso, X 2016, s. 275 – 280.
- [16] Kozáková, K. et al. 2017: Stav a nakladanie s kalmi v SR; Rekonštrukcie stok, sieťí a ČOV. Podbanské X 2017, s. 196 – 200.
- [17] Fitko, P., Vančo, M. 2017: Zariadenie na zhodnotenie odpadov – kalov z ČOV; Kaly a odpady, Senec, III 2017, s. 45 – 52.
- [18] Bodík, I. et al. 2018: Monitoring farmaceutík v čistiarenských kaloch na Slovensku; Nové metody a postupy provozování ČOV. Moravská Třebová, IV 2018, s. 34 – 40.
- [19] Kodešová, R. et al. 2018: Chování léčiv v půdním prostředí a jejich vstřebávání rostlinami; Nové metody a postupy provozování ČOV. Moravská Třebová, IV 2018, s. 24 – 33.
- [20] Verlicci, P., Zambello, E. 2015: Pharmaceuticals and personal care product in untreated and treated sewage sludge – a critical review, *Science of Total Environment*, 538, s. 750 – 767.
- [21] Pharmaceuticals in the environment, Vol. 41, Eds. Hester R. S., Harrison R. M., Royal Soc. Chemistry, 2016.
- [22] Adeel, M. et al. 2017: Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: a critical review, *Envi. International*, 99, s. 107 – 119.
- [23] Martín, J. et al. 2015: Pharmaceutically active compounds in sludge stabilization treatments: Anaerobic and aerobic digestion, wastewater stabilization ponds and composting, *Science of Total Environment* 503 – 504, 97 – 104.
- [24] Kos, M. 2016: Termochemické zpracování čistiřských kalů, *SOVAK*, 25/1, s. 116 – 120.
- [25] Frýba, L., Kos, M. 2018: Materiálová transformace čistiřského kalu z energetického hlediska; Nové metody a postupy provozování ČOV. Moravská Třebová, IV 2018, s. 41 – 49.
- [26] TASR: Bratislavská vodárenská má dlh pol miliardy Eur, 29. 6. 2018.
- [27] Mininni, G. et al. 2015: EU policy on sewage sludge utilization and perspectives on new approaches of sludge management, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 7 361 – 7 374.
- [28] Európska komisia: Návrh Nariadenia EP a Rady, ktorým sa stanovujú pravidlá sprístupňovania hnojivých výrobkov s označením CE na trhu. Com (2016) 157 final, 2016.
- [29] Envi web: Kaly z ČOV jsou vhodným zdrojem P na půdu, 3. 4. 2017, dostupné na <http://www.enviweb.cz/108058>.
- [30] Huang, X. L. et al. 2012: Dynamics of P phytoavailability in soil amended with stabilized sewage sludge materials, *Geoderma* 170, s. 144 – 153.
- [31] Frossard, E. et al. 1996: The fate of sludge P in soil-plant systems, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60, 1 248 – 1 253.
- [32] Krogstad, T. et al. 2005: Influence of chemically and biologically stabilized sewage sludge on plant available P in soil, *Ecol. Eng.* 25/1, s. 51 – 60.
- [33] Singh, R. P. et al. 2008: Potential benefits and risks of land application of sewage sludge, *Waste Man.* 28, 347–35.
- [34] Kahiluoto, H. et al. 2015: P in manure and sewage sludge more recyclable than in soluble inorganic fertilizer, *Environ. Science Technol.* 48/4, 2 115 – 2 122.
- [35] Bundesgesetzblatt 2017 Teil I Nr. 65, 3 465 – 3 512: Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung.
- [36] Egle, L. et al. 2015: Overview and description of technologies for recovering P from municipal wastewater, *Resources, Conservation and Recycling* 105, s. 325 – 346.
- [37] Gunther, S. et al. 2018: Overview of advances in P recovery for fertilizer production, *Eng. Life Sci.*, 18, s. 434 – 439.
- [38] Cieslik, B. et al. 2017: Review of P recovery methods at various steps of wastewater treatment and sewage sludge management. The concept of no waste generation and analytical methods. *J. Clean. Prod.*, 142, 1 728 – 1 740.

Monitorovanie a hodnotenie znečistenia podzemných vôd dusičnanmi v zmysle smernice 91/676/EHS za rok 2018

Ing. Roman Cibulka, Ing. Andrej Seman
Výskumný ústav vodného hospodárstva

ÚVOD

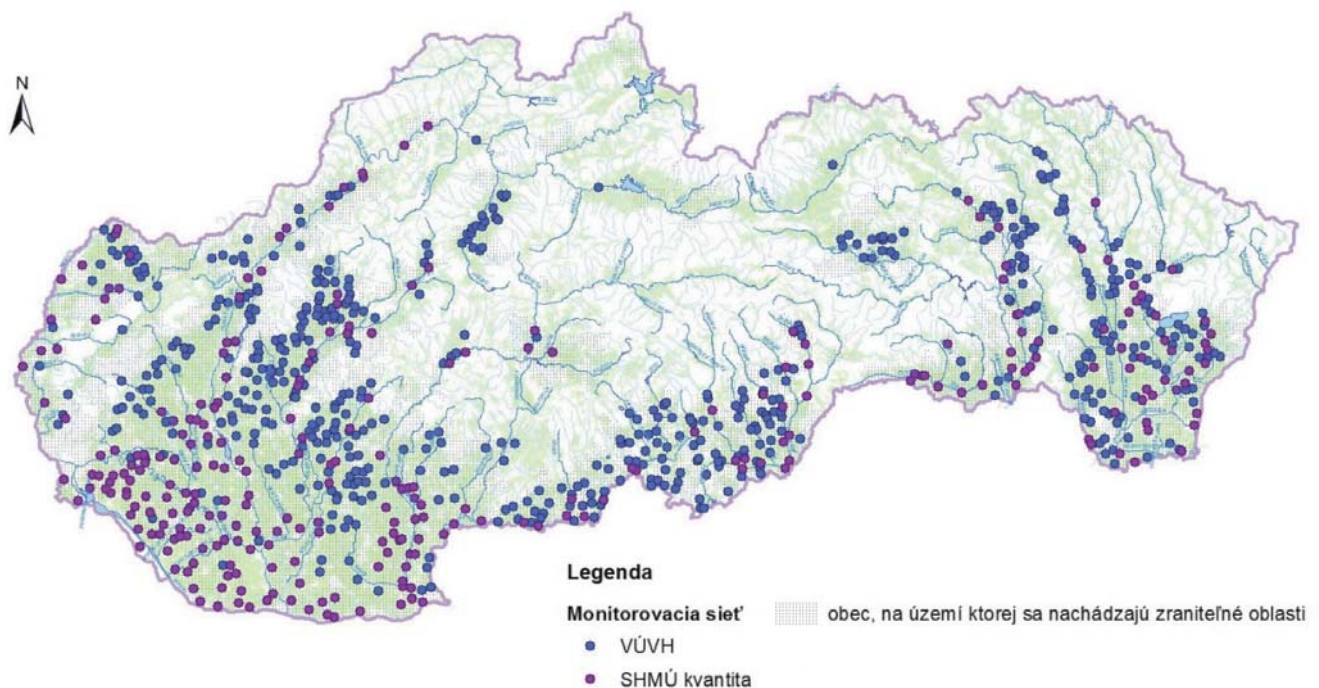
Plnenie záväzkov spojených s implementáciou požiadaviek smernice Rady 91/676/EHS (ďalej dusičnanová smernica) týkajúcej sa ochrany vôd pred znečistením spôsobeným dusičnanmi pochádzajúcimi z poľnohospodárskych zdrojov v Slovenskej republike [1] súvisí s dátumom vstupu Slovenskej republiky do EÚ (1. 5. 2004).

Hlavnou stratégiou a cieľom vyplývajúcim z dusičnanovej smernice [1] je zmierniť znečistenie podzemnej a povrchovej vody dusičnanmi pochádzajúcimi z poľnohospodárskej činnosti a zabrániť ďalšiemu znečisteniu tohto druhu. Súčasne smernica vymedzuje rozsah a zameranie monitorovania kvality vôd.

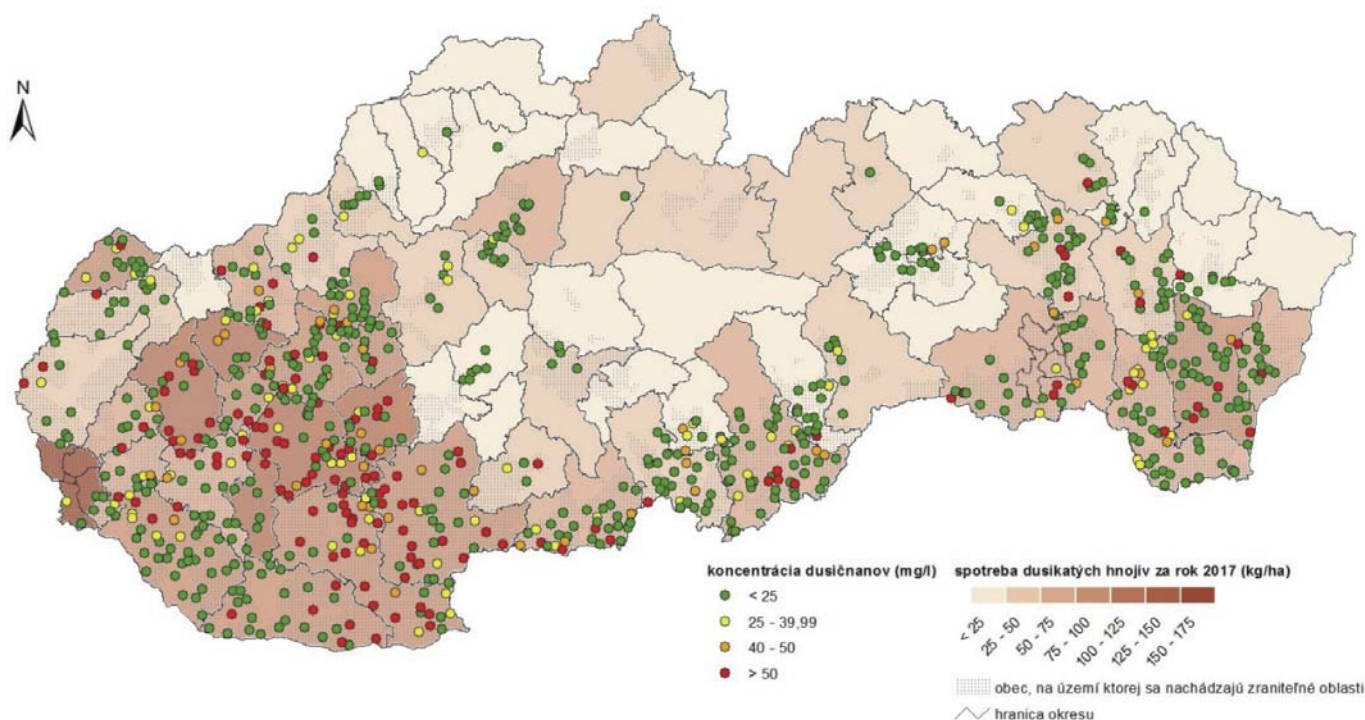
Tento článok je zameraný na hodnotenie výsledkov monitorovania podzemných vôd, ktoré vykonal Výskumný ústav vodného hospodárstva, za rok 2018. Komplexná monitorovacia sieť podzemných vôd SR pre potreby dusičnanovej smernice bude vyhodnotená v rámci reportovania správy o stave implementácie smernice Rady 91/676/EHS a pri revízii zraniteľných oblastí SR v roku 2020.

ÚČELOVÝ MONITORING VÚVH NA SLEDOVANIE OBSAHU DUSIČNANOV V PODZEMNÝCH VODÁCH

V kompetencii VÚVH je zabezpečiť účelové monitorovanie podzemných vôd z hľadiska znečistenia



Obr. 1 Mapa účelového monitoringu VÚVH pre sledovanie znečistenia v podzemných vodách v roku 2018



Obr. 2 Mapa priemernej koncentrácie dusičnanov v monitorovacích objektoch monitorovaných VÚVH v roku 2018

z poľnohospodárskych zdrojov. Účelová monitorovacia sieť VÚVH sa budovala na prelome rokov 2007 a 2008, pričom výsledky prvých analýz sú z roku 2008. V tomto roku VÚVH ohľadom kvality prvýkrát monitoroval aj niektoré objekty základnej pozorovacej siete SHMÚ na sledovanie kvantitatívnych parametrov podzemných vôd.

Štandardný monitoring celej účelovej monitorovacej siete VÚVH na sledovanie znečistenia prebieha 2x ročne (na jar a jeseň). Na účely hodnotenia obsahu dusičnanov v podzemných vodách v rámci pozorovacej siete SHMÚ na sledovanie kvantitatívnych parametrov podzemných vôd boli využité údaje z 278 monitorovacích objektov, pričom frekvencia monitorovania bola 1x ročne.

HODNOTENIE VÝSLEDKOV ANALÝZ ÚČELOVÉHO MONITORINGU VÚVH ZA ROK 2018

Spracovanie a vyhodnotenie údajov koncentrácií dusičnanov v podzemných vodách prebieha každoročne v súlade s príručkou na vypracovanie správ o stave implementácie smernice Rady 91/676/EHS (ďalej príručka na vypracovanie správ) [2]. Pre všetky objekty monitorované VÚVH boli vypočítané priemerné koncentrácie dusičnanov za rok 2018, ktoré boli následne rozdelené do štyroch tried kvality koncentrácie dusičnanov v podzemných vodách (tab. 1).

Kvalitu podzemných vôd, v ktorých sú umiestnené monitorovacie objekty s priemernou koncentraciou dusičnanov pod 25 mg/l, je možné považovať za dobrú. Koncentrácie dusičnanov, ktoré spadajú do tried 25 – 39,99 mg/l a 40 – 50 mg/l, je už potrebné monitorovať, najmä z dôvodu ich možného zvýšenia. Pri koncentráciách nad 50 mg/l je stav z hľadiska prekročenia limitnej hodnoty dusičnanov alarmujúci. Vtedy už preventívne opatrenia nie sú dostačujúce a treba realizovať nápravné zásahy.

V rámci celkového hodnotenia priemerných koncentrácií dusičnanov v podzemných vodách z 814 monitorovacích

Tab. 1 Triedy kvality priemerných koncentrácií dusičnanov v podzemných vodách SR v roku 2018 – účelový monitoring VÚVH

Trieda NO_3 (mg/l)	Počet	Podiel
0 – 24,99	547	67,2%
25 – 39,99	82	10,1%
40 – 50	47	5,8%
> 50	138	17,0%
Celkom	814	100,0%

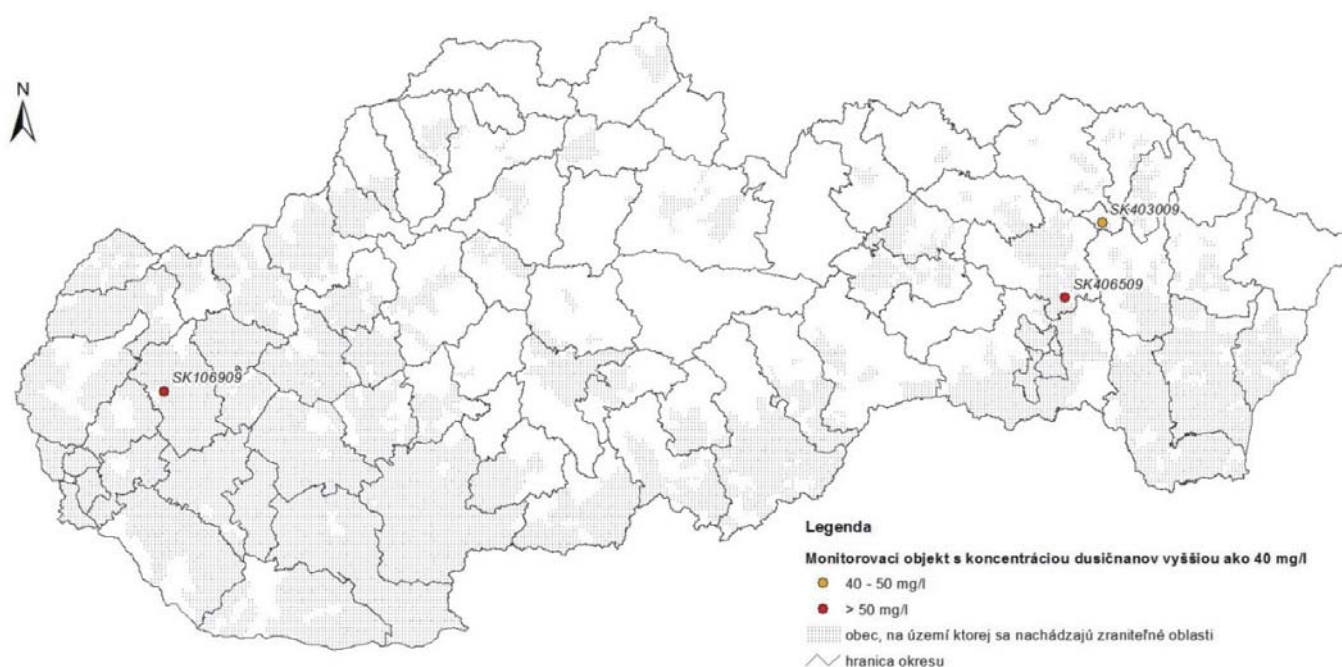
Zdroj: Príručka na vypracovanie správ, VÚVH

objektov v roku 2018 bol priemerný obsah dusičnanov v 83,0% monitorovacích objektov nižší ako limitná hodnota 50 mg/l. Najviac monitorovacích objektov (547) spadalo do triedy

Tab. 2 Monitorovacie objekty s priemernou koncentráciou dusičnanov nad 40 mg/l mimo zraniteľných oblastí SR v roku 2018

Číslo objektu	Lokalita	Názov obce	Názov okresu	Priemerná hodnota NO ₃ ⁻ (mg/l)	Maximálna hodnota NO ₃ ⁻ (mg/l)
SK106909	Košolná	Košolná	Trnava	62,85	99,40
SK406509	Brestov	Brestov	Prešov	58,15	59,20
SK403009	Kračúnovce	Kračúnovce	Svidník	45,30	86,70

Zdroj: VÚVH



Obr. 3 Mapa monitorovacích objektov VÚVH s priemernými koncentraciami dusičnanov nad 40 mg/l v roku 2018

s koncentráciou dusičnanov 0 – 24,99 mg/l, čo predstavuje 67,2% z celkového počtu miest monitorovania. Ďalších 82 objektov bolo zaradených do triedy kvality s obsahom dusičnanov v intervale od 25 – 39,99 mg/l a 42 miest spadalo do triedy 40 – 50 mg/l. Priemerná hodnota dusičnanov v 138 monitorovacích objektoch prekročovala koncentráciu 50 mg/l, čo predstavuje 17,0% zo všetkých monitorovacích objektov (tab. 1).

Výsledky z hodnotenia priemerných koncentrácií dusičnanov v podzemných vodách za sledovaný rok 2018 sú graficky znázornené na obr. 2. Z uvedenej mapy je možné vidieť, že takmer všetky monitorovacie objekty s priemernými koncentraciami dusičnanov, spadajúcich do tried 40 – 50 mg/l a nad 50 mg/l, sú situované v zraniteľných oblastiach. Najväčšie zastúpenie týchto monitorovacích objektov je v oblasti Podunajskej nížiny, kde je vysoká intenzita poľnohospodárskej

činnosti. Naopak, najväčšia koncentrácia monitorovacích objektov s nízkymi koncentraciami dusičnanov je v oblasti Žitného ostrova a okolí, kde je aj tak potrebná zvýšená opatrnosť pri poľnohospodárskej činnosti, keďže ide o významnú zásobáreň podzemnej vody.

V rámci územia s poľnohospodársky využívanou pôdou mimo zraniteľných oblastí boli zistené priemerné koncentrácie dusičnanov nad 40 mg/l v 3 monitorovacích objektoch (tab. 2 a obr. 3). Keďže všetky 3 monitorovacie objekty mali maximálnu koncentráciu dusičnanov nad 50 mg/l, budú tieto objekty v rámci prehodnocovania zraniteľných oblastí na Slovensku v roku 2020 overené z hľadiska ich situovania priamo v teréne. V prípade, že sa potvrdí vplyv poľnohospodárstva, budú katastre príslušných obcí navrhnuté na začlenenie do zraniteľných oblastí SR.

ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV ANALÝZ ÚČELOVÉHO MONITORINGU VÚVH

Na základe zhodnotených dát je možné konštatovať, že kvalita podzemnej vody je pod hranicou priemerných koncentrácií dusičnanov 25 mg/l v 67% zo všetkých monitorovacích objektov. Prekročenie limitnej hodnoty koncentrácie dusičnanov pre pitnú vodu (50 mg/l) definovanej v nariadení vlády SR č. 496/2010 Z. z. [3] bolo zaznamenané v 138 monitorovacích objektoch (17 %), z toho boli 3 mimo zraniteľných oblastí. Najväčšie zastúpenie monitorovacích objektov s vysokými koncentraciami je v oblasti Podunajskej pahorkatiny, kde zároveň prebieha najintenzívnejšia poľnohospodárska činnosť. Treba mať na zreteli, že v súčasnosti je poľnohospodárstvo v úzadí oproti stavom v 80. rokoch 20. storočia, ako aj oproti vyspelým poľnohospodárskym krajinám (napr. Belgicko, Dánsko), avšak zvyšovať sa začína miera používania dusíkatých hnojív. Je preto nevyhnutné, aby hospodárenie na poľnohospodárskej pôde postupovalo na základe Kódexu správnej hospodárskej praxe [4]. V zraniteľných oblastiach je taktiež potrebné realizovať správne opatrenia na zabezpečenie ochrany vôd pred znečistením z poľnohospodárskej

činnosti v súlade s programom hospodárskych činností vo vyhlásených zraniteľných oblastiach [5], ktorý je súčasťou novelizovaného zákona o hnojivách č. 136/2000 Z. z. (novela č. 394/2015, §10b, §10c).

ROZŠÍRENIE ÚČELOVÉHO MONITORINGU VÚVH

Na kontrolu vplyvov hospodárenia poľnohospodárov na kvalitu podzemných vôd treba mať vybudovanú dostatočne hustú monitorovaciu sieť, ktorá pokrýva všetky obce spadajúce do zraniteľných oblastí. Táto podmienka by mala byť splnená po dokončení projektu „Skvalitnenie účelovej monitorovacej siete VÚVH na sledovanie znečistenia v podzemných vodách“.

Cieľom projektu je vybudovanie 631 monitorovacích vrtov, z toho 8 hlbokých vrtov, 10 monitorovacích vrtov zameraných na znečistenie z iných ako poľnohospodárskych zdrojov a 613 vrtov zameraných na monitorovanie znečistenia dusíkatými látkami v poľnohospodárskej krajine. V tomto prípade sa hlbokými vrtmi rozumejú vrty s hĺbkou cca 50m, ostatné monitorovacie vrty budú mať hĺbku cca 10m. Ukončenie budovania monitorovacích vrtov je naplánované do konca roku 2020.

Literatúra:

- [1] Smernica Rady 91/676/EHS týkajúca sa ochrany vôd pred znečistením spôsobom dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov
- [2] Nitrates Directive (91/676/CEE). Status and trends of aquatic environment and agricultural practice. Development guide for Member States reports. 2011. [online]. [cit. 1. 2. 2012], dostupné na: <https://circabc.europa.eu/w/browse/bbfdad95-2d53-4ad2-ba34-5be593a45d0c>.
- [3] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 8/2016 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 496/2010 Z. z.
- [4] MP SR. 2001. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe – Ochrana vodných zdrojov. [online]. Bratislava: MP SR, september 2001. [cit. 30. 6. 2012], dostupné na: http://www.podnemapy.sk/portal/verejnost/nd/dokument/Kodex_OV.pdf
- [5] Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 462/2011 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 199/2008 Z. z., ktorou sa ustanovuje Program poľnohospodárskych činností vo vyhlásených zraniteľných oblastiach
- [6] Zákon č. 136/2000 Z. z. o hnojivách v znení neskorších predpisov

Zdroje dát pre mapy:

- Obr. 1 ZBGIS®, Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
 Obr. 2 PIS © Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2017
 Obr. 3 Výskumný ústav vodného hospodárstva



Niva rieky Moravy, S. Rybár

Zkušenosti s provozováním membránového bioreaktoru v oblasti čištění odpadních vod

Ing. Eva Ničová, Ing. Simona Kubíčková, Ing. Daniel Vilím

ENVI-PUR, s. r. o.

Anotácia

Membránové technologie jsou v dnešní době již poměrně známým pojmem. Nacházejí uplatnění v řadě oblastí, mimo jiné i při úpravě vody a při čištění odpadních vod. Tento příspěvek se zabývá membránovými čistírnami odpadních vod (ČOV), realizovanými firmou ENVI-PUR, s. r. o. Firma ENVI-PUR, s. r. o., má za sebou řadu zajímavých realizací čistíren komunálních i průmyslových odpadních vod a dokazuje tak, že i tento způsob čištění odpadních vod si našel na trhu své místo. Hlavní výhodou MBR – membránového bioreaktoru – je úspora místa, čehož se často využívá při navýšení kapacity stávajících čistíren. Z celkového počtu realizací je varianta intenzifikace stávající ČOV nejrozšířenější. Toto řešení je tak vhodné například pro rozšiřující se obce s výstavbou tzv. satelitů, v místech s nedostatkem prostoru pro stavbu či s vysokou výkupní cenou pozemků. Membránové moduly v čistírnách nahrazují konvenční dosazovací nádrže, které zaujímají mnohonásobně větší prostor. Samozřejmostí je vysoká kvalita odtoku z čistírny díky malým póřům membrány.

V tomto příspěvku jsou představeny některé zajímavé realizace MBR ČOV. ČOV Benecko je specifická nepravidelným sezónním nátokem a také tím, že se nachází ve 3. ochranném pásmu Krkonošského národního parku. Čistírny v areálu firmy Bosch Jihlava, v pivovaru ve Švédsku a v obci Třebovle zpracovávají kromě splaškových také průmyslové odpadní vody. ČOV v Tuchoměřicích je s kapacitou 6 000 EO druhou největší membránovou čistírnou v České republice.

TECHNOLOGIE MBR

Membránové procesy

Membránové procesy jsou moderní separační techniky. Jádrem procesu je tenká porézní membrána, vyrobená obvykle z polymeru či keramiky, která je tzv. semipermeabilní. To znamená, že přes ní projdou pouze některé látky a některé se na membráně zachytí. Hnací silou propustnosti přes membránu představuje rozdíl tlaku před a za membránou, kde dochází k jeho snížení.

MBR a jeho výhody

Technologie membránového bioreaktoru – MBR (membrane bioreactor) kombinuje konvenční proces aktivace a membránovou technologii. Odpadní voda je čištěna biologicky pomocí aktivovaného kalu, který je následně spolu s dalšími nerozpuštěnými látkami od vody separován filtrací přes přepážku – membránu. Membránová technologie zde nahrazuje dosazovací nádrž. Největší výhodou oproti dosazovací nádrži je značná úspora místa. Prostor pro membránovou separaci je nesrovnatelně menší. Další snížení objemu, tentokrát na straně aktivačních nádrží, přichází s možností provozovat MBR s vysokou koncentrací aktivovaného kalu (8 – 10 kg/m³). Aplikujeme-li zmíněnou potřebu menších objemů na intenzifikaci stávajících ČOV, získáme většinou dvojnásobné zvýšení kapacity bez nutnosti zásadních stavebních úprav.

Další výhodou je účinná separace všech nerozpuštěných látek, které nemají šanci proniknout do odtoku. Problémem

u běžných dosazovacích nádrží je, že kvalita vyčištěné odpadní vody je snížena díky přítomnosti nerozpuštěných látek na odtoku, produktů biochemického rozkladu a biochemicky neodbouratelných látek. Dosazovací nádrž také není schopná zachytit hygienicky závadné mikroorganismy. Voda po membránové filtraci je zbavena nerozpuštěných látek, bakterií a z velké části i virů. Díky tomu je možné vodu znovu využít pro užitkové účely, jako například zavlažování či mytí.

Z technologického hlediska je výhodou hlavně to, že kvalita aktivovaného kalu (především poměr mezi vláknitými a vločkotvornými mikroorganismy) nemá vliv na účinnost separace.

Odpadní vody vstupující do čistírny s technologií MBR jsou, stejně jako v konvenčních čistírnách, mechanicky předčištěny od hrubých nečistot, které by mohly poškodit membrány či další zařízení. U menších čistíren předčištění zajišťuje většinou předřazený septik, u větších čistíren pak jemné česle. Po hrubém předčištění voda natéká do aktivace.

Nejčastěji využívaná řešení u menších a středních čistíren jsou:

- směšovací aktivace s časovým střídáním fází nitrifikace (N) a denitrifikace (D) a oddělenou membránovou komorou,
- D-N systém s oddělenou membránovou komorou,
- D-N systém s umístěním membrán uvnitř nádrže nitrifikace.

Voda po průchodu aktivačním procesem protéká skrz membránu za pomoci podtlaku (zajištěný pomocí čerpadla). Vyčištěná voda natéká do nádrže permeátu, která slouží jako zásobárna vody pro zpětné proplachy. Oddělený kal natéká poté zpět do aktivace.

Čištění membrán

Membránové moduly je pro správné fungování nutné čistit. To se provádí následujícími způsoby:

- vháněním vzduchu pod moduly – zajišťuje oklepávání membrán,
- zpětným proplachem permeátem,
- zpětným proplachem permeátem za současného dávkování chemikálií (CEB – chemical enhanced backwash),
- chemickou regenerací (máčení membránových modulů přímo v roztocích chemikálií).

Permeabilita membrán

Během procesu filtrace dochází k zanášení membrány (z angličtiny tzv. fouling – organické úsady a scaling – anorganické úsady). Měřitkem úrovně zanesení membrány je filtrační odpor membrány, tzv. transmembránový tlak. Z něj je možno spočítat permeabilitu (propustnost) membrány. Jedná se o měrný průtok přepočítaný na standardní tlak a teplotu. Permeabilita se vyjadřuje v jednotkách $\text{l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$ – zkráceně LMH/bar. Permeabilita je ovlivňována mnoha různými faktory (aktuální flux, koncentrace kalu, látkové a hydraulické zatížení, složení odpadní vody, teplota...), za přibližně kon-



Obr.1 Membránové moduly

stantních podmínek by ale neměla vykazovat žádné výrazné poklesy. V rámci jednoho filtračního cyklu lze pozorovat malý postupný pokles permeability a po relaxaci a zpětném proplachu její obnovení. Permeabilita také postupně klesá trvale v horizontu dnů a týdnů. Tento pokles permeability je možné zvrátit či zpomalit dávkováním chemikálií do proudu zpětného proplachu při tzv. CEBu. Tímto způsobem je udržována permeabilita v žádoucím intervalu hodnot a to buďto automatickým časovým nebo ručním spouštěním CEBu.

PŘÍKLADY REALIZACÍ MBR ČOV

Benecko

Čistírna v Benecku je naší nejdéle sloužící realizovanou obecní membránovou čistírnou. Rekonstrukce byla provedena ve dvou etapách na přelomu let 2011 a 2012. Tato čistírna dokazuje, jak udržitelná a stabilní tato technologie pro čištění odpadních vod je.

Obec Benecko je významným rekreačním střediskem, ležícím ve 3. zóně Krkonošského národního parku. V této oblasti se značně liší počet obyvatel a hostů v zimním a letním období (1 000 – 1 900) a v sezóně, kdy je na čistírnu napojeno pouze 350 stálých obyvatel. Dříve byly odpadní vody v lokalitě Benecko čištěny ve dvou čistírnách – Benecko a Štěpánická Lhota, které ale byly v období zimních rekreačních sezón přetěžovány. Bylo rozhodnuto, že pro čištění odpadních vod bude do budoucna použita centrální ČOV Benecko a že bude navýšena její kapacita bez přístavby nových nádrží z důvodu nedostatku místa a vysoké ceny případných stavebních prací. Původní kapacita čistírny byla 900 EO, požadovaná po rozšíření 1 950 EO, a to bez zvětšování objemů nádrží. To byl hlavní důvod pro aplikaci technologie MBR.

ČOV je umístěna ve zděné zastřešené provozní budově a je koncipována jako mechanicko-biologická s aktivací s časovým střídáním denitrifikace a nitrifikace a s membránovou filtrací pro separaci aktivovaného kalu. Bylo instalováno nové mechanické předčištění s velikostí průřezu 2 mm a byla provedena rekonstrukce lapáku písku. V původní dvojlince aktivčních nádrží byl instalován jemnobublinný aerační systém a byly vestavěny membránové komory. Ty jsou od zbytku objemu nádrže odděleny příčkami, což umožňuje regeneraci membránových modulů bez nutnosti manipulovat s nimi. V každé z membránových komor jsou umístěny dva membránové moduly BC-UF 400, což představuje celkovou filtrační plochu 1 600 m². ČOV je doplněna o srážení fosforu síranem železitým.

Projektované hydraulické zatížení je $Q_{24} = 332,5 \text{ m}^3/\text{den}$ (průměrný denní přítok), respektive $Q_{d,\max} = 427,5 \text{ m}^3/\text{d}$ (maximální denní přítok). Reálné průměrné hydraulické zatížení v letech 2012 – 2016 se pohybovalo kolem 205 m³/den, s extrémy přes 400 m³/den během zimních turistických špiček.

V tabulkách 1 a 2 jsou uvedeny látkové parametry na přítoku a odtoku v letech 2012 až 2016.

ČOV Benecko dokazuje, že tato poměrně nová technologie dosahuje i po několika letech provozu stabilních výsledků. Jelikož mimo zimní sezónu dochází ke konzervaci jedné linky, je vždy prostor k detailní prohlídce membránového modulu. Na základě informací od provozovatelů čistírny nic nenasměňuje tomu, že by byl membránový modul jakkoli mechanicky poškozen.

BOSCH Diesel Jihlava

ČOV v závodě Bosch Diesel Jihlava byla realizována počátkem roku 2017. Vznikla rekonstrukcí části původní ČOV. Před ČOV je zařazena flotační jednotka. Původní ČOV měla dvě nestejně velké linky v uspořádání D-N s dortmundskými

Tab. 1 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2012 – 2016)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	mg/l							
Počet vzorků	55	55	55	55	55	55	55	55
Průměrná hodnota	482	179	251	34,8	0,26	36,3	60,8	7,63
Minimum	57	15	35	4,3	0,055	5,04	11,2	1,43
Maximum	1270	470	908	107	1,7	107	181	19

Tab. 2 Výsledky laboratorních rozborů na odtoku (2012 – 2016)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	mg/l							
Počet vzorků	55	55	55	55	55	55	55	55
Průměrná hodnota	10,1	0,9	0,27	4,22	7,89	12,3	13,9	1,9
Minimum	< 10,0	< 3,0	< 5,0	< 0,25	0,5	0,5	< 3,0	0,4
Maximum	52	16	< 5,0	37,1	25	38,8	44,2	6,3

dosazovacími nádržemi. Původní čistírna splňovala odtokové limity, ale kvalita vody přesto nedostačovala pro opětovné využívání. Čistírna navíc neměla žádnou kapacitní rezervu pro případné navýšení počtu zaměstnanců v závodu. Cílem investora bylo využívat podíl vyčištěné vody v chladicím okruhu závodu.

Pro osazení MBR technologie byla využita větší z původních linek. Denitrifikace nové linky vznikla z bývalé dosazovací nádrže. Nitrifikace byla zachována z původní linky. Z původní denitrifikace byla z důvodu příhodné geometrie vytvořena dvojice membránových komor. Zdvojení membránové separace je provozně výhodné z důvodu možnosti odstavení pouze poloviny zařízení při regeneraci membrán.

Nádrže původní menší linky byly částečně využity pro nové fyzikálně chemické předčištění průmyslových odpadních

oleje, čisticí prostředky apod. Tyto odpadní vody vykazují koncentrace CHSK_{Cr} v jednotkách tisíc mg/l a zhoršený poměr CHSK_{Cr} : BSK₅. Vzhledem ke svému charakteru by mohly negativně ovlivňovat kvalitu odtoku z konvenční čistírny a také mít negativní vliv na stav membránových modulů. Kvůli tomu je nutné odpadní vody mechanicky předčistit ve flotační jednotce.

Díky aplikaci technologie MBR čistírna dosahuje průměrné účinnosti odstranění CHSK_{Cr} > 96% a BSK₅ > 99% i při zhoršeném poměru vstupních koncentrací CHSK_{Cr} : BSK₅ téměř 4 : 1. Vysoká účinnost čištění není dosažena na úkor zvýšeného zanášení membrán ani zhoršování provozních parametrů. Parametry nátoky a odtoku jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. Za první půlrok provozu ČOV bylo provedeno celkem 6 oxidačních a 3 kyselé CEBy, přičemž permeabilita membrán se od uvedení do provozu prakticky nesnížila.

Tab. 3 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2017)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	11	11	11	11	11	11
Průměrná hodnota	1 258	460	260	79	77	11
Minimum	636	88	39	49	49	1
Maximum	2 080	1 440	427	102	102	15

Tab. 4 Výsledky laboratorních rozborů na odtoku (2017)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	11	11	11	11	11	11
Průměrná hodnota	37	2,3	2	0,34	10	4
Minimum	15	1	2	0,04	2,99	0,1
Maximum	97	8,9	3,6	2,45	15,6	16

vod. Nádrže byly dále zastropeny a nad nimi byla postavena nová provozní budova pro flotaci. Kalová koncovka byla kompletně zachována z původní čistírny. Pro zařízení zajišťující chod MBR musela být vybudována nová strojovna, která byla umístěna na strop nové denitrifikační nádrže.

Nová čistírna byla navržena na kapacitu 2 400 EO₆₀, při hydraulických návrhových parametrech Q₂₄ = 307,2 m³/d a Q_{d, max} = 399,4 m³/d. Většinu látkového i hydraulického zatížení představují splašky z areálu závodu. Asi 10% objemu odpadních vod představují odpadní vody obsahující řezné emulze,

Pivovar ve Švédsku

Tento pivovar představuje izolovaný zdroj průmyslové odpadní vody, nemá možnost připojit se na komunální čistírnu. Realizovaná čistírna je zástupcem typové řady modulárních kontejnerových čistíren s integrovanou technologií MBR.



Obr. 2 ČOV, Švédsko

Projektovaná kapacita čistírny je 800 EO₆₀ a bude složena ze 4 linek. Mechanické předčištění, strojovna a prostor pro elektro a chemické hospodářství jsou umístěny v prefabrikované provozní budově, která je umístěna nad kontejnerem kalové nádrže. Součástí ČOV je egalizační nádrž, sloužící k vyrovnání hodnoty pH. Následuje aktivační nádrž, kde se časově střídají fáze denitrifikace a nitrifikace, a konečně membránová komora, ve které se nachází membránový modul BC-UF 100 (filtrační plocha 100 m²). Čistírna je doplněna zařízením pro srážení fosforu síranem železitým a dále dávkováním močoviny ve formě komerčně dostupného prostředku AdBlue – v natékající odpadní vodě je nízké množství dusíku.

Důvodem pro instalaci membránové technologie byly přísné nároky na kvalitu odtoku dané Švédskou legislativou, která je v určitých oblastech velmi přísná. V tomto případě je maximální povolená hodnota BSK₇ na odtoku 10 mg/l a maximální povolená hodnota celkového fosforu 0,3 mg/l.

První linka byla uvedena do provozu v prosinci 2014 (200 EO) s hydraulickým zatížením $Q_{24} = 15 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{d,max} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$. Čistírna byla nejprve po několik týdnů provozována v SBR režimu bez využití membránové separace. Důvodem byl „rozpad“ kalu dovezeného z komunální ČOV při kontaktu s odpadní vodou z pivovaru.

Po prvotním prudkém snížení permeability, způsobeném zhoršenými vlastnostmi kalu, se díky pravidelným i mimořádně přidávaným CEBům permeabilita vrátila do běžných provozních hodnot. Standardní nastavení oxidačního CEBu je jednou za 2 týdny a kyselého jednou za měsíc.

Regenerace membrán byla za provozu čistírny provedena pouze dvakrát, a to i přes občasný nestandardní provoz – např. opakovaný únik propylenglykolu (chladiva) z pivovaru do odpadních vod a tím jejich extrémní organické zatížení, nebo extrémně vysoká koncentrace kalu až 30 g/l.

Švédská legislativa definuje pro ČOV této velikosti limity pouze pro dva parametry na odtoku, a to BSK₇ a celkový fosfor. Z tohoto důvodu byla v prvním roce provozu většina analytických rozborů nátoků i odtoků provedena pouze v rozsahu právě těchto dvou parametrů. Až od začátku roku 2016 jsou po dohodě s provozovatelem prováděny kompletní rozborů.

Lze konstatovat, že odtokové parametry jsou i navzdory kolísavé kvalitě nátoků poměrně stabilní. Vzhledem k tomu, že dusík musí být do ČOV dávkován, nedochází prakticky k nitrifikaci a koncentrace oxidovaných forem dusíku jsou tak v odtoku blízké nule. Odtokovou koncentraci celkového dusíku tím pádem tvoří především nadbytek dávkovaného dusíku oproti množství potřebného k růstu nové biomasy. Naměřené hodnoty parametrů nátoků a odtoků v roce 2016 jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6.

Hydraulická i látková kapacita této čistírny dosáhla v loňském roce (2017) svého vrcholu, a proto se investor začal zamýšlet nad možností rozšíření čistírny (přístavba druhé linky). Vzhledem k výborným výsledkům čistírny se investor rozhodl pokračovat ve spolupráci s naší firmou.

Stávající čistírna byla rozšířena o jednu linku (nádrž aktivační a membránové komory). Nově byly instalovány v místě čistírny dva nadzemní kontejnery. Do prvního kontejneru bylo přesunuto veškeré chemické hospodářství (dávkování nutrientů, PIX, chemikálie pro neutralizaci a zpětné proplachy

Tab. 5 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2016)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₇	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	15	15	15	15	15	15
Průměrná hodnota	1 011	605	110	35	53	4
Minimum	610	340	33	18	42	2,6
Maximum	1 700	1 000	260	67	81	4,4

Tab. 6 Výsledky laboratorních rozborů na odtok (2016)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₇	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	17	17	17	17	17	17
Průměrná hodnota	46	5,5	2,2	7,4	9,3	0,23
Minimum	34	3	1,9	1	2,6	0,1
Maximum	72	9	260	4,9	17	0,35

s dávkováním chemikálií). Druhý kontejner byl osazen šnekovým zahušřovačem pro strojní odvodnění kalu. Jedná se o pomalu se otáčející kónický šnek ve válci, který je tvořen děrovaným plechem s malými otvory. Odvodněný kal je transportován do přistaveného kontejneru. Realizace proběhla v listopadu 2017.

Hydraulické zatížení je pro linku č. 2 totožné s 1. linkou. Z toho vyplývá celkové hydraulické zatížení pro obě linky $Q_{24} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ a $Q_{d,max} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Naměřené hodnoty parametrů nátoků a odtoků v roce 2017 jsou uvedeny v tabulkách 7 a 8. Z výsledku rozborů je zjevné, že membránová technologie dosahuje vysoké účinnosti i po rozšíření. Konkrétně pak účinnost odstranění z průměrných koncentrací CHSK_{Cr} dosahovala více než 94% a u hodnoty BSK₇ dosáhla 99%.

Tab. 7 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2017)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₇	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	23	23	23	23	23	23
Průměrná hodnota	706,1	408,9	90	31,7	46,4	3,5
Minimum	360	74	26	19	32	2
Maximum	940	670	350	51	66	5,7

Tab. 8 Výsledky laboratorních rozborů na odtok (2017)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₇	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	23	23	23	23	23	23
Průměrná hodnota	39	3,4	<2	8	11	0,22
Minimum	15	1,5	<2	0,05	0,89	0,05
Maximum	67	7	<2	20	22	0,63

Třebovle

Čistírna v Třebovli byla uvedena do provozu v říjnu 2014, kolaudace pak proběhla v roce 2015. Čistírna je koncipována na kapacitu 870 EO při hydraulických návrhových parametrech $Q_{24} = 80 \text{ m}^3/\text{d}$ a $Q_{d,max} = 120 \text{ m}^3/\text{d}$. Nátok na čistírnu tvoří směs komunálních a předčištěných průmyslových odpadních vod z masného průmyslu. ČOV je koncipována jako mechanicko-biologická s jednou aktivační nádrží s časovým

střídáním denitrifikace a nitrifikace. Membránové komory vznikly z již existujících nádrží.

Odpadní vody jsou na ČOV přiváděny tlakovou kanalicí do nerezové nádrže, kde jsou umístěny nerezové šroubové česle s odvodněním shrabků. V případě poruchy se pro od-

Tab. 9 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2017)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	12	12	12	12	12	12
Průměrná hodnota	1 563	361	398	96	131	17
Minimum	377	144	150	65	75	7
Maximum	3 597	756	1 180	120	196	35

Tab. 10 Výsledky laboratorních rozborů na odtok (2017)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)					
Počet vzorků	12	12	12	12	12	12
Průměrná hodnota	41	3,7	5	0,47	23	9
Minimum	16	< 3	2	0,03	4	2
Maximum	62	5	14	4,32	34	16

stranění hrubých nečistot užívají ručně stírané česle s průlinami 6 mm. Vlastní jednolinková nádrž aktivace zaujímá objem 120 m³. Samotná aerace je automaticky ovládána řídicím systémem a přívod vzduchu je zajištěn chodem dmychadel, které jsou řízeny optickou oxysondou. Separace aktivovaného kalu na membráně probíhá ve dvojici membránových komor. Komory jsou navzájem propojeny, toto propojení lze přerušit pomocí deskového šoupěte. Za běžného provozu je šoupě otevřené. Oddělení membrán se využívá v případě chemické regenerace membránového modulu in-situ. Každá membránová komora je opatřena jedním deskovým mikrofiltračním membránovým modulem EP-UF 200. Celková filtrační plocha je tedy 400 m².

Od počátku provozu byly regenerace prováděny zhruba jedenkrát ročně. Jednalo se o mechanické předčištění

s následnou chemickou regenerací in-situ, kdy byly čištěny obě membránové komory ve stejném čase.

Z laboratorních výsledků uvedených v tabulkách 9 a 10 je patrné, že membránová technologie dosahuje vysoké účinnosti i při zvýšeném látkovém zatížení. Konkrétně pak u parametru CHSK_{Cr} dosahovala účinnost více než 98% a u parametru BSK₅ více než 99%.

Vysoké koncentrace látkového zatížení (CHSK) a fosforu jsou pravděpodobně způsobené přítékajícími odpadními vodami z jatek a oddílnou tlakovou kanalicí, ve které nedochází k naředění balastními vodami. Navzdory tomu byly splněny odtokové limity dané platným rozhodnutím.

TUCHOMĚŘICE

Původní ČOV v Tuchoměřicích o kapacitě 2 930 EO₆₀ byla v roce 2016 rekonstruována a její kapacita byla navýšena na 6 000 EO₆₀. Čistírna je koncipována jako dvoulinková mechanicko-biologická s aktivací v uspořádání D-N a membránovou separací aktivovaného kalu. Součástí technologie je čerpací jímka s možností odvětvení části nátoky do dešťové zdrže a jímka svážených vod. Mechanické předčištění tvoří hrubý česlicový koš v čerpací jímce a integrovaná jednotka jemných česlí, lapáku písku a tuků. Období zkušebního provozu trvalo 18 měsíců od července 2016 do konce roku 2017.

Předčištěné odpadní vody z rozdělovacího objektu natékají na jednotlivé linky do denitrifikační části, kde je udržován kal ve vznosu pomocí míchadla. Denitrifikace je ale vybavena i aeračním systémem a v případě potřeby může být celý aktivační objem provozován v oxickém režimu. Na konci aktivačních nádrží jsou umístěny membránové moduly. V každé lince jsou čtyři moduly BC-UF 416, což představuje celkovou filtrační plochu 3 328 m². Ke každému modulu je přiveden vlastní vzduchový svod s uzavírací armaturou a zároveň je pružnou hadicí s rychlospojkou napojen na nerezové potrubí permeátu a u každého modulu lze uzavřít odtok ruční armaturou. To je důležité kvůli případné regeneraci membránových modulů,



Obr. 3 Hrubé předčištění



Obr. 4 ČOV Tuchoměřice

kteřá bude prováděna jednotlivě v oddělené regenerační jímnici. Permeát je čerpán do nádrže permeátu, která vznikla využitím jedné ze stávajících dosazovacích nádrží. Z nádrže permeátu gravitačně odtéká vyčištěná voda přes měrný objekt a odtud do recipientu. Je instalována ATS pro rozvod provozní vody na ostřik česlí, plnění regenerační komory a plnění

(prosinec 2015) do ledna 2017 se pohybovalo kolem 450 m³/den.

Tabulky 11 a 12 shrnují výsledky provozovatelem odebraných 24-hodinových slévaných vzorků přítoku a odtoku po uvedení do zkušební provozu v červnu 2016.

ZÁVĚR

Společnost ENVI-PUR, s. r. o., již realizovala desítky čistíren s membránovým bioreaktorem (více než 50) a významně se podílela na celkovém počtu realizovaných membránových čistíren na našem trhu. Zkušenosti s realizací membránových čistíren ukazují, že nezáleží, zda se jedná o menší či větší zdroj znečištění. Vždy záleží na dobrém technologickém návrhu, dobře provedené realizaci a v neposlední řadě na kvalitní membráně. Zpětnou vazbou jsou pro nás kladné ohlasy provozovatelů čistíren, kteří po zaškolení bez větších problémů zvládají provoz i této technologie.

V článku byly prezentovány různé praktické aplikace membránového bioreaktoru. Jednotlivé případové studie ukazují možnosti použití nejčastěji z důvodů potřeby špičkové kvality odtoku, rozšiřování kapacity stávající ČOV nebo nedostatku místa. Prodlužující se doba využívání jednotlivých systémů potvrzuje dlouhodobou udržitelnost provozování technologie MBR.

Technologie membránové separace i technologie MBR se nadále vyvíjí a nové konstrukce membránových modu-

Tab. 11 Výsledky laboratorních rozborů na nátok (2016)

Nátok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	mg/l								
Počet vzorků	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Průměrná hodnota	645	301	398	47	~ 0	~ 0	47	78	8,9
Minimum	390	150	240	39	~ 0	~ 0	39	63	6,4
Maximum	990	420	830	52	~ 0	~ 0	52	97	14

Tab. 12 Výsledky laboratorních rozborů na odtok (2016)

Odtok	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	mg/l								
Počet vzorků	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Průměrná hodnota	27,2	3,9	< 2,0	0,81	0,042	5,1	6	10,2	1
Minimum	19	< 2,5	< 2,0	0,14	0,017	3	3,3	8,4	0,4
Maximum	39	8,1	< 2,0	2,5	0,075	7,2	9,8	13	1,7

nádrže pro přípravu flokulantu. Kalovou koncovku za dvěma kalojemy tvoří odvodňovací centrifuga.

Projektované hydraulické zatížení je 852 m³/d (průměrný denní přítok), respektive 1 150 m³/d (maximální denní přítok). Reálné hydraulické zatížení od začátku rekonstrukce

lů či nové materiály samotných membrán vytváří prostor pro další přibližování provozních nákladů ke konvenční technologii a prodloužování životnosti, která je jedním z největších důvodů k obavám na straně provozovatelů vodohospodářské infrastruktury.

Foto: archiv ENVI-PUR, s. r. o.

Literatura:

- Crittenden, J. C.; et al. 2012: *MWH's Water Treatment: Principles and Design*; Wiley 2012.
- Kubičková, S., Vilím, D., 2018: *Aplikace technologie MBR pro čištění průmyslových odpadních vod*. Sborník přednášek konference Týden vědy a inovací pro praxi a životní prostředí, Hustopeče, 6. – 8. března 2018.
- Vojtěchovský, R., Vilím, D., Maršík, M., 2017: *MBR – dostupná a praxí prověřená technologie*. Sborník přednášek z XXI. odborné konference Nové trendy v čištění vody a vodárenství, Soběslav, 14. listopadu 2017.

Vojtěchovský, R., Vilím, D., Maršík, M., 2017: *Technologie MBR – realizace a provozní zkušenosti*. Sborník přednášek konference Městské vody 2017, Velké Bílovice, 5. – 6. října 2017.

Vojtěchovský, R., Vilím, D., 2018: *Zkušební provoz ČOV Tuchoměřice – čistírny s technologií MBR pro 6000 EO*. Sborník přednášek konference Odpadové vody 2018, Štrbské Pleso, 17. – 19. října 2018.

Interní materiály ENVI-PUR, s. r. o.

Nejnovější zkušenosti s membránovou keramickou filtrací AMAYA

Ing. Tomáš MUNZAR, Mgr. Tomáš BRABENEC, Ing. Petra HRUŠKOVÁ

ENVI-PUR, s. r. o.

Anotácia

Nadměrně suché období, které nás provázelo v letních měsících, trápilo nejednu obec. Výsledkem tohoto sucha byla vyschlá koryta řek a nedostatek vody v podzemních zdrojích.

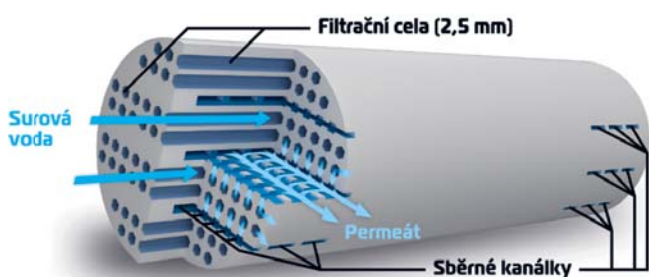
Jednou z mnoha obcí, která byla tímto krizovým obdobím zasažena, byl i Vyšší Brod, ve kterém se během hlavní sezony vyskytne navíc tisíce turistů sjiždějící řeku Vltavu. Pro navýšení kapacity pitné vody proto poskytla a nainstalovala firma ENVI-PUR, s. r. o., na úpravnu keramickou membránovou filtraci, dodávanou pod obchodním názvem AMAYA 5.2.

Další novou zkušeností s touto technologií byl provoz této jednotky na ÚV Hrobice, kde upravovala nejen povrchovou surovou vodu, ale i směs odpadních vod a povrchové vody.

Tato moderní a inovativní technologie, která slouží především k odstranění organických látek, barvy, zákalu, mikroorganismů a dalších polutantů, byla v minulosti použita také na ÚV Strašice, kde upravovala vodu z eutrofizovaných rybníčních zdrojů [1], a je také již druhým rokem instalována na ÚV Trnová, kde se jedná o první aplikaci keramické membránové filtrace ve střední Evropě [2].

AMAYA – KERAMICKÁ MEMBRÁNOVÁ FILTRACE

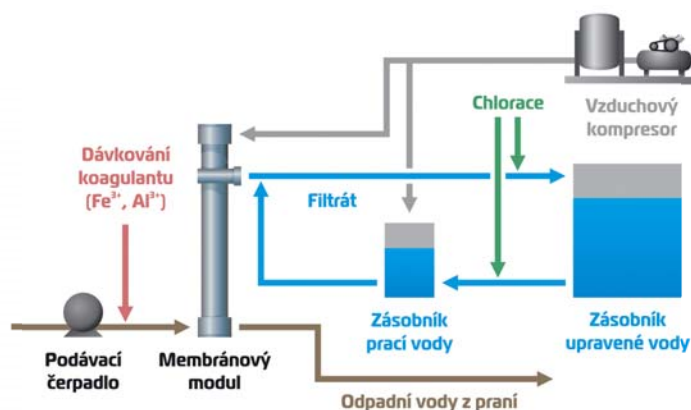
Jednotka AMAYA 5.2 upravující vodu na principu membránové keramické filtrace s předřazeným koagulačním stupněm byla zkonstruována v roce 2017 a jedná se o plně automatickou jednotku s kontinuálními měřicími prvky. Její předchůdkyně AMAYA 5.1, která je umístěna na ÚV Trnová, byla zhotovena v roce 2009. Maximální výkon obou jednotek je 5 m³/h. Ve filtrační jednotce je umístěn jeden keramický element s povrchem membrány 25 m², nominální velikostí pórů 0,1 μm a s průměrem kanálku 2,5 mm. Celkový počet těchto kanálků je 2 000. Průřez tohoto keramického elementu je zobrazen na obr. 1.



Obr. 1 Průřez keramického membránového elementu

Postupné zanášení membrány vzniklou suspenzí je monitorováno pomocí transmembránového tlaku (TMP), který se kontinuálně zaznamenává prostřednictvím tlakových čidel umístěných před a za membránou. V okamžiku, kdy hodnota tohoto tlaku vzroste na hodnotu 80 – 120 kPa (nastavitelný parametr), je provedeno fyzikální praní (BW – backwash) filtrovanou vodou. Četnost tohoto praní je 1 – 24 h v závislosti na kvalitě surové vody. BW je proveden permeátem z nádrže zpětného proplachu o tlaku 500 kPa a poté vzduchem o tlaku 200 kPa. Doba proplachu je asi 15 s.

V daném časovém úseku se provádí chemické praní (CEB – chemical enhanced backwash), a to kyselé a oxidační. Praní kyselé (ACID CEB) je prováděno kyselinou sírovou



Obr. 2 Schéma membránové filtrační jednotky

Celý systém pracuje na principu přímé filtrace (dead end filtration) a filtrovaná voda tak membránou protéká ve směru dovnitř – ven. Schéma membránové filtrace je zobrazeno na obr. 2.

a praní oxidační se provádí chlornanem sodným. Na fyzikální a chemické praní se spotřebuje pouze 0,5 – 1 % vyrobené vody, spotřeba chlornanu je 30 ml a spotřeba kyseliny sírové je 115 ml na jedno praní.

ÚPRAVNA VODY HROBICE

Tato úprava má již delší dobu problém s biologickým oživením povrchového zdroje, a proto sem byla umístěna membránová filtrace, aby se zjistila účinnost odstranění tohoto oživení. Předmětem měření bylo také sledování absorbance 254 nm korelující s obsahem organického znečištění, absorbance při 387 nm (barva) a absorbance při 820 nm (zákal). V druhé polovině zkoušek upravovala jednotka směs vod, které byly tvořeny povrchovou a v malém množství (5%) odpadní voda z praní filtru a odkalování lamelového separátoru. Během tohoto měření byly kromě výše zmiňovaných ukazatelů měřeny také koncentrace železa a manganu.

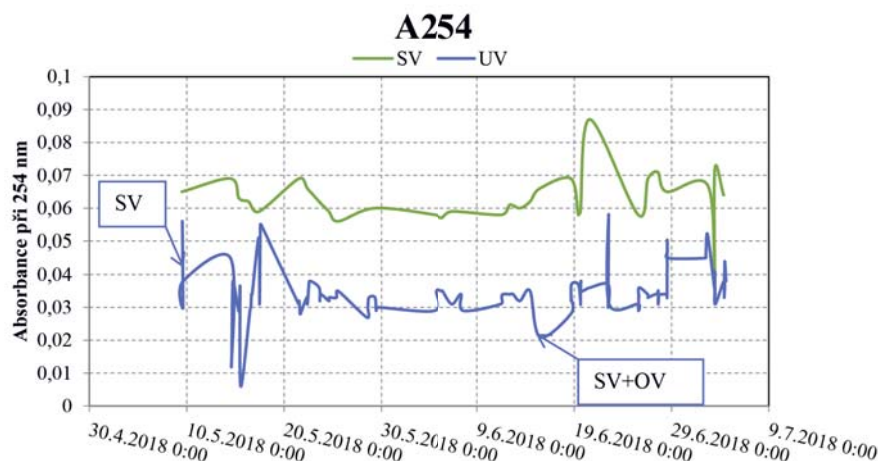
Na obr. 3 je znázorněn vývoj kvality surové vody a směs povrchové vody s odpadními vodami a účinnost odstranění pomocí membránové filtrace u ukazatele A254. Jak lze vidět, pohybovala se po ustálení účinnost odstranění v první části měření průměrně okolo 40–50%. V druhé části, kdy byla upravována směs vod, hodnoty tohoto parametru v permeátu poměrně kolísaly, a to v rozmezí 0,02 – 0,058.

Obr. 4 zobrazuje vývoj kvality surové vody a účinnost odstranění u ukazatele A387. V obou etapách měření byla účinnost 70 – 90%.

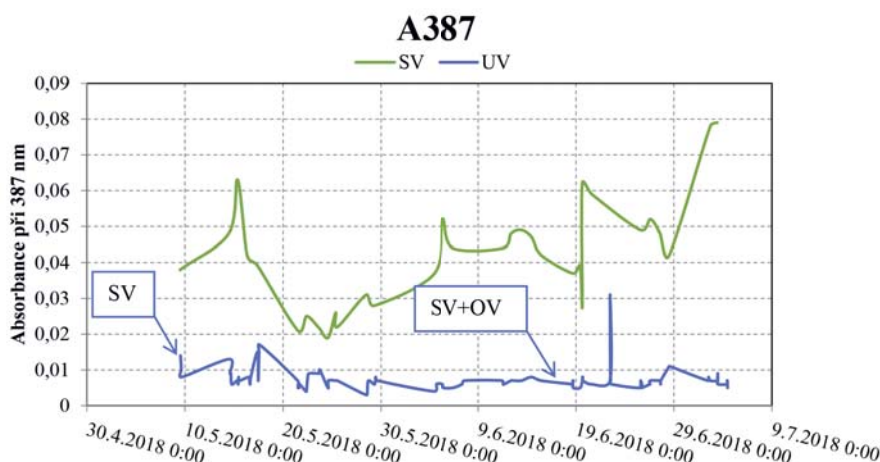
Účinnost odstranění zákalu (absorbance při 820 nm) je znázorněna na obr. 5. Prostřednictvím technologie AMAYA 5.2 docházelo ke 100% odstranění zákalu, a to i při vyšších hodnotách tohoto parametru.

Ve druhé etapě měření byla upravována směsice vod skládající se z povrchové surové vody a odpadní vody zahrnující vody z praní filtru a z odkalení lamelového separátoru. Hlavním cílem této etapy bylo zjištění účinnosti odstranění železa a manganu z těchto vod. Tato účinnost je zobrazena na obrázku 6. Jak lze vidět, pohybovala se redukce železa v rozmezí 80 – 100 %. A jak už to bývá, separace manganu byla již nepatrně horší a účinnost redukce se pohybovala v rozmezí 75 – 85%.

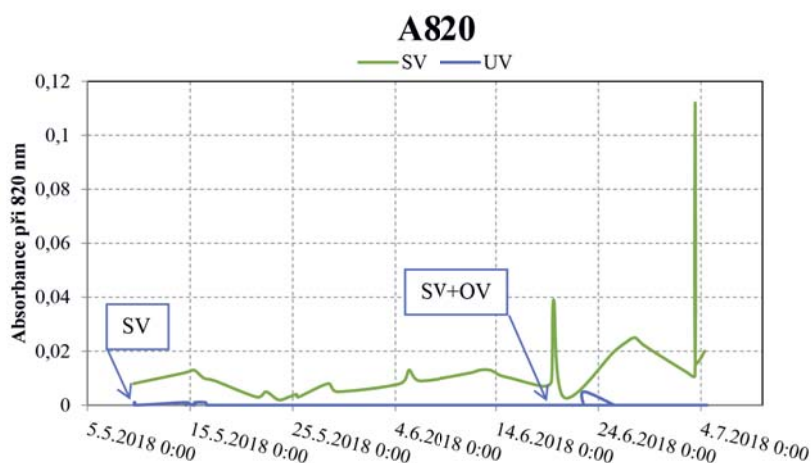
Nejzákladnějším cílem těchto testů bylo zjištění účinnosti redukce biosestony, který se v poslední době v povrchovém zdroji vyskytuje. Bohužel však v celém průběhu poloprovozních zkoušek



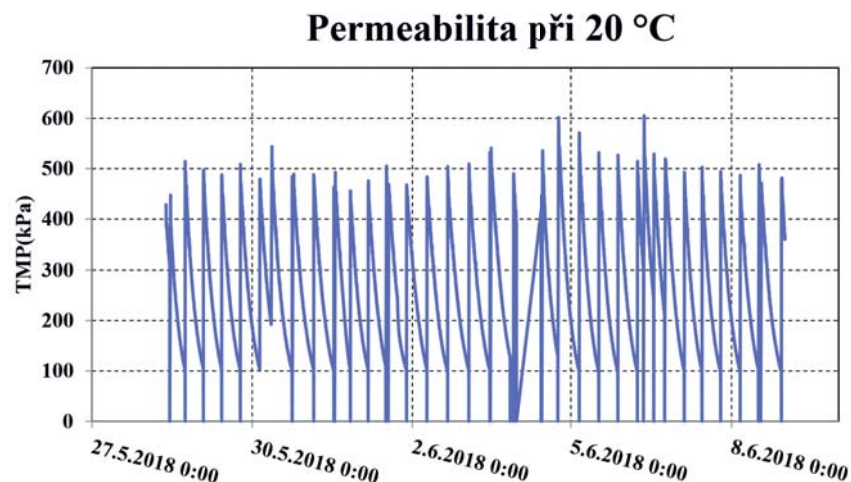
Obr. 3 Účinnost membránové filtrace AMAYA 5.2 u ukazatele absorbance při 254 nm



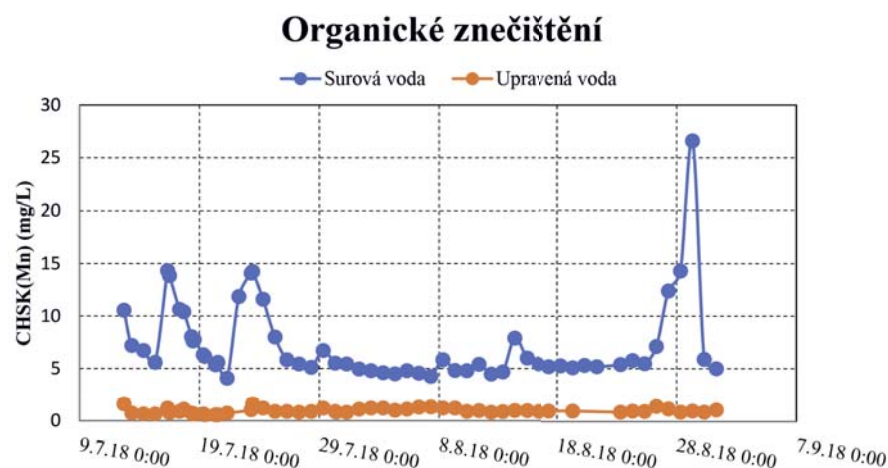
Obr. 4 Účinnost membránové filtrace AMAYA 5.2 u ukazatele absorbance při 387 nm



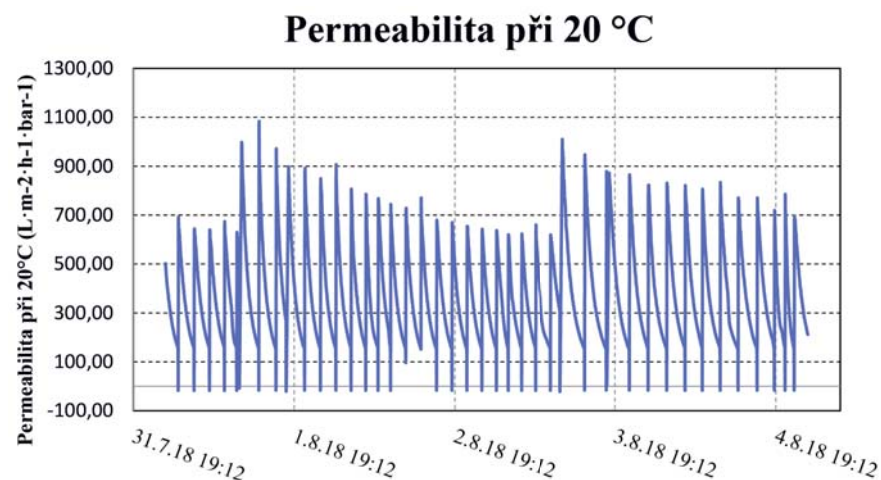
Obr. 5 Účinnost membránové filtrace AMAYA 5.2 u ukazatele absorbance při 820 nm



Obr. 6 Průběh permeability při 20 °C



Obr. 7 Průběh organického znečištění



Obr. 8 Ukázka průběhu permeability při 20 °C

bylo množství biosestonu v tomto zdroji velmi malé. Z tohoto důvodu se účinnost měřila pouze jednou a byla 100%. Účinnost redukce hydrobiologických a mikrobiologických ukazatelů však byla prokázána již na mnoha jiných aplikacích a popsána v dřívějších publikacích [1, 2, 3, 4].

Délka filtračních cyklů se v obou etapách pohybovala okolo 5 – 7 hodin. Ukázka průběhu permeability je znázorněna na obr. 6.

ÚPRAVNA VODY VYŠŠÍ BROD

Primárním zdrojem surové vody pro úpravnu vody Vyšší Brod jsou podzemní vrty, které však zejména během letních měsíců nejsou zdroji dostatečnými. Důvodem jsou čím dál tím větší sucha, čímž nemohou být tyto zdroje obohacovány, a také velký příval turistů, kteří navyšují potřebnou kapacitu. Z tohoto důvodu byla na úpravnu během letošní hlavní sezony umístěna keramická membránová filtrace AMAYA 5.2, která navyšovala kapacitu úpravou surové povrchové vody z říčky Menší Vltavy. Ke konci sezony byla na jeden týden AMAYA 5.2 přepojena na podzemní vodu a zkoušena její účinnost při separaci železa, které se v podzemní vodě pohybuje v koncentracích okolo 3 mg/L.

Kvalita povrchové vody je vlivem meteorologických podmínek poměrně kolísavá, a proto občas dochází k prudkému nárůstu organického znečištění, které tak v maximu dosáhlo koncentrace až 27 mg/L, přičemž průměrně se hodnota CHSK (Mn) pohybovala v rozmezí 4 – 8 mg/L. Jak je vidět na obr. 7, byla hodnota tohoto parametru v permeátu výjma dvou případů po celou dobu měření pod 1 mg/L. Účinnost odstranění organických látek tak byla 85 – 95%.

Ostatní sledované fyzikálně-chemické parametry jsou shrnuty v tab. 1.

Během provozu bylo upraveno celkem 4 905 m³ vody, přičemž spotřeba vody na praní byla pouhých 1,17% a spotřeba elektrické energie byla 0,36 kWh/m³.

Na obr. 8 lze vidět průběh permeability, která se po fyzikálním praní (při ukončení filtračního cyklu) vrací na vysoké, avšak ne zcela původní hodnoty.

Tab. 1 Fyzikálně-chemické parametry

Datum odběru	Barva	Zákal	Stanovení pH	KNK-4,5	CHSK-Mn	Absorbance	Hliník
17. 07. 2018	< 5	< 0,15	7,0	0,28	1,0	0,021	< 0,020
24. 07. 2018	< 5	< 0,15	7,0	0,20	1,2	0,022	< 0,020
07. 08. 2018	< 5	< 0,15	7,5	0,32	1,2	0,026	< 0,020
13. 08. 2018	< 5	< 0,15	7,2	0,34	1,0	0,014	< 0,020
20. 08. 2018	< 5	< 0,15	7,1	0,32	0,6	0,011	< 0,020
30. 08. 2018	7	0,19	7,5	0,30	0,8	0,013	< 0,020

Původních hodnot je dosaženo teprve po chemickém praní. Filtrační cykly dosahovaly při průtoku 4,5 m³/h délek 3 – 5 hodin.

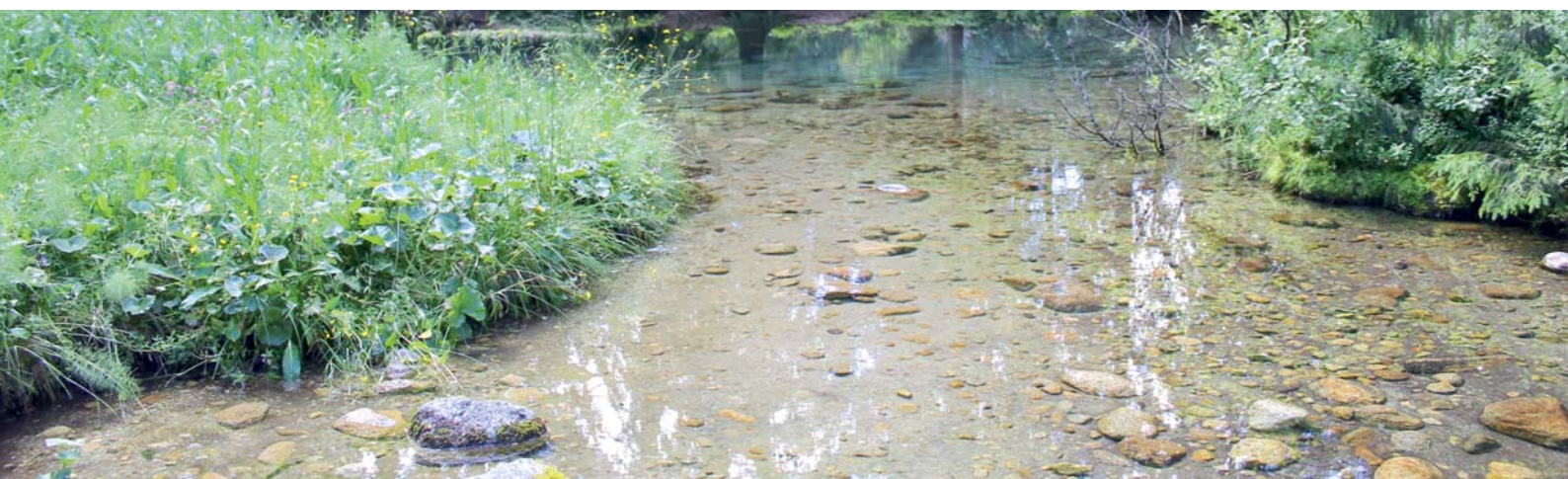
Poslední týden provozu byl věnován účinnosti keramické membránové filtrace na redukci železa. Jako oxidační činidlo byl použit 12% chlornan sodný. Hodnoty koncentrací železa se v upravené vodě pohybovaly po celou dobu hluboko pod normou stanovenou vyhláškou č. 252/2004 Sb. a procentuální účinnost tak byla 98%. Během tohoto provozu bylo vyrobeno 315 m³ vody a filtrační cykly zde byly dlouhé 10 – 20 hodin.

ZÁVĚR

Výše uvedené výsledky potvrzují, že je keramická membránová filtrace velmi spolehlivou bariérou nejen pro organické látky, barvu a zákal, ale také pro mikrobiologické hydrobiologické ukazatele. Technologie je též bez problému schopna okamžitě reagovat na náhlé výkyvy kvality surové vody a vyrábět pitnou vodu splňující limity dle vyhl. 252/2004 Sb. Jednoznačnou výhodou této technologie jsou také nízké provozní náklady vyplývající z nízké spotřeby elektrické energie, chemikálií a také z velmi nízké spotřeby vlastní vody na praní.

Literatura:

- [1] Hrušková, P., Brabenec, T., Paul, J., Řihová Ambrožová, J., Kosina, J. 2017: Provozní výsledky z keramické membránové filtrace na ÚV Strašice a Trnová. Sborník konference *Pitná voda*. 2017, s. 109 – 116. VodaTím, s. r. o. Bratislava. ISBN 978-80-971272-5-1.
- [2] Hrušková, P., Brabenec, T., Drda, M. 2017: ÚV Trnová – první keramická membránová mikrofiltrace ve střední Evropě. Sborník konference *Voda Zlín*. 2017, s. 93 – 99, Moravská vodárenská, a. s. Zlín 2017. ISBN 978-80-905716-3-1.
- [3] Brabenec, T., Hrušková, P. 2017: Využití keramické membránové filtrace při úpravě vody – poznatky z testování a provozní aplikace. Sborník konference *Nové trendy v čistění vody a vodárenství*. 2017, s. 51 – 60. ENVI-PUR, s. r. o. Soběslav. ISBN 978-80-905059-6-4.
- [4] Dolejš, P., Dobiáš, P., Paul, J., Hrušková, P., Brabenec, T. 2016: Úprava vody Trnová aneb jak jsme vytahovali trn z paty v Trnově. Sborník konference *Nové trendy v čistění vody*. 2016, ENVI-PUR, s. r. o. Soběslav. ISBN 978-80-905059-6-4.



Prameň Pleso, Příbylina, S. Rybár

K osemdesiatke Ing. Jozefa Jambora

Ing. Vladimír Holčík



Oslávenec, rodák z Po-
važian a dlhoročný pracov-
ník Povodia Váhu v Pieš-
fanoch (dnes Slovenský
vodohospodársky pod-
nik, OZ Piešťany), sa v dob-
rom zdraví 15. januára dožil
osemdesiatky.

Po ukončení gymnázia
v Novom Meste nad Váhom
študoval v rokoch 1956 – 61
na Vysoké škole stavitelské
v Brne (neskôr Vysoká škola
zemědělsko-lesnická) na jej

lesníckej fakulte, konkrét-
ne odbor hradenie bystrín u prof. Lea Skatulu. Neskôr, už ako
zamestnanec Povodia Váhu, si v 70. rokoch minulého storo-
čia doplnil vzdelanie postgraduálnym štúdiom v odbore vo-
dohospodárske stavby na Slovenskej vysokej škole technic-
kej (dnes STU).

Svoju kariéru začal v Štátnom ústave pre typizáciu a vý-
voj poľnohospodárskych, lesníckych a melioračných stavieb
v Bratislave, neskôr Pôdohospodárskom projektovom ústave
v Nitre, odkiaľ prešiel do Keramoprojektu Trenčín, kde pracoval
ako projektant v rokoch 1964 – 67. Po významnej reorga-
nizácii vodného hospodárstva (1966) sa v roku 1967 zamest-
nal na Povodí Váhu v Piešťanoch, kde pracoval až do odchodu
do dôchodku v roku 2005, teda plných 38 rokov. Dlhé roky
pracoval ako referent na odbore správy, prevádzky a údržby
vodných tokov a vodných stavieb. Tu spoznal Váh do naj-
menších technických a prírodných podrobností. Až po roku
1989 mu bolo umožnené zastávať aj vyššie, riadiace funk-
cie – vedúci oddelenia, vedúci odboru prevádzky a koneč-
ne technický námestník riaditeľa podniku. Pod jeho vede-
ním sa úspešne realizovala revízia najvýznamnejších stavieb
Vážskej kaskády. Viedol projekty rozsiahlych opráv, rekon-
štrukcií a modernizácií vodných tokov, nádrží, hatí a čerpa-
cích staníc v správe Povodia Váhu. Z tých najvýznamnejších
a najrozsiahlejších prác, ktoré Ing. Jambor viedol, uvádzam
revíziu a následné opravy brehov, bagrovanie dnových se-
dimentov a modernizáciu konštrukcií na Oravskej priehrade
a jej nádrží. Oravská nádrž sa po predchádzajúcej príprave
v roku 1990 vypustila po 37 rokoch prevádzky a veľmi rýchlo

(za 6 mesiacov!) bolo treba uvedené práce realizovať. Vlast-
nými silami Povodia Váhu a aj dodávateľskými podnikmi. To
všetko v úzkej spolupráci s Vodnými elektrárňami Trenčín ako
energetickým prevádzkovateľom. Informovaným a znalým
čitateľom asi netreba vysvetľovať, koľko zodpovednosti leža-
lo na pleciach nášho oslávenca. Zodpovedal za koordináciu
dodávateľských prác, ich kvalitu, logistické nadväznosti a po-
dobne. Následné rekonštrukcie VD Tvrdošín v roku 1991, ce-
lej kaskády vodných stavieb Dolné Kočkovce, Ladce, Dubni-
ca, Ilava, Trenčín (1992), nádrží Nosice (1993), Čerenec vo Vr-
bovom (1992 – 93), Boleráz (1995), čerpacej stanice Nováky
(1993), hatí na rieke Nitre v Nitre a Dolných Krškanoch (1993
– 94), úpravy na VS Duchonka (1996), tam všade (a na mno-
hých iných stavbách) zanechal stopy svojej vysokoodbornej
a organizačnej práce Ing. Jozef Jambor. Medzi tie mnohé iné
stavby zaraďujem aj bežné sanácie priesakov hrádzí prírod-
ných kanálov k vodným elektrárňam na Váhu a prítokoch.

O skúsenosti sa rád podelil – publikoval v odborných časo-
pisoch (najčastejšie v našom Vodohospodárskom spravodaj-
covi a Vodním hospodářství v ČR), príspevky mával v zborní-
koch odborných konferencií (Priehradné dni, Plavebné dni,
semináre). Málokto pozná zložitosti ladochodu a ladvé-
ho režimu na Váhu ako Ing. Jambor. Dlhé roky bol v Pred-
sedníctve Slovenského priehradného výboru a mal podiel
na jeho inštalácii do Medzinárodnej komisie pre veľké priehra-
dy (ICOLD). Skúsenosti zúročoval aj pri príprave zásad a pa-
ragrafového znenia zákona o vodách a súvisiacich právnych
noriem. Bol taktiež expertom pri československo-poľskej Komi-
sii pre hraničné vody (KHV), po roku 1992 expertom pre slo-
vensko-českú KHV.

Ing. Jozef Jambor bol a je nie iba vynikajúci odborník vo-
dohospodár. Rokovať s ním bola radosť a aj teraz po rokoch
cítim hlbokú úctu k jeho odborným vedomostiam a celoživot-
nej aktivite. Napriek ťažkým obdobiam v jeho živote si zachoval
optimizmus a viem, že to tak ostane aj v nasledujúcich ro-
koch. Priznávam, bolo mi radosťou a veľkou cťou, že som mo-
hol s ním spolupracovať.

Cenný a užitočný pracovný a morálny odkaz jubilanta stá-
le znie v Slovenskom vodohospodárskom podniku v Piešťa-
noch a jeho pracoviskách po celom Váhu. Pripájam sa ku
gratulantom a prajem Ing. Jozefovi Jamborovi ešte dlhé roky
v dobrom zdraví a nech mu popri radošti z vnúťat vydrží aj
neutíchajúci záujem o vodné hospodárstvo.



Lekno detail, Botanická záhrada Bratislava, S. Rybár

In memoriam – Dipl. tech. Dušan Krajčí

Na sklonku januára sme sa rozlúčili s Dušanom Krajčim, dpt., bývalým dlhoročným riaditeľom závodu Dunaj Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., v Bratislave. Narodil sa v roku 1943 v rodine dôstojníka v obci Nižný Hrušov na hornom Zemplíne. Po ukončení základnej osemročnej školy jeho kroky smerovali na Strednú priemyselnú školu stavebnú v Košiciach, ktorú ukončil s výborným prospechom. O niekoľko rokov sa na svoju „alma mater“ opäť vrátil, aby na nej dokončil Energetický inštitút. Po maturite nastúpil v r. 1961 na Povodie Dunaja, závod Dunaj, ako riečny dozor. Postupne prešiel prakticky všetkými činnosťami – od majstra stavebnej výroby cez vedúceho v stredisku regulačného bagrovania, vedúceho stavebno-montážnej činnosti až po pozíciu zástupcu riaditeľa pre výrobu a v januári 1989 sa stal riaditeľom závodu Dunaj. Túto funkciu znamenite vykonával až do svojho odchodu do dôchodku na konci r. 2008. Dunaj a ľudia okolo neho ostali však v jeho srdci aj naďalej. Ani to nemohlo byť ináč, keď celý jeho profesionálny život bol spojený s vodou, s vodnými stavbami, s Dunajom, a to na jedinom pracovisku bez ohľadu na to, akými organizačnými zmenami vodné hospodárstvo na Slovensku prechádzalo – počnúc Štátnou vodohospodárskou správou cez organizáciu Dunaj – Váh, ďalej Povodie Dunaja, podnik pre správu tokov, Povodie Dunaja, štátny podnik, až po Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, Odštepňový závod Bratislava, Stavebný závod Dunaj.

Základy školy života získal v podniku od azda rázovitých, ale svoje remeslo skvelo ovládajúcich a znalých ľudí, ktorí sa celý život pohybovali okolo rieky Dunaj. Samotný veľtok bol popri partii výnimočných „dunajákov“ ďalšou veličinou, ktorá si dokázala podmaniť mnohých, a on tiež nebol výnimka. Táto rieka dokáže človeka kedykoľvek postaviť pred výzvy, ktoré do posledného zvyšku preveria jeho odbornosť i ľudské vlastnosti. Tých výziev bolo za desiatky rokov jeho pôsobenia v závode Dunaj mnoho a neboli vôbec jednoduché – rozsiahle bagrovacie a vytyčovacie práce pri zabezpečovaní dunajskej plavebnej cesty a regulácie toku, rozvoj kameňolomu v Devíne, práce na Sústave vodných diel Gabčíkovo – Nagymaros, osobitne prehradzovanie Dunaja pri Čunove, špecifické práce pri výstavbe nových dunajských mostov, ale aj realizácie hlbkových potápačských prác na všetkých vodných dielach na Slovensku, rekonštrukcie dunajských hrádzi

a v nie poslednom rade práce pri povodniach, ktoré sú vždy nekompromisnou skúškou schopností a charakterových vlastností každého vodohospodára. Na Dunaji, ale i na Morave a dolnom Váhu bolo povodní neúrekom a boli naozaj komplikované. Nemožno nespomenúť jeho osobný podiel na vybudovaní nového sídla závodu vo Vlčom hrdle spolu s lodným výťahom a na dobudovaní flotily plávajúcich ťažobných prostriedkov. Dunaj je hraničným tokom, a tak Dušan Krajčí aktívne fungoval aj v medzinárodných pracovných skupinách zameraných na riešenie vodohospodárskych otázok na hraničných vodách. Mimochodom, jedným z jeho „božích darov“ bolo tiež zdokonaľovanie jeho jazykových znalostí – bez špeciálnych jazykových kurzov či škôl.

V závode Dunaj začínal od najnižších pozícií, aby sa svojou húževnatosťou, pracovitosťou, odbornosťou, organizačnými schopnosťami a ľudskými vlastnosťami prepracoval až po tú najvyššiu funkciu. Aj preto vedel svojich zamestnancov motivovať, vedel sa ich spravodlivo zastať, vedel im pomôcť – poznal ich, chodil medzi nich, vďaka čomu bezprostredne poznal ich ťažkosti a dokázal ich citlivým spôsobom riešiť. Mal obdivuhodný prehľad o všetkých činnostiach závodu. Získal si tak prirodzený rešpekt nielen u svojich „dunajákov“, ale aj u mnohých nadriadených či u ostatných spolupracovníkov. Umným spôsobom a nenapodobiteľným „beťárskym“ šarmom stmeloval pracovné tímy, riadiac sa pritom osvedčeným princípom „najskôr práca, potom zábava“. Na Dušana Krajčího a kolektív zamestnancov, ktorý viedol, sa vždy dalo v plnej miere spoľahnúť.

Pri poslednej rozlúčke v bratislavskom krematóriu sa mnohým na pohľad drsným chlapcom od Dunaja zalesklo čosi v očiach.

Drahý Dušan, už nám chýbaš. Takým obyčajným zúfalým ľudským spôsobom.

S úprimnou vďakou a úctou

kolektív pracovníkov Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., OZ Bratislava

Seminár TEÓRIA A PRAX VO VODÁRENSTVE

Termín konania: 26. – 27. marec 2019
Miesto konania: Hotel SOREA TRIGAN, Štrbské Pleso

Tematické zameranie seminára:
Progresívne spôsoby úpravy vody
Programy monitorovania pitnej vody

Odborný garant seminára: Slovenská asociácia vodárenských expertov

Sekretariát seminára:
Ing. Jana Buchlovičová
mobil: +421 903 268 508; e-mail: info@savesk.sk
Materiál na stiahnutie: www.savesk.sk

11. bienálna konferencia s medzinárodnou účasťou

REKONŠTRUKCIE STOKOVÝCH SIETÍ A ČISTIARNÍ ODPADOVÝCH VÔD

PODBANSKÉ, 15. – 17. október 2019

Bližšie informácie: www.vuvh.sk

Slovenská vodohospodárska spoločnosť, člen ZSVTS
Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS
Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava
Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku
Slovenská asociácia vodárenských expertov
Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností
Slovenský národný komitét IWA
Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, z. s.
OS Vodárenství při Asociaci pro vodu ČR
Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik

vás pozývajú
na IX. konferenciu s medzinárodnou účasťou

SEDIMENTY VODNÝCH TOKOV A NÁDRŽÍ

22. – 23. mája 2019
Hotel Kormorán, Šamorín-Čilistov

Tematické okruhy konferencie

- erózne procesy a ich vplyv na tvorbu sedimentov
- sedimentačné procesy v tokoch a nádržiach, zanášanie nádrží
- normy a metódy v oblasti odberov, analýz, hodnotenia a využitia sedimentov
- kvalita sedimentov a jej hodnotenie
- vplyv sedimentov na kvalitu vôd
- legislatíva, využiteľnosť a nakladanie so sedimentmi z vodných tokov a nádrží

Viac informácií na www.vuvh.sk

Zveme Vás na 4. ročník konference

Voda 4.0 **ve službách infrastruktury**

Výstavba, provoz a životnost vodovodů a kanalizací

Čtvrtek 4. dubna, 2019

Jalta Boutique Hotel

Václavské náměstí

Cílem odborné konference je zaměřit se na nástroje a možnosti, které využijí novou průmyslovou revoluci Voda 4.0 pro zlepšování provozu, údržby, stanovení stavu infrastruktury, prodlužování její životnosti a zajištění její obnovy. Hledáme odpovědi na otázku, co nám může takový přístup přinést.

Registrace a více informací na: www.aquion.cz
Kontakt: +420 283 872 265, +420 283 872 266, +420 724 187 044

Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku

organizuje
konferenciu s medzinárodnou účasťou

MANAŽMENT POVODÍ A EXTRÉMNE HYDROLOGICKÉ JAVY 2019

**VYHNE, Hotel Sitno
8. – 9. októbra 2019**

Viac informácií na www.vuvh.sk

Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V januári a februári 2019 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

STN EN ISO 11296-3: 2019 (75 6130) Potrubné systémy z plastov na renováciu podzemných beztlakových kanalizačných potrubí a stokových sietí. Časť 3: Výstielkovanie tesne dosadajúcimi rúrami

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 11296-3: 2019 sa zrušilo predchádzajúce

vydanie tejto normy STN EN ISO 11296-3: 2012.

Zmena A1: 2019 k norme STN EN ISO 11133: 2016 (56 0106) Mikrobiológia potravín, krmív a vody. Príprava, výroba, uchovávanie a skúšky výkonnosti kultivačných médií

Zmena vyšla v slovenskom jazyku.



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

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



VODOVODY-KANALIZACE

2019

uzávierka
prihlášek
za zvýhodnenou
cenu: 31. 1. 2019

VODOVODY-KANALIZACE

21. mezinárodní vodohospodářská výstava

21.-23. 5. 2019

PVA EXPO PRAHA



NOVINKA!

JOB-ka je speciální projekt v rámci výstavy, věnovaný propojení nabídky a poptávky pracovních příležitostí ve vodohospodářském oboru.

Organizátor:

EXPONE

www.vystava-vod-ka.cz

Pořadatel a odborný garant:

SOVAK
SDRUŽENÍ OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ ČR

