



Slovenská asociácia vodárenských expertov

**Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky
Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a. s.
Podtatranská vodárenská spoločnosť, a. s.
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, SvF STU
Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Poprade
ENVI-PUR, s. r. o.
W&ET Team, České Budějovice**

Zborník prednášok z konferencie

NOVÉ TRENDY V ÚPRAVE VODY A V SYSTÉMOCH ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU

8. pokračovanie konferencií
Modernizácia a optimalizácia úpravní vôd v SR

**6. – 7. apríl 2022
Grand Hotel Bellevue, Horný Smokovec**



Aké zmeny čakajú dodávateľov pitnej vody po transpozícií novej európskej smernice pre pitnú vodu

RNDr. Zuzana Valovičová, Ing. Klára Paganová

Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava,
zuzana.valovicova@uvzs.sk, klara.paganova@uvzs.sk

Abstrakt: Nová európska smernica pre kvalitu vody určenej na ľudskú spotrebu vstúpila do platnosti v januári 2021. Obsahuje 55 preambúl, 28 článkov a 7 príloh a prináša nové prístupy a komplexný pohľad na problematiku zásobovania spotrebiteľov pitnou vodou. Prípravu smernice ovplyvnila občianska iniciatíva Right2Water, v dôsledku čoho sa jedným z ďalších cieľom smernice stala okrem konzumácie bezpečnej pitnej vody počas celého života aj zlepšenie prístupu k pitnej vode. Implementácia predpisu do našich podmienok prinesie veľa zmien aj pre dodávateľov pitnej vody. Príspevok prináša prehľad očakávaných zmien, ktoré sa priamo dotknú dodávateľov pitnej vody.

Abstract: The new European directive on the quality of water intended for human consumption entered into force in January 2021. It contains 55 preambles, 28 articles and 7 annexes and brings new approaches and a comprehensive view of the supply of drinking water to users. The preparation of the directive was influenced by the civic initiative Right2Water, as a result of which one of the other goals of the directive became, in addition to the consumption of safe drinking water throughout life, also the improvement of access to drinking water. The implementation of the regulation into our conditions will bring many changes for water suppliers as well. The contribution provides an overview of expected changes that will directly affect water suppliers.

Kľúčové slová: pitná voda, dodávateľ pitnej vody, smernica, povinnosť, zákon

Keywords: drinking water, drinking water supplier, directive, obligation, law

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu zo 16. decembra 2020 (ďalej len „Smernica“) nadobudla účinnosť zverejnením v Úradnom vestníku Európskej únie dňa 12. januára 2021. Členské štáty únie sú s výnimkou ustanovení s odloženou účinnosťou povinné transponovať jej požiadavky do národných právnych predpisov do dvoch rokov. V Slovenskej republike bolo uznesením vlády dvojročné transpozičné obdobie skrátené a nová legislatíva s požiadavkami Smernice majú vstúpiť do platnosti už 1. 11. 2022. Gestorom transpozície je Ministerstvo zdravotníctva SR (ďalej len „MZ SR“) a spolugestorom Ministerstvo životného prostredia SR (ďalej len „MŽP SR“). Legislatívny proces, v rámci ktorého sa novelizujú zákony resp. ich vykonávacie predpisy obidvoch rezortov sa začal v marci 2022. Pre zjednotenie terminológie v právnych predpisoch obidvoch rezortov bol vytvorený *Slovník pojmov* s najviac používanými resp. novozavedenými pojmami, ktorého finálna podoba bude pre potreby praxe zverejnená spolu s novelizovanými predpismi.

Prehľad právnych predpisov, ktorých novelizácia sa predpokladá v súlade s platnými kompetenciami rezortov v oblasti vody.

MZ SR	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len „zákon č. 355/2007 Z. z.“)	Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou – <i>nová vyhláška</i>
		Vyhláška MZ SR č. 550/2007 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na výrobky určené na styk s pitnou vodou – <i>novela</i>
MŽP SR	Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch (vodný zákon)	Vyhláška MŽP SR č./2022 Z. z. o podrobnostiach posúdenia rizika a riadení rizika v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu vody určenej na ľudskú spotrebu – <i>nová vyhláška</i>
	Zákon č. 442/2002 Z. z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach	Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch Vyhláška MŽP SR č. 605/2005 Z. z. o podrobnostiach poskytovania údajov z majetkovej evidencie a prevádzkovej evidencie o objektoch a zariadeniach verejného vodovodu a verejnej kanalizácie Vyhláška MŽP SR č. 55/2004 Z. z. ktorou sa ustanovujú náležitosti prevádzkových poriadkov verejných vodovodov a verejných kanalizácií

Pozn.: Súčasne sa v súvislosti s požiadavkou na zlepšenie prístupu k pitnej vode predbežne navrhuje aj novela zákona č. 369/1990 Zb. o obecnom zriadení.

Dodávateľ pitnej vody

Podľa Smernice, ktorá tento pojem zavádza ako nový, je dodávateľom pitnej vody každý subjekt, ktorý dodáva pitnú vodu. Zákon č. 355/2007 Z. z. zaviedol pojem dodávateľa, ktorý je v zmysle hygienických predpisov zodpovedný za dodávanie pitnej vody v roku 2017. Aktuálne sa navrhuje v nadväznosti na viaceré situácie z praxe jasne dodefinovať v pojme aj osoby, ktorým pitnú vodu dodáva iný subjekt a oni ju následne využívajú ďalej v rámci svojej podnikateľskej činnosti alebo vo verejnom záujme.

Dodávateľom pitnej vody je tak:

- a) prevádzkovateľ verejného vodovodu,
- b) fyzická osoba-podnikateľ alebo právnická osoba, ktorá dodáva resp. používa pitnú vodu v rámci podnikateľskej činnosti alebo vo verejnom záujme a využíva vlastný vodárenský zdroj,
- c) osoba, ktorej dodáva pitnú vodu dodávateľ podľa písmena a) alebo b) a ona ju ďalej dodáva alebo používa pitnú vodu v rámci podnikateľskej činnosti alebo vo verejnom záujme.

Pokiaľ ide o dodávanie pitnej vody v rámci podnikateľskej činnosti alebo vo verejnom záujme, dodávateľ pitnej vody v týchto prípadoch nie je obmedzený množstvom dodávanej vody ani množstvom zásobovaných obyvateľov t. j. je ním aj subjekt, ktorý dodáva < 10 m³ alebo zásobuje < 50 osôb. Rozsah pôsobnosti jednotlivých dodávateľov a aj potenciálny vplyv na zdravie je teda rôzny, v dôsledku čoho budú upravené resp. zmiernené vybrané povinnosti pre niektoré kategórie dodávateľov. Úplné oslobodení od plnenia povinností Smernice sú prevádzkovatelia potravinárskych podnikov, pokiaľ uplatňujú systém analýzy rizika a stanovenia kritických kontrolných bodov (tzv. HCCP).

Zmeny, ktoré sa dotknú dodávateľov pitnej vody sa týkajú oblastí:

- 1. Manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou**
- 2. Kritériá zdravotnej bezpečnosti pitnej vody**
- 3. Výnimky na používanie pitnej vody, ktorá nespĺňa limity ukazovateľov**
- 4. Požiadavky na materiály, výrobky určené na styk s pitnou vodou a na filtračné médiá a chemické látky na úpravu vody**
- 5. Vykonávanie opatrení**
- 6. Informovanie verejnosti**
- 7. Vyhodnotenie miery strát vody**
- 8. Prístup k pitnej vode a podpora používania pitnej vody z verejného vodovodu**

1. Manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou

Smernica zavádza pri zásobovaní pitnou vodou pre celý vodárenský reťazec od plochy povodia až po vodovodný kohútik prístup založený na posúdení a riadení rizík. Ten nahrádza doteraz uplatňovaný princíp, ktorý bol založený najmä na kontrole splnenia kritérií na kvalitu pitnej vody prostredníctvom stáleho súboru ukazovateľov v mieste jej dodávky. Orgány verejného zdravotníctva presadzovali zavedenie manažmentu rizík systému zásobovania pitnou vodou na Slovensku už v roku 2017 v súvislosti s transpozíciou požiadaviek *Smernice Komisie (EÚ) 2015/1787, ktorou sa menia prílohy II a III smernice Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu*. Povinnosť vykonávať manažment rizík sa nepodarilo v rámci legislatívneho procesu presadiť. Zavedená dobrovoľnosť uplatňovania nových postupov sa odrazila aj na prístupe dodávateľov pitnej vody - za obdobie takmer 4,5 roka nebol zaznamenaný ani jeden prípad komplexného uplatnenie manažmentu rizík v praxi.

Základné požiadavky na manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou (ďalej len „manažment rizík“), ktorý je v zmysle Smernice súčasťou komplexného prístupu založeného na manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou pre celý dodávateľský systém, budú ustanovené zákonom č. 355/2007 Z. z., nakoľko sa uplatňujú na všetkých dodávateľov pitnej vody.

Návrh nových povinností:

- vypracovať manažment rizík a predložiť ho príslušnému orgánu verejného zdravotníctva (OVZ) vrátane Programu monitorovania na posúdenie najneskôr do 12. januára 2029; OVZ vydá k predloženému dokumentu v rámci posudkovej činnosti rozhodnutie, pričom bude zohľadňovať stanovisko príslušného orgánu životného prostredia,

Pozn.: Manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou má vychádzať z posúdenia a riadenia rizík v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu - relevantné informácie bude dodávateľom pitnej vody sprístupňovať rezort životného prostredia.

- preskúmať manažment v pravidelných intervaloch aspoň raz za šesť rokov a aktualizovať ho aj v prípade potreby,
- oznamovať OVZ zmeny vodárenskej úpravy pitnej vody,
- požiadať OVZ o zmenu, ak chce upraviť Program monitorovania; o zmeny v monitorovaní možno požiadať iba na základe schváleného manažmentu rizík, pričom OVZ vydá k návrhu zmien v rámci posudkovej činnosti rozhodnutie so zohľadnením stanoviska príslušného orgánu životného prostredia,
Pozn.: Monitorovanie má reflektovať hlavné riziká identifikované v systéme zásobovania pitnou vodou od miesta odberu vody cez jej úpravu, akumuláciu s distribúciu po prípojku.
- poskytnúť osobe, ak je táto následným dodávateľom pitnej vody, primerané a nevyhnutné informácie z manažmentu rizík a výsledky monitorovania kvality pitnej vody,
- sprístupniť verejnosti primerané výsledky o manažmente rizík systému zásobovania pitnou vodou.

Manažment rizík nebudú pravdepodobne povinní vykonávať dodávateľia pitnej vody, ktorí zásobujú menej ako 500 osôb resp. dodávajú menej ako 100 m³ pitnej vody za deň; nevyhnutné sa ale povinnosti monitorovať pitnú vodu a predkladať na posúdenie Program monitorovania.

2. Kritériá zdravotnej bezpečnosti pitnej vody

V súlade s najnovšími odporúčaniami WHO zaviedla európska legislatíva na kontrolu kvality pitnej vody nové ukazovatele. Zmeny kritérií na kvalitu sa dotkli najmä chemických ukazovateľov, ktoré sú v Slovenskej republike limitované najvyššou medznou hodnotou - ich prekročenie vylučuje použitie vody ako pitnej. Monitoring nových ukazovateľom je nepovinný do 12.1.2026.

Smernica zaviedla do kritérií na kontrolu zdravotnej bezpečnosti pitnej vody aj systém, ktorým sa budú dopĺňať do požiadaviek ďalšie látky alebo zlúčeniny, ktoré vzbudzujú obavy z hľadiska zdravia. Zoznam sledovaných látok alebo zlúčenín a ich odporúčané hodnoty tzv. Watch List bude priebežne dopĺňaný vykonávacími rozhodnutiami, ktoré vydá Európska komisia. Prvé *Vykonávacie rozhodnutie ustanovujúce zoznam sledovaných látok a zlúčenín vzbudzujúcich obavy pre vodu určenú na ľudskú spotrebu v zmysle smernice (EÚ) 2020/2184 EÚ a Rady* bolo zverejnené už v januári 2022 a zaviedlo monitorovanie 2 látok typu endokrinných disruptorov: 17-beta-estradiol a nonylfenol. V roku 2024 by mali do zoznam pribudnúť aj mikroplasty. Požiadavky na monitorovanie uvedených látok sa budú uplatňovať v súlade s manažmentom rizík celého dodávateľského systému iba na príslušné body.

Smernica zavádza ako nové aj ukazovatele, ktoré sú nevyhnutné pre monitorovanie vedľajších produktov dezinfekcie: chlorečnany, chloritany a haloocetové kyseliny resp. v povrchových vodách mikrocystín-LR. Uvedené ukazovatele sa stali súčasťou slovenskej národnej legislatívy v roku 2017. Prítomnosť mikrocystínu-LR sa zisťuje len v prípade potenciálneho výskytu

vodného kvetu; prítomnosť a limity vedľajších produktov dezinfekcie sa viažu na použitý spôsob dezinfekcie.

Prehľad zmien v ukazovateľoch kvality pitnej vody.

Dokument	Ukazovateľ	Limitná hodnota	Poznámka
Smernica č. 2020/2184	Bisfenol A	2,5 µg/l	
	Urán	30 µg/l	
	PFAS - spolu	0,5 µg/l	
	Súčet PFAS	0,1 µg/l	Pripúšťa sa monitorovať iba jeden z ukazovateľov
	Pb	5 µg/l	Limitná hodnota je účinná po 12.1.2036
	Cr	25 µg/l	Limitná hodnota je účinná po 12.1.2036
Vykonávacie rozhodnutie - Watch List z 19.1.2022	Nonylfenol	300 ng/l	Ukazovateľ má stanovenú odporúčanú hodnotu.
	17-beta-estradiol	1 ng/l	Ukazovateľ má stanovenú odporúčanú hodnotu.

Pre tri chemické látky: antimón, selén a bór sa zmiernujú limitné hodnoty; pre bór a selén je umožnené v prípade pôvodu z geologického podložja (resp. pri bóre aj pri odsolovaní) uplatniť aj ďalší, ešte miernejší limit.

Novinkou je zavedenie ukazovateľov prevádzkového monitorovania pre rýchly prehľad o prevádzkovej výkonnosti a účinnosti úprav a pre prijatie nevyhnutných prevádzkových opatrení. V surovej vode sú to somatické kolifágy, ak táto požiadavka vyplynie z posúdenia rizík v plochách povodia. Na úpravni je to prevádzkový ukazovateľ zákal, ktorý má stanovenú referenčnú hodnotu 0,3 NTU pre 95 % vzoriek (pričom žiadna nepresiahne 1 NTU). Smernicou je stanovená minimálna frekvencia odberu vzoriek a analýz, ktorá závisí od množstva distribuovanej vody. Referenčná hodnota a frekvencia sa nevzťahujú na podzemné vody, v ktorých je zákal spôsobený železom a mangánom.

Návrh nových povinností:

- zabezpečiť a preukázať, že pitná voda v mieste jej dodávania spĺňa požiadavky na zdravotnú bezpečnosť a kvalitu,
- vykonávať monitorovanie kvality pitnej vody podľa Programu monitorovania, *Pozn.: Miesta odberu musia byť schválené.*
- zabezpečiť akreditované odbery a akreditované metódy analýzy pitnej vody,
- predkladať príslušnému OVZ výsledky monitorovania kvality pitnej vody do troch mesiacov po ukončení laboratórnych analýz vrátane informácií o použitých metódach, špecifikáciách analýz a o ich zmenách,
- uchovávať výsledky monitorovania kvality pitnej vody najmenej desať rokov.

3. Výnimky na používanie pitnej vody, ktorá nespĺňa limity ukazovateľov

Dodávateľom pitnej vody sa môže v odôvodnených prípadoch povoliť, ak nie je pitnú vodu možné zabezpečiť iným spôsobom, časovo obmedzená výnimka (na 3 roky) na použitie pitnej

vody, ktorá nespĺňa stanovené limity. Výnimky nesmú ohroziť ľudské zdravie a bude ich možné povoliť iba pre nasledovné situácie:

- nové plochy povodia (pre odber pitnej vody),
- nový zdroj znečistenia alebo nové ukazovatele alebo
- resp. pre nepredvídané a výnimočné situácie v plochách povodia.

Výnimku nebude možné uplatňovať pre doteraz zavedené ukazovatele a súčasne sa zruší možnosť udelenia tretej odchýlky.

Návrh nových povinností:

- požiadať OVZ na základe hodnotenia zdravotného rizika odborne spôsobilou osobou o výnimku; OVZ vydá v rámci posudkovej činnosti rozhodnutie, pričom zohľadní stanovisko príslušného orgánu životného prostredia.

4. Požiadavky na materiály, výrobky určené na styk s pitnou vodou a na filtračné médiá a chemické látky na úpravu vody

Nové, zatiaľ pomerne všeobecné požiadavky na materiály, výrobky určené na styk s pitnou vodou a na filtračné médiá a chemické látky na úpravu vody sú významným a dlho očakávaným krokom k zabezpečeniu kvality pitnej vody. Ide o začiatok procesu, o ktorý bolo už dlhodobo usilované zo strany viacerých európskych štátov a jeho výsledkom by mala byť harmonizácia minimálnych požiadaviek v uvedených oblastiach v rámci celej EÚ. 12. januára 2025 je termín vytvorenia európskych zoznamov povolených látok na použitie pri výrobe materiálov v závislosti od typu materiálov: organické, cementové, kovové, smaltované, keramické, iné anorganické materiály. Súlad s minimálnymi požiadavkami na zdravotnú bezpečnosť resp. s požiadavkami na kvalitu a čistotu výrobkov sa ukladá subjektom, ktoré ich uvádzajú na trh. Hodnotenie a kontrolu výrobkov na národnej úrovni bude vykonávať Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Poprade.

Návrh nových povinností:

- používať pri zásobovaní pitnou vodou materiály, výrobky a filtračné médiá určené na styk s pitnou vodou a chemické látky na úpravu vody, ktoré spĺňajú požiadavky na zdravotnú bezpečnosť.

5. Vykonávanie opatrení

Smernica okrem povinnosti preskúmania každého prekročenia kvality pitnej vody a zistenia jeho príčin rozširuje možnosti uloženia opatrení, pričom zdôrazňuje, aby sa pri ich nariaďovaní prihliadalo na riziko z ich dopadov napr. v prípade vydania zákazu používania pitnej vody.

Návrh nových povinností:

- oznámiť bezodkladne OVZ prekročenie limitu ukazovateľov s najvyššou medznou hodnotou a odporúčaných hodnôt látok alebo zlúčenín z Watch Listu,
- vykonať bezodkladne opakovaný odber vzorky pitnej vody pri prekročení limitu ukazovateľa kvality s najvyššou medznou hodnotou,
- zistiť príčiny prekročenia limitu a zabezpečiť nápravné opatrenia na obnovenie kvality pitnej vody,

- informovať dotknutých obyvateľov o možnom ohrození zdravia, jeho príčine, o prekročení limitov a o prijatých opatreniach, poskytovať potrebné poradenstvo, ktoré je nevyhnutné pravidelne aktualizovať,
- zabezpečiť náhradné zásobovanie a v prípade obnovenia zásobovania informovať obyvateľov,
- prijať, ak je to potrebné, vhodné technologické postupy úpravy vody pred dodávaním pitnej vody do domových rozvodných systémov na zníženie alebo odstránenie rizík z nedodržania požiadaviek na kvalitu pitnej vody,
- poskytnúť, ak je to, potrebné súčinnosť pri vykonávaní opatrení v domových rozvodných systémov,
- hlásiť tzv. incidenty – situácie, ak vznikne riziko v súvislosti s pitnou vodou najmenej pre 1 000 osôb a trvá viac ako 10 dní,
- hlásiť trendy a neobvyklé koncentrácie látok pri monitorovaní v plochách povodia.

6. Informovanie verejnosti

Sprístupňovanie informácií o pitnej vode a zásobovaní majú byť zárukou zvýšenia transparentnosti voči verejnosti a sú jednou z najvýznamnejších zmien, ktoré Smernica prináša a majú dopad na dodávateľov pitnej vody. Cieľom je prechod od povinného k „proaktívnemu“ poskytovaniu údajov, zvýšenie dôvery k pitnej vode, podpora používania pitnej vody z verejného vodovodu, čo môže prispieť k zníženiu používania balených vôd.

Návrh nových povinností:

- sprístupniť online a vhodným spôsobom informácie o
 - dodávateľovi pitnej vody, oblasti a počte zásobovaných obyvateľov,
 - spôsobe výroby vrátane informácie použitých typoch úpravy a dezinfekcie,
 - aktuálnych výsledkoch kontroly nie starších ako rok,
 - tvrdosti vody a vybraných mineráloch,
 - poradenstvo pre zníženie spotreby vody a predchádzanie zdravotným rizikám súvisiacim so stagnujúcou vodou.

Pozn.: Dodávateľom vody, poskytujúcim viac ako 10 000 m³ vody alebo zásobujúcich viac ako 50 000 osôb pribúdajú aj informácie o stratách vody, vlastnickej štruktúre....
- doručiť raz ročne spotrebiteľovi prostredníctvom faktúry, inteligentnej aplikácie resp. inou proaktívnou formou informácie o
 - kvalite dodávanej pitnej vody v rozsahu úplnej analýzy,
 - cene dodávanej vody, spotrebe domácnosti spolu s ročnými trendami a porovnaním s priemernou spotrebou,
 - online dostupnosti informácií na webovom sídle dodávateľa.

7. Vyhodnotenie miery strát

Práve vysoké straty vody spôsobené nedostatočnými investíciami do údržby a obnovy vodárenskej infraštruktúry boli jedným z identifikovaných problémov pri preskúvaní minulej smernice. Miery strát vody musia podľa novej Smernice vyčleniť a oznámiť Európskej komisii členské štáty do 12. januára 2026. Miera strát bude porovnávaná s prahovou hodnotou, ktorá sa určí na európskej úrovni delegovaným aktom najneskôr v roku 2028.

Problematické v tejto oblasti je, že chýba metodika pre stanovenie finančnej efektívnosti a udržateľnosti prahovej hodnoty strát pitnej vody.

Návrh nových povinností:

- posúdiť najneskôr 12. januára 2026 mieru strát a potenciál zlepšenia, ak dodáva aspoň 10 000 m³ vody alebo zásobuje aspoň 50 000 osôb,
- prijať plán s opatreniami pre zníženie strát, ak miera strát presiahne určenú európsku prahovú hodnotu.

Pozn.: Povinnosť sa dotkne iba dodávateľov pitnej vody, ktorí prevádzkujú verejné vodovody a nebude preto ustanovená zákonom č. 355/2007 Z. z.

8. Prístup k pitnej vode a podpora používania pitnej vody z verejného vodovodu

Cieľom novej Smernice je nielen ochrana zdravia pred nepriaznivými účinkami kontaminovanej pitnej vody, ale aj zlepšenie prístupu k pitnej vode pre celú populáciu s dôrazom na zraniteľné a marginalizované skupiny. Tie vyčlení každý členský štát s ohľadom na vlastné podmienky, špecifiká a podmienky zásobovania. Ak tieto skupiny nemajú prístup k pitnej vode v zmysle novej Smernice, mali by im byť poskytnuté informácie o kvalite vody, ktorú majú k dispozícii, potrebné zdravotné poradenstvo a mali by sa prijať opatrenia na zlepšenie prístupu k vode. Smernica tiež nabáda na vykonávanie opatrení na podporu používania pitnej vody z vodovodu, ktoré by mohlo prispieť k zníženiu plastového odpadu z balenej vody. To by sa mohlo dosiahnuť aj bezplatným poskytovaním pitnej vody vo verejných budovách resp. jej poskytovaním za znížené poplatky a inými vhodnými formami propagácie.

Dodávateľ nebude nepovinný realizovať ani vykonávať v tejto oblasti v zmysle novelizovaných predpisov žiadne aktivity. Podpora zlepšenia prístupu k pitnej vode z verejného vodovodu a propagácia jej používania by mala byť ale v „povinnej výbave“ každého dodávateľa pitnej vody bez rozdielu.

Literatúra:

Smernica Komisie (EÚ) 2015/1787 zo 6. októbra 2015, ktorou sa menia prílohy II a III smernice Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (Ú. v. EÚ L 260, 7. 10. 2015).

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 zo 16. decembra 2020 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (prepracované znenie) (Ú. v. EÚ čl. 28, 16. 12. 2020).

Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Zbierka zákonov Slovenskej republiky.

Všeobecný pohľad na nové ukazovatele pre pitnú vodu

Prof. Ing. Ján I l a v s k ý, Ph.D., prof. Ing. Danka B a r l o k o v á, Ph.D.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava jan.ilavsky@stuba.sk, danka.barlokova@stuba.sk

Abstrakt: V príspevku sú popísané základné charakteristiky nových parametrov kvality vody určenej na ľudskú spotrebu uvedených v Smernici Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 2020/2184, ktorá bola schválená 16. decembra 2020 a vstúpila do platnosti 12. januára 2021. Cieľom tejto smernice je ochrániť ľudské zdravie pred nepriaznivými účinkami akejkoľvek kontaminácie vody určenej na ľudskú spotrebu zabezpečením jej zdravotnej nezávadnosti a čistoty a zlepšiť prístup k vode určenej na ľudskú spotrebu pre všetkých v EÚ.

Abstract: The paper describes the basic characteristics of the new parameters of water quality intended for human consumption listed in Directive (Eu) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council (EU) No. 2020/2184, approved on 16 December 2020 and entered into force on 12 January 2021. The objectives of this Directive are to protect human health from the adverse effects of any contamination of water intended for human consumption by ensuring that it is wholesome and clean, and to improve access to water intended for human consumption for all in the Union.

Kľúčové slová: smernica EÚ, kvalita pitnej vody, vybrané parametre, limitné hodnoty

Keywords: directive EU, drinking water quality, selected parameters, parametric value

ÚVOD

Dňa 12. januára 2021 vstúpila do platnosti nová Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) pod označením 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (po 22 rokoch). Proces jej schvaľovania na úrovni EÚ trval od februára 2018, kedy Európska komisia predložila členským štátom únie prvý návrh dokumentu. Smernica 2020/2184 vychádza z prehodnotenia predchádzajúcej Smernice rady EÚ č. 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu a je v súlade s odporúčaniami Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO). Transpozícia do legislatívy Slovenskej republiky by mala prebehnúť do dvoch rokov. Zmeny sa dotknú nielen zákona o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia (č. 355/2007 Z. z.) a jeho vykonávacích vyhlášok, ale aj zákona o vodách (č. 364/2004 Z. z.) a zákona o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách (č. 442/2002 Z. z.) a ich vykonávacích vyhlášok.

Nová Smernica sa dotkne všetkých, ktorí sa problematikou pitnej vody zaoberajú. Niektoré parametre uvedené v Smernici boli zahrnuté už v našej legislatíve, napr. vo vyhláške Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou.

Čo je nové, prípadne zmenené z hľadiska kvality pitnej vody v novej smernici?

V nasledujúcich tabuľkách sú porovnané limitné hodnoty v pôvodnej Smernici EÚ č. 98/83/ES z roku 1998, v Smernici EÚ č. 2020/2184, schválenej v roku 2020 a vo vyhláske MZ SR č. 247/2017 Z. z.

Tab. 1 Zmenené a doplnené chemické parametre

Por. číslo	Parameter		Limitná hodnota		
			98/83/ES	2020/2184	247/2017
1.	Antimón	µg/l	5,0	10	5,0
2.	Bisfenol A	µg/l		2,5	
3.	Bór	mg/l	1,0	1,5 (2,4)	1,0
4.	Bromičnany	µg/l	25	10	10
5.	Chlorečnany	mg/l		0,25 (0,70)	0,20
6.	Chloritany	mg/l		0,25 (0,70)	0,20
7.	Chróm	µg/l	50	50 (25)	50
8.	Olovo	µg/l	10	10 (5)	10
9.	Selén	µg/l	10	20 (30)	10
10.	Urán	µg/l		30	

Zmenená hodnota je v parametri antimón, pričom došlo k zvýšeniu limitnej hodnoty na úroveň arzénu (10 µg/l), aj vzhľadom na podobné chemické vlastnosti. V prípade bóru sa limitná hodnota 2,4 mg/l uplatňuje vtedy, keď je prevládajúcim zdrojom vody dotknutého systému zásobovania odsolená voda alebo voda ovplyvnená geologickými podmienkami s vyššími hodnotami bóru v podzemnej vode. Limitná hodnota 30 µg/l pre selén tiež zohľadňuje vplyv geologických podmienok na kvalitu podzemnej vody v danom regióne.

V novej smernici je zvýšená limitná hodnota v parametri chloritany a chlorečnany na hodnotu 25 µg/l, pričom je stanovená limitná hodnota 0,70 mg/l pre prípady, keď sa na dezinfekciu vody určenej na ľudskú spotrebu používa dezinfekčná metóda, pri ktorej vznikajú chlorečnany, chloritany a najmä oxid chlórčitý. Členské štáty sa tam, kde je to možné, usilujú o dosiahnutie nižšej hodnoty, a to bez ohrozenia účinnosti dezinfekcie. Tieto parametre sa zisťuje len vtedy, keď sa používa na dezinfekciu oxid chlórčitý.

Nová smernica sprísňuje limitné hodnoty pre olovo a chróm, od 12. januára 2036 platí hodnota 5 µg/l pre olovo v mieste dodávky do domového rozvodného systému, od tohto termínu platí aj pre chróm hodnota 25 µg/l.

Tab. 2 Zmenené a doplnené chemické parametre

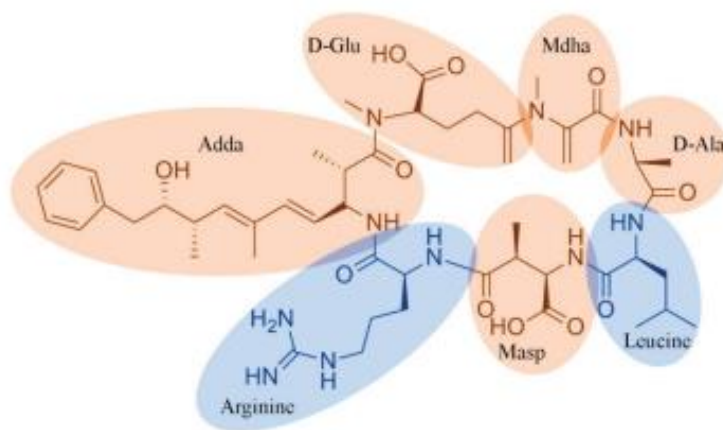
Por. číslo	Parameter		Limitná hodnota		
			98/83/ES	2020/2184	247/2017
11.	Halooctové kyseliny (HAA)	µg/l		60	60
	Tento parameter sa zisťuje len vtedy, keď sa na dezinfekciu vody určenej na ľudskú spotrebu použijú dezinfekčné metódy, pri ktorých môžu vznikať HAA. Ide o súčet týchto piatich reprezentatívnych látok: kyselina chlórctová, kyselina dichlórctová, kys. trichlórctová, kyselina brómctová a kyselina dibrómctová.				

Tab. 3 Zmenené a doplnené chemické parametre

Por. číslo	Parameter	Limitná hodnota		
		98/83/ES	2020/2184	247/2017
12.	Mikrocystín-LR	μg/l	1,0	1,0
	Tento parameter sa zisťuje len v prípade potenciálneho výskytu vodných kvetov v zdroji vody (rastúca hustota buniek cyanobaktérií alebo potenciál tvorby vodných kvetov).			

V pitnej vode sa prítomnosť a počet cyanobaktérií zisťuje mikroskopickým stanovením biologického ukazovateľa - živé organizmy, pričom jeho medzná hodnota je 0 jedincov v 1 ml vzorky. Problémom výskytu cyanobaktérií je ich schopnosť tvorby rôznych toxínov (cyanotoxínov). Najviac rozšírenými cyanotoxínmi a zároveň aj najviac skúmanými toxínmi siníc sú mikrocystíny. Sú to cyklické heptapeptidy s hepatotoxickými účinkami na ľudí a zvieratá. Ich producentami sú predovšetkým morfotypy rodu *Microcystis*, ale produkuje ich aj mnoho ďalších planktónových rodov, ako napr. *Planktothrix*, *Dolichospermum/Anabaena* a *Woronichinia naegeliana*. Mikrocystíny sú extrémne stabilné vo vode a odolávajú chemikáliám, rozkladu, hydrolýze alebo oxidácii. Pri typických podmienkach prostredia je polčas rozpadu MC-LR približne 10 týždňov. Slovenská legislatíva pre kontrolu kvality pitnej vody určuje stanovovať iba cyanotoxín - mikrocystín LR, ktorý produkujú predovšetkým druhy cyanobaktérií rodu *Microcystis* a *Woronichinia* [1].

Doteraz bolo objavených viac ako 80 rôznych mikrocystínov, z toho mikrocystín-LR je najbežnejšia a najtoxickjšia forma (je považovaný za potencionálny karcinogén). Zisťuje sa v pitnej vode upravovanej z povrchových vôd z vodárenských nádrží v období očakávaného zvýšeného výskytu cyanobaktérií najmä podľa STN 75 7715. Za zvýšený výskyt sa považuje počet cyanobaktérií nad 20 tisíc buniek/ml v povrchovej vode (vodný stĺpec min. 1 m).

Obr. 1 Štruktúra Microcystínu-LR (C₄₉H₇₄N₁₀O₁₂, CAS: 101043-37-2).

Medzi ochorenia vyvolané cyanobaktériami (sinicami) a cyanotoxínmi patria poruchy tráviaceho traktu, alergické reakcie, respiračné ťažkosti, kontaktné dermatitídy, ochorenia pečene a obličiek, oslabenie imunitného systému, rakovina kože a pečene, ochorenia nervového systému.

Zníženie počtu siníc v surovej vode je možné dosiahnuť správnou voľbou predúpravy, napr. vhodným výberom mikrosít v kombinácii s UV žiarením a následnou koaguláciou, kedy je

potrebné dávku koagulantu prispôbiť množstvu siníc. Klasická úprava vody dokáže odstrániť až 99 % siníc. Na odstránenie siníc z vody boli odskúšané aj ďalšie možnosti, napr. oxidácia s manganistanom draselným, peroxidom vodíka, UV žiarením, ozónom, ultrazvukom. Membránové procesy majú 99,99% účinnosť odstraňovania siníc. Na odstraňovanie Mikrocystínu LR sa používa adsorpcia na práškové i granulované aktívne uhlie. Povinnosť merať tento ukazovateľ má výrobca vody.



Obr. 2 Sinice vo vodách

Tab. 4 Zmenené a doplnené chemické parametre

Por. číslo	Parameter	Limitná hodnota		
		98/83/ES	2020/2184	247/2017
13.	PFAS – spolu	µg/l	0,50	
	„PFAS spolu“ je súčet všetkých perfluóralkylovaných a polyfluóralkylovaných látok. Táto parametrická hodnota sa uplatňuje až po vypracovaní technických usmernení na monitorovanie tohto parametra.			
14.	Súčet PFAS	µg/l	0,10	
	„Súčet PFAS“ je súčet perfluóralkylovaných a polyfluóralkylovaných látok, ktoré sa považujú za problematické pre vodu určenú na ľudskú spotrebu a ktoré sa uvádzajú v prílohe III časti B. Ide o podskupinu látok patriacich do skupiny PFAS spolu.			

Členské štáty sa potom môžu rozhodnúť, že budú uplatňovať buď jeden alebo obidva parametre „PFAS spolu“ alebo „súčet PFAS“.

Nové parametre a ich charakteristiky

BISFENOL A (BPA) sa považuje za endokrinný disruptor. Jeho uvoľňovanie do pitnej vody je veľkým problémom zo zdravotného hľadiska [2]. BPA sa často používa ako konzervačný prostriedok na drevo, textilie a kožu. Vo všeobecnosti sa používa v liekoch na liečbu stavov, ako je rakovina, hormonálna nerovnováha, osteoporóza a mnoho ďalších [2]. V kombinácii s inými chemikáliami sa vo veľkej miere používa pri výrobe pesticídov, polykarbonátov a epoxidových živíc [3,4]. Bisfenol A sa pripravuje chemickou reakciou fenolu s acetónom v kyslom prostredí, chemicky ide o 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propán.

Používa sa ako monomér pri výrobe polykarbonátov, a tie sa využívajú pri výrobe napr. CD a DVD, dojčenských fliaš, plastových príborov, dóz na potraviny, ale aj v stomatológii, stavebníctve, elektronike alebo medicíne.

Väčšina znečisťujúcich látok BPA sa dostáva do vodného prostredia vypúšťaním odpadových vôd. Znečisťujúce látky BPA sú klasifikované ako chemikálie s nízkym potenciálom bioakumulácie vo vodnom prostredí, BPA však môže narúšať endokrinné systémy a mať

nepriaznivé účinky na životné prostredie a na ľudí už v stopových množstvách [4-6]. Bolo zistené, že BPA môže spôsobiť hormonálne závislú rakovinu so súčasným znížením kvality spermií u človeka, preto sa BPA považuje za fenolický estrogénový polutant [3-8].

Ďalšími zdrojmi bisfenolu A môže byť vzduch, kozmetika, termo papier, povrchová úprava lakov a náterových kovových obalových materiálov (epoxidové živice), ktorých použitie sa zvyšuje.

Výsledky štúdie realizované v USA v rokoch 2003 – 2006 a publikované v novembri 2010 nasvedčujú tomu, že bisfenol A (a podobne aj triclosan) má negatívne účinky na fungovanie imunitného systému človeka. Podľa záverov tejto štúdie bude žiaduce preskúmať mechanizmy, ktoré sa pri týchto účinkoch podieľajú a tiež aké expozície (z hľadiska množstva a času) majú významný vplyv na imunitný systém a na náchylnosť k chorobám v neskorších obdobiach ľudského života.

Použitie bisfenolu A ako monoméru je obmedzené nariadením Komisie (EÚ) č. 10/2011 o plastových materiáloch a predmetoch určených na styk s potravinami, ktoré ustanovuje špecifický migračný limit (SML) na úrovni 0,6 mg/kg potraviny alebo potravinového simulátora.

Po poslednom prehodnotení vedeckého stanoviska Európskeho úradu pre bezpečnosť potravín (EFSA) v roku 2011 bolo používanie bisfenolu A zakázané pri výrobe polykarbonátových (PC) dojčenských fliaš pre deti do 1 roku života.

V roku 2012 bolo na žiadosť Európskej Komisie začaté nové prehodnotenie vedeckého stanoviska a v roku 2016 bolo publikované nové vedecké stanovisko EFSA, pri príprave ktorého boli brané do úvahy nové toxikologické údaje umožňujúce presnejšiu špecifickú extrapoláciu údajov zo zvierat na ľudí. Znížený bol prijateľný denný príjem (TDI) z 50 na 4 µg/kg/bw (telesná hmotnosť). V stanovisku je uvedené, že najviac rizikové skupiny obyvateľov exponované bisfenolom A zo stravy sú dojčatá, deti a mladiství.

Nariadenie Komisie (EÚ) č. 2018/213 o používaní bisfenolu A v lakoch a náteroch určených na styk s potravinami a o zmene nariadenia (EÚ) č. 10/2011, pokiaľ ide o používanie danej látky v plastových materiáloch prichádzajúcich do styku s potravinami stanovuje špecifický migračný limit (SML) pre bisfenol A v plastových výrobkoch na úrovni 0,05 mg BPA na kg potravín, pričom bisfenol A sa nesmie používať na výrobu polykarbonátových (PC) pohárov a fliaš pre dojčatá a malé deti.

Koncentrácie BPA vo vodnom prostredí sa pohybujú v rozsahu ng/l až µg/l. V dôsledku environmentálneho rizika existuje niekoľko oxidačných a adsorpčných metód, napr. ozonizácia, UV žiarenie, pokročilé oxidačné procesy (AOPs), membránová filtrácia, reverzná osmóza, chemická koagulácia, chlorácia a adsorpcia aktívnym uhlím [9-14] na odstránenie BPA z vody. Problémom pri odstránení BPA môže byť vysoká chemická stabilita BPA.

Vo všeobecnosti je aktívne uhlie adsorbent, ktorý sa používa na odstraňovanie rôznych organických nečistôt vo vode. Niekoľko autorov preukázalo účinnosť aktívneho uhlia pri odstraňovaní stopových organických polutantov z vody [15-19]. Práškové aktívne uhlie (PAC) sa použilo ako adsorbent na odstránenie BPA [20-25]. Aktívne uhlie nedosiahlo odstránenie stopového množstva BPA z riečnej vody [17], adsorpcia bola ovplyvnená molekulárnymi interakciami medzi BPA a prirodzeným organickým znečistením (NOM) vo vodných roztokoch prostredníctvom vodíkových väzieb [2,25].

URÁN

Urán je strieborne lesklý rádioaktívny chemický prvok (protónové číslo 92) patriaci medzi skupinu kovov nazývaných aktinoidy. Prvok bol nájdený Martinom Heinrichom Klaproth v roku 1789. V čistej forme bol izolovaný až v roku 1841. Urán nie je príliš tvrdý a dá sa valcovať za bežnej teploty. V podobe prášku je samozápalný. Hustota uránu je $19,01 \text{ g/cm}^3$, je teda asi o 70 % ťažšie ako olovo. Oxidáciou postupne tmavne, pokrýva sa vrstvou oxidov.

V prírode je urán v najrôznejších rudách relatívne častý, ale iba v malých koncentráciách 0,4 až 3 %. Vyskytuje sa tu ako zmes izotopov, ako ^{238}U (99,276 %) a ^{235}U (0,718 %) a iba vo veľmi malom množstve ^{234}U (0,004 %). V pomerne veľkej koncentrácii sa nachádza v morskej slanej vode (3,3 $\mu\text{g/l}$). V obyčajnej vode býva jeho obsah značne premenný. V podzemných vodách je obsah uránu vyšší v porovnaní s povrchovými vodami (až stovky $\mu\text{g/l}$) v dôsledku vplyvu geologického podložja. Priemerné koncentrácie v pitnej vode sú v jednotlivých štátoch odlišné (0,1 až 1,0 $\mu\text{g/l}$).

Mobilitu uránu vo vodách, ale aj v krajine ovplyvňuje viacero faktorov, hlavne pH, oxidačno-redukčný potenciál, množstva organických i anorganických látok. Urán je dobre rozpustný vo vode, čo uľahčuje jeho kontamináciu podzemných vôd. Oxidáciou vznikajú dobre rozpustné formy (urán je viazaný ako šesťmocný), redukciou nerozpustné štvormocné formy.

Celkový priemerný denný príjem uránu do organizmu sa pohybuje od 1 do 5 μg , z ovzdušia minimálne (< 2 %), z potravín 1 až 4 $\mu\text{g/deň}$ (zelenina, cereálie, vnútornosti, morské plody), z vody 10 až 90 % v závislosti na koncentrácii uránu v pitnej vode. Celkový polčas eliminácie uránu z organizmu pri normálnom dennom príjme sa odhaduje na 180 – 360 dní, vylučovanie močom. V krvi je viazaný na erytrocyty a plazmatické bielkoviny alebo vytvára komplexy s bikarbonátmi a citrátmi. Rýchlo sa transportuje krvou, hlavne do ľadvín a kostí. Uranylový ión nahrádza Ca v hydroxyapatitovom komplexe kryštalickej kostnej mriežky. Vykazuje ľahkú prestupnosť placentárnou bariérou.

Z hľadiska toxicity urán spôsobuje nefrotoxicitu (poškodenie ľadvín), proces je reverzibilný, avšak nové bunky môžu byť morfológicky i funkčne odlišné. Vplyv na reprodukčné funkcie nebol preukázaný, podobne ani genotoxický a karcinogénny účinok uránu pri bežnej expozícii. Vývojová toxicita bola sledovaná pri vyšších dávkach (od 2,8 mg U/kg/deň), pričom medzi známky poškodenia patrí zníženie telesnej hmotnosti, zvýšený výskyt anatomických malformácií a zvýšená úmrtnosť (embryonálna i „novorodenecká”).

Od roku 2004 je odporúčaným limitom uránu v pitnej vode podľa WHO hodnota 15 $\mu\text{g/l}$, uvedená hodnota platí v Českej republike, Rakúsku, v USA 30 $\mu\text{g/l}$, v Kanade 20 $\mu\text{g/l}$, v Austrálii 20 $\mu\text{g/l}$, v Nemecku 10 $\mu\text{g/l}$ (ale po dobu 10 rokov je možné tolerovať prekročenie do 20 $\mu\text{g/l}$, nad túto hodnotu je nutné prijať okamžité opatrenia).

Odstraňovanie uránu z vody je pomerne náročný proces. Najmä likvidácia odpadu, odpadovej vody z technológie úpravy prináša ťažkosti. Proces prebieha pomocou iónovej výmeny, ktorá má za cieľ podiel rádionuklidov vo vode znížiť alebo ho úplne odstrániť. K regenerácii ionexovej náplne sa používa roztok NaCl. Medzi ďalšie postupy patrí adsorpcia (Al_2O_3 , GAU, média na báze Fe a Ti, zeolit), extrakcia kvapalinou, koagulácia, zrážanie, reverzná osmóza, elektrodialýza a zmäkčovanie vápnom.

PER/POLYFLUORALKYLOVANÉ ZLÚČENINY („PFAS spolu“ a „súčet PFAS“)

Per/Polyfluoralkylované zlúčeniny (PFAS) patria medzi perzistentné organické polutanty (POPs) životného prostredia spoločne s pesticídmi, PCB a dioxínmi. V súčasnosti sa uvádza, že existuje viac ako 5000 týchto organických zlúčenín. Tieto látky sú veľmi stabilné a dostávajú sa do rôznych zložiek životného prostredia, kde dochádza k ich akumulácii.

Väčšina PFAS je perzistentných (odolných voči rozkladu) alebo predstavujúcich prekursor perzistentnej zlúčeniny, vysoká odolnosť PFAS je daná prítomnosťou veľmi pevnej chemickej väzby medzi fluórom a uhlíkom. Táto väzba si vyslúžila anglické pomenovanie Forever Chemicals (nesmrteľné chemikálie).

V súčasnosti sú používané v mnohých priemyselných odvetviach, v potravinárstve, farmaceutickom priemysle, pri výrobe pesticídov, ako prísady hasiacich pien a hydraulických kvapalín (v mazivách), pri impregnácii odevov, v rámci elektronického a fotografického vybavenia, vo farbách a kozmetike. PFAS sa používajú pre odpudivosť vody a mastnoty z papierových obalov potravín, outdoorového oblečenia, ochranných odevov, koberec. Známe sú hlavne vďaka použitiu v teflone a gora-texe.

Perfluorované látky sa do životného prostredia dostávajú pri výrobe, používaní alebo likvidácii produktov obsahujúcich tieto látky. Hlavnými bodovými zdrojmi znečistenia vôd a pôdy predstavujú vojenské cvičiská a letiská, kde sa používajú hasiace peny s obsahom PFAS. Priemyselné závody sú ďalším zdrojom znečistenia vôd. PFAS sú rozpustné vo vode, ktorou sú transportované na veľké vzdialenosti a nachádzané aj v odľahlých oblastiach Arktídy a Antarktídy. Prchavé skupiny PFAS sú transportované vzdušným prúdením.

PFAS sú všadeprítomné – nachádzame ich v povrchových i podzemných vodách, pitnej vode, na čistiarňach odpadových vôd, vo výluhoch zo skládok odpadov, v sedimentoch, pôde, atmosfére, domácom prachu i v živých organizmoch a tele človeka. V ľudskom tele nachádzame PFAS v pečeni, krvnom sére a plazme, ale aj v ľadvinách, moči, placentе a kojeneckom mlieku.

Človek PFAS prijme hlavne v potrave a vode. Účinkom PFAS je vystavený pri konzumácii kontaminovanej vody, rýb a morských živočíchov. Obavy predstavuje i konzumácia potravín, ktoré sú v kontakte s materiálmi obsahujúcimi PFAS (niektoré potravinové obaly alebo kuchynské náradie).

Aké sú zdravotné riziká PFAS pre človeka? Zvyšujú riziko ochorenia štítnej žľazy, zvyšujú hodnotu cholesterolu v krvi, znižujú účinnosť očkovania, zvyšujú riziko vysokého krvného tlaku v tehotenstve, zvyšujú riziko rakoviny ľadvín, vaječníkov, semenníkov, prostaty, znižujú plodnosť u žien, znižujú pôrodnú váhu u novorodencov.

Európska direktíva pre pitnú vodu (Smernica č. 2020/2184) definuje štandardy kvality pitnej vody pre sumu 20 PFAS (PFBA, PFPA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFBS, PFPS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS, PFTTrDS) na úrovni 0,1 µg/l. Druhý štandard na úrovni 0,5 µg/l je určený pre sumu všetkých PFAS.

Komisia EU vypracuje do 12. januára 2024 technické usmernenia týkajúce sa metód analýzy a monitorovania perfluoralkylovaných a polyfluoralkylovaných látok v parametroch „PFAS spolu“ a „súčet PFAS“ vrátane detekčných limitov, parametrických hodnôt a frekvencie odberu vzoriek.

Ukazovatele „PFAS spolu“ a „súčet PFAS“ ako i ďalšie novozavedené ukazovatele (BPA, chlorečnany, chloritany, haloctové kyseliny, mikrocystín-LR aj urán) v zmysle novej európskej smernice bude povinné sledovať najneskôr od 12. januára 2026. Dovtedy platí prechodné obdobie (článok 25), kde členské štáty EU prijímú do 12. januára 2026 opatrenia potrebné na zabezpečenie toho, aby voda určená na ľudskú spotrebu spĺňala stanovené limitné hodnoty.

Na úrovni Európskej Únie sú perfluorované látky, resp. perfluoroktansulfónová kyselina a jej deriváty (PFOS) sledované v povrchových vodách podľa Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2013/39/EU.

Európsky úrad pre bezpečnosť potravín (EFSA) stanovuje bezpečnostný limit pre obsah štyroch hlavných PFAS, ktoré sa hromadia v ľudskom tele (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS). Akceptovateľný týždenný príjem (TWI) týchto štyroch PFAS je stanovený na 4,4 nanogramu na kilogram ľudskej hmotnosti.

Limit pre ovzdušie, pôdu, odpady nie je stanovený, takisto aj hygienické limity pre obsah PFAS v potravinách nie je stanovený.

Komisia prijme do 12. januára 2024 v súlade s článkom 21 delegované akty s cieľom doplniť túto smernicu prijatím metodiky merania mikroplastov, aby sa po splnení podmienok stanovených v odseku 8 tohto článku zaradili na zoznam sledovaných látok uvedený v uvedenom odseku.

Komisia prijme vykonávacie akty s cieľom vypracovať a aktualizovať zoznam sledovaných látok alebo zlúčenín, ktoré u verejnosti alebo vedeckej obce vzbudzujú obavy z hľadiska zdravia (ďalej len „zoznam sledovaných látok“), ako sú napríklad liečivá, endokrinné disruptory a mikroplasty.

Látky a zlúčeniny sa doplnia do zoznamu sledovaných látok, ak je pravdepodobné, že sú prítomné vo vode určenej na ľudskú spotrebu a mohli by predstavovať potenciálne riziko pre ľudské zdravie. Na tento účel sa Komisia opiera najmä o vedecký výskum WHO. Doplnenie akejkoľvek novej látky alebo zlúčeniny sa musí riadne odôvodniť podľa článkov 1 a 4. Do prvého zoznamu sledovaných látok sa už zaradili už v januári 2022 látky beta-estradiol a nonylfenol vzhľadom na ich vlastnosti endokrinných disruptorov a riziko, ktoré predstavujú pre ľudské zdravie.

Na zozname sledovaných látok sa uvádza odporúčaná hodnota pre každú látku alebo zlúčeninu, a ak je to potrebné, aj možná metóda analýzy, ktorá neprináša nadmerné náklady.

LEGIONELLA

V novele smernice je predpísané posúdenie rizík v domových rozvodoch vody v prioritných budovách, zamerané na Legionelly a olovo.

Tab. 5 Parametre relevantné pre posúdenie rizika domových rozvodných systémov (časť D)

Por. číslo	Parameter		Limitná hodnota		
			98/83/ES	2020/2184	247/2017
15.	<i>Legionella</i>	KTJ/l		< 1 000	
16.	Pb	µg/l	10	10 (5)	10

Pre baktérie rodu *Legionella* je stanovená hodnota 1 000 KTJ/liter. Základné stanovenie legionel sa robí metódou podľa STN EN ISO 11731.

Pred zahájením novely si EK nechala spracovať od WHO štúdiu, ktoré ukazovatele by sa mohli zo smernice vypustiť a ktoré naopak by sa mali zaradiť ako nové, resp. u ktorých ukazovateľov by mala byť upravená limitná hodnota. WHO vo svojej správe uviedla, že v EÚ je ročne hlásených okolo šesť tisíc prípadov legionelózy (s 10 % úmrtnosťou), aj keď je toto číslo zrejme podhodnotené, stále legionely patria na prvé miesto čo do príčiny úmrtia na ochorenia súvisiace s vodou. Baktérie rodu *Legionella* neboli doteraz v smernici uvedené.

Rod *Legionella* získal svoj názov po júli 1976, po záhadnom ochorení, ktoré postihlo 211 osôb, z ktorých 34 zomrelo. Prepuknutie choroby bolo najskôr hlásené u osôb pôsobiacich v organizácii American Legion – asociácií amerických vojenských veteránov v rámci osláv US Bicentennial (200. výročie udalostí, ktoré viedli k nezávislosti USA) vo Philadelphii. 18. januára 1977 bola ako pôvodca identifikovaná dovtedy neznáma baktéria, neskôr nazvaná *Legionella*.

Legionella patrí medzi fakultatívne patogénne baktérie, vyskytuje sa v prirodzených vodných ekosystémoch a v pôde, môže preniknúť do vodovodnej siete, optimálne teplotné rozmedzie rastu je 25-43 °C (termotolerancia až do 60 °C), rozmnožuje sa intracelulárne a vo vodách sú ich hostiteľmi améby. Vyvolávajú infekčné ochorenie inhaláciou kontaminovaného vodného aerosólu, resp. konzumáciou vody, pričom dochádza k prieniku do lymfatických ciest, pľúc, sleziny a tráviaceho traktu, u ľudí so zníženou imunitou (nemocnice, liečebné zariadenia, detské zariadenia) môže predstavovať smrteľné ochorenie.

Všetky legionely (60 druhov) sú potenciálne patogénne organizmy, u 20 druhov legionel boli zaznamenané epidémie, zdravotne najzávažnejšia je *L. pneumophila sérotyp 1*. Vyvolávajú 2 druhy ochorení: Pontiacka horúčka (ID 5-66 hodín, najčastejšie 24-48 hodín) a Legionelóza (ID 2-14 dní, najčastejšie 5-6 dní).

Kde sa môžu legionely vyskytovať? Hlavne vo verejných budovách (hotely, ubytovacie zariadenia) pri použití akumulčných ohrievačov teplej úžitkovej vody (TÚV), v rozvodoch a armatúrach TÚV (sprchové ružice, perlátory), v bazénoch a vaniach so vzduchovými a vodnými tryskami, v saunách, používaním domácich inhalátorov, rosením vodou v záhradných skleníkoch, klimatizačné zariadenia tiež zvyšujú možnosť inhalácie legionel. Ďalej sa môžu vyskytovať v priemyselných budovách a špeciálnych prevádzkach (chladiace veže, mycie linky áut a biologické čistiare s prevzdušňovaním, rozstrekovaná voda z rôznych brusiarní, skrúpané filtre, vodné kúpele s ohrievanou vodou), v zdravotníckych zariadeniach (nemocnice, stomatologické jednotky), sociálne zariadenia (LDCH).

Medzi podmienky podporujúce rozvoj legionel patrí voda v teplotnom rozmedzí 20°C – 50°C, stagnácia vody (slepé ramená, nepoužívané kohútiky, biofilmy, inkrusty vo vodovodnom potrubí, materiály rozvodov (hrdza) a sprievodná mikroflóra (prvky).

Účinným opatrením proti výskytu legionel je vyregulovanie systému rozvodu TÚV, pričom musí spĺňať určité teplotné a tlakové charakteristiky (zabezpečenie teploty teplej vody na všetkých výstupoch ideálne na 55°C, vyrovnaný tlak TÚV na všetkých miestach odberu vody), technické úpravy distribučného systému (čistenie, výmena zanesených rozvodov), v systéme cirkulujúcej teplej vody nesmie poklesnúť teplota recirkulovanej vody, vstupujúcej do ohrevu oproti výstupu z ohrevu o viac ako 5°C, dezinfekcia rozvodov použitím chlórových preparátorov, biocídne prípravky proti biofilmom, termodezinfekcia opakovaným

prehrievaním vody, ohrev vody minimálne na 70°C, resp. kombinácia týchto postupov, čistením perlátorov, sprchových hlavíc, vydezinfikovaním vodovodných kohútikov (SAVO), pred použitím teplú aj pitnú vodu odpúšťať.

ZÁKAL

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 zo 16. decembra 2020 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu sprísňuje pravidelnú kontrolu účinnosti separácie pevnej formy. Prevádzkovateľ musí monitorovať aj parameter „zákal“ upravenej vody, v prípade ktorého je nutné spĺňať výrazne sprísnenú, referenčnú hodnotu pre zákal 0,3 NTU u 95 % vzoriek, pričom žiadna nepresahuje 1 NTU (neuplatňuje sa na zdroje podzemných vôd, v prípade ktorých je zákal spôsobený železom a mangánom).

Minimálna frekvencia odberu vzoriek a analýz závisí od objemu vody (m³) distribuovanej alebo vyrábanej denne, pri ≤1000 m³ - týždenne, >1000 ≤10000 - denne, >10000 - nepretržitý monitoring.

Túto novú smernicu má Slovenská republika povinnosť implementovať do 10 rokov. Prevažná väčšina úpravní vôd na Slovensku však nedisponuje takým separačným stupňom, ktorý by dokázal splniť vyššie uvedenú požiadavku a preto bude potrebná ich modernizácia. Vzhľadom na relatívne krátky implementačný čas a vysoký počet úpravní, ktoré budú vyžadovať modernizáciu technológie, je nevyhnutné začať bezodkladne s ich postupnou rekonštrukciou. Sú dve cesty. Optimalizovať súčasnú technológiu úpravy vody alebo použiť membránové technológie. Napr. ultrafiltrácia zaručuje zákal upravenej vody pod 0,2 NTU.

Ultrafiltrácia je neselektívna metóda separácie nerozpustených látok prítomných vo vode. To znamená, že látky väčšie ako 0,03 mikrometrov sú efektívne zachytené a nepreniknú do upravenej vody. Tento faktor poskytuje veľmi vysokú mieru záruky kvality vody. Kvalita upravenej vody je nezávislá od veľkosti zákalu surovej vody, t.j. zostáva nezmenená aj pri zvyšujúcom sa zákale, čo sa nedá povedať o úprave vody pomocou pieskových filtrov.

LITERATÚRA

- [1] Nagyová, V.- Chomová, L. Cyanobaktérie v slovenských vodárenských nádržiach stále aktuálne. In: Zborník prednášok z XVIII. konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda 2019, Trenčianske Teplice, 8-10.10.2019, s. 79-86, ISBN 978-80-971272-7-5
- [2] Park, H.S., Koduru, J.R., Choo, K.H., Lee, B.W., 2015. Activated carbons impregnated with iron oxide nanoparticles for enhanced removal of bisphenol A and natural organic matter. *J. Hazard. Mater.* 286, 315–324.
- [3] Luo, Y., Guo, W., Ngo, H.H., Nghiem, L.D., Hai, F.I., Zhang, J., Liang, S., Wang, X.C., 2014. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 473–474, 619–641.
- [4] Rochester, J.R., 2013. Bisphenol A and human health: a review of the literature. *Reprod. Toxicol.* 42, 132–155.
- [5] Guerra, P., Kim, M., Teslic, S., Alaei, M., Smyth, S.A., 2015. Bisphenol-A removal in various wastewater treatment processes: operational conditions, mass balance, and optimization. *J. Environ. Manag.* 152, 192–200.

- [6] Teeguarden, J.G., Hanson-Drury, S., 2013. A systematic review of Bisphenol A “low dose” studies in the context of human exposure: a case for establishing standards for reporting “low-dose” effects of chemicals. *Food Chem. Toxicol.* 62, 935–948.
- [7] Lee, B.E., Park, H., Hong, Y.C., Ha, M., Kim, Y., Chang, N., Kim, B.N., Kim, Y.J., Yu, S.D., Ha, E.H., 2014. Prenatal bisphenol A and birth outcomes: MOCEH (Mothers and Children’s Environmental Health) study. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 217, 328–334.
- [8] Soto, A.M., Sonnenschein, C., 2010. Environmental causes of cancer: endocrine disruptors as carcinogens. *Nat. Rev. Endocrinol.* 6, 139–177.
- [9] Vandenberg, L.N., Hauser, R., Marcus, M., Olea, N., Welshons, W.V., 2007. Review: human exposure to bisphenol A (BPA). *Reprod. Toxicol.* 24, 13
- [10] Johnson, A.C., Sumpter, J.P., 2001. Removal of endocrine-disrupting chemicals in activated sludge treatment works. *Environ. Sci. Technol.* 35, 4697–4703.
- [11] Umar, M., Roddick, F., Fan, L., Aziz, H.D., 2013. Application of ozone for the removal of bisphenol A from water and wastewater – a review. *Chemosphere* 90 (8), 2197–2207.
- [12] Xi, Y., Sun, Z., Hreid, T., Ayoko, G.A., Frost, R.L., 2014. Bisphenol A degradation enhanced by air bubbles via advanced oxidation using in situ generated ferrous ions from nano zero-valent iron/palygorskite composite materials. *Chem. Eng. J.* 247, 66–74.
- [13] Yu, L., Wang, C., Ren, X., Sun, H., 2014a. Catalytic oxidative degradation of bisphenol A using an ultrasonic-assisted tourmaline-based system: influence factors and mechanism study. *Chem. Eng. J.* 252, 346–354.
- [14] Wirasnita, R., Hadibarata, T., Mohd Yusoff, A.R., Yusop, Z., 2014. Removal of Bisphenol A from aqueous solution by activated carbon derived from oil palm empty fruit bunch. *Water Air Soil Pollut.* 225, 2148–2157.
- [15] Yu, J.G., Zhao, X.H., Yang, H., Chen, X.H., Yang, Q., Yu, L.Y., Jiang, J.H., Chen, X.Q., 2014b. Aqueous adsorption and removal of organic contaminants by carbon nanotubes. *Sci. Total Environ.* 482–483, 241–251.
- [16] Yoon, Y., Westerhoff, P., Snyder, S.A., Esparza, M., 2003. HPLC-fluorescence detection and adsorption of bisphenol A, 17-estradiol, and 17-ethynyl estradiol on powdered activated carbon. *Water Res.* 37 (14), 3530–3537.
- [17] Choi, K.J., Kim, S.G., Kim, C.W., Park, J.K., 2006. Removal efficiencies of endocrine disrupting chemicals by coagulation/flocculation, ozonation, powdered/granular activated carbon adsorption, and chlorination. *Korean J. Chem. Eng.* 23, 399–408.
- [18] Choi, K.J., Kim, S.G., Kim, C.W., Kim, S.H., 2005. Effects of activated carbon types and service life on removal of endocrine disrupting chemicals: amitrole, nonylphenol, and bisphenol-A. *Chemosphere* 58 (11), 1535–1545.
- [19] Alum A., Yoon Y., Westerhoff P., Abbaszadegan M., 2004. Oxidation of bisphenol A, 17 β -estradiol, and 17 α -ethynyl estradiol and byproduct estrogenicity. 19(3), 257–264.
- [20] Asada, T., Oikawa, K., Kawata, K., Ishihara, S., Iyobe, T., 2004. Study of removal effect of bisphenol-A and 17 β -estradiol by porous carbon. *J. Health Sci.* 50, 588–593.
- [21] Bautista-Toledo, I., Ferro-Garcia, M.A., Rivera-Utrilla, J., Moreno-Castilla, C., Vegas Fernandez, F.J., 2005. Bisphenol A removal from water by activated carbon. Effects of carbon characteristics and solution chemistry. *Environ. Sci. Technol.* 39, 6246–6250.

- [22] Sudhakar, P., Mall, I.D., Srivastava, V.M., 2016. Adsorptive removal of bisphenol-A by rice husk ash and granular activated carbon – a comparative study. *Desalin. Water Treat.* 57 (26), 12375–12384.
- [23] Xiao, D.W., Yu, F.X., 2013. Removal of the endocrine disrupting chemical bisphenol A from water by activated carbon. *Adv. Mater. Res.* 671–674, 2726–2731
- [24] Sui, Q., Huang, J., Liu, Y., Chang, X., 2011. Rapid removal of bisphenol A on highly ordered mesoporous carbon. *J. Environ. Sci.* 23 (2), 177–182.
- [25] Zhu, F.D., Choo, K.H., Chang, H.S., Lee, B., 2012. Interaction of bisphenol A with dissolved organic matter in extractive and adsorptive removal processes. *Chemosphere* 87 (8), 857–864.

Manažment rizík – opätovná požiadavka novelizovanej smernice pre pitnú vodu na zásobovanie obyvateľstva zdravotne bezpečnou pitnou vodou

Ing. Karol M u n k a, PhD., Ing. Anna V a j í č e k o v á, PhD., Ing. Monika K a r á c s o n y o v á, PhD., Ing. Margita S l o v i n s k á, Ing. Stanislava K e c s k é s o v á, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábřežie arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, karol.munka@vuvh.sk; anna.vajicekova@vuvh.sk; monika.karacsonyova@vuvh.sk; margita.slovinska@vuvh.sk; stanislava.kecskesova@vuvh.sk

Abstrakt: V príspevku sú prezentované požiadavky smernice EP a Rady (EÚ) 2020/2184 na uskutočnenie posúdenia rizika a riadenia rizika v plochách povodia pre miesta odberu vody určenej na ľudskú spotrebu, systém zásobovania pitnou vodou a domových rozvodných systémov. Taktiež je uvedený prístup na základe Plánov bezpečnosti pitnej vody (Water Safety Plan) a požiadavky na riadenie rizika podľa STN EN 15975-2, Bezpečnosť zásobovania pitnou vodou.

Abstract: In this article, the requirements of Directive (EU) 2020/2184 of The European Parliament and of The Council on execution of risk assessment and risk management of the catchment areas for abstraction points of water intended for human consumption are presented along with the risk assessment and management requirements on drinking water-supply system and on domestic distribution systems. The attitude based on the Water Safety Plans and on the requirements of risk management following the STN EN 15975-2, Safety of drinking water supply, is presented as well.

Kľúčové slová: posúdenie rizika a riadenie rizika, nebezpečenstvo, nebezpečná udalosť, úprava vody, kvalita vody.

Keywords: assessment risk and management risk, hazard, hazardous event, water treatment, water quality.

1. Prístup založený na komplexnom hodnotení a manažmente rizík vodárenského systému - Plány bezpečnosti pitnej vody

Svetová zdravotnícka organizácia (SZO) v 3. vydaní svojich Odporúčaní pre kvalitu pitnej vody z r.2004 pokladala za najúčinnější spôsob ako zabezpečiť zdravotnú bezchybnosť pitnej vody a spoľahlivé zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou, komplexné hodnotenie a manažment rizík vodárenského systému od zdroja vody až po spotrebiteľa. V odporúčaní WHO sa pre tento nový prístup používal termín Water Safety Plan, čo možno voľne preložiť ako „Plán bezpečnosti pitnej vody“ (PBPV). Plány bezpečnosti pitnej vody zvyšujú úroveň riadenia systémov zásobovania pitnou vodou a transparentnosť procesu zabezpečenia kvality pitnej vody. Dôraz sa kládol na systematickú identifikáciu a kontrolu rizík a na vytvorenie viacnásobných bariér na zabránenie znečistenia pitnej vody. V Plánoch bezpečnosti pitnej

vody sa tento princíp aplikoval na všetky stupne vodovodného systému od zdroja vody až po spotrebiteľa (WHO, 2004).

Výhradné spoliehanie sa len na kontrolu pitnej vody u spotrebiteľa sa už nepovažuje za dostatočne spoľahlivé zabezpečenie zdravotnej bezchybnosti pitnej vody. Začína sa presadzovať trend monitorovania a riadenia procesov ovplyvňujúcich kvalitu pitnej vody systematickým manažmentom bezpečnosti pitnej vody (Bartram et al., 2001). Kontrola pitnej vody u spotrebiteľa však zostáva súčasťou manažmentu kvality vody, ale už nie je výhradným spôsobom hodnotenia správnej funkčnosti vodárenského systému.

Komplexné hodnotenie a manažment rizík prispievajú k zvýšeniu bezpečnosti pitnej vody a ochrany zdravia ľudí tak, že dopĺňajú hodnotenie kvality pitnej vody u spotrebiteľa o kontrolu procesov podieľajúcich sa na kvalite pitnej vody. Ide o komplexné a objektívne hodnotenie vodovodného systému, založené na vedeckých poznatkoch, ktoré sa principiálne môže uplatniť v každom vodárenskom systéme bez ohľadu na jeho veľkosť, typ zdroja a používanú technológiu úpravy vody. Umožňuje sústrediť prostriedky a pozornosť na kritické body z hľadiska kvality pitnej vody a pomáha pri zameraní prevádzkového monitoringu na menší počet dôležitých ukazovateľov. Aplikácia komplexného hodnotenia a manažmentu rizík znamená, že prevádzka vodárenského systému je starostlivo riadená, a tak chráni prevádzkovateľa pred prípadným obvinením z nedbanlivosti. Zvyšuje sa transparentnosť voči spotrebiteľom a kontrolným orgánom a utvárajú sa podmienky na zvyšovanie úrovne vedomostí a know-how zamestnancov o všetkých faktoroch, ktoré môžu ovplyvňovať kvalitu pitnej vody.

K snahám WHO sa pripojila aj medzinárodná organizácia vodárenských spoločností IWA a vyhlásila tzv. Bonnskú chartu o bezpečnej pitnej vode (The Bonn Charter for Safe Drinking Water) (IWA, 2005). V bonnskej charte sa rovnako zdôrazňuje, že systémy zabezpečenia kvality pitnej vody by nemali byť založené len na kontrole kvality vody na konci vodovodnej siete (porovnávaním výsledkov analýz so stanovenými limitmi). V manažmente vodovodných systémov by mal byť zavedený taký spôsob kontroly, ktorý bude hodnotiť a kontrolovať riziká vo všetkých bodoch vodovodného systému. Hlavný cieľ bonnskej charty stručne vyjadruje heslo: „Dobrá, zdravotne bezchybná pitná voda, ktorá má dôveru spotrebiteľa.“

Bezpečnosť pitnej vody závisí od viacerých faktorov, pričom medzi hlavné patria kvalita zdroja vody, účinnosť technológie úpravy vody a integrita distribučného systému. Zavedenie Plánov bezpečnosti pitnej vody predstavoval najväčší prínos pre menšie systémy zásobujúce menej ako 5 000 obyvateľov. Prevažná väčšina vodovodných systémov v Európe spadá do tejto kategórie a ukazuje sa, že monitorovanie a kontrola kvality vody v týchto systémoch je celoeurópskym problémom (Cortvriend, Hulsmann 2006).

Plány bezpečnosti pitnej vody boli založené na preventívnej metóde manažmentu rizík *Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)* používanej predovšetkým v potravinárskom priemysle. Principiálne možno manažment rizík aplikovať na každý vodárenský systém, bez ohľadu na jeho veľkosť.

2. Prístup založený na hodnotení rizík – smernica Komisie (EÚ) 2015/1787

Po prvý raz bol prístup hodnotenia rizík zavedený v roku 2015 v smernici Komisie (EÚ) 2015/1787, ktorou sa menia prílohy II a III smernice Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu. V tejto smernici sa hodnotenie rizík zakladalo na všeobecných zásadách stanovených v zmysle medzinárodných noriem. Na základe výsledkov získaných z hodnotenia rizík podľa uvedených prístupov a za predpokladu splnenia požadovaných podmienok bolo možné rozšíriť počet ukazovateľov a/alebo zvýšiť početnosť odberu vzoriek, resp. znížiť počet ukazovateľov a početnosť odberu vzoriek v programoch monitorovania. Skúsenosti ukazujú, že koncentrácie viacerých, predovšetkým fyzikálno-chemických ukazovateľov iba ojedinele prekračujú ich limitné hodnoty v pitnej vode. Monitorovanie a následné podávanie správ o takýchto ukazovateľoch, ktoré nemajú zdravotný význam, znamenajú značné pracovné zaťaženie a s tým súvisiace náklady, predovšetkým v prípadoch, keď je potrebné vyhodnocovať veľké množstvo ukazovateľov. Zavedenie flexibilnej početnosti odberu vzoriek v programoch monitorovania je príležitosťou na úsporu nákladov, ktorá neohrozí verejné zdravie, ani iné prínosy. V tejto smernici bolo hodnotenie rizík založené na dobrovoľnosti.

3. Prístup založený na posúdení rizík a riadení rizík – smernica EP a Rady (EÚ) 2020/2184

Smernica EP a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu zavádza úplný prístup k bezpečnosti pitnej vody, založený na posúdení rizika a riadení rizika, vzťahujúci sa na celý dodávateľský reťazec od plochy povodia cez odber, úpravu, akumuláciu a distribúciu pitnej vody až po miesto zhody. Tento prístup tvoria tri zložky:

- posúdenie rizika a riadenie rizika v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu vody určenej na ľudskú spotrebu (v súlade s usmerneniami WHO a príručkou k Plánu bezpečnosti pitnej vody – Water Safety Plan Manual);
- posúdenie rizika a riadenie rizika systému zásobovania (prispôsobenie monitorovania hlavným rizikám a prijatie účinných opatrení zo strany dodávateľa pitnej vody na riadenie rizík identifikovaných v dodávateľskom reťazci od odberu vody cez jej úpravu, akumuláciu až po jej distribúciu)
- posúdenie rizika domových rozvodných systémov (posúdenie potenciálnych rizík súvisiacich s domovými rozvodnými systémami, ako sú baktérie rodu *Legionella* alebo olovo, s osobitným zameraním na prioritné priestory).

3.1. Posúdenie rizika a riadenie rizika v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu vody určenej na ľudskú spotrebu má obsahovať:

- charakteristiky plôch povodia pre miesta odberu,
- identifikáciu nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí a posúdenie rizík, ktoré by mohli predstavovať ohrozenie kvality vody určenej na ľudskú spotrebu,
- monitorovanie príslušných parametrov, látok a znečisťujúcich látok v povrchovej vode a/alebo v podzemnej vode v plochách povodia pre miesta odberu alebo v surovej vode.

Pri identifikácii nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí v plochách povodia pre miesta odberu môžu členské štáty využívať výsledky monitorovania reprezentatívne pre plochy povodia, získané pre znečisťujúce látky špecifické pre povodie, ktoré si členské štáty stanovili v súlade so smernicou 2000/60/ES, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva alebo inými právnymi predpismi EÚ (napr. smernica 2006/118/ES o ochrane podzemných vôd pred znečistením a zhoršením kvality – príloha I; smernica 2008/105/ES o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky – príloha I). Pri posúdení rizika a riadení rizika v plochách povodia pre miesta odberu bude potrebné uplatňovať holistický prístup a zameriavať sa na znižovanie náročnosti úpravy vody, napríklad znížením tlakov spôsobujúcich znečistenie vodných útvarov používaných na odber vody určenej na ľudskú spotrebu alebo znížením rizika znečistenia vodných útvarov. Na základe výsledkov posúdenia rizika a riadenia rizika bude potrebné prijať a aplikovať účinné opatrenia na predchádzanie vzniku identifikovaným rizikám alebo na ich kontrolu.

3.2. Posúdenie rizika a riadenie rizika systému zásobovania má obsahovať:

- zohľadnenie výsledkov posúdenia rizika a riadenie rizika v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu,
- opis systému zásobovania od miesta odberu vody cez úpravu, akumuláciu a distribúciu pitnej vody do miesta spotreby,
- identifikáciu nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí v systéme zásobovania a posúdenie rizík, ktoré by mohli predstavovať ohrozenie ľudského zdravia, s ohľadom predovšetkým na riziká vyplývajúce zo zmeny klímy.

Na základe výsledkov posúdenia rizika bude potrebné prijať opatrenia na vymedzenie a vykonávanie kontrolných opatrení na eliminovanie a zmiernenie rizík identifikovaných v systéme zásobovania, ako aj vymedziť a vykonávať kontrolné opatrenia ako doplnok k opatreniam plánovaným alebo prijatým v súlade s rámcovou smernicou o vode 2000/60/ES (čl. 11, ods. 3) alebo so smernicou EP a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (čl. 8, ods. 4). Podľa výsledkov získaných z posúdenia rizika systému zásobovania bude možné znížiť početnosť monitorovania ukazovateľa alebo odstrániť ukazovateľ zo zoznamu sledovaných ukazovateľov, s výnimkou základných ukazovateľov uvedených v prílohe II, časti B, bode 1 (*Escherichia coli* a črevné enterokoky), ak sa príslušný orgán presvedčí, že by to neohrozilo kvalitu vody určenej na ľudskú spotrebu. Naopak, bude možné aj rozšírenie zoznamu ukazovateľov monitorovaných vo vode určenej na ľudskú spotrebu v súlade s článkom 13 alebo zvýšenie početnosti monitorovania vybraných ukazovateľov. Súčasťou programu monitorovania je aj program prevádzkového monitorovania, ktorý je zameraný na rýchle získanie informácií o prevádzkovej výkonnosti a možných problémoch s kvalitou vody v danom systéme zásobovania. Programy prevádzkového monitorovania zahŕňajú výsledky identifikácie nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí, ako aj posúdenie rizika systému zásobovania. Ich úlohou je potvrdiť účinnosť všetkých prijatých kontrolných opatrení od odberu, úpravy, akumulácie a distribúcie pitnej vody.

3.3. Posúdenie rizika domových rozvodných systémov má obsahovať:

- všeobecnú analýzu potenciálnych rizík súvisiacich s domovými rozvodnými systémami a súvisiacimi výrobkami a materiálmi, a či tieto potenciálne riziká ovplyvňujú kvalitu vody v mieste, kde vyteká z vodovodných kohútikov bežne používaných na vodu určenú na ľudskú spotrebu (všeobecná analýza nezahŕňa analýzu jednotlivých vlastností),
- monitorovanie ukazovateľov uvedených v prílohe I, časti D (*Legionella*, olovo) v priestoroch, v ktorých sa počas všeobecnej analýzy zistili osobitné riziká pre kvalitu vody a ľudské zdravie.

Na rozhodnutí členských štátov bude, aby monitorovanie baktérií rodu *Legionella* a/alebo olova zamerali na prioritné priestory. Ak zo všeobecnej analýzy vyplynie, že v súvislosti s domovým rozvodným systémom alebo súvisiacimi výrobkami a materiálmi existuje riziko ohrozenia ľudského zdravia, alebo neboli splnené limitné hodnoty ukazovateľov *Legionella* a/alebo olova, bude potrebné prijať účinné opatrenia na odstránenie alebo zníženie tohto rizika, napr. informovať spotrebiteľov a vlastníkov verejných a súkromných priestorov o opatreniach na odstránenie alebo zníženie rizika, poskytovať spotrebiteľom poradenstvo, podporovať odbornú prípravu pracovníkov v oblasti domových rozvodných systémov a v prípade výskytu olova vykonávať opatrenia na nahradenie výrobkov z olova, ak je to technicky a ekonomicky uskutočniteľné.

Posúdenie rizika a riadenie rizika v súvislosti s plochami povodia pre miesta odberu vody určenej na ľudskú spotrebu sa po prvýkrát vykoná do 12. júla 2027, pre systém zásobovania do 12. januára 2029 a pre posúdenie rizika domového rozvodného systému do 12. januára 2029. Všetky uvedené posúdenia rizika a riadenia rizika sa preskúmajú v pravidelných intervaloch aspoň raz za šesť rokov a v prípade potreby sa aktualizujú.

4. Odporúčania smernice EP a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu na uskutočnenie manažmentu rizík

V smernici 98/83/ES sa preventívne plánovanie bezpečnosti pitnej vody a prvky založené na riziku brali do úvahy iba v obmedzenej miere. Prvé prvky prístupu založeného na riziku boli zavedené v roku 2015 v smernici (EÚ) 2015/1787, ktorou sa povolilo členským štátom odchyliť sa od ich vypracovaných programov monitorovania, pokiaľ sa vykonali dôveryhodné posúdenia rizika, ktoré by mohli byť založené na usmerneniach WHO pre kvalitu pitnej vody. Usmernenia WHO, v ktorých sa stanovuje prístup nazývaný Plán bezpečnosti pitnej vody, sú spolu s normou EN 15975-2 týkajúcou sa bezpečnosti dodávok pitnej vody medzinárodne uznávanými zásadami, na ktorých sa zakladá výroba a distribúcia vody určenej na ľudskú spotrebu, monitorovanie a analýza ukazovateľov takejto vody.

5. Plány bezpečnosti pitnej vody

Vo vodárenskej praxi sa v súčasnosti už vo viacerých členských štátoch EÚ pri zabezpečovaní kvality pitnej vody a jej spoľahlivého dodávania spotrebiteľom používajú manažérske postupy založené na holistickom prístupe k celému vodárenskému systému – od zdroja vody až po spotrebiteľa. Pre tento prístup používala WHO v 3. vydaní Smerníc pre kvalitu pitnej

vody (Guidelines for drinking water quality, 2004) pojem Water Safety Plan (Plán bezpečnosti pitnej vody).

“Najúčinnejším spôsobom zabezpečenia trvalej spoľahlivosti zásobovania pitnou vodou je komplexné hodnotenie a riadenie rizík, ktoré zahŕňa všetky stupne systému od zdrojov vody až po spotrebiteľa.”

Tieto slová otvárajú 4. kapitolu 3. vydania Smerníc WHO pre kvalitu pitnej vody a predstavujú filozofiu prístupu zabezpečenia kvality pitnej vody na základe Plánov bezpečnosti pitnej vody. Každý prvok vodovodného systému by sa mal charakterizovať z hľadiska dopadov na kvalitu vody a faktorov, ktoré ju môžu ovplyvniť. To si vyžaduje dôkladné poznanie charakteristík vodovodného systému a zhodnotenie, ktoré procesy a postupy môžu byť zdrojom nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí ovplyvňujúcich kvalitu pitnej vody. Plán bezpečnosti pitnej vody mal byť dynamický, priebežne uskutočňovaný a kontrolovaný, nemal predstavovať iba ďalší prevádzkový postup. V žiadnom prípade sa nesmie pokladať za prostriedok na zvýšenie byrokracie a administratívnej práce. Veľkou prednosťou je skutočnosť, že sa môže aplikovať na zaistenie bezpečnosti pitnej vody vo všetkých vodovodných systémoch, bez ohľadu na typ, veľkosť a zložitosť ich infraštruktúry.

Plány bezpečnosti pitnej vody boli založené na nasledujúcich krokoch:

1. Zostavenie pracovnej skupiny na vypracovanie PBPV
2. Popis systému zásobovania vodou
3. Identifikácia nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí, hodnotenie rizík a stanovenie ich priorit
4. Stanovenie, validácia a monitorovanie kontrolných opatrení na reguláciu rizík
5. Overenie efektívnosti PBPV
6. Vypracovanie a zavádzanie nápravných opatrení
7. Príprava manažérskych postupov, t.j. prevádzkových postupov pre normálny stav a pre mimoriadne situácie
8. Vypracovanie podporných programov
9. Plánovanie a uskutočnenie pravidelnej revízie PBPV
10. Revízia PBPV po nehode
11. Vypracovanie príslušnej dokumentácie a spôsobov komunikácie.

6. STN EN 15975-2. Bezpečnosť zásobovania pitnou vodou. Pokyny na riadenie rizika a krízové riadenie. Časť 2: Riadenie rizika

Zavedenie riadenia rizika podporuje systematické vyhodnocovanie systému zásobovania pitnou vodou, efektívnosť riadenia systému, identifikáciu potrebných zlepšení a modernizácií a stanovenie ich priorit. V tejto európskej norme je cieľom riadenia rizika identifikovať nebezpečenstvá a nebezpečné udalosti, posúdiť a kontrolovať výsledné riziká, ktoré môžu nastať v systéme zásobovania pitnou vodou od jej odberu až k spotrebiteľovi. Všetky systémy zásobovania pitnou vodou sú vystavené rizikám, nad ktorými treba mať adekvátnu kontrolu. Metóda na zaistenie vhodnej kontroly rizík sa nazýva riadenie rizika. Konzistentné

a systematické riadenie rizika umožňuje dodávateľovi pitnej vody analyzovať a porovnávať riziká, ktoré môžu nastať v jednotlivých častiach systému zásobovania pitnou vodou, napríklad riziká spôsobené technickými poruchami, prírodnými nebezpečenstvami, mimoriadnymi udalosťami alebo zámerným ohrozením.

Riadenie rizika v tejto norme je založené na nasledujúcich krokoch:

1. Interdisciplinárna skupina na riadenie rizika
2. Popis systému zásobovania pitnou vodou
3. Identifikácia nebezpečenstiev a nebezpečných udalostí
4. Posudzovanie rizika
 - Analýza rizika
 - Hodnotenie rizika
5. Kontrola rizika
 - Identifikácia opatrení na kontrolu rizika
 - Validácia opatrení na kontrolu rizika
 - Implementácia opatrení na kontrolu rizika
 - Prevádzkový monitoring opatrení na kontrolu rizika
 - Nápravné činnosti
6. Overenie systému riadenia rizika
7. Dokumentácia
8. Preskúmanie

7. Manažment rizík vo vodárenských systémoch

V súvislosti s implementáciou smernice Komisie (EÚ) 2015/1787 bol do slovenskej legislatívy zavedený pojem manažmentu rizík pri zásobovaní pitnou vodou. Je to systematický proces, ktorý pozostáva z:

- analýzy rizík pri zásobovaní pitnou vodou, ktorá je procesom identifikujúcim pravdepodobnosť výskytu a závažnosť nežiaducich následkov nebezpečných udalostí,
- vyhodnotenia rizík pri zásobovaní pitnou vodou, ktorým sa určuje miera rizík a vypracovanie opatrení na ich zmiernenie alebo odstránenie,
- riadenia rizík pri zásobovaní pitnou vodou, ktorým sa prijímajú, zavádzajú a kontrolujú opatrenia na zmiernenie alebo odstránenie neprijateľných rizík.

Efektívny manažment rizík si vyžaduje identifikáciu potenciálnych nebezpečenstiev a ich zdrojov, odhadnúť alebo určiť výskyt potenciálne nebezpečných udalostí a vyhodnotiť úroveň rizika, ktoré predstavujú:

- nebezpečenstvo je biologický, chemický, fyzikálny alebo rádiologický faktor vo vode alebo iný faktor stavu vody s potenciálnou možnosťou ohrozenia ľudského zdravia,
- nebezpečná udalosť je udalosť, ktorou sa do vodovodného systému vnášajú nebezpečenstvá alebo, ktoré sa neodstraňujú,

- riziko predstavuje pravdepodobnosť, že identifikovaným nebezpečenstvom dôjde k poškodeniu populácie, ktorá je nebezpečenstvu vystavená po určité časové obdobie, vrátane rozsahu poškodenia a/alebo dôsledkov.

Úroveň rizika každého nebezpečenstva/nebezpečnej udalosti sa vyjadří pomocou pravdepodobnosti jeho výskytu a závažnosti možných dôsledkov. Obidve kritéria sa vyjadrujú buď slovne (napr. pravdepodobnosť výskytu - istá, možná, zriedkavá; závažnosť dôsledkov – nevýznamná, dôležitá, katastrofálna) alebo priradením určitej číselnej hodnoty k týmto kritériám. Výsledné riziko sa potom vyjadří ako súčin týchto dvoch hodnôt. Takýto postup umožní rozlíšiť dôležité a menej dôležité riziká a určiť ich priority z hľadiska opatrení na ich zníženie alebo odstránenie. Na manažment rizík vo vodárenských systémoch sa často využívajú jednoduché semikvantitatívne matrice. Potrebné informácie sa získavajú z príslušných právnych predpisov, odbornej literatúry a prevádzkovej praxe, avšak často sa využívajú aj názory kompetentných odborníkov. Pomocou semikvantitatívneho vyhodnotenia sa môže určiť poradie kontrolných opatrení na zníženie alebo elimináciu rizika v závislosti na jeho význame. Príklad jednej hodnotiacej matrice na určenie poradia rizík je v tab. 1. Použitie takejto matrice v značnej miere závisí na názore expertov o úrovni zdravotného rizika predstavovaného určitým nebezpečenstvom alebo nebezpečnou udalosťou (WHO 2004).

Tab. 1. Príklad jednoduchej porovnávacej matrice na určenie poradia (miery) rizík

Pravdepodobnosť výskytu	Závažnosť dôsledkov				
	nevýznamná	málo významná	stredná	veľká	katastrofálna
zriedkavá	1	2	3	4	5
nepravdepodobná	2	4	6	8	10
stredná	3	6	9	12	15
pravdepodobná	4	8	12	16	20
takmer určitá	5	10	15	20	25

V tab. 2 sú uvedené príklady výrazov - deskriptorov, ktorými možno popísať pravdepodobnosť výskytu a závažnosť dôsledkov rizík pri určovaní ich poradia.

Tab. 2. Význam deskriptorov pre porovnávaciu maticu na určenie poradia (miery) rizík

Výraz	Definícia
Pravdepodobnosť výskytu	
takmer určitá	raz za deň
pravdepodobná	raz za týždeň
stredne pravdepodobná	raz za mesiac
nepravdepodobná	raz za rok
zriedkavá	raz za 5 rokov
Závažnosť dôsledkov	
katastrofálna	možný letálny účinok na veľkú časť populácie
veľká	možný letálny účinok na malú časť populácie
stredná	možné poškodenie zdravia veľkej časti populácie
málo významná	možné poškodenie zdravia malej časti populácie
nevýznamná	žiadny alebo nepozorovateľný účinok

Na základe pravdepodobnosti výskytu a závažnosti dôsledkov nebezpečenstva/nebezpečnej udalosti sa určuje miera rizika. Miera rizika môže byť charakterizovaná napr. do 4 kategórií (nízka, stredná, vysoká, extrémna). Pre nebezpečné udalosti s vysokou a extrémnou mierou rizika je nevyhnutné vypracovať účinné kontrolné opatrenia na zmiernenie alebo odstránenie týchto neprijateľných rizík. Miesta vo vodárenskom systéme, v ktorých boli identifikované riziká s vysokou a extrémnou mierou, označujú sa ako kritické kontrolné body. Výber a realizácia účinných kontrolných opatrení má vychádzať z princípu viacnásobných bariér, pretože zlyhanie jednej bariéry sa môže kompenzovať pomocou ostávajúcich bariér. Účinnosť kontrolných opatrení v kritických kontrolných bodoch musí byť predmetom prevádzkového monitoringu a kontroly, pričom rozsah monitorovania a početnosť zberu údajov by mali závisieť od typu kontrolného opatrenia a na rýchlosti zmien.

8.Prínosy manažmentu rizík vo vodárenských systémoch

Využitie manažmentu rizík prispieva k zvýšeniu bezpečnosti pitnej vody a ochrany zdravia ľudí tým, že dopĺňa hodnotenie kvality vody u spotrebiteľa o kontrolu procesov podieľajúcich sa pri výrobe kvalitnej a zdravotne bezpečnej pitnej vody. Zavádzanie manažmentu rizík je úlohou predovšetkým prevádzkovateľov (vlastníkov) vodovodných systémov. Vo viacerých prípadoch majú prevádzkovatelia niektoré prvky už zavedené vo svojich systémoch kvality, avšak aj napriek tomu existujú ďalšie výhody, ktoré môžu prevádzkovatelia zavedením manažmentu rizík získať:

- prevádzkovateľom veľkých vodovodných systémov umožňujú usporiadať existujúce postupy do systematického a prístupného súboru s jednotným spôsobom internej a externej komunikácie, ktorý možno integrovať do existujúcich systémov manažmentu kvality,
- pre prevádzkovateľov malých vodovodov sú nástrojom na základné vyhodnotenie požiadaviek a pomôckou pri spoľahlivom prevádzkovaní vodovodu,
- umožňujú sústrediť prostriedky a pozornosť na kritické body z hľadiska kvality pitnej vody a pomáhajú pri zameraní prevádzkového monitoringu na menší počet dôležitých ukazovateľov,
- zvyšujú úroveň riadenia systémov zásobovania pitnou vodou a transparentnosti procesu zabezpečenia kvality pitnej vody,
- dokladujú skutočnosť, že prevádzka je starostlivo riadená a tak chránia prevádzkovateľa pred prípadným obvinením z nedbanlivosti,
- zvyšuje sa transparentnosť voči spotrebiteľom a kontrolným orgánom,
- vytvárajú sa predpoklady na manažment existujúcich vedomostí, kompetencií a skúsenosti v oblasti zásobovania pitnou vodou,
- vytvárajú sa podmienky na zvyšovanie úrovne vedomostí a know-how zamestnancov o všetkých faktoroch, ktoré ovplyvňujú kvalitu pitnej vody.

9. Záver

Doterajšie skúsenosti s aplikáciou manažmentu rizík vo vodárenstve ukázali, že hlavným problémom je získanie podpory všetkých zainteresovaných strán ako aj zvýšené investičné a prevádzkové náklady, ktoré sú niekedy so zavádzaním manažmentu rizík

spojené. Z dlhodobého hľadiska však vykonané opatrenia umožnia znížiť prevádzkové náklady ako aj náklady na monitoring. Identifikovaním a následným obmedzením potenciálnych hrozieb pre kvalitu dodávanej pitnej vody a jej spoľahlivého dodávania, bude možné znížiť početnosť a rozsah pravidelnej kontroly kvality vody v celom systéme. K nevyhnutným predpokladom optimálneho fungovania a efektivity manažmentu rizík patrí jasné rozdelenie úloh a jednoznačné určenie zodpovednosti, dobre definované a zdokumentované procesy a pracovné postupy, používanie správnych technologických a prevádzkových postupov. V mnohých prípadoch bude musieť vodárenská spoločnosť spolupracovať s ďalšími organizáciami, predovšetkým pri riadení činností v oblasti vodárenských zdrojov a v povodí.

Literatúra

Smernica Komisie (EÚ) 2015/1787 zo 6. októbra 2015, ktorou sa menia prílohy II a III smernice Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 zo 16. decembra 2020 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu

STN EN 15975-2. Bezpečnosť zásobovania pitnou vodou. Pokyny na riadenie rizika a krízové riadenie. Časť 2: Riadenie rizika

WHO (2004): World Health Organisation Guidelines for Drinking Water Quality, 3. vydanie, Geneva

Bartram J., Fewtrell L., Stenström T. (2001): Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: An overview. In: Water Quality: Guidelines, Standards and Health, IWA Publishing London

Cortvriend J., Hulsmann A. (2006): Europe paves the way for revision of the Drinking Water Directive, Water 21

IWA (2004): Bonn Charter for Drinking Water, Bonn

Gilbert M., Howard G., Hulsmann A., Medema G., Schmoll O., Schulting F., Vahala R. (2005): Risk Analysis. Future step in the Drinking Water Directive

Wold G. H., Shriver R. F. (2006): Risk analysis techniques

Breach B., Williams T. (2006): The pivotal role of water safety plans. Water 21, august 2006. Catchment to Consumers, WHO/SDE/WSH/05.06, WHO Geneva

Analýza a posuzování rizik veřejných vodovodů

doc. Ing. Ladislav T u h o v č á k, CSc., doc. Ing. Tomáš K u č e r a, Ph.D., Ing. Jan R u č k a, Ph.D.

Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, VUT Brno, Veveří 95, 602 00 Brno, CZ
tuhovcak.l@fce.vutbr.cz, tel. +420 54114 7720

Abstrakt: Příspěvek prezentuje výsledky využití metodiky analýzy rizik pro veřejné vodovody (WSS) a softwarového webového nástroje WaterRisk vytvořeného na základě této metodiky. Metodika zahrnuje vzájemně propojené katalogy prvků WSS, potenciálních přírodních, sociálních a technických nebezpečí pro jednotlivé prvky WSS a katalog potenciální nežádoucích stavů WSS. Pro každý z těchto nežádoucích stavů je určen postup stanovení jeho míry rizika spolu s možností návrhu nápravných opatření včetně odhadu jejich finančních nákladů. V příspěvku jsou prezentovány výsledky z implementace metodiky a softwarového nástroje WaterRisk na reálných WSS.

Abstract: The paper presents the results of the use of methodology of risk assessment for public Water Supply Systems (WSS) and the software web tool WaterRisk created on the basis of this developed methodology. The methodology includes interconnected database of WSS elements, database of potential natural, social and technical hazards and database of failures and undesired events of WSS. For each of these undesired events, the level of risk is determined along with the possibilities for corrective measures, including estimation their financial costs. Results from the implementation of methodology and of the software tool WaterRisk on real public WSS are presented in the paper.

Klíčové slová: vodárenské systémy, analýza rizik, posouzení rizik, WaterRisk

Keywords: water supply systems, risk analysis and risk assesment, WaterRisk

ÚVOD

Již v roce 2004 byl přijat klíčový dokument Světové zdravotnické organizace (WHO) pod označením „Water Safety Plans“, který rozvíjel novou strategii dodávky nezávadné pitné vody. Vedle WHO se za tuto novou strategii v roce 2004 plně postavila i další respektovaná organizace – Mezinárodní asociace pro vodu (IWA), která sdružuje vodárenské společnosti a odborníky z celého světa. Ta vydala, tzv. Bonnskou vodní chartu (IWA 2004), ve které uvádí metodu analýzy a řízení rizika jako hlavní nástroj k dosažení cíle moderního vodárenství. Z těchto podnětů zahájily v květnu roku 2006 Evropská komise a WHO společný projekt, jehož cílem bylo vyhodnocení dosavadních zkušeností několika evropských vodárenských společností s implementací principů analýzy a řízení rizik při výrobě a distribuci pitné vody. Na základě těchto aktivit proběhla v ČR v roce 2015 novela zákona č.267/2015 Sb., která udává termín předložení návrhu Provozního řádu vodovodu včetně přílohy posouzení rizik do 6 let od nabytí účinnosti zákona. Z tohoto ustanovení vyplývá nejzazší termín zpracování do 1.11.2023. Povinnost zpracovávat ukládá i nová *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A*

RADY (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě, kde v Článku 7 řeší problematiku posuzování a řízení rizik a v ods. 5 se uvádí „Posouzení a řízení rizik systému zásobování vodou se provede poprvé do 12. ledna 2029. Toto posouzení a řízení rizik se pravidelně přezkoumává nejméně jednou za šest let a v případě potřeby se aktualizuje“.

Projekt WaterRisk

Na základě aktivit pracovníků ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT Brno v oblasti analýzy a řízení rizik byl podán a následně schválen k financování v rámci Národního programu výzkumu II ČR a v letech 2007 až 2010 řešen projekt WaterRisk. Odpovědným řešitelem projektu bylo VUT, spoluřešitelem SZU a Vodárenská akciová společnost a.s. V rámci řešení projektu byla vyvinuta metodika semikvantitativního hodnocení rizik systémů zásobování pitnou vodou (SZV) metodou FMEA (rizikové matice). Cílem projektu bylo poskytnout vlastníkům a provozovatelům vodárenské infrastruktury v ČR prostředek pro kvantifikaci rizik provozované infrastruktury. Vyvinutá metodika byla založena na následujících principech:

- připravenost pro softwarové zpracování
- adaptabilita a otevřenost
- transparentnost hodnocení rizika
- objektivizace hodnotících postupů.

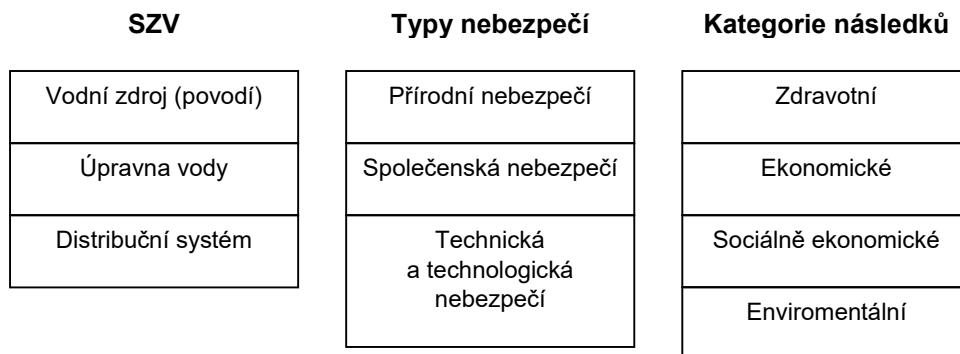
Vytvořená metodika definuje riziko v souladu s ČSN IEC 300 jako kombinaci četnosti nebo pravděpodobnosti (četnosti) vzniku specifikovaného nežádoucího stavu a jeho následků. Nežádoucí stav SZV je vyvolán nebezpečím (hazard), které se v SZV vyskytuje nebo jej ohrožuje. Riziko má tedy vždy dvě složky: četnost nebo pravděpodobnost P výskytu nežádoucího stavu a následky nežádoucího stavu C. Pro potřebu kvantifikace rizika jej vyjadřujeme vztahem:

$$\mathbf{R = P \times C} \quad (1)$$

kde

- | | |
|---|--|
| R | vyjadřuje míru rizika |
| P | je pravděpodobnost výskytu nežádoucího stavu |
| C | jsou následky tohoto nežádoucího stavu. |

Aby bylo možno kvantifikovat riziko, je nezbytné vyhodnotit oba jeho parametry. Pokud jedna z obou složek neexistuje, neexistuje ani riziko. Analýza rizik SZV má však svá specifika, která vyplývají z povahy samotného systému. Nežádoucí stavy, které se mohou v SZV vyskytnout, lze členit podle místa jejich výskytu, původu nebezpečí, které je mohou způsobit a struktury následků, které mohou v důsledku jejich realizací nastat.



Obr. 1 Struktura rizik systémů zásobování pitnou vodou

Pro provedení analýzy rizik je celý SZV rozdělen do 3 technologických částí, které jsou analyzovány odděleně. Tyto technologické části jsou vodní zdroj, úpravná vody, distribuční systém, který zahrnuje akumulaci, čerpání a distribuční síť. V každé z uvedených částí systému jsou analyzována nebezpečí a nežádoucí stavy, které v něm přímo vznikají, působí nebo se sem následky jejich působení projevují z předchozí části SZV (např. doběh chemických reakcí z úpravny v distribuční síti). V případě zdrojů vody je nutno podotknout, že provozovatel vodovodu může mít v některých případech velmi omezené možnosti řídit rizika např. u povrchových zdrojů (otázka integrovaného přístupu).

Podle povahy následků, které mohou vzniknout realizací nežádoucího stavu se rozlišují dvě základní složky rizika: kvantitativní a kvalitativní riziko.

Katalog prvků SZV

Pro všechny 3 základní části SZV je zpracován Katalog prvků SZV. Tento katalog obsahuje všechny teoreticky možné součásti běžného SZV. Každému typovému prvku přiřazuje jeho unikátní identifikační kód. Uživatel z katalogu vybere, pojmenuje a popíše pouze ty prvky, které se v jeho SZV vyskytují a svůj systém takto postupně vydefiniuje. Výhodou tohoto postupu je sjednocení používané terminologie, jednotné označení prvků číselným kódem a zajištění jednotné úrovně dekompozice systému.

Katalog nebezpečí

Katalog nebezpečí je formalizovaný seznam nebezpečí, který uvádí strukturovaně všechna potenciální nebezpečí, která by se teoreticky mohla u vodovodního systému vyskytnout. Položky jsou řazeny do tří kategorií podle jejich původu (viz. Obr. 1) a každé nebezpečí, kromě svého názvu je opatřeno také unikátním číselným kódem a vysvětlujícím popisem. Katalog se používá jako kontrolní seznam při identifikaci nebezpečí. Zpracovatel u každé položky v katalogu vybere jednu ze tří nabízených odpovědí:

Ano – pokud je nebezpečí v systému přítomno,

Ne – pokud není přítomno,

Nevím – pokud nemá dostatek informací k jednoznačné odpovědi.

Katalog nežádoucích stavů

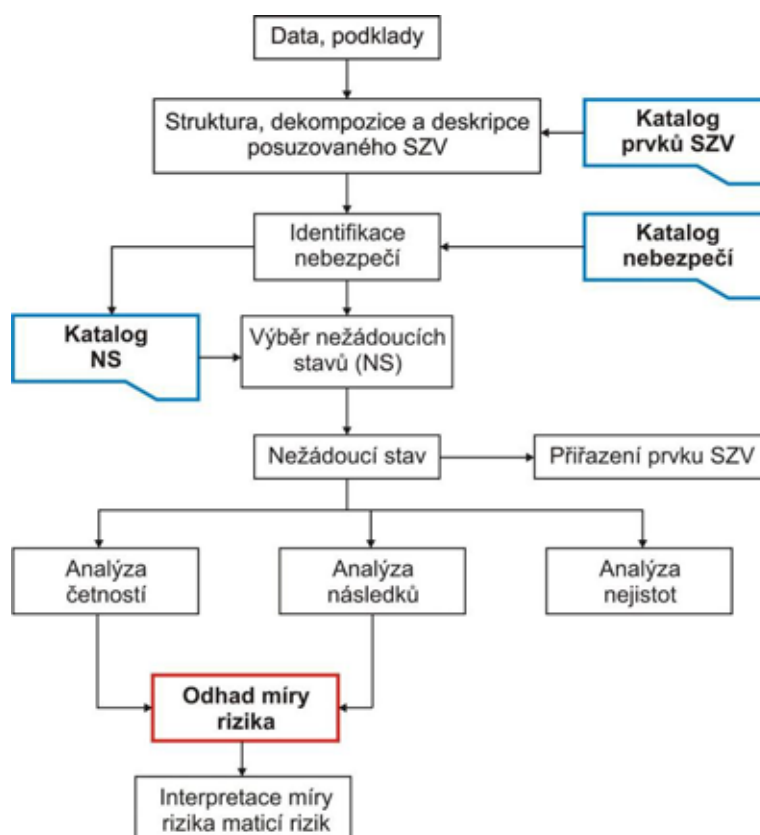
Katalog nežádoucích stavů uvádí názvy všech základních nežádoucích stavů (NS), které byly touto metodikou pro běžný SZV definovány. Každý NS je vždy definován pro jeden konkrétní typ prvku SZV, např. pro čerpací stanici nebo pro podzemní vodní zdroj. Zpracovaný KNS odpovídá zvolenému stupni podrobnosti analýzy a vznikl tak, že se pro každý objekt vzaly do

úvahy všetky jeho provozní stavy a zvažily se stavy, které se u něj za různých okolností mohou vyskytnout. Vycházelo se z provozních zkušeností i poznatků z literatury. Nežádoucí stavy jsou řazeny podle typových prvků SZV, na kterých se mohou vyskytnout.

Nežádoucí stavy, které se mohou v systémech zásobování pitnou vodou obecně vyskytovat, je touto metodikou definováno celkem 58. Z toho 11 pro vodní zdroje, 6 pro úpravu vody a 41 pro distribuční část systému.

Certifikát - ukazatel dodržení předepsaných postupů

Pro provádění analýzy rizik komplexních systémů dle metodiky projektu WaterRisk platí zásada dodržení kritérií pro bodové hodnocení jednotlivých faktorů nežádoucí stavy. Jejich dodržení indikuje ukazatel dodržení předepsaných postupů, který se vyhodnocuje průběžně na všech úrovních analýzy. Při jejich dodržení se výsledkům analýzy udělí tzv. „certifikát“ o dodržení předepsaných postupů metodiky. Při použití vlastních postupů, např. jiných pravidel při bodovém hodnocení rizikových faktorů NS, kategorií následků apod. se tento certifikát pro celou analýzu odebere. Na samotné výsledky analýzy rizik, hodnoty rizik v systému, kvalitu výstupů ani úroveň nejistoty nemá ztráta certifikátu žádný vliv. Jde pouze o konstatování, že nebyly dodrženy postupy a pravidla definovaná touto metodikou. Podrobný postup analýzy rizik s využitím semikvantitativního přístupu hodnocení rizik s výslednou maticí 5 stupňů rizik včetně postupu stanovení pravděpodobnosti a následků jednotlivých definovaných nežádoucí stavy včetně softwarové aplikace WaterRisk je podrobně popsáno v [1]. Od roku 2018 navázal UVHO kontakty s řadou větších vodárenských společností a softwarová aplikace začala být testována a upravována dle jejich potřeby a požadavků platné legislativy.



Obr. 2 Schéma analýzy rizik metodikou projektu WaterRisk

Softwarová aplikace WaterRisk

Aplikace WaterRisk je provedena jako interaktivní databázový projektově orientovaný software, dostupný prostřednictvím internetového prohlížeče a provozován on-line na zabezpečených serverech www.waterrisk.eu. Umožňuje provádět analýzu rizik systémů zásobování pitnou vodou a včetně návrhu nápravných opatření pro nepřijatelnou míru rizika konkrétních nežádoucích stavů.

Všechny úkony v aplikaci korespondují s dílčími kroky analýzy rizik. Při provádění analýzy aplikace reaguje interaktivně na prováděné změny, umožňuje dlouhodobou práci více uživatelů na jednom projektu včetně možnosti nastavení různých úrovní oprávnění v přístupu k řešenému projektu, výběr jednotlivých nebezpečí z katalogu nebezpečí pro jednotlivé definované prvky posuzovaného vodovodu, hodnocení vygenerovaných nežádoucích stavů s jejich analýzou rizik dle zpracované metodiky, generování, prohlížení a tisk různých výstupních tiskových sestav. Aplikace umožňuje pro neakceptovatelná rizika navrhnout opatření k jejich snížení, včetně odhadu potřebných finančních prostředků s uvedením termínu jejich realizaci a subjektu odpovědného za jejich implementaci. Aplikace umožňuje pro provozovatele provozující např. desítky samostatných veřejných vodovodů export těchto navrhovaných opatření do xlsx souborů, kde je pak s nimi možno dále manažersky pracovat a vyhodnocovat je v rámci celé organizace vlastníka resp. provozovatele vodovodu.



Obr. 2 Uživatelské prostředí aplikace WaterRisk

ZÁVĚR

Metodika a softwarová aplikace WaterRisk 2.4 byly připraveny již několik let v předstihu před zavedením povinnosti provozovatelů zabývat se riziky systémů zásobování vodou a předkládat vyhodnocení rizik jako součást provozních řádů. Po novele zákona č.267/2015 Sb. začala být

metodika a softwarová aplikácia testovaná formou pilotných projektů radou väčších vodárenských spoločností v ČR. Na základe týchto pilotných projektů a následném komerčnım využívaní aplikácie na reálnych veřejných vodovodech byla provedena řada úprav a vylepšení původní aplikácie a aktuálně je již k dispozici aplikácie verze WaterRisk 2.4.

Řada provozovatelů vodárenské infrastruktury v ČR v současné době používá aplikaci WaterRisk s cílem dostát povinnosti vyhodnotit rizika nejpozději v termínech definovaných legislatívou. Většina z komerčnım uživatelů této aplikácie má již schválené aktualizované provozní řady posuzovaných veřejných vodovodů včetně přílohy posouzení rizik pomocí WaterRisk příslušnými orgány hygieny. Z dosavadních zkušeností je patrné, že aplikácie představuje pro provozovatele vodovodů efektivní nástroj, jak se s touto novou povinností vyrovnat.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla financována z rozpočtu grantového projektu vysokoškolského specifického výzkumu Vysokého učení technického v Brně s názvem: "Vybrané problémy vodního hospodářství měst a obcí", reg. č. FAST-S-22-7990.

LITERATURA

- [1] WHO: Guidelines for drinking-water quality, incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.I, Recommendations. - 3rd ed., World Health Organisation, Geneva, (2008), ISBN 978 92 41547611.
- [2] Jedličková, I. Pilotní studie posouzení rizik vybraného vodovodu. Brno, 2019. 99 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav et al.. *WaterRisk: analýza rizik veřejných vodovodů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 254 s. ISBN 978-80-7204-676-8.
- [4] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění.
- [5] Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů v platném znění.
- [6] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě
- [7] TUHOVČÁK, L.; RUČKA, J.; KUČERA, T.; TŘASOŇOVÁ, P. Hodnocení rizik veřejných vodovodů pomocí softwarové aplikácie WaterRisk. In *Rizika ve vodním hospodářství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2010. s. 127-132. ISBN: 978-80-7204-703-1.
- [8] TUHOVČÁK, L.; RUČKA, J. Hazard identification and risk analysis of water supply systems. In *Strategic Asset Management of Water Supply and Wastewater Infrastructures*. 1. Londýn, UK: IWA Publishing, 2009. p. 287-298. ISBN: 1-84339-186-4.

PER/POLYFLUORALKYLOVANÉ SLOUČENINY (PFAS) V PITNÝCH VODÁCH

Ing. Václav Š í s t e k, Ing. Jana K o v á č o v á, PhD.

ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9 Praha 9 190 00, vaclav.sistek@alsglobal.com,
+ 420 604 678 628, jana.kovacova@alsglobal.com, + 420 284 081 618

Abstrakt: Per/Polyfluoralkylované sloučeniny (PFAS) dříve také nazývány Perfluorinated Compounds (PFCs) patří mezi perzistentní organické polutanty životního prostředí. V současnosti se uvádí, že existuje více než 5000 těchto sloučenin. Jejich unikátní vlastnosti, které vyplývají z vazby uhlík-fluor, vedly k výraznému rozšíření v mnoha odvětví průmyslu. Tyto látky jsou velmi stabilní a dostávají se do životního prostředí, kde dochází k jejich akumulaci. Proto jsou jejich rezidua detekována v různých složkách ŽP a to nejenom v industriálních oblastech.

Dva nejznámější zástupci PFAS: perfluoroktansulfonát (PFOS) a perfluoroktanová kyselina (PFOA) byly zahrnuty do Stockholmské konvence a v současnosti je jejich použití zakázané. Od 1.1.2022 je v platnosti limit 0,1 µg/L pro sumu 20 PFAS v pitné vodě dle SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. K dosažení takto nízkých limitů používáme nejmodernější přístrojové vybavení, přístroje LC-MS/MS (ultraúčinná kapalinná chromatografie ve spojení s hmotnostní detekcí) ve speciální konfiguraci většinou v kombinaci se zakoncentrováním vzorků.

ALS Czech Republic má s analýzou PFAS bohaté zkušenosti. Analýze PFAS se věnujeme již od roku 2013. V současné době analyzujeme více jak 15 000 vzorků ročně v různých maticích z mnoha regionů především v Evropě. Analýzy jsou zaměřeny zejména na matrice environmentálního původu: vody, zeminy, sedimenty atd. Naše metody umožňují analýzy PFAS od ultrastopových koncentrací (< 1 ng/L v pitných vodách). Postupně naše metody optimalizujeme a rozšiřujeme, aktuálně metody zahrnují 43 cílových analytů. Tento rozsah bude i nadále rozšiřován v návaznosti na aktuální požadavky jak ze strany legislativy, tak zákazníků. Zároveň budou validovány metody v dalších maticích.

Abstract: Per/ Polyfluoroalkylated Compounds (PFAS), formerly known as Perfluorinated Compounds (PFCs), are persistent organic environmental pollutants. It is currently reported that there are more than 5000 of these compounds. Their unique properties, which result from the carbon-fluorine bond, have led to significant expansion in many industries. These substances are very stable and enter the environment, where they accumulate. Therefore, their residues are detected in various components of the environment, not only in industrial areas.

The two best-known representatives of PFAS: perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) have been included in the Stockholm Convention and their use is currently banned. From 1.1.2022, a limit of 0.1 µg/L for the sum of 20 PFAS is required in drinking water according to DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL (EU) 2020/2184 of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. To achieve such low limits, we use state-of-the-art instrumentation, LC-MS/MS

(ultra-high performance liquid chromatography combined with tandem mass spectrometry) in a special configuration, mostly in combination with sample concentration.

ALS Czech Republic has extensive experience with PFAS analysis. We have been analyzing PFAS since 2013. We currently analyze more than 15,000 samples per year in various matrices from many regions, especially in Europe. The analyzes are mainly focused on matrices of environmental origin: water, soils, sediments, etc. Our methods allow detection of PFAS in very low concentration (< 1 ng/L in drinking water). We are gradually optimizing and expanding our methods, currently the methods include 43 target analytes. This scope will be further expanded in connection with current requirements from both legislation and customers. At the same time, methods in other matrices will be validated.

Klíčová slova: Per/Polyfluoralkylované sloučeniny, PFAS, LC-MS, životní prostředí, pitné vody

Keywords: Per/Polyfluoroalkylated Compounds, PFAS, LC-MS, environment, drinking water

Per- a polyfluoralkylové látky (PFAS) jsou syntetické organofluorové sloučeniny které mají v molekule hydrofilní skupinu a všechny (perfluoralkylované) nebo část (polyfluoralkylované) atomů vodíku jsou v uhlovodíkovém řetězci nahrazeny atomy fluoru. Díky vazbě C-F získávají tyto látky naprosto unikátní vlastnosti, které jsou ještě podtrženy faktem, že jejich molekula se skládá jak z polární, tak nepolární části. Tyto látky mají velmi žádoucí vlastnosti jako je hydrofobní a lipofobní charakter, chemická a tepelná stabilita, snižování povrchového napětí, dielektrické vlastnosti, odolnost vůči záření a horkým kyselinám. Díky tomu se používají v různých odvětvích průmyslu a jsou součástí celé řady produktů od mechanických součástek, elektroniky, protipožárních pěn, až po běžné produkty v našich domácnostech jako jsou kosmetické výrobky, obalové materiály, textilie nebo pánve.

V současné době existuje několik tisíc látek, které lze zařadit mezi PFAS. Tyto látky lze rozdělit dle několika kritérií:

1. Per × Polyfluoralkylové
2. Polymerní × Nepolymerní
3. PFAS s lineárním nebo rozvětveným řetězcem
4. PFAS s krátkým (≤ 6 C-F) nebo s dlouhým řetězcem (> 6 C-F)
5. Dle chemické struktury

Rozdělení dle chemické struktury je uvedeno v Tabulce 1, kde jsou látky aktuálně stanovované ve vzorcích vod v ALS Czech Republic.

Perfluorované látky jsou pro životní prostředí vysoce nebezpečné především kvůli jejich environmentální perzistenci, biokoncentraci, bioakumulaci a biomagnifikaci ve vodních a suchozemských potravních řetězcích. V přírodě PFAS samovolně nevznikají, veškerá kontaminace je tak výsledkem působení člověka. Do životního prostředí se dostávají již během výroby, ale i v průběhu jejich používání a následné likvidace výrobků, které je obsahují. Látky s nízkým počtem uhlíků jsou velmi dobře rozpustné ve vodě, látky s vysokým počtem uhlíků se vážou na prachové částice. Oba tyto fakty vedou k tomu, že tyto látky jsou přenášeny i na velké vzdálenosti. Jejich rezidua byla detekována i mimo industriální destinace, a proto jsou tyto látky často nazývány i jako všudypřítomné kontaminanty.

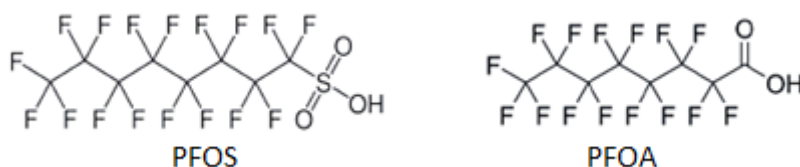
Tab. 1. Přehled PFAS analyzovaných v různých vzorcích vody v ALS Czech Republic

Zkratka	Název – česky
Perfluoroalkylkarboxylové kyseliny	
PFBA*	kys. perfluorobutanová
PFPeA*	kys. perfluoropentanová
PFHxA*	kys. perfluorohexanová
PFHpA*	kys. perfluoroheptanová
PFOA*	kys. perfluoroktanová
PFNA*	kys. perfluorononanová
PFDA*	kys. perfluorodekanová
PFUnDA*	kys. perfluoroundekanová
PFDoDA*	kys. perfluorododekanová
PFTTrDA*	kys. perfluorotridekanová
PFTeDA	kys. perfluorotetradekanová
PFHxDA	kys. perfluorohexadekanová
PFOcDA	kys. perfluorooktadekanová
Perfluoroalkylsulfonové kyseliny	
PFBS*	perfluorobutansulfonová kys.
PFPeS*	perfluoropentansulfonová kys.
PFHxS*	perfluorohexansulfonová kys.
PFHpS*	perfluoroheptansulfonová kys.
PFOS*	perfluoroktansulfonová kys.
PFNS*	perfluorononansulfonová kys.
PFDS*	perfluorodekansulfonová kys.
PFUnDS*	perfluoroundekansulfonová kys.
PFDoDS*	perfluorododekansulfonová kys.
PFTTrDS*	perfluorotridekansulfonová kys.
Fluorotelomerní sulfonáty	
4:2 FTS	4:2 fluorotelomerní sulfonát
6:2 FTS	6:2 fluorotelomerní sulfonát
8:2 FTS	8:2 fluorotelomerní sulfonát
10:2 FTS	10:2 fluorotelomerní sulfonát
Perfluorované sulfonamidy	
FOSA	perfluorooktansulfonamid
MeFOSA	N-methyl-perfluorooktansulfonamid
EtFOSA	N-ethyl-perfluorooktansulfonamid
Perfluorované sulfonamidoethanoly	
MeFOSE	N-methyl perfluorooktan sulfonamidoethanol
EtFOSE	N-ethyl perfluorooktan sulfonamidoethanol
Deriváty perfluorooktansulfonamidové kyseliny	
FOSAA	perfluorooktan sulfonamidoctová kys.
MeFOSAA	N-Methyl perfluorooktan sulfonamidoctová kys.
EtFOSAA	N-Ethyl perfluorooktan sulfonamidoctová kys.
Ostatní - Others	

HPFHpA	7H-perfluoroheptanová kys.
P37DMOA	Perfluoro-3,7-dimethyloktanová kys.
11Cl-PF3OUdS	11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonová kys.
DONA	4,8-dioxa-3H-perfluorononanová kys.
9Cl-PF3ONS	9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonová kys.
PFMPA	Perfluoro-3-methoxypropanová kys.
PFMBA	Perfluoro-4-methoxybutanová kys.

* Analyty zahrnuté do sumy 20 PFAS v pitné vodě dle SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě

PFAS byly detekovány i v lidských a živočišných tkáních, což bylo doloženo již řadou epidemiologických studií. Prokázána byla např. jejich jaterní toxicita, negativní vliv na rovnováhu v metabolismu lipidů a změny v imunitním systému. Nejznámější zástupci PFAS: perfluoroktansulfonát (PFOS) a perfluoroktanová kyselina (PFOA) se řadí mezi látky s podezřením na karcinogenní účinky, jejich struktura je uvedena na Obrázku 1. Tyto látky byly zahrnuty do Stockholmské konvence v roce 2009, respektive 2019 a v současnosti je jejich použití zakázané.



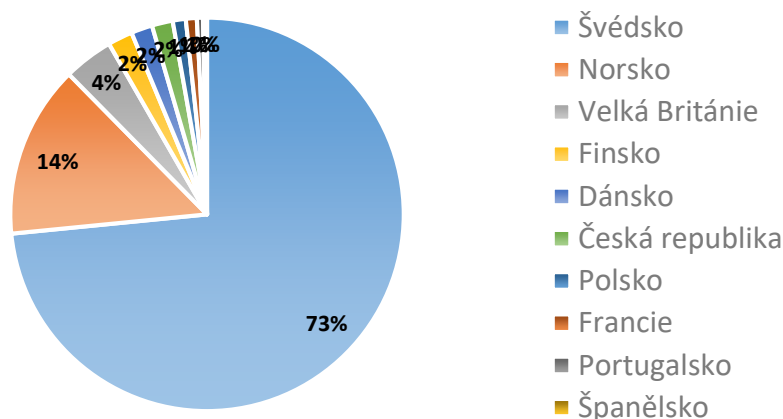
Obr. 1 Perfluoroktansulfonát (PFOS) a perfluoroktanová kyselina (PFOA)

Pro stanovení těchto analytů se ve většině aplikací využívá kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní detekcí. Tato zařízení ale vyžadují určitou úpravu systému, a to zejména vynechání teflonu v součástích stroje, které by mohly přijít do kontaktu s analyzovaným vzorkem, což by vedlo k navýšení pozadí a znemožnění stanovení PFAS i na nízkých koncentračních hladinách. Na obrázku 2 je LC-MS zařízení v ALS Czech Republic, které všechny tyto úpravy má.



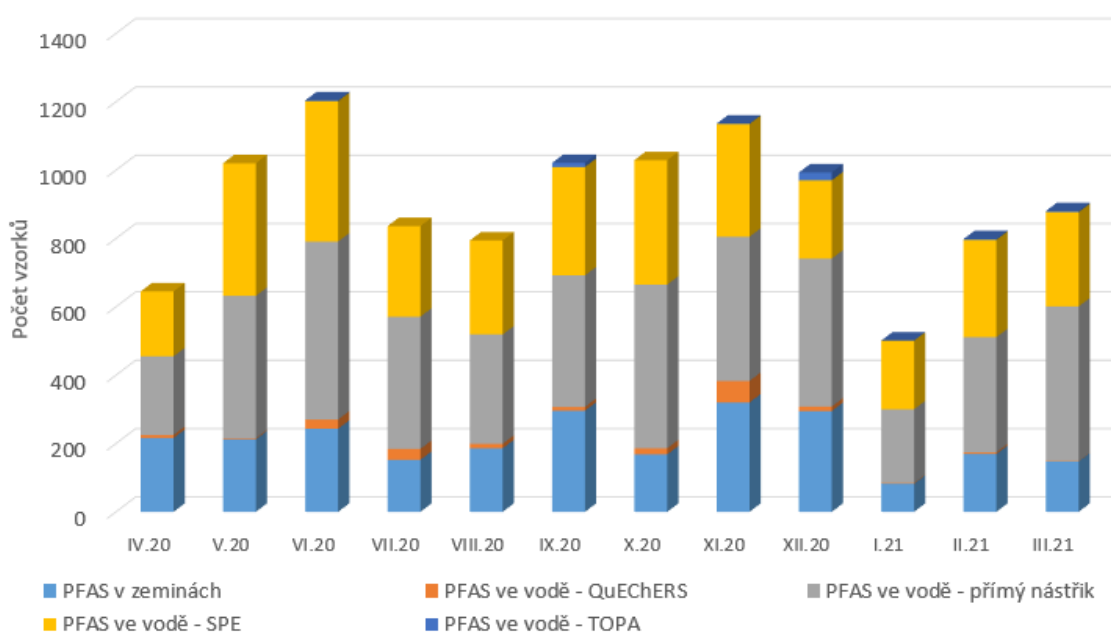
Obr. 2 LC-MS pro stanovení PFAS v ALS Czech Republic

Do nedávna byly legislativní limity v pitné vodě ve většině členských zemí EU stanoveny jen pro PFOS a PFOA. Od 1.1.2022 však vešla v platnost SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě, která stanovuje limit pro sumu 20 PFAS na 0,1 µg/L. Kterých analytů se toto týká je patrné z Tabulky 1, kde jsou tyto analyty označeny hvězdičkou („*“). Velký důraz na bezpečnost a kontrolu složek životního prostředí je znám zejména u severských zemí, tomu odpovídá i skladba vzorků analyzovaných v ALS Czech Republic, kde jsou vzorky rozčleněny podle země původu. Nejvíce vzorků aktuálně analyzujeme zejména ze Švédska a Norska, viz Obrázek 3, ale začíná být patrná zvýšená poptávka i z ostatních zemí EU.



Obr. 3 Rozdělení analyzovaných vzorků dle země původu v letech 2019-2021.

Zájem o stanovení PFAS v posledních letech výrazně vzrostl, jen v roce 2021 bylo téměř dvojnásobné množství vzorků na stanovení PFAS oproti roku 2019. Aktuálně stanovujeme PFAS v cca 1000 vzorcích/měsíc, ale toto množství se zejména v podzimním období i zdvojnásobuje. Nutno podotknout, že toto jsou údaje o celkovém počtu vzorků, tedy nezahrnují jen analýzu vod, ale také zemin a dalších podobných matic. Vody ale představují většinový podíl našich analyzovaných vzorků, jak je ilustrováno na Obrázku 4.



Obr. 4 Skladba vzorků a rozložení metody v roce 2020 a 2021.

Jak bylo uvedeno v úvodu, aktuálně existuje několik tisíc PFAS. Naše metody obsahují ty nejběžnější a stále pracujeme na rozšiřování rozsahu. V Tabulce 2 jsou uvedeny analyty, které jsou aktuálně testovány, aby mohly být také zahrnuty v našich akreditovaných metodách. Nelze ale stanovit všechny PFAS individuálně, často jejich specifikace podléhá obchodnímu tajemství a jejich struktura je tedy doposud neznámá. Proto existuje i speciální přístup ke stanovení celkového obsahu PFAS, který aplikujeme na vodné vzorky a je uváděn pod názvem TOPA (Total Oxidisable Precursor Assay). Vzorek je podroben oxidaci při 85 °C po dobu minimálně 6 hodin a následně měřen metodou přímého nástřiku. Oxidací se neznámé kongenery přeměňují na perfluorované látky s kratším uhlíkovým řetězcem, které již v metodách máme, a tak je lze stanovit metodou LC-MS.

Tab. 2 Přehled PFAS, které jsou testovány k zařazení do akreditovaných metod v ALS Czech Republic

Zkratka	Název – česky
3:3 FTCA	2H, 2H, 3H, 3H-perfluorohexannová kys.
PFPrS	Perfluoropropanesulfonová kys.
HFPO-DA	2,3,3,3-Tetrafluoro-2-(1,1,2,2,3,3,3-heptafluoropropoxy)propanová kys.
5:3 FTCA	3-Perfluoropentyl propanová kys. (5:3)
6:2 FTUCA	2H-Perfluoro-2-octenová kys. (6:2)
6:2 FTCA	2H-Perfluorohexyl ethanová kys. (6:2)
7:3 FTCA	3-Perfluoroheptyl propanová kys. (7:3)
8:2 FTUCA	2H-Perfluoro-2-decenová kys. (8:2)
PFECHS	Perfluoro-4-ethylcyclohexanesulfonová kys.
8:2 FTCA	2-Perfluorooctyl ethanová kys. (8:2)
H4PFUnDA	2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecanová kys.

Dle našich zkušeností jsou nálezy PFAS ve vzorcích pitných vod velmi nízké. V případě že jsou sledovány i ultrastopové koncentrace PFAS, využívá se metody zakoncentrování vzorků na SPE (solid phase extraction) kolonkách. Nová směrnice, která stanovuje limit pro sumu 20 PFAS od 1.1.2022, bezpochyby přispěje ke kontrole pitných vod i z hlediska těchto parametrů, což umožní i získání komplexnějších informací o kontaminaci složek životního prostředí v různých destinacích.

Optimalizácia (adaptácia) úpravni pitných vôd na podmienky Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2020/2184

Ing. Mikuláš K o v a ľ

Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a. s., Poprad, Hraničná 662/17,
058 89 Poprad, mikulas.koval@pvpsas.sk

Abstrakt: Prijatie smernice EU kladie vyššie nároky na kvalitu dodávanej vody odberateľom a zároveň zvyšuje nároky na úpravu vody. Tieto nároky vyvolávajú zvýšené požiadavky na investičné prostriedky za účelom opráv a rekonštrukcií jednotlivých úpravni pitnej vody.

Abstract: The Adoption of EU directive brings higher demands of water quality supplied to customers, and at the same time increases the demands for water treatment. These demands cause an increase in required investments for the purpose of water treatment facilities repairs and reconstructions.

Kľúčové slová: pitná voda, kvalita vody, úprava vody, úpravňa vôd, obnova, modernizácia

Key words: drinking water, water treatment, water quality, water treatment plan, renewal, modernization

ÚVOD:

Mnohé úpravne pitnej vody v rámci Slovenskej republiky majú 30 a viac rokov. Iba minimálna časť z nich prešla obnovou, resp. výraznou rekonštrukciou. Teoretické životnosti základných vodohospodárskych stavieb sú uvedené vo Vyhláske MŽP SR č. 262/2010 Z. z.. V tabuľke 1 sú uvedené priemerné životnosti objektov verejných vodovodov. [1]

Tabuľka 1. Priemerná životnosť objektov a zariadení verejných vodovodov

Objekt	Priemerná životnosť
Objekty verejných vodovodov	80 – 100 rokov
Úpravne vody, čerpace stanice	60 rokov stavebné objekty
	15 – 24 rokov stroje a zariadenia
	6 – 10 rokov meranie a regulácia
Rozvodná vodovodná sieť	60 – 80 rokov

Ponuka technologických riešení na obnovu technológie, prípadne na jej rekonštrukciu je rôznorodá. V rámci predúpravy to môže byť predoxidácia, inštalácia mikrosit, či predúprava pH. Zároveň máme voľbu rôznych koagulantov a je len na nás, pre ktorý sa rozhodneme. Môžeme meniť gradienty miešania a doby zdržania, rôzne typy homogenizátorov, či hydromiesičov. Separáciu môžeme riešiť klasickou sedimentáciou, alebo flotáciou. Môžeme meniť filtračné náplne filtrov, prípadne rekonštruovať medzidna na inom princípe. Alebo

zvolíme radikálnejší prístup a klasickú filtráciu cez piesok vymeníme za membrány. Na poli hygienického zabezpečenia pitnej vody tak isto máme na výber rôzne riešenia, či už je to dezinfekcia klasickým plynným chlóróm, UV žiarením, chlórdioxid alebo výrobou chlornanu sodného priamo na úpravni elektrolýzou. [2]

Ale kto zaručí, že pre krátkosť prechodného obdobia vybrané riešenie bude to pravé, či už po stránke technologickej, efektívne po stránke použitých investičných prostriedkov a zároveň bude zaručená prijateľná ekonomická stránka budúcej prevádzky úpravy a výroby pitnej vody.

Dá sa pravdepodobne prehlásiť, že neexistujú dva rovnaké typy surovej vody a rovnako tak neexistujú dve rovnako vhodné úpravne alebo technologické linky úpravni vôd. Pokiaľ s týmto tvrdením budeme súhlasiť, je zrejmé, že pracujeme v systéme, kedy unikátne zloženie surovej vody určitého zdroja bude vyžadovať viac či menej unikátnu kompozíciu technologickej linky úpravne. [2]

Skôr, ako pristúpime rovno k projektovaniu rekonštrukcie úpravne, prípadne k jej novej výstavbe, mali by sme zrealizovať minimálne nasledujúce kroky:

1. Vykonať technologický audit po stránke úpravy vody, či je v súlade s realizačnou projektovou dokumentáciou, prevádzkovým poriadkom a s prihliadnutím na súčasné vedecké a praktické skúsenosti v oblasti úpravy vody. Zároveň by sme mali prehodnotiť prípadné "zlepšenia" počas predchádzajúcich rokov z pohľadu na komplexnosť riešenia.
2. Vykonať strojno-technologický audit jednotlivých strojov a zariadení, potrubných rozvodov, merania a regulácie a zabezpečiť ich minimálne sfunkčnenie.
3. Vykonať technický audit jednotlivých objektov po stavebnej stránke.

Príprava kvalitného realizačného projektu si vyžaduje zabezpečiť dostatočný čas na predprojektovú činnosť, pričom by mali byť realizované aj poloprevádzkové skúšky na daný typ upravovaných vôd v danej lokalite. Aby sme neboli v časovej tiesni s ohľadom na prechodné obdobie smernice EU a aby sme efektívne vynaložili investičné prostriedky, je potrebné vykonať nevyhnutné opravy a technologické zmeny vyplývajúce z vyššie uvedených auditov, minimálne v rozsahu, aby bol dodržaný postup úpravy vody v zmysle prevádzkového poriadku.

Ako príklad uvádzam dve úpravne v rámci PVS, a.s., Poprad, prevádzkované PVPS a.s. Poprad, prevádzka Stará Ľubovňa, na ktorých boli vykonané minimálne opravy prevádzkovou spoločnosťou a obnova havarijných častí, predovšetkým obnova meranie a regulácie vlastníckou spoločnosťou PVS a.s. Poprad. Prevádzka ÚV Lomnička bola zahájená v roku 1979, pričom ide o dvojstupňovú úpravňu vôd s koaguláciou za použitia síranu hlinitého, s usadzovacou nádržou a otvorenými filtrami, kapacitou 15 l/s a prevádzka ÚV Jakubany, ktorá bola do prevádzky uvedená v roku 1989 ako jednostupňová úpravňa vôd, s tlakovými filtrami pre koagulačnú filtráciu s použitím síranu hlinitého ako koagulačného činidla. Realizovaná hydraulická kapacita je 150 l/s, pričom povolený odber od začiatku je 100 l/s. V súčasnosti obe úpravne spĺňajú parametre vyplývajúce s požiadaviek smernice EU.

ÚV JAKUBANY

V rámci ÚV Jakubany sme sa zamerali na riešenie problému dodržania výstupnej hodnoty zákalu pod 0,3 NTU, na zlepšenie mikrobiologických ukazovateľov upravenej vody, ale

predovšetkým na elimináciu výskytu mikroorganizmov *Clostridium perfringens* vo vode za filtrami, ako náš dlhoročný problém. Nakoľko ide o vodu s nízkym obsahom vápnika a horčíka, riešili sme aj možnosť zvýšenia obsahu horčíka v upravenej vode. Zároveň sme potrebovali minimalizovať riziko prekročenia povolených hodnôt zostatkového hliníka v upravenej vode, znížiť zaťaženie filtrov, a zvýšením účinnosti filtrácie znížiť zvyškový organický podiel vo filtrovanej vode, a tým tak minimalizovať vznik chlórovaných trihalometánov, nakoľko na dezinfekciu upravenej vody používame plynný chlór.

Porovnaním dvojstupňovej technológie úpravy vody na ÚV Lomnička s otvorenými filtrami a jedноступňovou koagulačnou filtráciou na tlakových filtroch ÚV Jakubany, nakoľko ide o porovnateľný typ vody s rovnakými problémami v čase zákalových stavov, topenia snehov a búrok, sme sa začali zaoberať myšlienkou zmeny pôvodnej jedноступňovej úpravy vody na dvojstupňovú, pričom by sa využil objekt existujúcich usadzovacích nádrží surovej vody. Zároveň by sa tým znížilo zaťaženie tlakových filtrov, nakoľko pre efektívnu filtráciu by voda nemala mať vyšší zákal ako 10 NTU. [3]

V objekte usadzovacích nádrží sa nachádzajú dve pozdĺžne nádrže typu UN-6-42/4 o rozmeroch šírka 6,0 m, dĺžka 42,0 m, hĺbka 3,2 m. Navrhovaná usadzovacia rýchlosť $v=0,35$ mm/s, doba zdržania minimálne $t=3$ hodiny. Kóta dna usadzovacích nádrží 661,1 m n. m., kóta maximálnej hladiny 664,5 m n.m.. Niveleta potrubia pred napojením filtrov 650,25 m n. m. [4]

Ak sme zohľadnili teoretické poznatky o koagulácii, príprave suspenzie, realizované projekty, ako aj uvedené príklady v predchádzajúcich ročníkoch konferencií „Optimalizácia a modernizácia zásobovania pitnou vodou, PITNÁ VODA“, jednoznačne nám vyšlo, že bude potrebné stavebne, ale aj technologicky zmeniť činnosť terajších usadzovacích nádrží ich prestavbou, doplnením sekcie na prípravu suspenzie, časť s pomalým miešaním, časť s rýchlym miešaním a samotnou separáciou vzniknutého kalu. Aj keď z priestorového hľadiska by to bolo možné, z hľadiska investičných prostriedkov v blízkej budúcnosti to momentálne možné nie je. Usadzovacie nádrže boli navrhnuté na jednoduché usadzovanie. Vychádzajúc z poznania technologickej časti usadzovacích nádrží, jednotlivých potrubí na prítoku a toku vody, ale predovšetkým z praktických skúsenosti, že pri zákaloch dochádzalo len k minimálnemu predčisteniu, usadzovacie nádrže nám tak plnili skôr nárazníkovú zónu. Je to pochopiteľné, nakoľko voda z povrchových zdrojov obsahuje koloidné a jemne dispergované častice veľkosti 10^{-7} až 10^{-9} m, ktoré spôsobujú zákal a sfarbenie vody. Tieto častice spôsobujúce zákal nie je možné odstrániť jednoduchou sedimentáciou či filtráciou. V praxi sa využíva proces čírenia, čo je destabilizácia koloidných častíc a ich následná agregácia vo väčšie celky, ktoré sa ľahšie odstraňujú. Táto destabilizácia znečisťujúcich látok vhodným činidlom sa nazýva koagulácia. Tvorba agregátov (zhlukov) sa nazýva flokulácia (tvorba vločiek). Ak nedôjde ku koagulácii, nedochádza ani k flokulácii, pretože častice sa kvôli odpudivým silám nie sú schopné samé spojiť. Na odstránenie vzniknutých agregátov počas procesu flokulácie, má vplyv ich veľkosť, štruktúra a hustota. Odstránenie takto vzniknutých agregátov sa realizuje sedimentáciou, flotáciou alebo filtráciou.

V máji 2021 sme sa rozhodli realizovať prevádzkový pokus s dávkovaním koagulačného činidla priamo na prítoku na usadzovacie nádrže. Táto skúška bola plánovaná na dva dni, ale po kladnom výsledku, prevádzku úpravne v dvojstupňovom režime sme ponechali do konca roka 2021, dá sa povedať, že len z dôvodu, že v zimných mesiacoch prevádzka úpravne je bez

usadzovacích nádrží. Proces čírenia vody v usadzovacích nádržiach a tvorba aglomerátov bola viditeľná už po štyroch hodinách od začiatku dávkovania koagulačného činidla. Ak v minulosti farba vody v usadzovacích nádržiach bola jedovato žlto-zelená, zakalená s nízkou prehľadnosťou z dôvodu, že nedošlo k vyčisteniu vody jej výmenou medzi jednotlivými zákalovými stavmi, v prípade dávkovania koagulačného činidla sa farba zmenila na modrozelenú, pričom na konci usadzovacej nádrže bolo možné spočítať jednotlivé priečky na rebríku umiestnenom v usadzovacej nádrži. Samozrejme, to sa prejavilo aj v zaťažení tlakových filtrov, nakoľko došlo k podstatnému zlepšeniu kvality predčistenej vody (efekt dvojstupňovej úpravy vody) pritekajúcej na filtre.

Proces koagulácie prebieha v dvoch fázach, pričom výsledným produktom je dobre odstrániteľná (separovateľná) suspenzia. Vlastnosti tvorených agregátov, ako je veľkosť, objem a tvar, vnútorná štruktúra, kompaktnosť, hustota, sú ovplyvnené predovšetkým intenzitou miešania (gradientom rýchlosti), a potom dobou miešania suspenzie.

1. fáza - fáza rýchleho miešania (perikinetická)

Po nadávkovaní chemikálií (destabilizačného činidla) dochádza k reakcii s koloidnými látkami, čím sa znižuje zeta-potenciál častíc obsiahnutých v upravovanej vode. Častice v suspenzii sa pohybujú neusporiadaným pohybom, ktorý je spôsobený tepelnou energiou systému. Dochádza k ich zrážaniu a spojovaniu v drobné častice – mikrovločky a jemné vločky. Celý tento proces sa realizuje formou rýchleho miešania upravovanej vody, ihneď po nadávkovaní destabilizačného činidla. Cieľom rýchleho miešania je homogenizácia nadávkovanej chemikálie v objeme upravovanej vody. Vzniknuté drobné vločky nie sú ľahko separovateľné, preto je potrebné aplikovať ešte druhú fázu miešania. [5]

V rámci objektu usadzovacích nádrží ÚV Jakubany, fáza rýchleho miešania prebehne v trubnom systéme ešte pred nátokom do usadzovacích nádrží. Z tohto dôvodu, aj keď s určitými obmedzeniami, umiestnenie injektora na dávkovanie koagulantu sme realizovali za uzatváracou klapkou DN 300, v mieste rozšírenia potrubia na DN 500 za predpokladu, že tam dochádza k turbulentnému prúdeniu. Následne prúd vody sa rozdelí do dvoch vertikálnych potrubí DN 300, ktoré sa tesne pred nátokom do usadzovacích nádrží opäť rozdelia do dvoch nátokových potrubí DN 200. Najväčšie zvrátenie práve dochádza v tomto bode, nárazom do steny rozdeľovacieho T-kusu.

2. fáza - fáza pomalého miešania (ortokinetická)

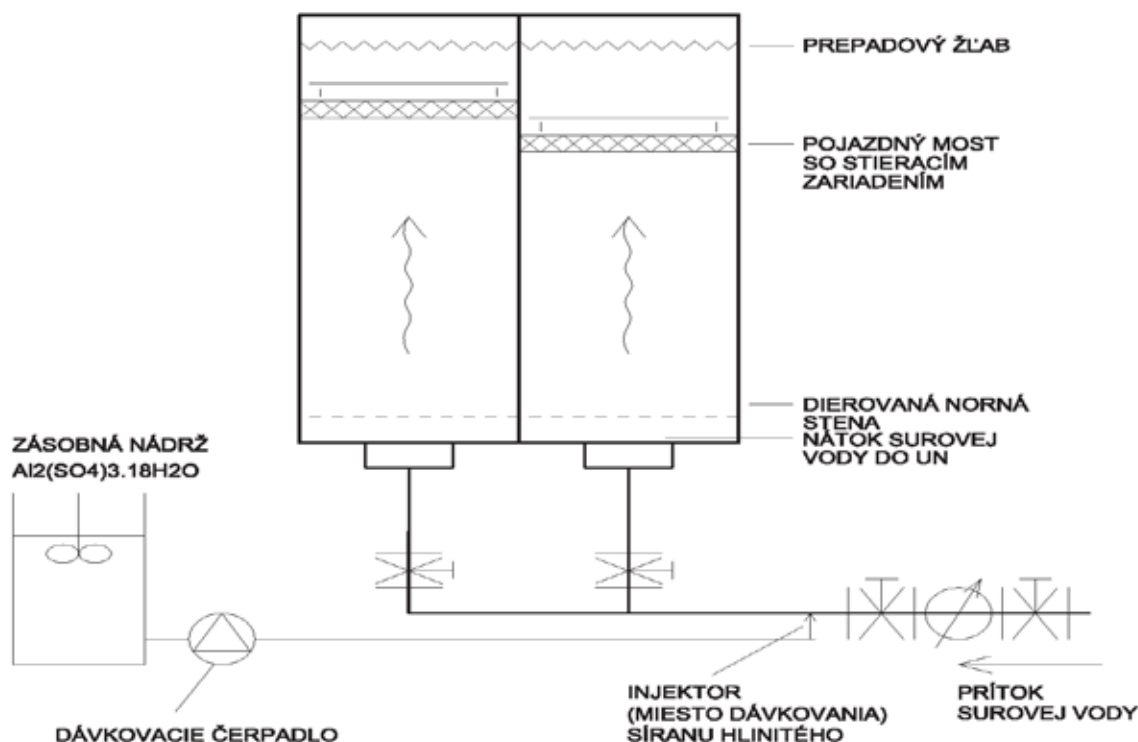
Pri tomto procese vznikajú (aglomerujú) z mikroskopických a malých vločiek vločky väčšie (ľahšie separovateľné), pri ktorých sa už neuplatňuje Brownov pohyb. Spojovanie častíc do väčších celkov spôsobujú predovšetkým gravitačné sily a pohyb kvapaliny. Veľkosť agregátov sa pohybuje v rozmedzí od 0,1 mm až do niekoľko mm, prípadne i desiatok milimetrov. Táto fáza sa tiež nazýva flokulácia (vločkovanie). Využíva sa pri nej pomalé miešanie, ktoré trvá v rozmedzí niekoľko minút až niekoľko desiatok minút (cca 10 – 30 minút). [5]

V našom prípade, v nátokovej časti usadzovacích nádrží sa nachádza vo vzdialenosti 60 cm dierovaná stena na čelnej strane, ako aj šikmé dierované dno smerom k nátokovej stene. V tejto časti dochádza k spomaleniu prúdenia a k tvorbe prvých agregátov (vločiek). Voda prechádza cez jednotlivé otvory dierovanej steny, jednotlivé prúdy vody sa navzájom miešajú a spájajú a následným tzv. **piestovým prúdením**, v dĺžke 41 m pokračuje až na koniec usadzovacej nádrže k prepadovému žlabu do prívodného potrubia na tlakové filtre. Počas

tohto piestového prúdenia dochádza jednak k ďalšej tvorbe agregátov, ich zhlukovaniu a rastu, pričom zároveň dochádza k uzadzovaniu na dno usadzovacej nádrže a číreniu vody. Účinnosť čistenia vody v porovnaní na zákal, v závislosti od pritekajúceho zákalu, sa pohybovala od 70 do 90 %. Týmto jednoduchým opatrením sme dosiahli zníženie zaťaženia filtrov, a čo je podstatné, aj zachytenie podstatnej časti mikrobiológie v rámci tvorby suspenzie, jej viazanie do agregátu s následným viazaním v usadenom kale.

Vyššie popísanú sústavu a proces by sme mohli charakterizovať, že ide o usadzovacie nádrže obdĺžnikového tvaru s horizontálnym prietokom, kde vložkovacia nádrž akéhokoľvek typu priamo nadväzuje na usadzovaciu nádrž, a priestor medzi vložkovacou nádržou a usadzovacou nádržou je oddelený vhodne navrhnutou nornou stenou.[6] V našom prípade reaktor tvorí prívodné a rozdeľovacie potrubie a vložkovaciu nádrž tvorí priestor za nátokom a nornou stenou, ktorú tvorí dierovaná prepážka, ktorá pôvodne slúžila na záchyt väčších plávajúcich nečistôt, ako záchytný kôš (obr. č. 1.).

Obrázok č. 1.: Usadzovacie nádrže na prítoku surovej vody ÚV Jakubany UN-6-42/4



Napriek priaznivému efektu, pri zákaloch nad 50 NTU surovej vody, i keď prítok na filtre bol pod 10 NTU, bolo potrebné pridať ešte koagulant, aby sme zabezpečili hodnotu zákalu upravenej vody pod 0,3 NTU. Odtoky z prepadových žľabov DN 200 sú následne zaústené do potrubia DN 500 v dĺžke 200 m, s celkovým prevýšením 14 m, pričom zákonite dochádza k degradácii zostatkových aglomerátov (vločiek) koagulantu. Hoci by mal proces koagulácie pri úprave vody zabrániť rozpadu vločiek v čo najväčšej miere, rozpad a nový rast vločiek sa aj napriek tomu v praxi vyskytuje, pretože oblasti veľkých šmykových síl sú prevládajúce. [7]

V našom prípade, keďže úpravňa bola postavená ako jednostupňová úpravňa vôd s priamou koagulačnou filtráciou, potrebovali sme opätovne naštartovať tvorbu agregátov (vločiek) pre ich lepšie zachytenie na pieskovom filtri. Za vstupom do haly filtrov, na prívodnom potrubí,

pred jednotlivými hydromiesičmi, je umiestnený statický mixér. Táto kombinácia, s malým prídavkom koagulantu, nám umožňuje začatie opätovného procesu koagulácie – regenerácie vločiek. Z výskumov v danej oblasti bolo zistené, že vyššia pomalá rýchlosť miešania, po rozbití vločiek má za následok menšiu priemernú veľkosť po rozbití a následnom raste, avšak to zabezpečí lepšiu rast a pevnejšiu stavbu menších vločiek. (7) Predpokladáme, že takto vzniknuté častice ďalej vytvárajú väčšie agregáty, ktoré znížia priestor medzi jednotlivými zrnami piesku. Takto vzniknutá mechanická mriežka sa stáva jemnejšou a je schopná odstrániť dokonca aj baktérie. [8]

V rámci pôvodne vybudovaného chemického hospodárstva z tohto dôvodu nebol problém zabezpečiť minimálnu dávku koagulantu síranu hlinitého, i keď pritekajúca voda už čiastočne obsahovala síran hlinitý. Napriek dobrým výsledkom, pričom nebola ani raz prekročená povolená hodnota v ukazovateli hliník, aby sme predišli riziku jeho prekročenia, odskúšali sme na opätovné naštartovanie procesu tvorby agregátov dva koagulanty organického typu na prírodnej báze, a anorganický koagulant síran železitý (PIX). Ani v prípade organických koagulantov, ani v prípade síranu železitého sme nemali uspokojujúce výsledky. Organický koagulant by bolo vhodnejšie dávkovať ako pomocný koagulant na prvom separačnom stupni. V prípade síranu železitého, i keď došlo k zníženiu zákalu, na druhej strane však stúpili hodnoty zostatkového železa v upravenej vode a nebol badateľný významný vplyv na zníženie hodnôt hliníka proti štandardnej prevádzke.

Vieme, že voda upravovaná na ÚV Jakubany, nakoľko ide o povrchový odber, obsahuje nízky obsah horčíka a vápnika. Najviac je to badateľné v čase daždivého obdobia, ale predovšetkým v čase topenia jarných snehov. Z tohto dôvodu, v rámci chemického hospodárstva bolo vybudované vápenné hospodárstvo s možnosťou dávkovania vápna do upravenej vody. Vzhľadom na všeobecne známe problémy pri práci s vápnom, toto nikdy nebolo uvedené do prevádzkovania. Aby sme sa vyhli problému pri práci s vápnom, rozhodli sme sa pre dávkovanie chloridu horečnatého - hexahydrátu z dôvodov, že sa používa v potravinárskej výrobe, praktické skúsenosti s ním sú v rámci Severomoravských vodární a kanalizácií, Ostrava a.s., pri zvyšovaní tvrdosti vody [9] a v neposlednej miere, že ide o stabilnú soľ, ktorá nebude reagovať s plynným chlór, ako dezinfekčným prostriedkom na hygienické zabezpečenie upravenej vody. Je známe, že chlorid horečnatý má aj koagulačné vlastnosti, mimo iné sa používa napr. aj v potravinárskej chémii, ako zrážadlo, napr. pri výrobe tofu (čínidlo Nigari). Na základe týchto poznatkov sme uskutočnili dve prevádzkové skúšky s dávkovaním aj chloridu horečnatého, jednak ako pomocného koagulantu, jednak za účelom zvýšenia hodnôt horčíka vo vode, pričom z dôvodov bezpečnosti sme použili 50 kg chloridu horečnatého v kvalite pre farmaceutické účely. I keď táto kombinácia je úplne atypická a nepodarilo sa nám nájsť v odbornej literatúre takéto využitie chloridu horečnatého, došlo jednak k zníženiu výsledného zákalu za filtrami, ale čo bolo pozitívne, aj k zníženiu zostatkového hliníka v upravenej vode. Neviazaný chlorid horečnatý ďalej kladne ovplyvňuje zloženie vody po stránke obsahu horčíka.

V septembri 2021 sme požiadali o súhlas na zmenu technológie úpravy pitnej vody na ÚV Jakubany RÚVZ v Starej Ľubovni, ktorý po konzultácií s vyšším pracoviskom nám v novembri vydal kladný súhlas na zmenu technológie úpravy vody z jednostupňovej úpravy na dvojstupňovú, ale predovšetkým nám umožnil použiť chlorid horečnatý ako pomocný koagulant. Ďalšie zvýšenie tvrdosti vody (obsah horčíka a vápnika) v budúcnosti by sme chceli riešiť miešaním tvrdej podzemnej vody z vodného zdroja ČS Chmelnica s upravenou vodou z ÚV Jakubany priamo na vodojemoch v Starej Ľubovni. Dávkovanie chloridu horečnatého

sme začali v priebehu mesiaca december 2021 v dávke 5-10-15 mg/l, pričom povolený rozsah je 10 - 20 mg/l. V zimnom období v mesiacoch január a február usadzovacie nádrže nie sú prevádzkované. Počas prevádzky usadzovacích nádrží s dávkovaním síranu hlinitého pred usadzovacími nádržami, zostatkový obsah síranu hlinitého na prítoku pred filtrami sa pohyboval v rozmedzí 2 - 5 mg/l. Vychádzajúc z poznatkov, že účinnosť koagulačného činidla Polyaluminium chlorid (PAC,PAX) môže byť navyše zlepšená zvýšením obsahu hliníka [10], zo skúsenosti počas letného prevádzkového pokusu, a aby sme simulovali podobné podmienky, ale s ohľadom na kvalitu surovej vody, pridali sme malé množstvo síranu hlinitého aj počas zimného obdobia. Výsledný zákal z priemernej hodnoty 0,5 NTU surovej vody, pri teplote 1,5 °C sa znížil na hodnotu 0,06 - 0,09 NTU (Tabuľka č. 2) v priebehu celého filtračného cyklu.

Tabuľka č. 2 Porovnanie zákalu podľa jednotlivých úpravni a technológií filtrácie

Úpravňa	Dátum	Čas	Q l/s	Teplota vody °C	Zákal surovej vody NTU	Zákal upravenej vody NTU	Spôsob filtrácie
ÚV Jakubany	10.2.2022	13:30	62,0	2,1	0,51	0,06	Začiatok filtračného cyklu, filtrácia na tlakových pieskových filtroch, 10 mg MgCl ₂ .6HO, 1-2 mg/l Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O
	10.2.2022	13:12	74,0	2,4	0,52	0,09	
	11.2.2022	7:16	73,0	1,9	0,49	0,06	
	11.2.2022	14:13	74,6	2,2	0,49	0,06	
	13.2.2022	8:11	22,5	1,1	0,87	0,03	
	14.2.2022	6:49	67,3	1,0	0,42	0,06	
	14.2.2022	14:49	68,2	1,2	0,67	0,06	
	15.2.2022	10:24	70,0	1,6	0,51	0,09	
	15.2.2022	11:46	70,0	1,7	0,53	0,06	6 deň filtračného cyklu, odber vzoriek
ÚV Lomnička	10.2.2022	7:34	8,2	0,7	1,01	0,01	Pieskové otvorené filtre, filtračný systém Leopold, náplň Filtralite, bez koagulantu
	11.2.2022	14:07	9,5	1,3	1,00	0,01	
	13.2.2022	8:11	8,4	1,4	0,97	0,11	
	14.2.2022	6:50	7,8	1,5	0,68	0,09	
	14.2.2022	14:44	7,8	1,0	1,62	0,08	
	15.2.2022	10:25	7,7	0,8	0,73	0,11	
	15.2.2022	11:47	7,7	1,1	0,71	0,07	
ÚV Perlová dolina	11.2.2022	7:15	24,2	3,3	0,50	0,01	Membránová filtrácia, pridané malé množstvo koagulantu PAX
	11.2.2022	14:13	24,1	4,9	0,40	0,01	
	13.2.2022	8:12	23,2	2,5	1,00	0,01	
	14.2.2022	6:55	24,2	3,2	0,50	0,01	
	14.2.2022	14:50	23,2	4,6	0,40	0,01	
	15.2.2022	10:28	0,0	5,0	0,30	0,00	
	15.2.2022	11:47	24,1	4,8	0,40	0,01	
ÚV Štrbske Pleso	11.2.2022	7:14	9,0	1,2	0,16	0,01	Membránová filtrácia
	11.2.2022	14:13	0,0	1,3	0,17	0,01	
	13.2.2022	8:15	9,0	1,0	0,15	0,02	
	14.2.2022	6:53	9,0	1,1	0,16	0,00	
	14.2.2022	14:48	0,0	1,3	0,17	0,01	
	15.2.2022	10:27	9,0	1,3	0,17	0,01	
	15.2.2022	11:48	9,0	1,3	0,16	0,00	

Zdroj údajov: Dispečerský systém PVS a.s./PVPS a.s. Poprad, modul DSRVV.

Nakoľko ide o neprebádaný mechanizmus, môžeme sa len domnievať, vzhľadom na veľkosť molekúl síranu hlinitého a chloridu horečnatého, ktorá z týchto látok ako prvá začne agregovať, a ktorá z nich následne sa viaže na vzniknutú agregovanú časticu.

Výnimočnosť tohto riešenia, na rozdiel od klasickej skladby technologickej linky dvojstupňovej úpravy vôd spočíva v tom, že pri našej zmene, máme dva samostatné separačné stupne s možnosťou samostatného dávkovania koagulačného činidla a koagulácie na prvom separačnom stupni separácie na usadzovacích nádržiach, a s možnosťou samostatného dávkovania koagulačného činidla a priamej koagulačnej filtrácie na druhom separačnom stupni. V prípade čistej vody v zimných mesiacoch, môžeme obtokovať usadzovacie nádrže prvého separačného stupňa. V každom prípade, pri tejto kvalite surovej povrchovej vody, dosahujeme požadovanú kvalitu upravenej vody, s minimálnymi investičnými a prevádzkovými nákladmi. V tabuľke 3 sú uvedené vybrané základné mikrobiologické ukazovatele a vplyv chloridu horečnatého na obohatenie vody o horčík z odberu vzorky zo dňa 15. 02.2022.

Tabuľka 3. Základné mikrobiologické ukazovatele upravenej vody za filtrami.

Miesto odberu		Surová voda	Upravená voda za filtrami	Povolený limit
Teplota vody na mieste odberu	°C	0,6	0,6	
Horčík	mg/l	5,35	7,78	>10
Vápnik	mg/l	37,6	36,8	>30
Vápnik a horčík	mmol/l	1,2	1,2	1,1-5
Celková alkalita	mmol/l	3,45	3,50	
Celková acidita	mmol/l	0,10	0,095	
Escherichia coli (TTC)	KTJ/100ml	0		0
Koliformné baktérie (TTC)	KTJ/100ml	144		0
Enterokoky	KTJ/100ml	0	0	0
Kultivovateľné mikroorganizmy pri 22°C	KTJ / 1ml	180	2	200
Kultivovateľné mikroorganizmy pri 36°C	KTJ / 1ml	70	0	50
Klostrídiá	KTJ/100ml	6	0	0
Escherichia coli	KTJ/100ml		0	0
Koliformné baktérie	KTJ/100ml		0	0
Bezfarebné bičkovce	jedinice/ml	0		0
Živé organizmy	jedinice/ml	82	0	0
Vláknité baktérie (bez železitých a mangánových b)	jedinice/ml	0	0	0
Mikromycéty stanoviteľné mikroskopicky	jedinice/ml	0	0	0
Mŕtve organizmy	jedinice/ml	26	0	30
Železité a mangánové baktérie	%	0	0	10
Abiosestón	%	5	2	10

V odbornej literatúre sme nenašli popis procesu dvojnásobného čírenia vody a jeho vplyvu na výslednú kvalitu vody. Tento proces by sme mohli prirovnať k viacnásobnej extrakcii účinnej zložky, ktorý sa používa či už v chemickom priemysle, potravinárskom, farmaceutickom alebo v kozmetickom priemysle.

Touto jednoduchou zmenou sme získali čas pre vlastnícku spoločnosť na prípravu kvalitnej projektovej dokumentácie na rekonštrukciu úpravy, pričom radi by sme, aby rekonštrukcia tlakových filtrov bola realizovaná podľa vzoru úpravy vody v Hradci Králove, kde medzidno

filtrův, veľkostne zhodných s ÚV Jakubany, bolo nahradené drenážnym systémom Leopold, s ktorým máme dobré skúsenosti aj na ÚV Lomnička. Takto rekonštruované filtre môžu byť v prevádzke výhľadovo minimálne ďalších 30 rokov.

ÚV LOMNIČKA

Užívacie povolenie na stavbu ÚV Lomnička bolo vydané 26. 06. 1979. Na základe objednávky VVaK PR Košice, spracoval Hydroconsult Bratislava v roku 1982 Dočasný prevádzkový poriadok, v roku 1984 Dočasný prevádzkový poriadok II. časť, a v roku 1984 Prevádzkový poriadok úpravne vody. Už v tom čase poukázal na nedostatky pôvodnej koncepcie, pričom bolo konštatované, že filtrácia nie je schopná vysporiadať sa so všetkými nedostatkami predchádzajúcich stupňov. Výsledkom je filtrovaná voda, ktorá však nespĺňa podmienky ČSN 83 0611. V dočasnom prevádzkovom poriadku II. časť, boli navrhnuté nevyhnutné opatrenia v troch alternatívach. Bohužiaľ, okrem realizácie merania zákalu surovej vody, žiadne opatrenie nebolo realizované, pričom z pohľadu súčasných vedecko-technických poznatkov, tieto opatrenia sú aktuálne aj v dnešnej dobe.

Jedným z navrhovaných opatrení bola aj realizácia merania prítoku surovej vody v roku 1994, ktorá nebola riešená ani len projekčne pri výstavbe úpravne. Osadením merania prítoku surovej vody a výmenou dávkovacích čerpadiel na síran hlinitý, podstatne sa zlepšila kvalita upravenej vody. V ďalšom období sa riešil len havarijný stav jednotlivých strojov a zariadení. Najvýznamnejšia bola rekonštrukcia filtra č. 1 a to koncom roku 2016, kedy sa klasické medzidno vymenilo za drenážny systém Leopold a filtračný piesok za filtračnú náplň Filtralite.

Po zhodnotení základných technologických procesov v roku 2019, po skúsenostiach so statickým mixérom na ÚV Jakubany, sme obdobný statický mixér v príslušnej dimenzii DN 200, nainštalovali na prítoku, ešte pred prúdovým miesičom. Bolo to v súlade s návrhom z roku 1984, kedy na zabezpečenie okamžitého rozmiešania destabilizačného činidla bolo navrhnuté dávkovanie medzi dve clony. V nasledujúcich rokoch sme zabezpečili obnovu merania zákalu surovej vody, upravenej vody, systém kontroly hygienického zabezpečenia vody a základné merania prietokov. Výsledkom týchto jednoduchých opatrení je, že dokážeme upraviť vodu v súlade so súčasnými požiadavkami, pričom zákal upravenej vody vieme dosiahnuť aj pod hodnotu 0,1 NTU. Zároveň musím podotknúť, že z dôvodu, aby nedošlo k neprimeranému agresívnemu chovaniu sa miestneho obyvateľstva pri prerušení dodávky vody, úpravu vody začíname neraz už, aj pri hodnote zákalu surovej vody 250 NTU.

I v prípade úpravne vôd Lomnička, s prihliadnutím na odporúčané opatrenia z roku 1984, skúsenosťou s drenážnym systémom Leopold a doterajšími skúsenosťami z prevádzky, máme dostatok podkladov na prípravu kvalitnej projektovej dokumentácie na celkovú rekonštrukciu úpravne, predovšetkým strojno-technologickej časti, merania a regulácie. V prvom rade bude potrebné riešiť rekonštrukciu ďalších dvoch filtrov, realizovať meranie a reguláciu prítoku na jednotlivé filtre a samotný odberný objekt na Lomnickom potoku.

ZÁVER:

V rámci bývalého Československa úroveň úpravy pitnej vody bola na vysokej úrovni, o čom svedčia mnohé úpravne, ktoré s minimálnymi opravami sú v prevádzke doteraz. Návrh pôvodných úpravni vychádzal z miestnych podmienok a s prihliadnutím na dané špecifické

pomery a zároveň sa snažil minimalizovať nároky na spotrebu elektrickej energie. Pri mnohých dnešných riešeniach sa stretávame s tým, že práve po rekonštrukcií dôjde k nárastu spotreby elektrickej energie a chemikálií.

Môžeme konštatovať, že po vykonaní základných auditov, s prihliadnutím na súčasné poznatky a doplnením o základné prvky merania a regulácie, dokážeme dosiahnuť požadovanú kvalitu upravenej vody v súlade s najnovšími normami. Vždy bude ekonomicky prijateľnejšie sanovať stavebnú časť a rekonštruovať funkčnú technologickú časť na úrovni terajších materiálov a zariadení (nová konštrukcia homogenizačných zariadení, hydromiesičov, výmena medzidna filtrov za drenážny systém Leopold alebo drenážny systém Triton, výmena filtračnej náplne alebo zmena koagulačného činidla), ako úplne riešiť prestavbu po stavebnej stránke, a osadiť úplne novú technológiu, ktorá nebola dostatočne odskúšaná na daný typ vôd a dané špecifické podmienky. Zaujímavou oblasťou je aj možnosť využitia alternatívnych organických koagulantov na prírodnej báze, napríklad tanínový koagulant Silvafloc vyrobený z extraktu získaného z Juhoamerického stromu *Schinopsis balansae*, známeho ako Quebracho. Pri testovaní na riečnej vode bol tento koagulant veľmi účinný pri odstraňovaní zákalu i pri nízkych dávkach, dokonca viac než síran hlinitý a iné bežne používané anorganické koagulanty. Pričom koagulácia nie je toľko závislá na pH a teplote. [10]

Literatúra:

1. Barloková D., Ilavský J., Buchlovičová J., Pelikán P., Modernizácia úpravni povrchových vôd Klenovec a Málinec. Zborník prednášok z konferencie Pitná voda 2016.
2. Dolejš P.: Získávaní podkladu a volba racionálných postupu rekonstrukce a modernizace úpraven vod. Zborník odborných prác z konferencie MODERNIZÁCIA A OPTIMALIZÁCIA ÚPRAVNÍ VÔD V SR, Stará Lesná 2009.
3. Barloková D., Ilavský J., Technologické procesy a modernizácia úpravni. Zborník prednášok z konferencie PITNÁ VODA, Trenčianske Teplice 2015.
4. Kovaľ M., 30 rokov prevádzky ÚV Jakubany (klasická vrs. membránová filtrácia). Zborník prednášok PITNÁ VODA, Trenčianske Teplice 2019.
5. L. Hofmanová, Využití alternativních koagulantů při úpravě vody, bakalárska práca, Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, 2017.
6. Látal M., Filla J., Optimalizace zařízení pro 1. separační stupeň při jejich rekonstrukci a minimalizaci provozních nákladů. Zborník odborných prác z konferencie OPTIMALIZÁCIA A MODERNIZÁCIA ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU, Kúpele Nový Smokovec 2012.
7. Kret P., Vplyv miešania na účinnosť flokulácie. Bakalárska práca, ČVUT Praha, fakulta strojní, 2017.
8. Kriš J. a kol., ÚPRAVA VODY, 2018.
9. Kyncl M., Zvyšování obsahu hořčičků v pitné vodě. Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. .
10. M. Filipenská, Využití polymerů při úpravě pitné vody, bakalárska práca, Univerzita Karlova v Prahe, Přírodovědecká fakulta, Praha 2013.

Biologické riziká úpravy vody z vodárenských nádrží

RNDr. Viera Nagyová, PhD., Mgr. Lucia Chomová, PhD.

Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava,
e-mail: viera.nagyova@uvzs.sk, lucia.chomova@uvzs.sk

Abstrakt: Zdravotne bezpečná pitná voda nesmie ohrozovať zdravie ľudí. V procese výroby pitnej vody je možné, na základe poznania ekologických nárokov prítomných organizmov, zistiť ich pôvod, miesto a druh kontaminácie vody, ako aj kvalitu úpravy a dezinfekcie. V súlade s legislatívnymi požiadavkami sa kvalita vody posudzuje podľa mikrobiologických, biologických a chemických ukazovateľov. V príspevku je spracovaný prehľad organizmov predstavujúcich významné riziko vo vzťahu ku kvalite pitnej vody.

Abstract: Safe drinking water must not endanger human health. In the process of drinking water production, the origin, location and type of contamination of the water, as well as the quality of the treatment and its disinfection can be ascertained by knowing the ecological requirements of the organisms present. In accordance with legal requirements, water quality is assessed according to microbiological, biological and chemical indicators. The paper presents an overview of organisms posing a significant risk in relation to drinking water quality.

Kľúčové slová: vodárenské nádrže, cyanobaktérie, cyanotoxíny, pitná voda, legislatíva, biologické ukazovatele, kvalita pitnej vody

Keywords: water supply reservoirs, cyanobacteria, cyanotoxins, drinking water, legislation, biological indicators, drinking water quality

Voda je životným prostredím pre množstvo organizmov. Ich druhové zloženie a životné prejavy výrazne ovplyvňujú jej kvalitu, čo predstavuje významné biologické riziko. Základné informácie o nej rýchlo podáva mikroskopický obraz získaný biologickým rozborom vody. Organizmy vyskytujúce sa v procese výroby pitnej vody majú rôzne charakteristické prejavy. Môžu meniť senzorické vlastnosti vody, vplývať na jej farbu, či zákal, alebo produkovať toxíny. Výsledky biologických rozborov vôd, nárastov, sterov, resp. zoškrabov napovedajú o prípadných miestach kontaminácie vody, účinnosti úpravy a dezinfekcie, o údržbe vodovodných sietí a vodojemov, resp. o prepojení rozvodov vody rôzneho druhu. Prehľad organizmov so vzťahom k procesu výroby pitnej vody a k jej kvalite je v Tab. 1 [1, 2, 3].

Tab. 1 Prehľad organizmov so vzťahom k procesu výroby a kvalite pitnej vody

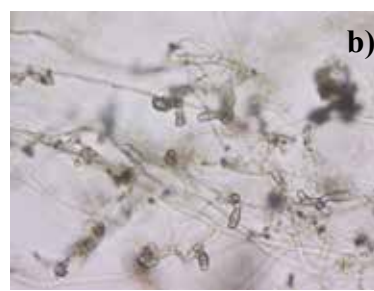
Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Schizomycéty (koky, spirily, tyčinky)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fekálne znečistenie, kontaminácia odpadovými vodami, nedostatočné hygienické zabezpečenie ▪ Korózia rozvodného potrubia vody

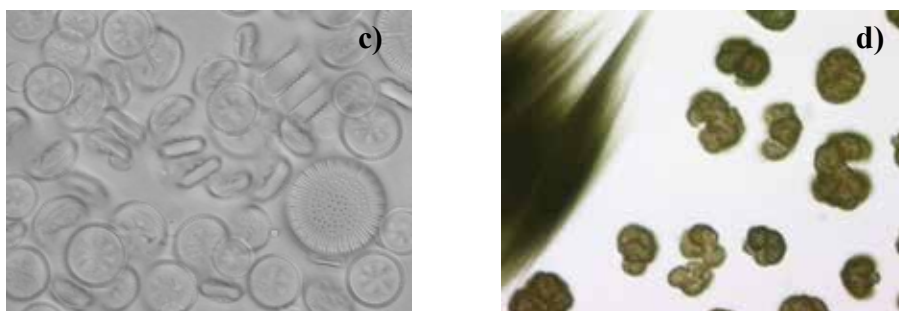
Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Železité a mangánové baktérie , napr. <i>Leptothrix echinata</i> <i>Planktomyces bekefii</i> <i>Crenothrix polyspora</i> <i>Gallionella ferruginea</i> a iné	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vody s obsahom Fe a Mn, koncové vetvy vodovodných sietí s menším odberom vody alebo s jej stagnáciou, staršie vodné zdroje, nedostatočné odstránenie rozpusteného železa, resp. mangánu vodárenskou úpravou ▪ Rýchle zanášanie a upchávanie vodovodných potrubí, korózia rozvodného potrubia ▪ Pevne prirastené vlákna sa preplachom väčšinou neuvoľnia, potrebné mechanické čistenie a dezinfekcia
Sírne baktérie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indikácia prítomnosti sulfánu vo vode ▪ Hnilobné procesy vo vodách
Vláknité baktérie rodov <i>Sphaerotilus</i> , <i>Cladothrix</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nedostatočné hygienické zabezpečenie vodného zdroja s technickými nedostatkami, priesaky, splašky zo znečisteného okolia, indikátory organického znečistenia vôd ▪ Prítomnosť rozložiteľných organických látok v upravenej vode
Aktinomycéty	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indikátory organického znečistenia vôd
Mikromycéty (mikroskopické huby), ich hýfy a spóry , napr. <i>Penicillium</i> <i>Trichoderma</i> <i>Cladosporium Aspergillus</i> <i>Alternaria</i> <i>Rhizopus</i> <i>Paecilomyces</i> kvasinky a iné	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vzdušná kontaminácia – problémy s vetraním vo vodárenských objektoch, transport vzduchom na časticách zeminy, rastlinných zbytkoch, semenách, peľových zrnách a na zaschnutom živočíšnom truse; môžu sa dostávať oknami a ventilátormi do vodárenských objektov, akumuláčnych nádrží, vodojemov a pod.; osídľujú vodárenské filtre, vytvárajú biofilmy a nárusty na pevných podkladoch ▪ Priesaky, splašky zo znečisteného okolia, pôdy ▪ Výluhy z rozložiteľných konštrukčných a spojovacích materiálov - tmely, nátery obsahujúce organické látky ▪ Organické znečistenie vôd, prítomnosť organického substrátu, rozložiteľných organických látok v upravenej vode ▪ Produkcia mykotoxínov a alergénov, rezistencia na chlór, možnosť šírenia vo vodovodných sieťach – vhodnosť prevencie dodržiavaním hygienických opatrení vo vodárenských prevádzkach
Cyanobaktérie (sinice) niektoré druhy rodov <i>Synechococcus</i> <i>Merismopedia</i> <i>Snowella</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netvorí vodný kvet, ako častá zložka fytoplanktónu patria vo vodárenských nádržiach k problematickým organizmom, kolónie sa môžu v procese úpravy vody rozpadáť ▪ Prieňik drobných buniek až do pitnej vody ▪ Niektoré druhy vodárenskou úpravou takmer neodstrániteľné

Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Cyanobaktérie (sinice) najmä rody <i>Microcystis</i> <i>Woronichinia</i> <i>Dolichospermum</i> <i>(Anabaena)</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Planktothrix</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pri masovom rozvoji nežiaduca tvorba tzv. vodných kvetov v povrchovej vrstve a vodnom stĺpci ▪ Produkcia cyanotoxínov ▪ Veľmi problematické organizmy, v procese úpravy vody rozpad a možnosť prieniku buniek a cyanotoxínov až do pitnej vody
Vláknité cyanobaktérie <i>Pseudanabaena</i> <i>Komvophoron</i> <i>Limnothrix</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netvorí vodné kvety, bývajú súčasťou vodných kvetov a nárastov v litoráli vodárenských nádrží ▪ Problematické mikroorganizmy, úpravou sa takmer nezachytia, možnosť prieniku častí vlákien do pitnej vody
Rozsievky najmä rody <i>Aulacoseira</i> <i>Cyclotella</i> <i>Stephanodiscus</i> <i>Ulnaria (Synedra)</i> <i>Fragilaria</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Nitzschia</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planktónové druhy s bunkami ihlicovitého a diskovitého tvaru ▪ Problematické organizmy z hľadiska úpravy vody, rozpad na krátke fragmenty a bunky, veľmi ťažko zachytávané vodárenskou úpravou
Kryptomonády rodov <i>Cryptomonas</i> <i>Chroomonas</i> <i>Rhodomonas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spolu s ďalšími farebnými bičíkovicami jedny z najhoršie odstrániteľných organizmov vodárenskou úpravou
Zelené, schránkaté a iné farebné bičíkovce	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Výskyt v menších alebo väčších počtoch v planktóne ▪ Fototaxia (aktívny pohyb smerom ku zdroju svetla) ▪ Negatívny prejav pri výskyte v surovej vode, únik z vložiek koagulantov a prienik do upravenej vody ▪ Ťažko separovateľné organizmy
Bunkové zelené riasy (bunky, kolónie, cenóbiá)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planktónové organizmy ▪ Veľmi ťažko odstrániteľné vodárenskou úpravou ▪ Ich bunky sa pri vodárenskej úprave uvoľňujú z kolónií a cenóbií, možnosť prieniku až do pitnej vody
Vláknité zelené riasy najmä rody <i>Hormidium</i> <i>Stigeoclonium</i> <i>Cladophora</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nárastové organizmy, možnosť rozpadu na kratšie fragmenty, možný transport vzduchom ▪ Vo vodárenských objektoch viditeľné nárasty na osvetlených plochách, filtroch a pod.

Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Jednobunkové organizmy: bezfarebné bičíkovce nálevníky slncovky	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heterotrofné organizmy (bez chlorofylu) ▪ Priesaky, splašky zo znečisteného okolia, zlé technické riešenie, nedostatočné hygienické zabezpečenie zdrojov, potrubí a vodojemov ▪ Dlhodobejšie znečistenie, kontaminácia odpadovými a povrchovými vodami ▪ Indikátory organického znečistenia vôd
Améby	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heterotrofné organizmy (bez chlorofylu) ▪ Nahromadený sediment a biofilm v slepých zakončeníach rozvodov a rezervoároch vody, pôda, ovzdušie ▪ Rezervoár patogénnych baktérií, zacystované améby sú mimoriadne odolné voči dezinfekcii a dekontaminácii, likvidácia améb spočíva v dezinfekcii vody a prostredia a mechanickom čistení vodárenských zariadení

Železité a mangánové baktérie prejavujúce sa hrdzavými, hrdzavočervenými povlakmi, zanášajú a upchávajú vodovodné potrubia, spôsobujú koróziu a ovplyvňujú pach vody. Sírne baktérie indikujú hnilobné procesy sprevádzané pachovými zmenami. Väčšie množstvo vláknitých baktérií rodov *Sphaerotilus* alebo *Cladotrix* sa prejaví mliečnobielym zákalom vody a jej nepríjemným zápachom. Typický zápach vody v prostredí vodojemov, či vodárenských objektov spôsobujú nárasty mikromycét bielej, sivej až čiernej farby. Slizké, zapáchajúce, tmavozelené až čierne zhluky, porasty v povrchovej vode alebo na vodárenských zariadeniach v objektoch môžu vytvárať nárastové sinice typu *Oscillatorietum* (*Oscillatoria*, *Geitlerinema*, *Phormidium* a i.). Planktónové cyanobaktérie schopné tvoriť vodné kvety v povrchových zdrojoch v podobe makroskopických ihličiek, či vločiek, vytvárajú biomasu sivozelenej, modrozelennej, ale aj červenej farby. Červené vegetačné sfarbenie vody môže indikovať hromadný rozvoj euglen (*E. rubra*, *E. sanguinea*). S vegetačným sfarbením alebo zákalom vrchnej, presvetlenej vrstvy vody sa stretávame pri premnožení bičíkovcov zo skupiny chryzomonád (*Synura*, *Uroglena*, *Dinobryon*). Voda má hnedú, hnedožltú farbu a typický zápach po rybách. Povlaky hnedej, hnedožltej farby na zmáčaných podkladoch, kameňoch v povrchových vodách a osvetlených vodárenských prevádzkach vytvárajú rozsievky. Pri hojnom výskyte panciernatiek (*Peridinium*, *Gymnodinium*, *Ceratium*) je možné pozorovať hnedé vegetačné sfarbenie povrchovej vody, rovnako aj pri premnožení kryptomonád, ako podstatnej zložky jarného a jesenného fytoplanktónu. Premnožené zelené bičíkovce typu *Chlamydomonas* a zelené chlorokokálne riasy môžu vytvoriť zelené vegetačné sfarbenie vody. Niektoré organizmy so vzťahom k procesu výroby a kvalite pitnej vody sú na Obr. 1.





Obr. 1 Niektoré organizmy so vzťahom k procesu výroby a kvalite pitnej vody
a) Železité baktérie; b) Mikromycéty; c) Rozsievky; d) Cyanobaktérie. Zdroj: ÚVZ SR

Jedným z najväčších biologických rizík v procese výroby pitnej vody z povrchových zdrojov vôd je ohrozenie cyanobaktériami. Cyanobaktérie (sinice) sú starobylé prokaryotické organizmy, ktoré nájdeme takmer v každom biotope. Intenzívne hnojenie poľnohospodárskych plôch a vypúšťanie odpadových vôd z domácnosti a priemyselných podnikov s obsahom fosforečnanov a dusičnanov prispievajú k ich hromadeniu vo vodách, k tzv. eutrofizácii. Planktónové druhy cyanobaktérií pri masovom rozvoji vytvárajú tzv. vodné kvety. Ich premnoženie vo vodárenských nádržiach je nežiaduce, jednak z hľadiska ohrozenia ľudského zdravia, a tiež z dôvodu zvýšených finančných nákladov pri úprave vody na pitnú. V povrchovej vode sa mikroskopicky stanovujú producenty a konzumenty [4]. Pri prevádzkovej kontrole kvality vody sa stanovujú živé a mŕtve organizmy, bezfarebné bičíkovce, vláknité, železité a mangánové baktérie, mikromycéty [5]. V pitnej vode sa prítomnosť a počet cyanobaktérií zisťuje mikroskopickým stanovením biologického ukazovateľa - živé organizmy a jeho medzná hodnota je 0 jedincov v 1 ml. Súčasťou vyšetrenia je aj zoznam determinovaných taxónov. Chemický ukazovateľ - mikrocystín LR s medznou hodnotou 1 µg/l sa zisťuje v pitnej vode upravenej z povrchových vôd z vodárenských nádrží v období očakávaného zvýšeného výskytu cyanobaktérií. Za zvýšený výskyt sa považuje počet cyanobaktérií nad 20 000 buniek/ml v povrchovej vode [6].

Rôzne druhy cyanobaktérií so schopnosťou tvorby toxínov produkujú rôzne cyanotoxíny. Najviac rozšírenými cyanotoxínmi, a vzhľadom k tejto skutočnosti aj najviac skúmanými, sú mikrocystíny. Sú to cyklické heptapeptidy s hepatotoxickými účinkami na ľudí a zvieratá. Ich producentami sú predovšetkým morfotypy rodu *Microcystis*, ale produkuje ich aj mnoho ďalších planktónových rodov, ako napr. *Planktothrix*, *Dolichospermum/Anabaena* a *Woronichinia naegeliana*. Okrem mikrocystínov je však známym cyanotoxínom anatoxín, produkovaný rodmi *Dolichospermum/Anabaena*, *Planktothrix* a *Aphanizomenon*. Neurotoxín saxitoxín produkujú rody *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* a *Dolichospermum/Anabaena*. Producentami ďalšieho toxínu cylindrospermopsínu, ktorý bol už detegovaný v niektorých našich vodách na kúpanie, sú *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Aphanizomenon* a *Raphidiopsis*. Ďalšími významnými produktami cyanobaktérií sú rôzne lipopolysacharidy, ktoré sú zodpovedné za nežiaduce účinky na zdravie ľudí [7].

Dlhodobým premnožovaním cyanobaktérií sú na Slovensku ohrozené najmä vodárenské nádrže Turček, Málinec, Klenovec a Hriňová, ktoré sú od roku 2007 sledované Úradom verejného zdravotníctva Slovenskej republiky v Bratislave a príslušnými regionálnymi úradmi verejného zdravotníctva v SR. Typickými druhmi siníc v nádrži Turček sú *Aphanizomenon flos-*

aquae a *A. gracile*. Bolo však zaznamenané aj premnoženie invázneho druhu *Planktothrix rubescens*, ktorý spôsobil červenú farbu vody a ľadu, hlavne v zimných mesiacoch. Zvýšené počty buniek týchto druhov cyanobaktérií boli zaznamenané aj v horizontoch povrchovej vody určených na odber pre pitnú vodu. V sinicových vodných kvetoch vodárenskej nádrže Málinec prevláda obyčajne *Woronichinia naegeliana*. Sprievodnými druhmi bývajú cyanobaktérie rodu *Microcystis*, sporadicky sa vytváral aj vodný kvet s dominanciou rodu *Dolichospermum* a *Aphanizomenon flos-aquae*. V biomase cyanobaktérií (vodný kvet) boli v laboratóriu ÚVZ SR zaznamenané mikrocystíny. Druhovým zložením cyanobaktérií je podobná nádrž Klenovec, s dominantným druhom *Woronichinia naegeliana* a druhmi rodu *Microcystis* a *Dolichospermum*. Sporadicky vo vodnom kvete dominoval *Aphanizomenon flos-aquae*. V biomase cyanobaktérií boli zaznamenané mikrocystíny. Vo vodárenskej nádrži Hriňová boli dominantnými druhmi *Woronichinia naegeliana*, druhy rodu *Microcystis* a druhy rodu *Dolichospermum*. V biomase cyanobaktérií boli zaznamenané mikrocystíny.

Vývoj biologického oživenia, ktoré významne ovplyvňuje kvalitu vody, je veľmi ťažké predpokladať. Na základe dobrej znalosti vodných útvarov a dlhodobých údajov o prítomnosti skupín organizmov, o počtoch ich buniek, jedincov a druhovom zložení, je možné predvídať riziko z ich prítomnosti a rozmnoženia a následne ho eliminovať. To si ale vyžaduje prácu erudovaných pracovníkov – biológov, ich sústavné vzdelávanie, vykonávanie pravidelného a dôkladného monitoringu lokalít, a samozrejme, spoluprácu všetkých zainteresovaných organizácií.

Literatúra

- [1] SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A.: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. 1. díl: Destruenti a producenti. Česká vědeckotechnická vodohospod. společnost, Praha, 1996, 351 s., ISBN 80-02-01080-9.
- [2] NAGYOVÁ, V., CHOMOVÁ, L., VALOVIČOVÁ, Z.: Význam monitorovania biologického oživenia v procese výroby pitnej vody. In: Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda, 19.-21.9.2017, Trenč. Teplice, Jana Buchlovičová, Danka Barloková (Edit.), VodaTím s.r.o., s. 217–222, ISBN 978-80-971272-5-1.
- [3] NAGYOVÁ, V., CHOMOVÁ, L.: Cyanobaktérie v slovenských vodárenských nádržiach stále aktuálne. In: Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda, 8.-10.10.2019, Trenčianske Teplice, Jana Buchlovičová, Danka Barloková (Edit.), VodaTím s.r.o., s. 79–86, ISBN 978-80-971272-7-5.
- [4] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov
- [5] Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch
- [6] Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou.
- [7] Toxic: Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis. Editors: Meriluoto, J., Codd, G. A., Åbo: Åbo Akademi University Press, 2005, (Acta Academiae Aboensis. Ser. B, Mathematica et physica, ISSN 0001-5105; vol. 65, no. 1), ISBN 951-765-259-3.

VÝSKYT SINÍC NA VODNEJ NÁDRŽI TURČEK

Ing. Pavol Mikula

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik, Povodie dolného Váhu, Odštepný závod, Nábřežie I. Krasku 3/834, 821 90 Piešťany
Oddelenie Vodohospodárske laboratórium Žilina,
Kuzmányho 10, 012 05 Žilina
Pavol.Mikula@svp.sk, 041/5620592

Abstrakt: Vodná nádrž Turček zabezpečuje akumuláciu vody pre úpravu na pitnú vodu. Napriek priaznivej lokalizácii nádrže a nízkej dotácii nutričov a znečistenia zo zberného územia sa zaznamenalo v posledných rokoch zvýšené oživenie sinicami s výraznou dominanciou druhu *Planktothix rubescens*. Metalimnická sinica má schopnosť prežívať v nádrži a skoncentrovať sa v nižších vrstvách pod hladinou v koncentráciách 30 000 - 50 000 buniek/ml. Ovplyvňuje chemické vlastnosti vody prirodzenými asimilačnými procesmi a rozkladnými produktami po úhyne a následnom rozklade. Sinice komplikujú procesy úpravy vody a vytvárajú potenciálne riziko ohrozenia kvality pitnej vody. Príspevok sa zoberá rozšírením siníc v nádrži v rokoch 2020 - 2021 a ich vplyvom na nádrž.

Abstract: The Turček reservoir ensures the accumulation of water for drinking water treatment. Despite the favorable location of the reservoir and the low subsidy of nutrients and pollution from the collection area, an increased recovery by cyanobacteria with a significant dominance of the species *Planktothix rubescens* has been recorded in recent years. Cyanobacteria has the ability to survive in the reservoir and concentrate in the lower layers below the surface at concentrations of 30,000-50,000 cells / ml. It affects the chemical properties of water through natural assimilation processes and decomposition products after death and subsequent decomposition. Cyanobacteria complicate water treatment processes and create a potential risk to drinking water quality. The paper deals with the distribution of cyanobacteria in the reservoir in the years 2020-2021 and their impact on the reservoir.

Kľúčové slová: sinica, nádrž Turček, oživenie vody, *Planktothix rubescens*

Keywords: cyanobacteria, reservoir Turček, water revival, *Planktothix rubescens*

VN Turček sa nachádza nad obcou Turček v okrese Turčianske Teplice, celková plocha nádrže je 54 ha celkový objem 10,8 mil. m³ (Obr. 1). Zabezpečený vodárenský odber je 500 l/s. Slúži na akumuláciu vody na výrobu pitnej vody pre okresy Prievidza, Žiar nad Hronom a Martin. Nachádza sa lesnom prostredí, v jej zbernom území sa nenachádza osídlenie, priemysel ani intenzívne poľnohospodárstvo. Správca nádrže je Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. V rámci svojej činnosti zabezpečuje prevádzku a údržbu nádrže a zároveň monitoruje kvalitu vody od jej uvedenia do prevádzky v roku 1996.

Obr. 1 Vodná nádrž Turček



Monitorovanie kvality sa vykonáva na stabilných monitorovacích miestach v nádrži v horizontálnom aj vertikálnom smere na 4 - 5 ich monitorovacích miestach (Obr. 2) s odberom vzoriek po 5 ich metroch hĺbky a in situ meraniami (pH, rozpustený kyslík, vodivosť, teplota vody) po každom metri hĺbky. V nádrži sa monitoruje 3 x ročne (jar, leto, jeseň) vybraný rozsah fyzikálno-chemických, mikrobiologických a hydrobiologických ukazovateľov. V mesačných intervaloch sa monitoruje kvalita vody na úrovni každého odberného horizontu vodárenského odberu (H1, H2, H3). Pravidelne sa monitoruje aj kvalita prítokov nádrže (Turiec, Javorovec, Kaltwasser). Tento príspevok je zameraný len na sinice a ich rozšírenie v nádrži.

Obr. 2 Situačná mapa s rozmiestnením monitorovacích miest



Pozn.: Monitorovacie miesto č. 4 sa zaradzuje do monitorovania podľa potreby

VN Turček je mezotrofná nádrž s nízkym prísunom nutrientov (Tab. 3) a s veľmi nízkou mineralizáciou. Napriek tomu tu v posledných rokoch dochádza k významnému rozvoju siníc.

Tab. 3 Obsah nutrientov a mineralizácia surovej vody v horizontoch VN Turček za r. 2021

Ukazovateľ	Jedn.	Horizont H1			Horizont H2			Horizont H3		
		Priem	Min	Max	Priem	Min	Max	Priem	Min	Max
Dusík organický	mg/l	0,26	0,11	0,51	0,24	0,12	0,53	0,27	0,14	0,45
Dusík celkový	mg/l	1,04	<1,00	1,10	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,20
Fosfor celkový	mg/l	0,022	0,011	0,031	0,015	0,013	0,020	0,014	0,011	0,018
Vápnik	mg/l	11,8	10,6	12,8	11,5	10,4	12,6	14,4	10,5	26,5
Horčík	mg/l	2,6	2,2	2,9	2,6	2,2	3,0	2,7	2,3	4,3
Vodivosť	mS/m	9,3	8,9	10,3	9,1	8,8	9,4	11,2	8,8	24,3
Rozpustené látky	mg/l	77	60	95	76	60	103	85	65	130

Sinice v nevýznamných až zanedbateľných koncentráciách boli sporadicky súčasťou oživenia nádrže od jej napustenia. Dominantným druhom v nádrži v súčasnosti je sinica *Planktothrix rubescens*. Po prvý raz boli sinice *Planktothrix rubescens* zaznamenané v nádrži v roku 2015. Počnúc rokom 2019 sa zistila zvýšená intenzita výskytu tejto metalimnickej sinice a laboratórium sa zameralo na monitorovanie siníc v celej nádrži a tiež na úrovni odberných horizontov vodárenského odberu H1 - H3. Monitorovanie je vykonávané celoročne v priebehu prirodzených cyklických zmien, ktoré v nádrži prebiehajú. V rokoch 2020 a 2021 bolo zistené intenzívne rozšírenie siníc v celej nádrži s dominanciou sinice rodu *Planktothrix rubescens*. V roku 2020 bolo zaznamenané aj zvýšené rozšírenie sinice *Aphanizomenon flos-aquae*.

Obr.4 *Planktothrix rubescens*



Planktothrix rubescens je chladomilná metalimnická vláknitá sinica, ktorá sa vyskytuje pod eufotickou vrstvou a má nízke nároky na intenzitu slnečného svitu. Úspešne prežíva vo vode s nízkym obsahom nutrientov na báze dusíka a fosforu. Darí sa jej aj v podmienkach čistých vôd s nízkym stupňom znečistenia vplyvom ľudskej činnosti. V podmienkach VN Turček prežíva celoročne a existujúce podmienky vyhovujú pre jej rast a rozmnožovanie. Počas letnej stratifikácie nádrže sa dokáže lokálne skoncentrovať v metalimniu v hĺbkach 8 - 13 m s nižším

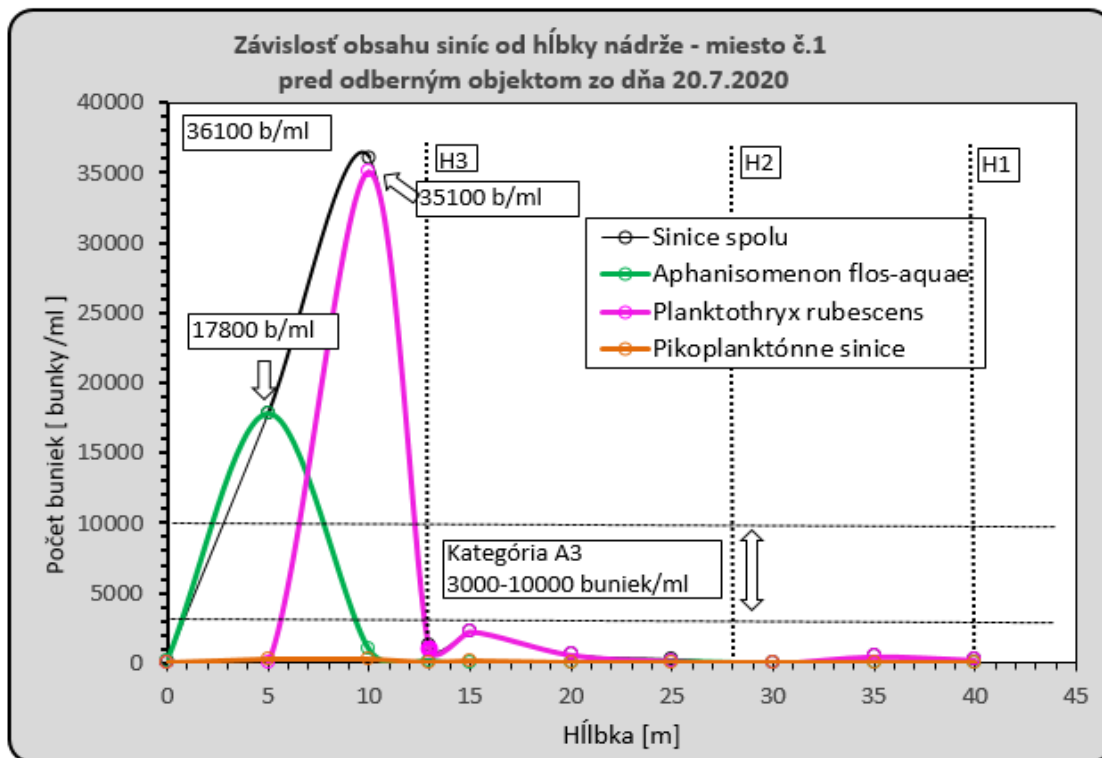
prienikom slnečného svitu, pričom na hladine nádrže nie je vizuálne pozorovateľná. V zimnom období sa približuje k hladine a môže spôsobiť lokálne sfarbenie ľadovej pokrývky do fialova. Vlákna sinice majú typickú ružovú až fialovú farbu.

Výskyt siníc vo VN Turček v roku 2020

V jarnom období (monitorovanie zo dňa 29.4.2020) boli sinice rozptýlené horizontálne aj vertikálne v celej nádrži vplyvom jarnej cirkulácie a zistené počty siníc v analyzovaných vzorkách boli od cca 300 - 1580 buniek/ml (kategória A2 podľa NV SR č. 269/2010 Z. z., príl. 2).

V letnom období (Graf 5) boli vo zvýšených počtoch identifikované aj sinice *Aphanisomenon flos-aquae*. Celkový obsah siníc v lete výrazne stúpol a ich distribúcia vykazovala výraznú stratifikáciu. Pre sinice *Planktothrix rubescens* v hĺbke cca 10 m (max. 5100 buniek/ml v mieste 1/10m) a pre sinice *Aphanisomenon flo-aquae* v hĺbke cca 5 m (max. 17 800 buniek/ml v 1/5m). Pri letnom odbere sa zistila tiež prítomnosť pikoplanktónnych kokálnych foriem siníc (*Chlorococcales*). Maximum 340 zhukov/ml sa zistilo v monitorovacom mieste č. 1 a hĺbke 5 m.

Graf 5



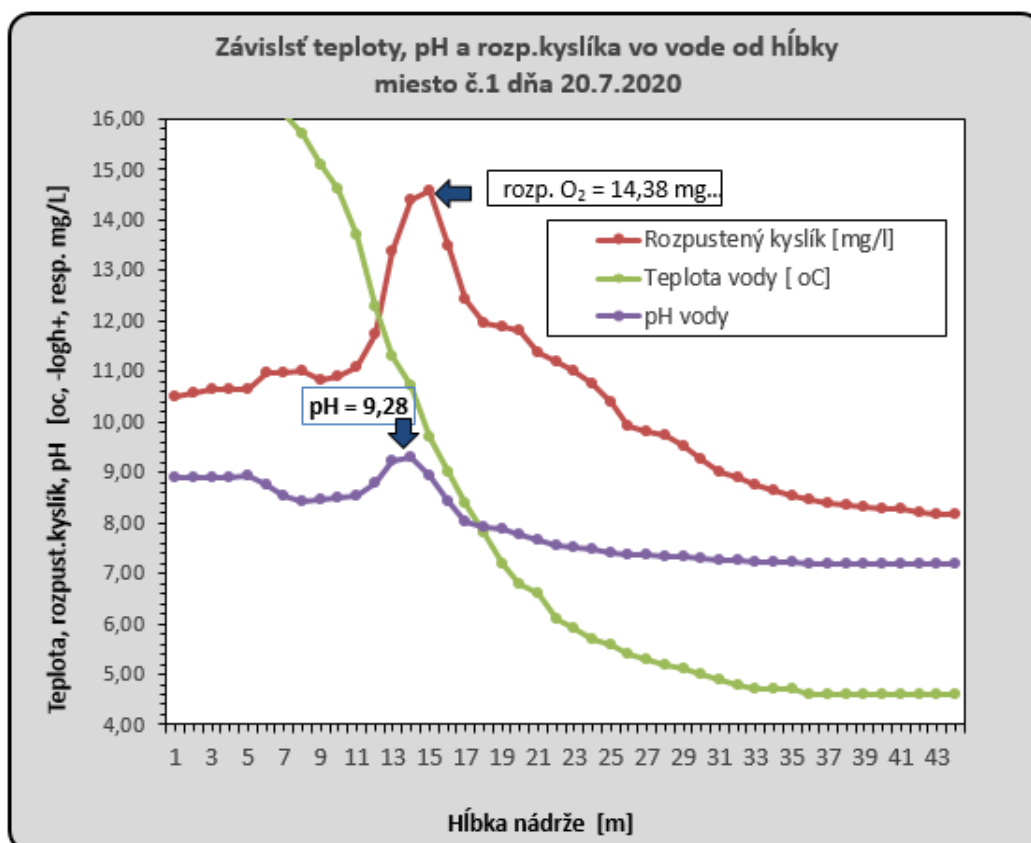
Smerom k prítokom sa ich obsah znižoval, napriek tomu sa v miestach č. 1, 2 a 4 zistili hodnoty >10000 buniek/ml. V jesennom období obsah siníc poklesol. Maximálny zistený počet siníc v nádrži bol 4280 b/ml (miesto č. 1 v hĺbke 10 m) a boli zastúpené len sinicami *P. rubescens*. Sinice boli celoročne prítomné v surovej vode na úrovni odberných horizontov (Tab. 6).

Tab.6 Prítomnosť siníc na úrovni horizontov vodárenského odberu počas roka 2020

	Výsledky hydrobiologických skúšok											
	P. rubescens			Aphanizomenon sp.			Chromophyta (rozsievky)			počet autotrofných org.		
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3
13.1.2020	1320	1400	1480	360	320	320	30	18	29	1719	1753	1837
3.2.2020	1000	720	1400	160	20	40	34	20	100	1194	747	1553
2.3.2020	960	1400	1040	80	280	200	480	850	1200	1530	2530	2440
27.4.2020	2680	3000	3720	0	40	120	480	850	1200	1530	2530	2440
18.5.2020	320	1560	4200	0	0	0	331	282	1353	658	1846	5557
8.6.2020	240	880	17600	0	0	0	210	280	666	464	1088	18278
20.7.2020	520	200	3320	0	80	160	0	19	87	520	301	3579
10.8.2020	640	700	4740	0	0	0	94	120	22	747	833	4798
21.9.2020	1080	1120	740	0	80	20	4	16	166	1092	1249	932
12.10.2020	160	320	1640	0	0	0	4	16	166	1092	1249	932
9.11.2020	80	3480	3200	0	0	0	27	43	33	107	3525	3240
30.11.2020	3240	2160	1880	0	0	0	50	26	4	3292	2786	1884
	Kategória A3			19,40%			Prekročenie kategórie A3			2,80%		

Maximálna hodnota hustoty oživenia sinicami za rok 2020 sa zistila v mesiaci jún (8.6.2020, 17 600 buniek/ml) na úrovni horizontu H3. Na úrovni horizontu H2 sa zistilo prekročenie hodnoty 3000 buniek len v mesiaci november, keď došlo k vertikálnej distribúcii siníc vplyvom jesennej cirkulácie nádrže (3480 buniek /ml v H2 9.11.2020). Takmer po celý rok tak obsah siníc na úrovni horizontu H2 (využívaného na vodárenský odber), predstavoval kvalitu zodpovedajúcu kategórii A2. V oblasti zvýšeného výskytu siníc v nádrži v letnom období (maximum v hĺbke cca 10 m) došlo k lokálnemu nárastu obsahu kyslíka a pH (Graf 7).

Graf 7



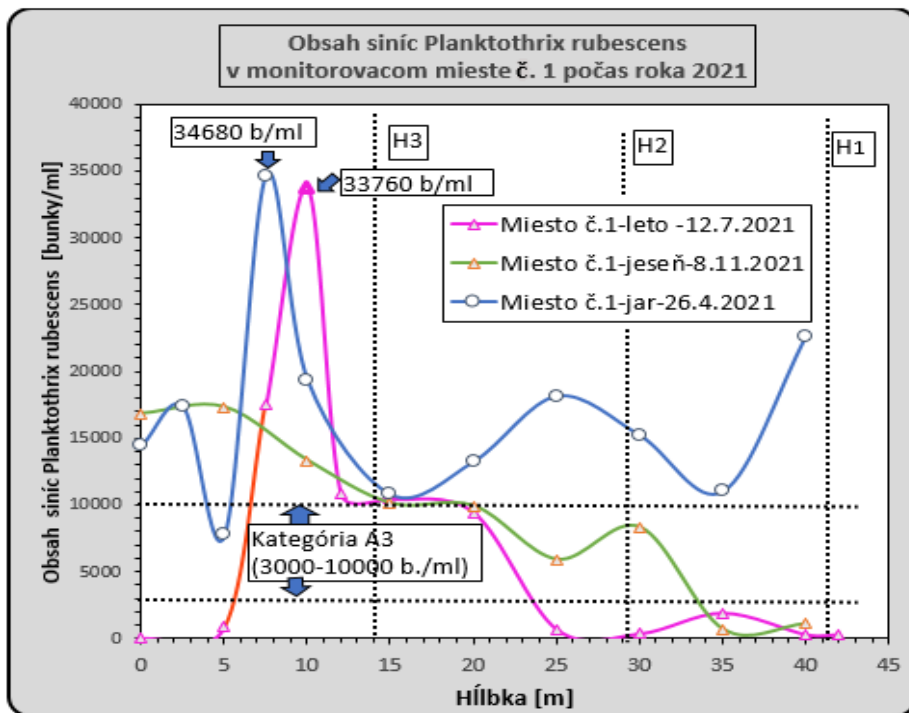
Vplyvom asimilácie voľného CO₂ z vody sinicami došlo následne tiež ku nárastu pH. Nízka mineralizácia vody má za následok zníženú tlmiúcu kapacitu vody, ktorá je tak viac náchylná k zmenám pH. Maximálna zaznamenaná hodnota pH bola 9,28 a obsah rozpusteného kyslíka 14,38 mg/l. Náhle zvýšenie obsahu rozpusteného kyslíka v metalimnickej oblasti nádrže indikovalo oblasť so zvýšenou hustotou oživenia sinicami *Planktothrix rubescens*.

Výskyt siníc v roku 2021

Obsah siníc v nádrži bol vysoký už jarnom období roku 2021 (Graf 8, 26.4.2021). Oproti jesennému obdobiu bolo oživenie sinicami na všetkých monitorovacích miestach výrazne zvýšené a takmer výlučne zastúpené rodom *Planktothrix rubescens*. V mieste č.1 pred odberným objektom kolísal v rozmedzí 7760 – 34 680 buniek/ml. Maximum výskytu sa zistilo v hĺbke 7,5 m. Obsah siníc oproti jesenným meraniam z roku 2020 (max. 4280 buniek/ml) významne stúpol a nádrž obsahovala doteraz najvyššie oživenie sinicou. V celom monitorovanom objeme nádrže boli zistené hodnoty nad 10 000 b/ml (Graf 8). V zimnom období teda došlo k neočakávanému nárastu obsahu siníc, čo dokumentuje skutočnosť, že sú veľmi dobre adaptované aj na zimné podmienky aké sú v oblasti VN Turček. Počas letnej

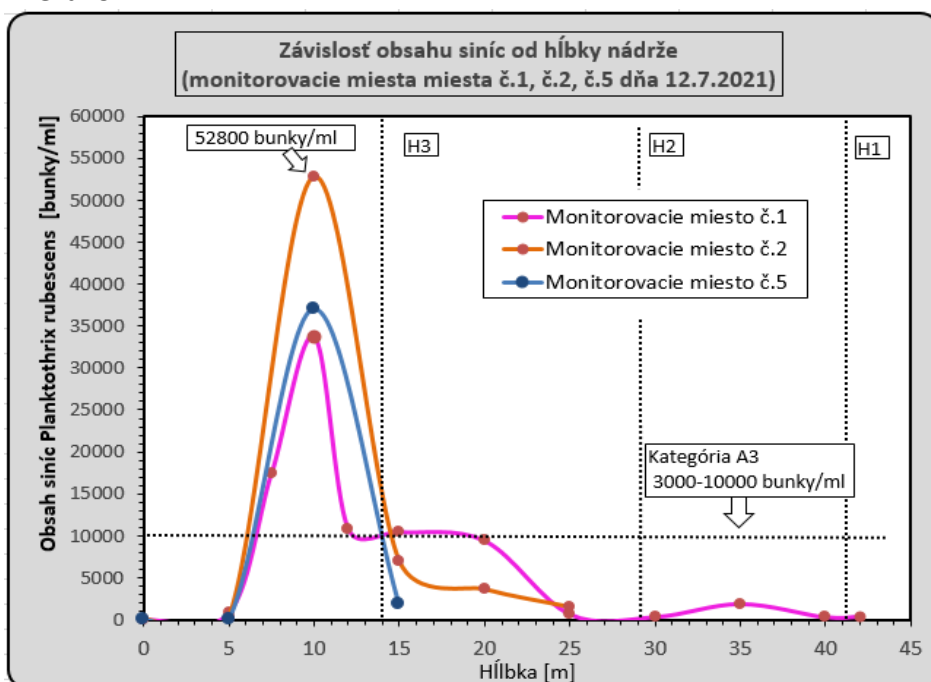
stagnácie nádrže, rovnako ako v roku 2020, došlo k stratifikácii a zahusteniu obsahu siníc v úzkej oblasti s maximom výskytu v hĺbke cca 10 m. V oblasti pred odberným objektom bola najvyššia zistená hodnota 33 760 b/ml. Maximum výskytu sa nachádzalo cca 3 - 4 m nad úrovňou horizontu H3. V oblasti pod 25 m hĺbky boli zistené počty siníc pod hodnotou 2000 b/ml.

Graf 8



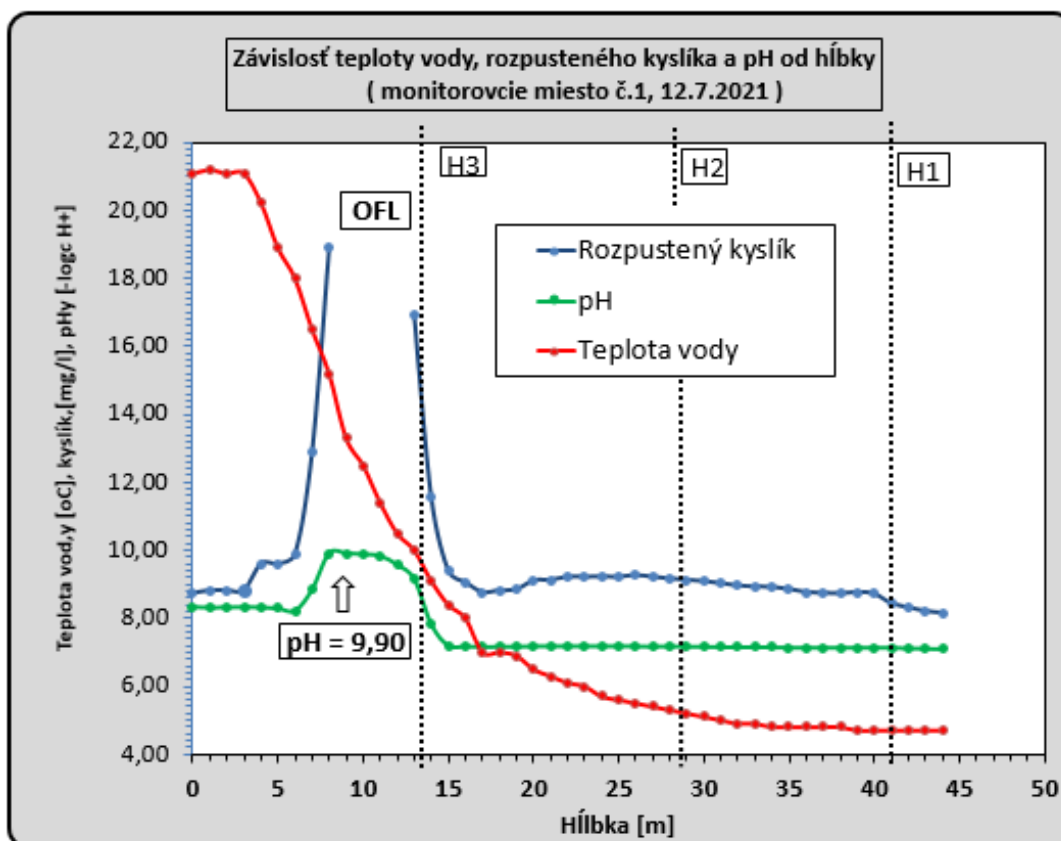
V iných miestach nádrže (monitorovacie miesta č. 2 a č. 5) bola vertikálna distribúcia siníc počas letného obdobia podobná ako v mieste č. 1 v najhlbšej časti nádrže (Graf 9).

Graf 9



V celej nádrži boli sinice skoncentrované s maximom v hĺbke cca 10 m. V monitorovacom mieste č. 2 v ramene prítoku Turiec bol zistený obsah siníc *P. rubescens* 52 800 b/ml a v mieste č. 5 v ramene prítoku Javorovec (Ružová) obsah siníc dosiahol hodnotu 37 000 b/ml. Detailné in situ merania pomocou hĺbkovej multimetrickej sondy v letnom období potvrdili, že v mieste s maximom výskytu siníc došlo k nebývalému nárastu obsahu rozpusteného O₂ (až mimo meraciu schopnosť zariadenia) a zároveň ku extrémnemu nárastu pH až na hodnotu 9,90 v hĺbke 8 - 10 m. Vplyv siníc na pH a obsah kyslíka sa prejavil výraznejšie ako v roku 2020.

Graf 10



V jesennom období (8.11.2021) bol zaznamenaný v nádrži už nižší výskyt siníc ako v letnom období. Monitorovanie bolo vzhľadom na aktuálne pandemické a personálne podmienky obmedzené na monitorovacie miesto č. 1 v najhlbšej časti nádrže. V čase odberu prebiehala jesenná cirkulácia nádrže. Teplota vrstvy vody v hĺbke 0 - 25m bola vyrovnaná a kolísala v rozmedzí 11,0 - 11,8 °C. Obsah siníc *Planktothix rubescens* ktoré boli dominantným druhom sa premiešaním viac vyrovnal a najvyššia zistená hodnota v mieste č. 1 poklesla na úroveň 5300 b/ml (Graf.8.). Celoročné monitorovanie obsahu siníc v surovej vode na úrovni odberných horizontov potvrdilo zvýšenú hustotu výskytu oproti roku 2020. Vysoký obsah siníc sa zistil v mesiaci apríl, kedy vo všetkých horizontoch obsah siníc prekročil hodnotu 10 000 b/ml a bol pomerne rovnomerný (15360 - 18 360 b/ml). Najvyššie oživenie sinicami za príslušné mesiace sa vo väčšine prípadov potvrdilo v horizonte H3, kde až v 50 % vzoriek boli zistené hustoty výskytu nad 10 000 b/ml (Tab. 11). Horizontu H3 je najbližšie k hladine a hĺbka v ktorej sa nachádzal bola v priebehu roka cca 13 - 14m v závislosti od zásoby vody. Najvyššie hodnoty obsahu siníc boli zistené v mesiaci november, keď došlo k jesennej cirkulácii nádrže.

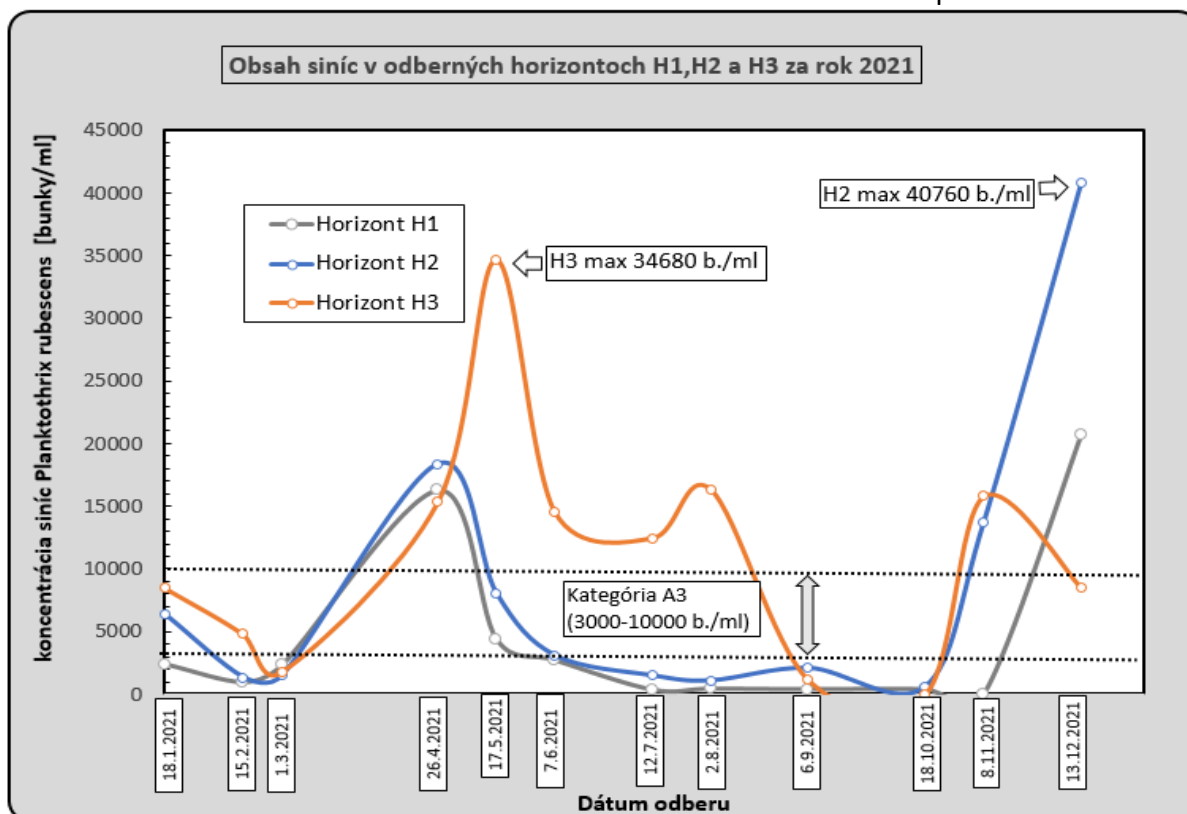
V horizonte H2, ktorý sa najviac využíva na vodárenské odbery bol zistený obsah *Planktorhrix rubescens* 40 640 b/ml. V mesiaci október sa zistil stav, kedy v horizonte H3 nebolo zistené v analyzovanej vzorke výnimočne žiadne oživenie sinicami a neboli prítomné ani žiadne iné organizmy, ktoré sú tradične zložkami biosetónu v nádrži. Mimoriadne nízke oživenie bolo v tom čase zistené aj na úrovni ostatných horizontov.

Tab. 11 Prítomnosť siníc na úrovni horizontov vodárenského odberu počas roka 2021

	Výsledky hydrobiologických skúšok												
	P. rubescens			Aphanizomenon sp.			Chromophyta (rozsievky)			počet autotrofných org.			
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	
18.1.2021	2400	6360	8480	0	0	0	17	7	32	2424	6367	8523	
15.2.2021	960	1360	4800	0	0	0	24	24	12	986	1384	4812	
1.3.2021	2320	1480	1800	0	0	0	2	10	2	2326	1490	1804	
26.4.2021	16280	18360	15360	0	0	0	184	230	230	16464	18590	15590	
17.5.2021	4400	8040	34680	0	0	0	157	155	128	4561	8197	34872	
7.6.2021	2720	3080	14560	0	0	0	60	31	166	2788	3113	14726	
12.7.2021	360	1480	12480	0	0	0	56	98	60	416	1580	12546	
2.8.2021	440	1080	16360	0	0	0	127	120	47	585	1202	16422	
6.9.2021	400	2080	1160	0	0	0	17	66	0	424	2153	1160	
18.10.2021	400	600	0	0	0	0	30	30	0	434	636	0	
8.11.2021	0	13720	15802	0	0	0	0	16	142	2	13748	15996	
13.12.2021	20720	40640	8440	0	120	80	67	50	7	20827	40843	8574	
	Kategória A3						19,40%	Prekročenie kategórie A3			30,60%		

Hodnota 40 760 b/ml je doteraz najvyššia hodnota zistená na úrovni horizontov vodárenského odberu (Graf 12).

Graf 12 Prítomnosť siníc na úrovni horizontov vodárenského odberu počas roka 2021



Chemické analýzy surovej vody na úrovni odberných horizontov preukázali, že v období mesiacov august - október došlo ku extrémnemu nárastu hodnôt predovšetkým v ukazovateľoch farba, železo, mangán, amoniakálny dusík a zároveň k zásadnému a atypickému poklesu obsahu rozpusteného kyslíka v horizonte H3, kde predtým kyslík vykazoval maximálne hodnoty (Tab. 13). Zistil sa aj cudzorodý zápach vzorky z horizontu H3 a zvýšené hodnoty mikrobiologických ukazovateľov. Zároveň poklesla intenzita oživenia sinicami a tiež iným skupinami organizmov ktoré sú bežne prítomné v nádrži až na stav, keď v horizonte H3 nebolo zistené v mesiaci október prakticky žiadne oživenie.

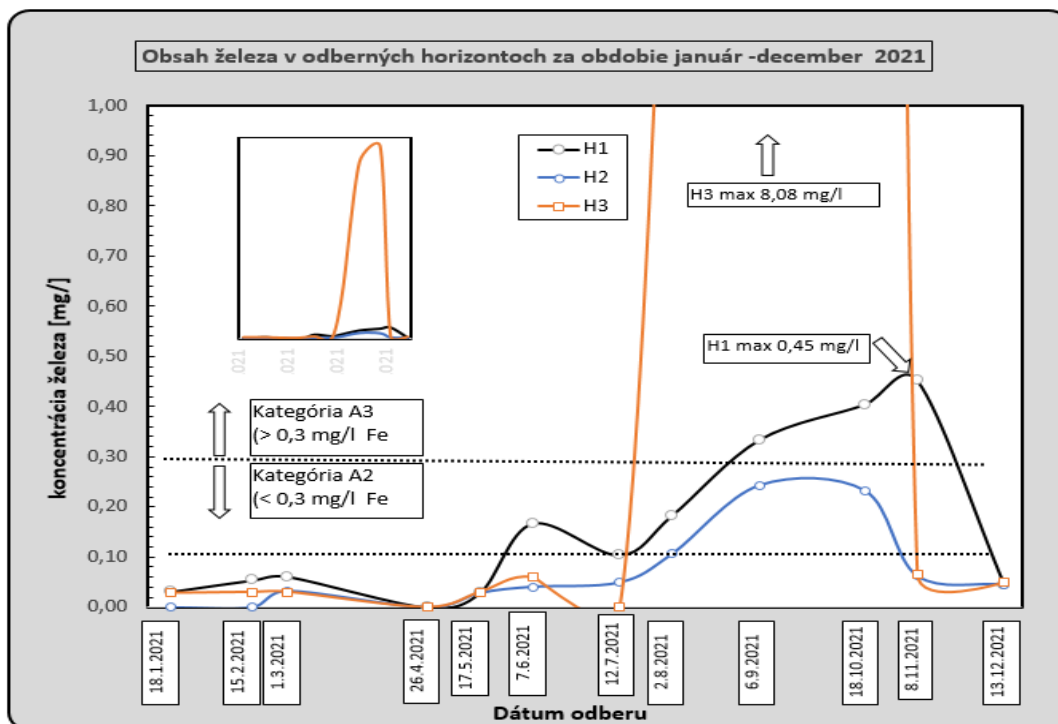
Tab. 13 Vplyv rozkladných procesov biomasy siníc na kvalitu vody v horizonte H3

Ukazovateľ	Jedn.	17.5.2021	7.6.2021	12.7.2021	2.8.2021	6.9.2021	18.10.2021	8.11.2021	13.12.2021
Farba	mg Pt/l	20,0	17,0	28,0	34,0	160,0	190,0	13,0	9,0
Amoniakálny dusík	mg/l	<0,01	0,02	0,02	0,11	0,09	0,88	0,02	0,020
Železo	mg/l	0,03	0,06	<0,03	1,90	7,45	8,08	0,07	0,05
Mangán	mg/l	<0,01	0,01	0,01	0,39	1,10	0,91	0,03	0,01
Rozpustený kyslík	mg/l	11,5	11,1	10,4	10,3	2,8	3,6	9,0	9,5
pH		7,63	7,48	7,95	8,82	6,70	6,62	7,66	7,660
Vodivosť	mS/m	8,86	8,81	8,75	9,26	20,80	24,30	9,10	8,820
Koliformné baktérie	KTJ/100	0	9	7	17	3	0	3	2
Kultivovateľné b. pri 22°C	KTJ/1 ml	49	60	69	269	45	5	71	55
Kultivovateľné b. pri 36°C	KTJ/1 ml	7	7	1	243	7	0	7	4
Planktothrix rubescens	b/ml	34680	14560	12480	16360	1160	0	15800	34680

mimoriadne zhoršené výsledky
náhly pokles oživenia

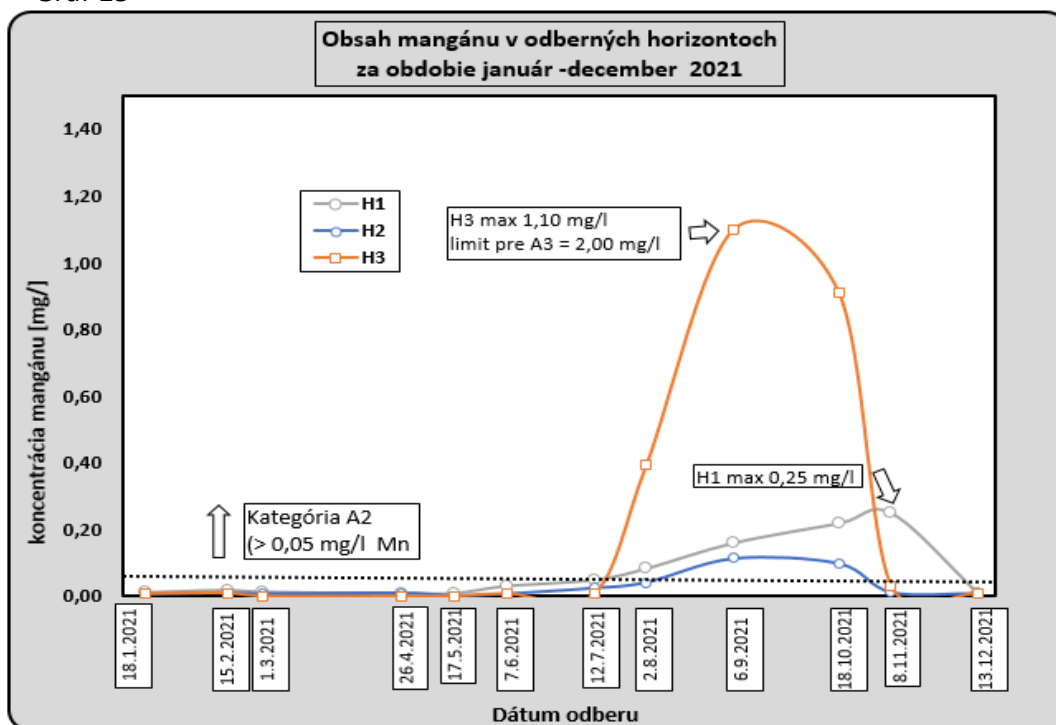
V letnom období pri skoncentrovaní siníc v metalimniu v oblasti cca 10m (Graf 8) postupne došlo ku asimilácii CO₂ a postupnému zvyšovaniu obsahu kyslíka a nárastu pH (Graf 10). pH stúplo úroveň blízku pH 10. Extrémne chemické podmienky natoľko limitovali sinice, že v tejto vrstve s vysokou hustotou ich výskytu zapríčinili ich úhyn, rozklad a následné chemické zmeny, ktoré sa prejavili v najvyššej miere na úrovni horizontu H3. Extrémne nárasty koncentrácií sa prejavili len v najvyššom horizonte H3, v ostatných horizontoch bolo ovplyvnenie výrazne menšie. Chemické zmeny sa prejavili v najvyššej miere v náraste koncentrácií železa (Graf 14).

Graf 14



Bolo zistené až cca 200-násobné zvýšenie oproti bežným hodnotám, keď max. hodnota bola až 8,08 mg/l. Takýto stav v nádrži nebol zaznamenaný ani po jej napustení. Rádové zvýšenie koncentrácií sa zistilo aj pri farbe (max. 190 mg Pt/l) a mangáne (max. 1,1 mg/l) (Graf 15).

Graf 15



V priebehu mesiaca november už fyzikálno-chemické parametre v oblasti všetkých horizontov dosiahli normálne hodnoty. Došlo však ku opätovnému nárastu výskytu siníc. Zaznamenali sme celoročnú maximálnu hodnotu 40 760 b/ml (horizont H2, 13.12.2021). Výrazný nárast obsahu siníc koncom roka 2021 mohol byť podporený prítomnosťou chemických faktorov, ktoré mali pôvod v dekompozícii siníc.

Záver

Výsledky monitorovania nádrže a surovej vody z odberných horizontov na VN Turček potvrdzujú niekoľkoročnú dominantnú prítomnosť metalimnických vláknitých siníc *Planktothrix rubescens*, ktoré v podmienkach nádrže počas letnej stratifikácie vytvárajú vrstvu s vysokými hustotami výskytu (30 000 - 50 000 b/ml). Sú detekovateľné na základe chemických stôp ktoré vznikajú ich asimilačnou činnosťou (rozpustený kyslík, pH). Výsledky potvrdzujú, že vplyvom zmien, ktoré sami vyvolajú (nárast pH až na hodnoty blízke pH 9,90) môže dôjsť až ku ich úhynu a následnému ovplyvneniu kvality surovej vody. Sinice *Planktothrix rubescens* sa teda môžu dlhodobo usídlieť aj v nádržiach s nízkym stupňom znečisťovania a prísunom nutrientov a s nízkou mineralizáciou vody. Prítomnosť siníc môže komplikovať technologické postupy pri úprave vody. V mimoriadnom prípade môžu sinice po ich premnožení a následnom úhynu vyvolať aj nečakané a výrazné lokálne chemické zmeny v kvalite vody, ako tomu bolo aj na VN Turček.

Výskyt cyanobaktérií vo vodárenských nádržiach – VN KLENOVEC

Mgr. Eva Polakovičová

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK š. p., Povodie Hrona , odštepny závod
Odbor ekológie a vodohospodárskych laboratórií, Sládkovičova 31, Banská Bystrica
Eva.Polakovicova@svp.sk

Abstrakt: SVP, š. p., Povodie Hrona, odštepny závod, so sídlom v Banskej Bystrici má správu nad Vodárenskou nádržou Klenovec a pravidelne vykonáva monitoring v ochranných pásmach vodárenskej nádrže so zameraním na činnosti, ktoré môžu ohroziť kvalitu povrchových a podzemných vôd na území ochranných pásiem vodárenského zdroja a sleduje a hodnotí vývoj kvality vody vo Vodárenskej nádrži Klenovec a jej prítokoch po stránke fyzikálno-chemických, mikrobiologických, biologických ukazovateľov kvality vody. Súčasťou monitorovania je aj hodnotenie biologických prvkov kvality vody so zameraním na výskyt cyanobaktérií vo vodárenskej nádrži.

Abstract: Slovak water management enterprise, Basin of Hron, branch with headquarters in Banská Bystrica has administrative powers over reservoir Klenovec and performs continuous monitoring in protected areas near water bodies focusing mainly on activities that may endanger quality of surface and subterranean water resources in the protected areas and is overseeing and evaluating development of water quality in reservoir Klenovec and its tributaries in terms of physico-chemical, microbiological, biological indicators of water quality. The monitoring also includes the evaluation of biological elements of water quality with a focus on the occurrence of cyanobacteria in the water reservoir.

Kľúčové slová: biosestón, fytoplanktón, cyanobaktérie, abundancia, vodárenská nádrž

Keywords: bioestone, phytoplankton, cyanobacteria, abundance, water reservoir

Vývoj vodných a vodárenských nádrží na Slovensku, stavba priehrad sa u nás viaže k obdobiu vývoja banského priemyslu hlavne za účelom získavania zásob vody pre banský priemysel. Na Slovensku je v súčasnosti vybudovaných 281 vodných nádrží, ktoré spadajú pod správu Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. Z uvedeného počtu vybudovaných nádrží je 231 malých nádrží a 50 nádrží je zaradených do svetového registra veľkých priehrad ICOLD.[1] Kritérium pre zaradenie priehrady do ICOLD je podmienené jej výškou (min. 15 m), príp. objemom nádrže (min. 1 mil. m³).[2] V nich možno dohromady akumulovať cca 1,9 mld. m³ vody. Plocha, zatopená umelými vodnými nádržami nezaberá ani 0,5 % celkovej plochy Slovenska. Cez slovenské územie na základe doterajších meraní preteká približne 3 350 m³ /s vody. Z pretekajúceho množstva pramení na Slovensku len 12 % vody. Približne 80 % obyvateľov Slovenskej republiky je zásobovaných z podzemných zdrojov a 20 % je zásobovaných z povrchových zdrojov. Rozhodujúcimi zdrojmi vody pre veľké úpravne vody sú vodárenské nádrže. [2]

Nedostatok pitnej vody je problém, ktorý nadobúda stále väčšiu dôležitosť. Slovensko je bohaté na povrchové a aj podpovrchové zdroje vody a tu je potrebné zdôrazňovať dôležitosť ich ochrany, ktorá je neoddeliteľne spojená aj s ochranou lesných ekosystémov, ktoré svojim pôsobením priamo vplývajú na množstvo a kvalitu vody. Svoje zvláštnosti majú vodárenské nádrže určené pre dodávku vody pre obyvateľov, z ktorých sa voda upravuje na vodu pitnú. Rozvoj vodárenských nádrží v SR bol spustený výstavbou prvej vodárenskej nádrže Hriňová, ktorá bola uvedená do prevádzky v roku 1964. Každá vodárenská nádrž je rozsiahle a vysoko náročné dielo. [1]

Mimoriadna pozornosť venovaná otázke zásobovania obyvateľstva pitnou vodou viedla aj k výstavbe vodnej nádrže Klenovec, vďaka vodným nádržiam Klenovec (1968 – 1973) a Bukovec II sa podstatne zlepšila spoľahlivosť dodávky pitnej vody v južnej oblasti stredného Slovenska a v okolí Košíc. V oblasti hospodárenia s vodou, v prípade zabezpečovania kvalitnej pitnej vody do všetkých regiónov Slovenska majú vodárenské nádrže Hriňová, Klenovec Málinec, Bukovec, Starina, Nová Bystrica a Turček nezastupiteľné miesto, sotva by sme bez nich zabezpečili kvalitnú pitnú vodu v mnohých oblastiach Slovenska. Ich celková kapacita takmer 145 mil. m³ uspokojuje potreby vody v globále pre cca 15 % našich obyvateľov. [2]

Na Slovensku bolo doteraz vybudovaných osem vodárenských nádrží. Každá vodná, či vodárenská nádrž je svojim spôsobom unikátna. Tieto vodné diela sú strategickými stavbami v našej rozvíjajúcej sa spoločnosti a hodnotou sa približujú nevyčísľiteľným pokladom, nakoľko sú zdrojom pitnej vody, ktorá sa postupne stáva v súčasných klimatických a súvisiacich environmentálnych i ekonomických podmienkach najvzácnejšou komoditou, potrebnou k životu.

Najväčšou zásobárňou pitnej vody v regióne Malohont, ktorý sa rozprestiera na území okresov Rimavská Sobota, Revúca a Poltár, je vodná nádrž Klenovská priehrada (max. prevádzková hladina je 377,2 m n. m.) nad obcou Klenovec. Nachádza sa na rieke Klenovská Rimava a celkový objem nádrže je 8 431 443 m³. Keďže južná oblasť stredného Slovenska je chudobná na podzemné vody, vybudovaná vodná nádrž o rozlohe 71 hektárov slúži ako hlavný zdroj pitnej vody pre okres Rimavská Sobota. S vodárenskými nádržami Hriňová a Málinec tvorí nádrž Klenovec jednocelovú vodárenskú sústavu nádrží, ktorá zásobuje obyvateľov na strednom Slovensku kvalitnou pitnou vodou. Nádrž bola vytvorená prehradením údolia rieky Klenovská Rimava kamenitou priehradou so stredovým tesnením. Funkciu vodného diela zabezpečuje združený funkčný objekt pozostávajúci z nehradeného šachtového bezpečnostného priepadu, trojetážového odberného objektu, privádzača vody do úpravne, dnových výpustov, odpadovej a komunikačnej štôlne, vývaru a obtoku na prevod vody počas výstavby. Hydroenergetický potenciál vody odoberanej z nádrže sa využíva v dvoch malých vodných elektrárnach. [3]

Negatívnym javom súčasných vodárenských nádrží je eutrofizácia, v sumárnom zhrnutí to znamená nadmerné obohatenie vody živinami, najmä zlúčeninami dusíka a fosforu, ktoré má za následok zvýšený rast cyanobaktérií (siníc), rias a vyšších rastlinných foriem, čím môže dôjsť k nežiaducemu zhoršovaniu biologickej rovnováhy a kvality vody. Prírodná eutrofizácia je spôsobená uvoľňovaním dusíka a fosforu, prípadne silikátov, z pôdy, sedimentov a odumretých vodných organizmov. Umelá eutrofizácia môže byť spôsobená intenzívnou poľnohospodárskou výrobou, priemyslovými odpadovými vodami, používaním

polyfosforečnanov v pracích a čistiacich prostriedkoch, či zvýšenou produkciou komunálnych odpadných vôd a odpadov fekálneho charakteru. [4] Jedná sa o prírodný dej, ktorý v dôsledku ľudskej činnosti presiahol prirodzené medze. Vo vodárenských nádržiach SR ide o prírodnú eutrofizáciu. Všeobecne známym prejavom eutrofizácie je premnoženie cyanobaktérií, ktoré môže tvoriť tzv. vodné kvety, či vegetačné zafarbenie, tvorené zelenými riasami alebo rozsievkami. V stojatých a mierne tečúcich vodách tvoria sinice dôležitú zložku fytoplanktónu. Planktónové druhy spôsobujú pri masovom rozvoji tzv. vodný kvet, viditeľný voľným okom v podobe drobných chumáčov. Tvoria ho najčastejšie druhy *Microcystis* alebo *Dolychospermum* a *Oscillatoria*. Tento jav nastáva zvyčajne v letných mesiacoch, kedy je dostatok tepla a slnečného svetla, však nie málo časté sú vodné kvety siníc viazané na záver vegetačného obdobia v mesiacoch september – november. Dominantné postavenie v tomto procese má fosfor (P), biogénny prvok, ktorý zásadným spôsobom ovplyvňuje primárnu produkciu zelených rastlín. Vedľa dusíka je základným prvkom výživy cyanobaktérií a rias.[1] Tu nastupuje úloha pre Úpravnú vodu odoberajúcu vodu z vodárenských nádrží, ktoré sa musia vedieť s touto problematikou vysporiadať.

SVP, š. p., Povodie Hrona, odštepny závod, so sídlom v Banskej Bystrici má správu nad Vodárenskou nádržou Klenovec a pravidelne vykonáva aj hodnotenie hospodárenia v ochranných pásmach vodárenskej nádrže so zameraním na činnosti, ktoré môžu ohroziť kvalitu povrchových a podzemných vôd na území ochranných pásiem vodárenského zdroja. Hodnotenie je spracované v nadväznosti na ustanovenia rozhodnutia Krajského úradu životného prostredia v Banskej Bystrici, o vymedzení ochranných pásiem VN Klenovec a spôsobe hospodárenia v nich a je spracované v členení podľa jednotlivých ochranných pásiem OP (I., II., III. stupeň) z hľadiska jednotlivých činností aj s ohľadom na hodnotenie vývoja kvality vody vo Vodárenskej nádrži Klenovec a jej prítokoch po stránke fyzikálno-chemických, mikrobiologických, biologických ukazovateľov kvality vody.

Sledovanie kvality vody, ako aj monitorovanie kvality vody v rámci automatizovaného systému riadenia (ASR) v jednotlivých odberných horizontoch, zabezpečuje denne obsluhu vodnej stavby a jedenkrát mesačne voda odoberaná z VN Klenovec na úpravu pre pitnú vodu je upravovaná v Úpravni vôd Klenovec, patriacej Stredoslovenskej vodárenskej spoločnosti Banská Bystrica. Z hľadiska metód úpravy je úpravňa zaradená do kategórie A2, t. j. fyzikálna úprava a chemická úprava a dezinfekcia. Odber vody pre pitné účely je realizovaný z jednotlivých odberných horizontov v zmysle požiadavky pracovníkov úpravne vody v Klenovci. V posledných rokoch bola voda do úpravne vody odoberaná predovšetkým z I. a II. odberného horizontu. Správca vodárenskej nádrže tiež zabezpečuje rybne hospodárenie na nádrži v súlade so zarybňovacím plánom schváleným na SVP š. p., Povodie Hrona OZ v Banskej Bystrici. Užívateľom ochranného pásma I. a II. stupňa sú okrem správcu vodárenskej nádrže aj Lesy SR, š. p. Hospodárenie na porastoch v OP I. stupňa je vykonávané v zmysle platného programu starostlivosti o les. Lesy v ochrannom pásme I. a II. stupňa sú v zmysle Rozhodnutia Krajského lesného úradu v Banskej Bystrici. Sledovanie kvality vody v nádrži a prítokoch VN Klenovec sa vykonáva od jej vybudovania, postupne sa pripojilo aj sledovanie kvality vody v odberných horizontoch a dna nádrže. Hodnotenie kvality vody bolo do doby platnosti STN 75 7221 Kvalita vody, Klasifikácia kvality povrchovej vody (platná do 01.03.2007) vykonávané podľa tejto normy, v súčasnosti podľa NV SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd. Povinnosti vyplývajúce SVP, š. p., ako správcovi vodohospodársky významných vodných tokov, plní aj tak, že kvalitu vody monitoruje

akreditované skúšobné laboratórium, odbor ekológie a vodohospodárskych laboratórií, SVP, š. p., Povodie Hrona, OZ v Banskej Bystrici. Skúšobné laboratórium vykonáva akreditované činnosti, odbery a analýzy vôd a je akreditované SNAS podľa normy ISO/IEC 17025: 2017.

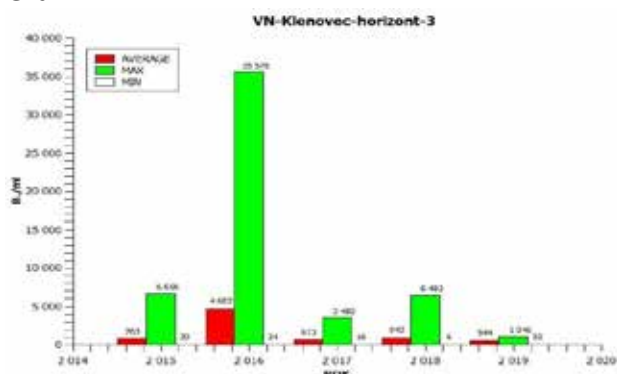
Hodnotenie kvality vody VN Klenovec na základe biologických analýz

Za účelom biologických stanovení sú na VN Klenovec odoberané vzorky vody z hladiny a z odberných horizontov III, II, I a dno. Početnosť odberov vzoriek z nádrže je stanovená na 12 odberov ročne. Výsledkom stanovenia mikroskopických organizmov voľnej vody (ďalej biosestón) je zoznam taxónov patriacich do jednotlivých trofických skupín (producenty, konzumenty) spolu s ich abundanciou / početnosťou (producenty – bunky/ml (b./ml), konzumenty – jedince/ml (j./ml)).

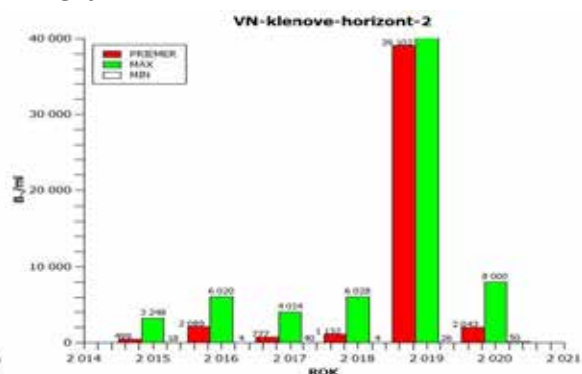
Pre potreby hodnotenia je pozornosť zameraná na:

1. Taxonomickú skladbu spoločenstiev mikroskopických organizmov, ktoré sa na nádrži vyskytli. Biocenózy sú popisované v kontexte s vývojom spoločenstiev biosestónu v rokoch 2015 – 2020; súčasťou hodnotenia je stručný opis prevládajúcich populácií.
2. Abundancie mikroskopických organizmov producentov (znázornené v grafoch 1 – 4 v jednotlivých horizontoch a na hladine v r. 2015 – 2020)
3. Abundancie fytoplanktónu (cyanobaktérie a riasy)

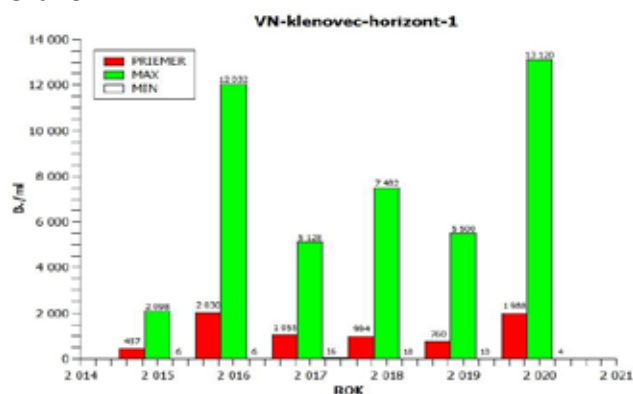
Graf 1



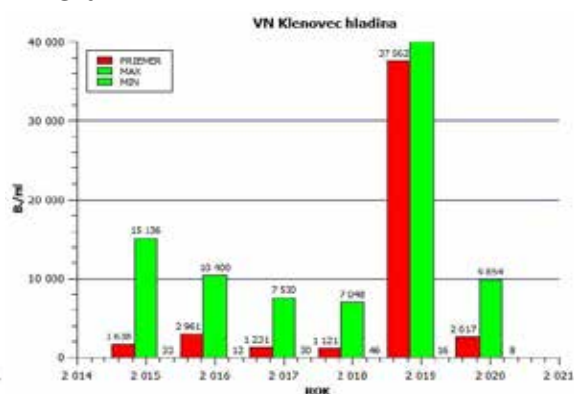
Graf 2



Graf 3



Graf 4



Dynamika zmien populácií producentov, konzumentov a mikrobiálneho znečistenia je ovplyvniteľná mnohými prírodnými faktormi, ktoré spolu s manipuláciou s objemom vody v nádrži (napr. vypúšťanie vody z hypolimnia a epilimnia) môžu v niektorých prípadoch sťažiť

interpretáciu výsledkov. Preto pre zisťovanie kontinuity vývoja spoločenstiev mikroskopických organizmov na nádržiach sa odporúča počas vegetačného obdobia odoberať vzorky v týždňových intervaloch.

Stručné zhodnotenie taxonomickej skladby spoločenstiev biosestónu v r. 2015 - 2020

Rok 2020 Január - marec: taxonomicky a kvantitatívne spoločenstvo mikroskopických rias (hladina 1162 – 8068 b./ml, odberné horizonty 62 - 8000 b./ml); najčastejšie druhy rias, typické pre jarný fytoplanktón boli riasy *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla*, *Fragilaria crotonensis*, *Trachelomonas planctonica* a ďalšie druhy *Pantocsekiella comensis*, *Ulnaria acus*. **Apríl - Jún:** taxonomicky a kvantitatívne typické spoločenstvo producentov (hladina 8 – 2128 b./ml), pozostávalo hlavne zástupcov rozsievok *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira pusilla*, *Mallomonas caudata*. V horizontoch okrem spomínaných druhov sme zaznamenali výskyt rias *Trachelomonas planctonica*, *Cyclotella atomus*, *Ulnaria acus*. Ich abundancia sa od odberného horizontu I pohybovala po II. horizont v rozmedzí 4 - 4836 b./ml; pri dne bola 10 - 3528 b./ml. Najpočetnejšou riasou v tomto období boli druhy rozsievok *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla*. **Júl - August:** Na hladine začínajú ísť do popredia iné druhy rozsievok a to *Cyclotella meneghiniana* a *Cyclotella atomus*, z rias *Oocystis lacustris*. Oživenie hladiny je v rozmedzí 1480 – 9854 b./ml, osídľujú ju naďalej druhy ako *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla*, zo siníc sme zaznamenali v nízkych počtoch druhy *Phormidium autumnale*, *Aphanothece* sp.. Horizonty sa pohybovali v početnosti 20 - 704 b./ml, čo je veľmi slabé oživenie producentami, tento jav bol podobný oživeniu v týchto mesiacoch aj v roku 2019. Priestor horizontov osídľujú zelené riasy a *Euglenophyta*, naďalej pretrvávajú výskyt *Aulacoseira pusilla*, *Asterionella formosa*. V priestore dna boli prítomné železité baktérie, zástupca *Siderocapsa coronata*. **September - október:** taxonomicky a kvantitatívne spoločenstvo mikroskopických rias (hladina 1442 - 3228 b./ml, odberné horizonty 78 - 3836 b./ml); najčastejšie druhy rias, boli riasy *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla*, *Fragilaria crotonensis*, *Hariotina reticulata* a ďalšie druhy *Cyclotella* sp., *Ulnaria acus*, *Desmodesmus communis*. Oproti roku 2019 sme nezaznamenali v tomto sledovanom období rozvoj siníc. **November - december:** fytoocenózu nádrže tvorili hlavne rozsievky *Aulacoseira pusilla*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* riasy *Scenedesmus* sp., *Trachelomonas planctonica*. Maximálna početnosť od hladiny po odberný horizont II neprekročila 13 120 b./ml. Vyššia abundancia bola aj pri dne v novembri a to 8528 b./ml. Oblasť dna v týchto dvoch mesiacoch osídľovali aj železité a mangánové baktérie 4-7% pokrývnosti.

Porovnaním vývoja oživenia nádrže v r. 2010 – 2020 bolo zistené, že v priebehu roka obvykle dochádza k striedaniu populácií rovnakých taxónov, v podobných početnostiach.

Obzvlášť výrazné je to v období január – marec, kedy v nádrži obvykle dominujú psychrofilné druhy, hlavne *Chrysococcus rufescens*, druhy rodu *Chlamydomonas* sp., spolu s druhmi rodov *Ochromonas* spp., *Cryptomonas* spp., *Trachelomonas*. Rozvoj *Chrysococcus rufescens* býva sústredený hlavne na hladinu a odberný horizont III. Pri odberoch vzoriek z vysekanej, udržiavanej prieruby v ľade býva niekedy v takejto vzorke nájdený v zdanlivo vysokých početnostiach. S rozbiehajúcim sa procesom jarného vertikálneho miešania vody v nádrži sa z priestoru dna do horizontov postupne dostávajú železité baktérie.

Približne v období **od apríla po jún** býva vo vzorkách vody početný *Chrysococcus rufescens* spolu s ostatnými chladnomilnými taxónmi. Z ostatných taxónov sa v tomto období zvykne v

nádrži vyskytovať najmä rozsievka *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, cyklické rozsievky *Aulacoseira spp.*, *Trachelomonas sp.*, menej *Synura uvella*, *Mallomonopsis robusta*, *Monas elongata*, *Chlamydomonas fastigata*.

Od júla po december je vývoj spoločenstva nádrže v jednotlivých rokoch variabilný, vo všeobecnosti však v letnom období zvyknú byť dominantné rozsievky *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, druhy rodu *Cyclotella* a *Aulacoseira pusilla* spolu s chlorokokálnymi riasami. V jesennom období sa v odberných horizontoch nádrže nachádzajú aj železité baktérie. Zo siníc sa počas prechádzajúcich rokov najčastejšie vyskytovali zaznamenané *Woronichinia naegeliana* a *Aphanizomenon flos – aquae*, menej často *Anabaena spp.*, *Microcystis aeruginosa*, pričom dochádza vplyvom klimatických zmien ku druhej výmene a ku rozvojom sinicových vodných kvetov a mení sa charakter biocenózy. Výskyt siníc je obvykle viazaný na hladinu; do horizontov vo vyšších početnostiach prenikajú pri vertikálnom miešaní nádrže.

Rok 2019 Január - marec: taxonomicky a kvantitatívne spoločenstvo mikroskopických rias (hladina 500 – 3024 b./ml, odberné horizonty 1221 – 1750 b./ml); najčastejšie druhy rias, typické pre jarný fytoplanktón boli riasy *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla*, *Fragilaria crotonensis*, *Trachelomonas planctonica* a ďalšie druhy *Chrysococcus rufescens*, *Melosira varians*. **Apríl - Jún:** taxonomicky a kvantitatívne typické spoločenstvo producentov (hladina 276 – 2980 b./ml), pozostávalo hlavne rozsievok *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira pusilla*. V horizontoch okrem spomínaných rias sme zaznamenali výskyt *Trachelomonas planctonica*, *Cyclotella atomus*, *Chrysococcus rufescens*. Ich abundancia sa od odberného horizontu I pohybovala po II. horizont v rozmedzí 32 - 1060 b./ml; pri dne bola 50 až 2408 b./ml. Najpočetnejšou riasou v tomto období bola rozsievka *Asterionella formosa*.

Júl - August: z meraní vypadol III. horizont pre technické problémy. Na hladine začínajú ísť do popredia iné druhy rozsievok a to *Cyclotella meneghiniana* a *Cyclotella atomus*. Oživenie hladiny je v rozmedzí 296 – 4504 b./ml. Horizonty sa pohybovali 26-288 b./ml, čo je veľmi slabé oživenie producentami, tento jav bol podobný oživeniu v týchto mesiacoch roku 2018, priestor horizontov osídľujú zelené riasy a *Euglenophyta*. V priestore dna boli prítomné železité a mangánové baktérie. **September:** Na hladine pozorujeme nárast siníc o čom svedčí mikroskopický rozbor a prítomnosť druhov *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis viridis* a *M. flos-aquae* v počte 34 000 b./ml. V II a I. horizonte sa abundancia biosestónu ráta iba v desiatkach, čo je slabé oživenie. 23.9.2020 bol vykonaný mimoriadny odber pre zistenie rozvoja vodného kvetu tvoreného sinicami rodu *Microcystis* a *Woronichinia*. boli vzorkované hladina, horizonty aj hĺbky v rozstupe 2 metre a to od hĺbky pod hladinou 2 – 20 metrov. Vo všetkých vzorkách boli zachytené spomínané sinice. Na hladine ich počet dosiahol hodnotu 2 150 000 b./ml v návejovej zóne. V strede nádrže abundancia siníc na hladine bola 450 200 b./ml. **Október:** Na hladine sa rozvinul vodný kvet tvorený zástupcami siníc druhov *Microcystis aeruginosa*, *M. viridis* a *Woronichinia naegeliana* a to s abundanciou 400 000 b./ml. Horizont II taktiež obsadili sinice vyššie spomenutých rodov v počte 500 000 b./ml. V nižšom počte, ale predsa boli tieto sinice zistené aj v horizonte I a vo vzorke dna. **November - december:** fytoocenózu nádrže tvorili hlavne rozsievky *Aulacoseira pusilla*, *Aulacoseira granulata var. angustissima*, *Asterionella formosa*, riasy *Ochromonas sp.*, *Trachelomonas planctonica*. Maximálna početnosť od hladiny po odberný horizont I neprekročila 118 b./ml.

Rok 2018 Január - marec: taxonomicky a kvantitatívne chudobné spoločenstvo mikroskopických rias najčastejšie sa vyskytovali riasy rodu *Ochromonas spp.*, *Cyclotella spp.*,

Aulacoseira a druhy *Chrysococcus rufescens*, *Fragilaria crotonensis*. Apríl: Na hladine sa vyskytovali zástupcovia žltohnedých rias *Dinobryon divergens*, v odberných horizontoch zelené riasy *Pandorina morum* a rozsievky *Asterionella formosa* a *Fragilaria crotonensis*.

Máj-august: spoločenstvo mikroskopických producentov pozostávalo hlavne rozsievok *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira pusilla* a *Cyclotella meneghiniana*. Ich abundancia sa od hladiny do odberného horizontu I pohybovala v rozmedzí 84 – 1282 b./ml. V priestore dna boli prítomné železité a mangánové baktérie. **September:** v dôsledku rozvoja populácie rozsievky *Fragilaria crotonensis* boli v celom vodnom stĺpci nádrže zaznamenané vyššie abundancie producentov. Najvyššie početnosti producentov boli pozorované vo vrstve vody od hladiny po odberný horizont II (7 048 – 6 028 b./ml), v odbernom horizonte I a dno bolo maximálne 1 760 b./ml. Na hladine bola zistená sinica *Woronichinia naegeliana* (400 b./ml). Vo vode od odberného horizontu III až po dno boli prítomné železité a mangánové baktérie. **Október - december:** fytocenózu nádrže tvorili hlavne rozsievky *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira pusilla* a *Asterionella formosa*. Maximálna početnosť od hladiny po odberný horizont I neprekročila 620 b./ml. Vyššie abundancie boli zaznamenané pri dne v decembri – 5 040 b./ml. Vo vzorkách vody od odberného horizontu II po dno boli prítomné železité a mangánové baktérie. V r. 2018 sa podľa výsledkov našich analýz vyskytli sinice iba v jednom prípade (*Woronichinia naegeliana*, september), a to len na hladine a v nízkej abundancii (400 b./ml).

V r. **2017** bola najvyššia abundancia (7 530 b./ml) zaznamenaná v septembri pri rozvoji populácie rozsievky *Asterionella formosa*. V ostatných mesiacoch neprekročila abundancia producentov 2 776 b./ml. V odberných horizontoch III až dno sa početnosť producentov pohybovala prevažne v tisícoch a stovkách b./ml. Vyššie početnosti producentov v odberných horizontoch korešpondovali s vývojom na hladine. Najvyššie početnosti boli stanovené v januári pri rozvoji rozsievky *Aulacoseira pusilla* (horizonty III, II, I : 2 016 – 4 024 b./ml, dno: 8 014 b./ml), vo februári takisto pri rozvoji rozsievky *Aulacoseira pusilla* (horizonty I: 5 128 b./ml, dno: 10 488 b./ml), v septembri pri rozvoji rozsievky *Asterionella formosa* (horizonty III: 2 260 b./ml, II: 2 954 b./ml) a v decembri pri dne počas rozvoja rozsievok *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira pusilla* (dno: 3 770 b./ml). Železité baktérie sa v priestore dna nachádzali celoročne, ich výskyt v horizontoch I, II (výnimočne aj III) v mesiacoch auguste - október súvisel s deficitom kyslíka počas letnej stagnácie nádrže.

V r. **2016** bola v mesiacoch február – máj v celom vertikálnom profile nádrže dominantná rozsievka *Asterionella formosa*; maximálna abundancia producentov bola počas tohto obdobia zaznamenaná v odbernom horizonte III v marci (35 578 b./ml). Vyššie abundancie producentov boli stanovené aj v septembri s maximom na hladine (10 400 b./ml) pri dominancii rozsievky *Fragilaria crotonensis* a cyklických rozsievok a v novembri (12 0324 b./ml) v odbernom horizonte I pri dominancii rozsievky *Aulacoseira pusilla*. Sinice sa v odobratých vzorkách vody vyskytli iba v auguste na hladine *Aphanothece clathrata*.

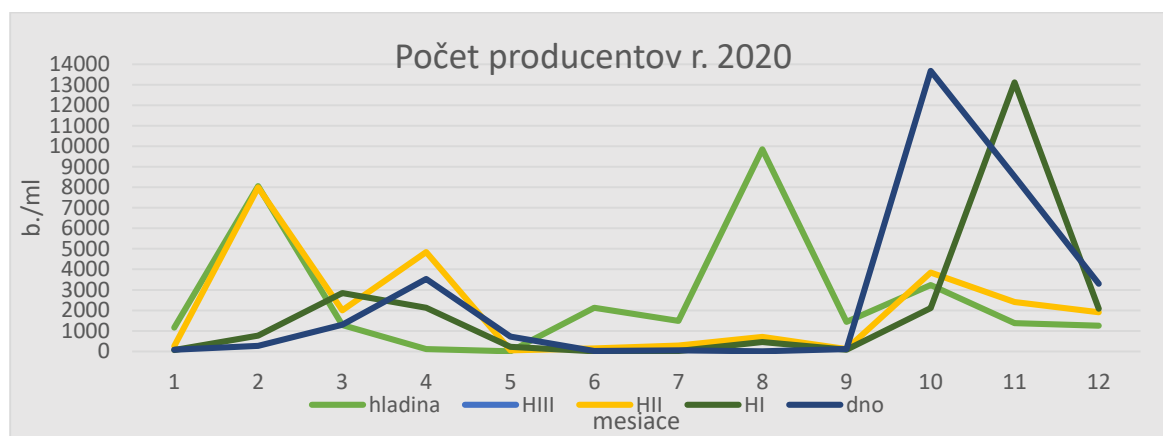
V r. **2015** boli nízke početnosti fytoplanktónu zaznamenávané prakticky celoročne. Výnimkou boli mesiace apríl a máj, kedy sa v celom vodnom stĺpci nachádzala rozsievka *Asterionella formosa*, ktorá v čase svojho maximálneho rozvoja v apríli tvorila 90 % podiel spoločenstva biosestónu. Maximálna abundancia fytoplanktónu na hladine bola 15 136 b./ml, v odberných horizontoch 6 656 b./ml. Sinice sa objavili v odbernom horizonte III v januári *Aphanizomenon elenkinii*, máji *Aphanizomenon flos – aquae*, v septembri *Microcystis viridis* a *Dolichospermum*

planctonicum a v októbri *Snowella sp.*. Ich abundancia sa pohybovala v stovkách b./ml. Na hladine sa okrem nich vyskytla aj *Woronichinia naegeliana*.

Abundancia biosestónu v trende rokov 2015 - 2020

Opakovanie vyšších početností producentov evidujeme každoročne v mesiacoch marec - apríl a v jeseni v septembri - októbri. Pri jesennom maxime je viditeľný posun maxima abundancií v odberných horizontoch II a I oproti hladine a odbernému horizontu III o jeden mesiac. Opakujú sa aj nízke abundancie producentov v mesiacoch jún – júl. Krivka pohybu abundancií producentov v r. 2020 je znázornením až typického priebehu abundancií biosestónu v tejto nádrži (obr.1).

obr.1 Počet producentov b./ml počas roka 2020 v jednotlivých horizontoch a hladine



pozn. pre III. horizont pre technické problémy s odbermi neboli získané výsledky

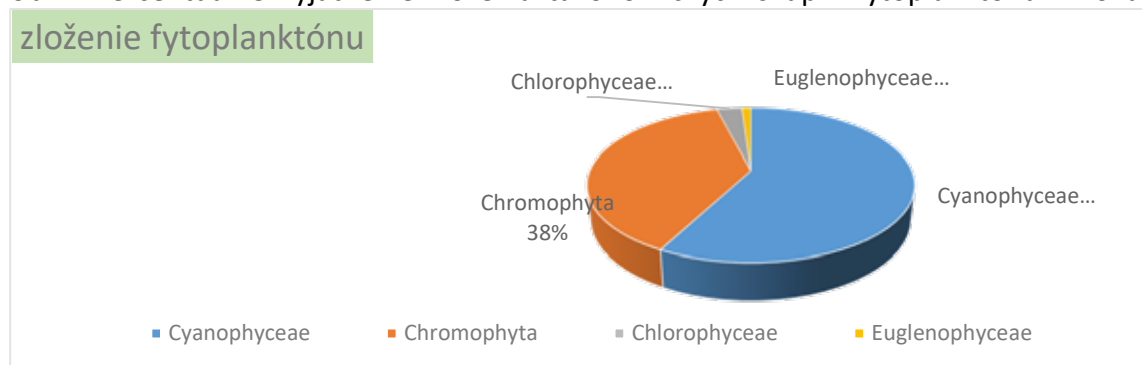
Z pozorovaní v r. 2015 – 2020 však vyplýva, že vyššie počty konzumentov sa objavujú prevažne na hladine a pri dne; v odberných horizontoch vo väčšine analyzovaných vzoriek sa konzumenty nenachádzajú.

Sledovanie fytoplanktónnych druhov rias a siníc vo vodnej nádrži Klenovec

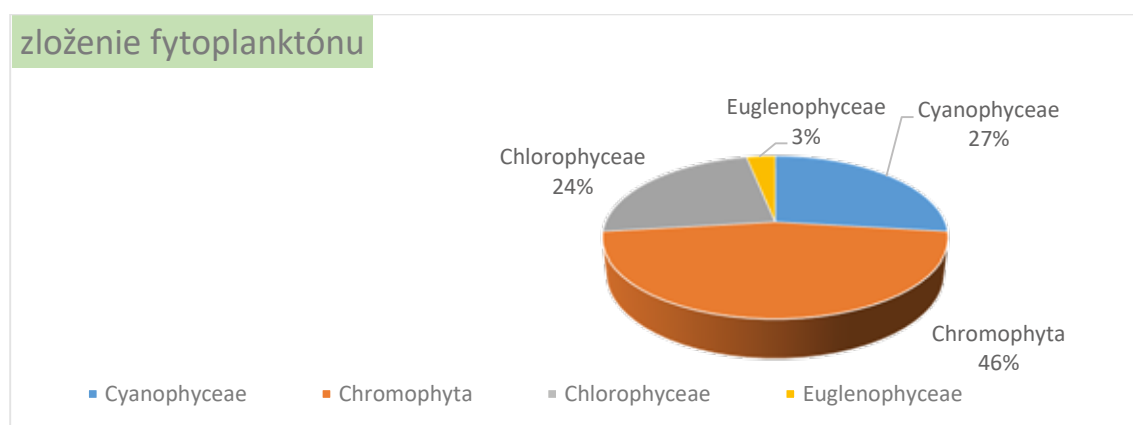
V období apríl – október v rokoch 2015, 2016, 2019, 2021 (vegetačné obdobie) sme vykonávali zároveň rozborov druhového – kvalitatívneho zloženia fytoplanktónu a tiež kvantitatívneho vyjadrenia jednotlivých skupín fytoplanktónu. Vzorky boli odoberané na hladine, analyzované mikroskopicky v laboratóriu. Ako je vidieť na obrázku č.2 taxonomické skupiny zistené analýzami v roku 2019 vyjadrené v percentách preukazujú zastúpenie siníc a rias v pomere približne na polovicu, teda podiel siníc vo vzorkách je percentuálne 58% a riasy tvoria zvyšok, teda 42% podiel zistených taxónov. Výnimkou boli rozborov septembrových vzoriek r. 2019, keď sinice mali dominanciu a ich podiel bol nad 95% oproti riasam a to vďaka rozvoju sinicového vodného kvetu. V ostatných sledovaných rokoch bol pomer medzi jednotlivými taxonomickými skupinami odlišný od r.2019 (obr.3).

V roku 2019 sme zaznamenali na VN Klenovec zhoršenie kvality vody z dôvodu výskytu masívneho sinicového vodného kvetu. Kvalitu vody na VN Klenovec sleduje skúšobné laboratórium OEVHL SVP, š.p. ,PH, OZ Banská Bystrica celoročne v mesačných intervaloch.

obr.2 Percentuálne vyjadrenie zloženia taxonomických skupín fytoplanktónu v roku 2019



obr.3 Percentuálne vyjadrenie zloženia taxonomických skupín fytoplanktónu r.2015-2021



Zástupcovia siníc schopných tvoriť vodný kvet sa vyskytovali vo vzorkách z hladiny až v septembrových odberoch. Vzorky odobraté 9.9.2019 preukázali prítomnosť sinicového vodného kvetu tvoreného zástupcami rodu *Microcystis spp.*, *Woronichinia sp.* a *Chroococcus sp.* a to na hladine. Vzorky z horizontov odobraté v tomto termíne neobsahovali žiadnych zástupcov siníc, teda ich počty boli nulové. 17.9.2019 bol hlásený výskyt siníc, 19.9.2019 RÚVZ Banská Bystrica, v rámci ich pravidelného monitoringu odobrali vzorky pre analýzu ekotoxicity a toxínov cyanobaktérií, čo určuje Vyhl. MZ SR č. 247/2017 Z.z.(bod 41, tab. b) „ v prípade výskytu vodných kvetov je potrebné stanovovať Mikrocystín LR.“ Následne pracovníci SL OEVHL Banská Bystrica vykonali terénne šetrenie.

Na tomto konkrétnom prípade je ukázkový prejav rozvoja vodného kvetu, ktorý nebol v predchádzajúcom období zaznamenaný, však jeho náhly nástup spôsobil obsadenie horizontálnych stupňov a spôsobil zhoršenie kvality vody. 23.9.2019 boli vzorkované tieto miesta odberov: horizonty, hladina pri hrádzi, hladina pri veži, hladina v strede nádrže, hĺbkové bodové vzorky pri veži z 2 metrov, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, 20m pod hladinou. Prítomnosť siníc bola preukázaná vo všetkých vzorkách odobratých v tomto odbere. Vo všetkých troch vzorkách z hladiny bol analýzou dokázaný masový výskyt siníc uvedených rodov a teda potvrdený výskyt sinicového vodného kvetu. Zistené druhy siníc (cyanobaktérii): *Microcystis aeruginosa* (85% zastúpenie), *Microcystis flos-aquae* (10%), *Woronichinia naegeliana* (5%).

Tieto sinice majú schopnosť zhromažďovať sa pri hladine a tu sa zviditeľniť vytváraním okom viditeľných zhľukov, toto sa týka všetkých planktónnych siníc s plynovými vakuolami, ktorých špecifická hmotnosť biomasy je menšia ako $1\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pre hromadný výskyt vodných kvetov siníc

je prísun živín v množstve umožňujúcom dosiahnutie vysokých koncentrácií biomasy len jedným z nutných predpokladov. Sinice zvyhodňuje schopnosť lepšie využívať najnižšie intenzity svetelného žiarenia, favorizácia rozvoja pri nižších pomeroch N:P a pri vyšších pH – schopnosť využívať hydrogenuhličitanové ióny. Sinice rodu *Microcystis* vďaka za svoje postavenie vo vrcholnej fáze rozvoja fytoplanktónu drobným výhodám svojej produkčnej stratégie, ktoré mu pomáhajú v priebehu niekoľkých rokov zabývať sa a presadiť sa v podmienkach konkurencie iných siníc a rias bez toho, aby k tomu potrebovala mať vysokú hodnotu maximálnej špecifickej rastovej rýchlosti. Nástup novej vlny rozvoja siníc v planktóne musí nutne byť spojený s podnetom, ktorý vyvolá prechod z kľudového do aktívneho štádia a návrat do horných vrstiev vody z epilimnia. Faktormi sú stále svetlo – vyššia hladina osvetlenia, vhodná teplota cca 15°C a anaeróbne prostredie. V dobe svojho plného rozvoja nemajú vo vodnom prostredí prakticky konzumentov a ich hromadný nástup býva obmedzený hlavne na letnú sezónu. Prechod kolónii druhov *Microcystis* z kľudového do produkčného štádia je načasovaný na obdobie silnej depresie nanoplanktónu, keď je významne znížená konkurencia iných druhov siníc a rias. Taktiež ich zvyhodňuje, že *Microcystis* je zložka fytoplanktónu, ktorá nie je zooplanktónom priamo využívaná. Problematika masového rozvoja siníc vodného kvetu má rozmanité príčiny a hygienicko-toxikologické dôsledky. K nežiadúcim dôsledkom patria hlavne prevádzkové komplikácie sprevádzajúce využívanie vody ako zdroja pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Ku ďalším nežiadúcim aspektom premnoženia siníc vodného kvetu patria : potenciálna produkcia toxínov a možnosť vzniku nežiadúcich stavov akosti vody v dobe hromadného odumierania vyprodukovanej biomasy na konci vegetačného obdobia. *Masový rozvoj fytoplanktónu býva výslednicou súhry viacerých faktorov a ako typický multifaktoriálny jav sa nedá často presne objasniť, či mu dokonca zabrániť. Sanačné postupy (nie však jednorazové) a možnosti obmedzenia masového rozvoja siníc sú v praxi aplikovateľné. Vždy musí ísť o komplex opatrení, ich kombináciou a optimalizáciou podľa konkrétnych hydrologických, ekologických a tiež ekonomických podmienok.*

Záver: Cyanobaktérie sú súčasťou vodného prostredia, sú najvýznamnejšími producentmi kyslíka na našej planéte, sú priekopníkmi života na našej Zemi. Sú súčasťou ekosystému kde si uplatňujú nárok na svoje postavenie a miesto. Osídľujú zem, vodu, vzduch, rastliny i živočíchy v rôznych klimatických podmienkach. Majú množstvo systémov ako prosperovať a uspieť, preto ich akceptácia, môže priniesť aj prospech pri regulovaní problémov spojených s ich rozvojom a súvisiacimi nežiadúcimi vplyvmi.

Pravidelný monitoring, sledovanie, analýzy a vyhodnocovanie ich prítomnosti v zdrojoch pitnej vody, vo vodárenských nádržiach je dôležitou, síce náročnou, ale nevyhnutnou úlohou spojenou s ochranou zdravia obyvateľov a udrжанím dobrej kvality zdrojov pitnej vody.

Literatúra:

- [1] Dostupné na internete <<https://savesk.sk> Vývoj vodných a vodárenských nádrží na Slovensku, Slovenská asociácia vodárenských expertov, BA 2020
- [2] Dostupné na internete <<http://www.fyzickageografia.sk/geovedy/texty/bednarova15.pdf> Vodné nádrže na Slovensku v premenách času ,Ing. Emília Bednárová, PhD. 2015
- [3] Dostupné na internete <<http://t3.skcold.sk>
- [4] Dostupné na internete <https://uniba.sk/fileadmin/prif/envi/kpe/biodiv_mikrohub_niz_rast/05_kap_5.pdf

Kontinuálne meranie kvality vody – základný predpoklad výroby bezpečnej pitnej vody

Ing. Miroslav Z E Z U L A

ECM ECO Monitoring a.s., Nevädzová 5, 821 01 Bratislava, ecm@ecm.sk

Abstrakt: Súčasný stav vývoja analytickej techniky umožňuje presne a efektívne monitorovať kvalitu vody v celom procese výroby pitnej vody pomocou kompaktnej a dostupnej prístrojovej techniky. So zmenami klímy je potrebné venovať pozornosť kvalite vody so zvláštnym zreteľom na bezpečnosť pitnej vody. Príspevok pojednáva o možnostiach monitorovania kvality vody a popisuje hlavné oblasti a parametre pri zabezpečení kvalitnej pitnej vody.

Abstract: The current state of the art in analytical technology allows accurate and efficient monitoring of water quality throughout the drinking water production process using compact and affordable instrumentation. With climate change, attention needs to be paid to water quality with particular attention to drinking water safety. This paper discusses the possibilities of water quality monitoring and describes the main areas and parameters in ensuring high quality drinking water.

Kľúčové slová: cyanobaktérie, coli baktérie, koagulant, filtrácia, bezpečnosť pitnej vody.

Keywords: cyanobacteria, coliforms, coagulant, filtration, drinking water safety.

Tradícia kontinuálneho merania kvality vody v procese technológie úpravy vody má na Slovensku svoje začiatky v roku 1968, keď spoločnosť Donauchem predstavila zákalomer Sigrist. Tento bol potom dlhodobo využívaný na ÚV Hriňová. Inštalovaný kontinuálny zákalomer bol prínosom jednak pre technológa, tak aj pre obsluhu, ktorá mala možnosť priebežne sledovať kvalitu vody z hľadiska zákalu, čo je dôležité hlavne pri použití železitých koagulantov.

Výraznejší pokrok v tomto smere bola inštalácia zákalomerov na všetkých filtroch v rámci optimalizácie úpravy vody Hosov (ČR), ktorá vyrábala pitnú vodu pre Jihlavu. V prvej polovici 80. rokov začala bývalá ČKD Dukla Praha vyvíjať a vyrábať kontinuálne analyzátory pre meranie zákalu, železa, hliníka a amoniaku. Po niekoľkoročnom vývoji sa však jednalo stále o poruchové prístroje, ktoré nenašli uplatnenie v prevádzkach úpravnej vody. Je treba konštatovať, že kontinuálne meranie zákalu bolo prínosom z hľadiska bezpečnosti distribuovanej vody.

V rokoch 2007 – 2011 publikovali Dolejš, Dobiáš poznatky z experimentov s využívaním analyzátorov schopných merať veľkosť a počet častíc nachádzajúcich sa vo filtrovanej vode. Jedná sa o významný pokrok vo vodárenstve. Analýza počtu a veľkosti častíc sa v moderných postupoch sledovania a riadenia technologických procesov úpravy vody ukázala ako veľmi prospešná. Oproti zákalu sa jedná o podrobnejšiu analýzu kvality filtrátu. Počítač častíc oproti klasickému meraniu zákalu má výhodu v tom, že je možné sledovať a popísať veľkosti vložiek prechádzajúcich filtrom alebo odtekajúcich z jednotlivých technologických stupňov.

Kvalifikácia a počet častíc umožňuje využívať tento laserový počítač častíc ako základný indikátor možného prieniku veľmi nebezpečných prvkov *Cryptosporidium* a *Gardia*. Podstatnou výhodou je i skutočnosť, že tento prístroj je ďaleko citlivejší ako zákalomer. Autori Kawamura, Adham i Jacangelo uvádzajú, že pri nízkych hodnotách zákalu sú analyzátory počtu častíc až 300 x citlivejšie ako zákalomery.

V ČR boli v prevádzkových podmienkach merače častíc inštalované v úpravniach vody Bedřichov, Jirkov a Želivka.

V minulosti sa z pochopiteľných dôvodov najviac kládol dôraz na kontrolu technológie v procese úpravy vody. Dnešné požiadavky ekonomickej prevádzky vodovodu ako celku si vyžadujú aj analýzu kvality vody počas dopravy vody k spotrebiteľovi. Z ekonomických dôvodov je potrebné sledovať aj netesnosti v potrubí a z toho vyplývajúce straty vody.

Môže sa vyskytnúť názor, že v distribučnom systéme v uzavretom potrubí nie je dôvod na zhoršenie kvality vody. Ale v distribučnom systéme sú zaradené aj vodojemy, kde je voľná hladina. Do úvahy je potrebné tiež zobrať poruchy a opravy potrubia, ktoré môžu byť jedným zo zdrojov kontaminácie vody v potrubí.

Súčasný stav vývoja analytickej techniky umožňuje využiť analyzátory na vysokej technickej úrovni. Rozhodnutie kde a aké analyzátory by sa mali inštalovať musí však byť výsledkom odbornej diskusie navrhovateľa technológie úpravy vody, projektanta a prevádzkovateľa. K tomuto záveru sa potom zabezpečí technika v spolupráci s dodávateľom prístrojovej techniky.

V súčasnosti je pri úprave povrchovej vody na vodu pitnú aj problém tvorby vodného kvetu a jeho metabolitov. Prvý raz sa vodný kvet vytvoril na vodárenskej nádrži Hriňová v roku 1972. Vo vodárenských nádržiach stredoslovenského kraja (Klenovec, Málinec, Turček, Hriňová) sa vodný kvet v určitom období vytvára už pravidelne. O vážnosti tohto problému hovoria hlavne hydrobiológovia (viacero odborných článkov publikovala doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, PhD.)

V procese výroby a distribúcie pitnej vody sú hlavné oblasti monitorovania kvality vody nasledujúce:

- Cyanobaktérie
- Coli baktérie
- Dávkovanie koagulantov
- Filtrácia a usadzovanie
- Železo, hliník, mangán + arzén
- Bezpečnosť systémov pitnej vody
- Dezinfekcia vody – vedľajšie produkty
- Analýza pitnej vody v potrubí
- Sledovanie prietoku v potrubíach a identifikácia netesností

Cyanobaktérie –

Na monitorovanie cyanobaktérií – siníc sa využíva metóda fluorescencie na vybraných vlnových dĺžkach. Interpretačné algoritmy umožňujú bezpečnú identifikáciu tried rias a toxických rias, ako aj ich kvantifikáciu. K dispozícii sú analyzátory v prietochnom prevedení alebo v prevedení ako ponorné sondy. Prietochné analyzátory umožňujú meranie až na 7

vybraných vlnových dĺžkach (365nm, 450nm, 525nm, 570nm, 590nm, 610nm a 710nm) a bývajú preto selektívnejšie a presnejšie ako fluorescenčné sondy, ktoré merajú obyčajne na jednej vlnovej dĺžke (590nm)

Coli baktérie –

Bežné laboratórne metódy na určenie znečistenia vody E.Coli alebo koliformnými baktériami dávajú výsledky až po 24 - 48 hodinách. Analyzátory na báze sledovania špecifickej enzymatickej aktivity umožňujú detekovať mikrobiologickú aktivitu už v priebehu hodiny a umožňujú tak včasnú realizáciu potrebných opatrení.

Princíp činnosti analyzátora je podobný laboratórnej ISO metóde s tým rozdielom, že prítomnosť živých baktérií vo vzorke vody sa určuje na základe fluorescenčnej reakcie enzýmov produkovaných živými baktériami, Ďalší rozvoj v tejto oblasti rozšíril možnosti o monitorovanie celkovej bakteriálnej aktivity a Enterokoky.

Dávkovanie koagulantov a flokulantov –

Koagulácia patrí k základným procesom pri úprave vody na vodu pitnú. Účelom je odstránenie, resp. zníženie zákalu a organických látok prítomných vo vode. Optimálna dávka koagulantu má kľúčový význam na priebeh a účinok procesu.

Prístroj na princípe podobnom meraniu Zeta potenciálu (Streaming Current Monitor) slúži na optimalizáciu dávkovania koagulantov a flokulantov. Metóda využíva princíp sledovania náboja častíc a poskytuje rýchlu a presnú odozvu na zmeny elektrického náboja častíc vplyvom prítomnosti koagulantu vo vode.

Filtrácia a usadzovanie –

Pri tejto aplikácii je potrebné monitorovať častice vo filtrovanej vode. Pri problémoch s dávkovaním koagulantov dominujú jemné častice, ktoré sú merané pomocou zákalomerov na základe rozptylu svetla. Na riadenie prania filtrov a monitorovanie technológie usadzovania je však potrebné sledovať častice mikrometrických rozmerov, ktoré zákalomery nezachytia. Na to sa využívajú optické počítače častíc, s možnosťou kategorizácie častíc podľa veľkosti. Určenie veľkosti je dôležité na konkretizáciu technologických problémov.

Železo, hliník, mangán + arzén –

Kovy môže obsahovať voda v podloží, alebo môžu byť dôsledkom predávkovania koagulantov. Na ich sledovanie sú určené špecializované kolorimetrické, alebo coulometrické analyzátory s vhodnými meracími rozsahmi.

Bezpečnosť systémov pitnej vody –

Ideálnym prostriedkom na sledovanie zloženia vody sú kompaktné spektrometrické sondy, ktoré môžu byť doplnené o prídavné snímače na sledovanie doplnujúcich zložiek, akými sú pH, vodivosť, rozpustný kyslík, chlór, chlórdioxid a ďalšie.

V dôsledku nepredvídateľných udalostí sa však do vody môžu dostať rôzne toxické kontaminanty. Pomocou spektrometrických sond je možné ich na základe zmeny typického spektra okamžite identifikovať.

Dezinfekcia vody – vedľajšie produkty –

Významným krokom pri úprave vody na pitné účely je jej dezinfekcia.

Analytické prístroje na sledovanie chlóru, chlórdioxidu, alebo ozónu sú určené na sledovanie a optimalizáciu dezinfekcie.

Vplyvom chemických reakcií pri procese dezinfekcie vznikajú vedľajšie produkty, ktoré môžu byť škodlivé pre zdravie a je ich potrebné sledovať. Medzi ne patria trihalometány, ktoré je vhodné kontinuálne merať pomocou špecializovaného analyzátora.

Analýza pitnej vody v potrubí –

Zloženie pitnej vody v rozvodnej sieti nemusí byť rovnomerné. Ideálne je jeho monitorovanie priamo v potrubí. Pre obmedzenia vyplývajúce z rozmerov, problémy s odvodom analyzovanej vzorky, alebo nárokov na napájanie, klasické prístroje nie sú na túto úlohu vhodné. Ideálnym prístrojom na takéto merania je modulárny senzorový systém na monitorovanie kvality pitnej vody v potrubíach pod tlakom. Tento kompaktný prístroj umožňuje merať až 10 parametrov: TOC, DOC, UV254, zákal, farba, chlór, pH/redox, vodivosť, teplota a tlak.



Obr. č.1. Modulárny senzorový systém kvality vody v potrubí

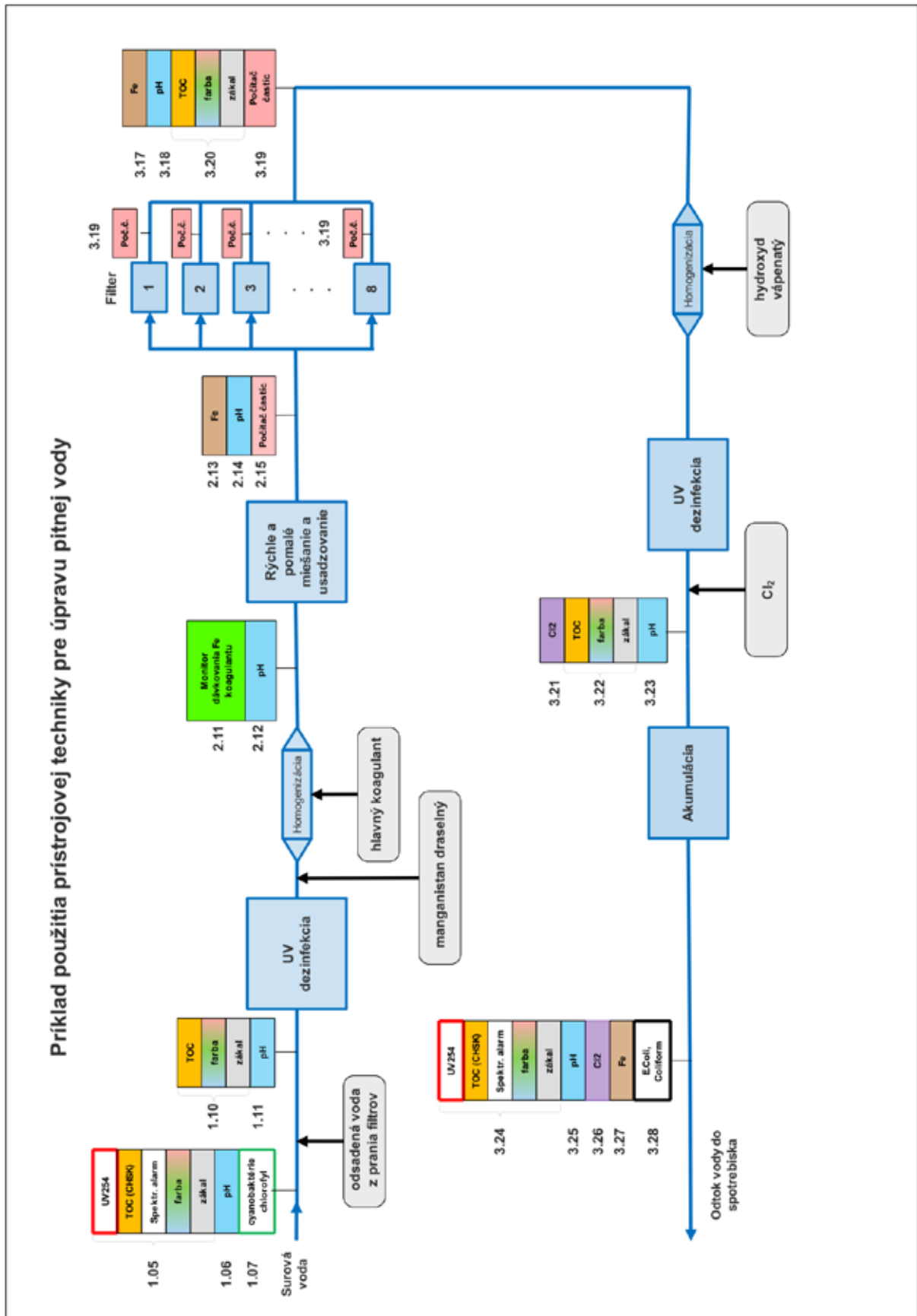
Aj keď sú takéto systémy vo vodárenskej praxi novinkou, v súčasnosti už prebiehajú s viacerými vodárskymi spoločnosťami rokovania o možnosti dodávok takýchto zariadení. Použitie takýchto zariadení má aj nesporný ekonomický prínos.

Sledovanie prietoku v potrubíach a identifikácia netesností a strát vody –

Presné meranie prietoku vody v potrubíach pomocou príložených ultrazvukových prietokomerov umožňuje bilančné určenie únikov vody v kritických uzloch a úsekoch. Príložené prietokomery umožňujú rýchlu a neinvazívnu realizáciu meraní. Sú preto vhodné na dočasné – prenosné meranie a tiež na trvalé meranie.

Na záver sa ponúka nasledujúca otázka: vzhľadom na vážnosť problematiky, nebolo by vhodné na vybrané úpravne vody postupne inštalovať zodpovedajúcu meraciu techniku a výsledky následne využiť v ďalších úpravniach vody?

Na nasledujúcej schéme sú na príklade úpravne vody Málinec znázornené typické miesta merania kvality vody a merané parametre.



Technologický a ekonomický pohled na současné a nově používané technologie úpravy vody

Milan Drda, Ing. Dita Fojtíková

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6

drda@envi-pur.cz; fojtikova@envi-pur.cz

Abstrakt: Stručné představení současně používaných technologií v úpravě podzemní a povrchové vody ve střední Evropě a jejich orientační porovnání s možnostmi nově používaných technologií z hlediska investičních a provozních nákladů.

Abstract: Summary and comparison of currently used and recently developed technologies for ground and surface water treatment in central Europe in terms of investment and operating costs.

Klíčová slova: úprava pitné vody, rekonstrukce úpravny vody, filtrace, odstranění manganu, odstranění železa, odstranění organických látek, sorpce, membránová filtrace

Key words: water treatment, reconstruction of water treatment plant, filtration, manganese removal, iron removal, organic matter removal, adsorption, membrane filtration

Představením současně používaných technologií je myšleno představení technologií běžně používaných a dodávaných ve střední Evropě v minulém století – přibližně do roku 1999. Jako nové jsou označeny technologie a postupy používané ve střední Evropě od roku 2000, případně takové technologie, které se v širším měřítku v této době začaly rozšiřovat. Při úpravě vody na vodu pitnou rozlišujeme použité technologie v první řadě podle zdroje pitné vody – u nás je to především podzemní, povrchová voda, infiltrovaná voda apod. Objevují se, ale již studie a projekty na znovuvyužití vyčištěných odpadních vod.

Při úpravě vody z podzemních zdrojů se v současné době používají především technologické stupně aerace, oxidace, filtrace, odželeznění a odmanganování, odstranění mikrobiologického znečištění, změkčení, remineralizace a ztvrdování, odstranění amonných iontů, odstranění radonu a radia 226, ostatní speciální procesy (odstranění beryllia, arzenu apod.), hygienizace. Při úpravě povrchové vody se v současné době používají především technologické stupně mechanického předčištění, oxidace, koagulace, sedimentace, koagulační filtrace, filtrace přes zrnité materiály, ztvrdování, ozonizace, sorpce, hygienizace.

Důvody pro používání nových technologií jsou zejména:

- Dožití stávajících technologií a jejich příslušenství,
- zhoršení kvality surové vody,
- změny v kapacitě,
- požadavky na vyšší účinnost v jednotlivých ukazatelích,
- nově stanovené ukazatele nebo limity,

- zvýšení efektivity provozu – např. úspora nebo recyklace pracích vod.

Řada stávajících technologií nemohla při svém vzniku počítat s výrazným zhoršením kvality surové vody nebo např. s tím, že se bude muset vypořádat s odstraňováním stopových koncentrací pesticidů a jejich metabolitů nebo mikropolutantů.

Z nových technologií se zejména při rekonstrukci úpraven vody uplatňuje především náhrada písku jako nerozšířenější filtrační náplně za jiné zrnité materiály, využití flotace jako prvního separačního stupně a dále se masivně rozšiřuje používání membránových technologií a oxidačních a sorpčních procesů.

Při výstavbě nových úpraven vody je již použití nových technologií naprostou samozřejmostí, např. použití membránových technologií na ÚV Hrobice (Pardubice), ÚV Vyšší Brod, ÚV Brodek, ÚV Kelčice, ÚV Studená.

U membránových technologií se používá jako náhrada filtrace přes zrnité materiály technologie ultrafiltrace (velikost pórů membrán v rozmezí od 0,1 μm do 0,01 μm), která má tu velkou výhodu, že zároveň s odstraněním nerozpuštěných látek v jednom stupni zajistí i hygienizaci vody.

Pro změkčování, snížení koncentrace organických látek (např. mikropolutantů), snížení koncentrace amonných iontů nebo rozpuštěných solí se používají membránové technologie z oblasti nanofiltrace a reverzní osmózy.

Nové technologie

Náhrada písku za jiné vícevrstvé náplně umožňuje jednoduchým způsobem zvýšit kalovou kapacitu a účinnost filtru. Výsledkem je snížení spotřeby prací vody a zvýšení efektivity filtračního stupně.

Úplně novou kapitolou ve využití alternativních filtračních materiálů je vynález keramického filtračního materiálu, u kterého lze při výrobě definovat hustotu v rozmezí od 500 do 1 800 kg/m^3 . Po dvacetiletém výzkumu v Norsku byl tento filtrační materiál uveden na trh začátkem 21. století. Pro vodárenské účely se dodává pod obchodním názvem Filtralite Pure. Nejvíce je používána filtrační náplň označovaná Filtralite Mono-Multi (FMM), která kombinuje dva typy této náplně, Filtralite Pure HC 0,8-1,6 (hustota 1 700 kg/m^3) a Filtralite Pure NC 1,5-2,5 (hustota 1 050 kg/m^3). Tato náplň je použita například na ÚV Plzeň (na ploše filtrů 600 m^2).

Zajímavostí je, že Filtralite Pure Mono-Multi Fine (FMMF), který obsahuje Filtralite Pure HC 0,5-1 (hustota 1 800 kg/m^3) a Filtralite Pure NC 0,8-1,6 (hustota 1 250 kg/m^3) byla prvně navržena a odzkoušena při poloprovodním měření na ÚV Stakčín na východním Slovensku. Zde na Slovensku vlastně tato filtrační náplň vznikla na základě návrhu doc. Ing. Petra Dolejše. Výrobce pak tuto náplň zařadil do výrobního programu včetně převzetí obchodního názvu. Označení Filtralite Mono-Multi Fine bylo totiž poprvé použito doc. Ing. Petrem Dolejšem jako pracovní označení tohoto materiálu ve zprávě z měření.

V tabulke 1 je uveden seznam úpraven vody, kde je ve střední Evropě filtrační náplň Filtralite použita.

Tabulka 1 - Filtralite

Rok realizace	Zákazník	Lokalita	Filtralite typ	Filtralite m ³
2021	VaK Hradec Králové	Hradec Králové	FMM	112
2020	VaK Hodonín	Moravská Nová Ves	FMM	100
2018	ČEVAK a.s.	Horní Planá	FMM	8
2018	VAK Vyškov	Lhota	FMMF	34
2018	ARKO TECHNOLOGY, a.s.	Písek	FMMF	84
2017	KUNST, spol. s.r.o.	Sojovice-Káraný	FMM	580
2016	Podtatranská vodárenská společnost, a.s.	Lomnička	FMMF	21
2016	Město Vimperk	Vimperk	FMM	32
2015	MEDMES, spol. s.r.o.	Strašice	FMMF	132
2015	FER&MAN Technology	Studeněves	FMMF	48
2015	SČVK a.s.	Třetí Mlýn	FMMF	60
2014	Syner s.r.o	Bedřichov-filtrace	FMM	560
2014	Habau CZ s.r.o.	Plzeň	FMM	960
2014	Hakov a.s.	Příkrý	FMM	68
2013	Královopolská Ria a.s.	Hradec Králové	FMM	120
2013	SČVK a.s.	Chřibská	FMM	60
Celkem				2979

Flotace jako první separační stupeň při úpravě vody byla poprvé ve střední Evropě použita na ÚV Mostiště v roce 2005 při řešení havarijní situace na hrázi Vodní Nádrže Mostiště. V roce 2005 musela být výrazně snížena hladina ve vodní nádrži, následně došlo k výraznému zhoršení kvality surové vody a stávající úpravna vody nebyla schopna tuto vodu ve všech limitech upravit.

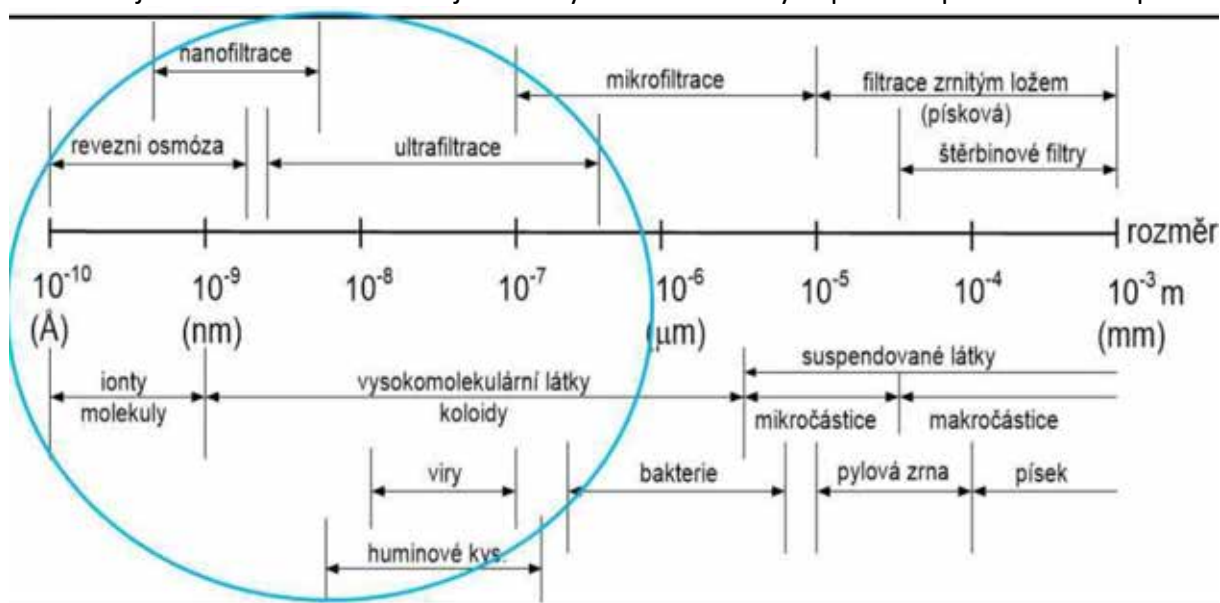
Od té doby bylo v České republice a na Slovensku již použita technologie flotace jako prvního separačního stupně na 14 úpravách vody s celkovým výkonem 2 255 l/s. V tabulce 2 je přehled úpraven, kde je technologie flotace umístěna jako první separační stupeň.

Tabuľka 2 – Flotace

Rok realizace	Zákazník	Lokalita	Výkon l/s
2021	VaK Hradec Králové	Hradec Králové	125
2021	Ferrmont a.s.	Klenovec	140
2019	SMP CZ a.s	Klíčava	100
2018	ARKO TECHNOLOGY, a.s.	Písek	75
2017	KUNST, spol. s.r.o.	Hvězdička	50
2015	KUNST, spol. s.r.o.	Monako	130
2015	Sdružení firem Syner VHS Vysočina a VA TECH Wabag Brno	Souš	240
2014	HST Hydrosystémy s.r.o.	Bedřichov	370
2014	ARKO Technology a.s.	Meziboří	505
2013	Královopolská Ria a.s.	Hradec Králové	150
2012	HST Hydrosystémy s.r.o.	Jirkov	150
2012	VWS MEMSEP s.r.o.	Mostiště	220
Celkem			2255

Membránové technologie

Na obr. 1 je znázorněno rozdělení jednotlivých membránových procesů podle velikosti pórů.



Zdroj obrázku: Jelínek L. a kol. : *Desalinační a separační metody v úpravě vody*, VŠCHT Praha, 2009

Obr. 1 Rozdělení membránových procesů [4]

Rozhodujícím impulsem pro rozvoj a využití membránových technologií nahrazujících filtraci přes zrnité materiály při úpravě pitné vody bylo to, že se v roce 2007 dohodly společnosti NGK Water Environment Systems, Ltd. a Electric Water Environmental Systems Co., Ltd. na založení společnosti METAWATER Co., Ltd. Tato společnost uvedla na trh novou keramickou membránu, která byla vyvíjena od roku 1985 s výraznou podporou japonské vlády.

Tato keramická membrána (velikosti pórů 0,1 μm), díky své mechanické a chemické odolnosti, umožnila masivní rozšíření membránové technologie při jednostupňové úpravě vody. Pro tento účel byla primárně také vyvíjena.

K dnešnímu datu je na světě v provozu cca 200 úpraven vody s touto technologií s kapacitou téměř 15 000 l/s.

Jedna je také už rok v provozu na Slovensku, na úpravně vody Klenovec, druhá je od loňského léta ve zkušebním provozu na ÚV Hrobice (Pardubice).

Technologie ultrafiltrace na polymerních membránách je použita jako další separační stupeň po filtraci na zrnitém materiálu např. na ÚV Karlovy Vary a na ÚV Svobodka (Tachovsko). V těchto případech byla technologie úpravy vody rozšířena o třetí stupeň, který lépe vyrovná sezónní výkyvy kvality surové vody, především v souvislosti s rozvojem sinic a řas.

V reálném provozu lze vidět nanofiltraci na úpravně vody Domašov nad Bystřicí. V ČR se jedná o první instalaci svého druhu, a i v rámci střední Evropy jde o unikátní projekt. Nanofiltrace zde slouží jako třetí separační stupeň v případě okálových stavů, kdy na stávající technologické lince není možné dosáhnout kvality upravené vody dané vyhláškou MZ ČR 252/2004 Sb.. Do provozu je uváděna pouze v období zhoršené kvality surové vody, což v roce 2020 činilo celých 100 dní. Vzhledem k vysoké separační účinnosti nanofiltrace nebylo ani v jednom případě nutné náhradní zásobování spotřebiště tak, jak tomu bývalo v minulosti.

Jedním z příkladů použití reverzní osmózy pro snížení koncentrace dusičnanů a tvrdosti vody je ÚV Hostivice. Na této ÚV je mísená část surové vody s vodou po reverzní osmóze tak, aby v upravené vodě byla koncentrace dusičnanů pod 50 mg/l a tvrdost vody byla cca 2,5 mmol/l. Voda z vrtů v Hostivicích je značně tvrdá, obsah dusičnanů je také vysoký ve srovnání s limitní hodnotou uvedenou ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Obsah chloridů a síranů ve vodě z vrtů defacto vylučuje možnost použití technologie výměny dusičnanových aniontů pomocí aniontových selektivních pryskyřic. Zde dochází k výměně dusičnanových (ve značné míře ale i síranových) aniontů za chloridové. V upravené vodě by pak byla překročena limitní hodnota koncentrace chloridových aniontů - 100 mg/l. Jedinou využitelnou technologií úpravy vody pro tyto vody byla metoda reverzní osmózy (RO) s následným smísením se surovou vodou v daném poměru tak, aby výsledná směs vyhovovala vyhl. 252/2004 Sb.

Z pokročilých oxidačních procesů je aktuálně nejrozšířenější použití ozonizace a následné sorpce na aktivním uhlí – v ČR např. ÚV Želivka, ÚV Plzeň, ÚV Mostiště, ÚV Hradec Králové. Tyto technologie jsou používány pro odstranění pesticidů nebo jejich metabolitů, případně také mikropolutantů, což jsou sloučeniny, které pocházejí z výroby, používání nebo likvidace chemikálií a produkty lidského nebo živočišného metabolismu. Jde také o kosmetické přípravky, retardéry hoření, parfémů, změkčovadla a izolační pěny, farmaceutické výrobky i výrobky osobní péče (PPCP), dále pak o chemické látky působící na endokrinní systém (EDC) a mikroplasty [1-3]. Ve stádiu intenzivního výzkumu a poloprovozního testování jsou ale také další technologie, z nichž asi nejnadějnější je oxidace borem dopovanou diamantovou elektrodou (BDDE) [3]. Bohužel vývoj zařízení na průmyslové využití této technologie není

ještě dokončen. Dalším pokročilým oxidačním procesem je např. oxidace peroxidem vodíku v kombinaci s UV zářením a Fentonova reakce, která spočívá v reakci peroxidu vodíku s přechodnými kovy (Fe^{2+} , Cu^{2+}) jako katalyzátory, přičemž produktem reakce jsou vysoce reaktivní hydroxylové radikály [3]. Pokročilé oxidační procesy jsou většinou doplněny následnou sorpcí na aktivním uhlí nebo jiném sorpčním materiálu (možné využít např. také popílkový zeolit).

Jako novou technologii v úpravě vody lze také označit sorpci na aktivním uhlí bez předřazeného oxidačního procesu. Tato technologie je většinou využívána jako další technologický stupeň po filtraci na zrnitém materiálu, kdy sorpcí dochází ke snížení koncentrace pesticidů nebo jejich metabolitů, případně také k odstranění sensorických závad upravené vody (např. zápach způsobený geosminy apod.). Takto je sorpce využívána např. na ÚV Štítary, ÚV Znojmo, ÚV Příkrý, ÚV Moravská Nová Ves a na Slovensku např. na ÚV Klenovec a ÚV Málinec.

Pokud se staví nová úprava vody, je rozhodnutí pro využití nových technologií dáno většinou vyhodnocením kvality surové vody, prostorových možností, požadovaného výkonu a požadavků legislativy na kvalitu upravené vody a odpadů. Většinou si lze vybírat a hodnotit několik variant.

Když je, ale zákazník přinucen stávajícím technickým nebo stavebním stavem úpravy, případně změnou kvality surové vody nebo novými požadavky na lepší kvalitu vody, doplnit stávající technologickou linku úpravy, je situace mnohem složitější.

Vždy doporučuji před rozhodnutím, jaký nový technologický stupeň a kde doplnit, provést poloprovazní ověření této technologie na místě jejího předpokládaného osazení. Výsledky poloprovazních zkoušek umožní provést návrh nové technologie v optimální konfiguraci, s ověřenými prostorovými a provozními náklady.

Investiční a provozní náklady některých výše popsaných nových technologií:

Náhrada písku za jiné vícevrstvé náplně

Investiční náklady:

- nákup nového filtračního materiálu
- případné úpravy výkonu prací čerpadel, někdy i úpravy potrubí prací vody

Provozní náklady:

- dochází k výraznému prodloužení filtračních cyklů, tzn. až 3 x nižší spotřebu prací vody

Flotace – první separační stupeň

Investiční náklady:

- vybudování flokulace s dobou zdržení mezi 15 až 30 min (pokud již není na úpravě odpovídající flokulace vybudována)
- vybudování flotace s povrchovým zatížením od 10 do 20 m/hod
- zajištění nového potrubního propojení uvnitř technologie

Provozní náklady:

- pro zajištění výroby „bílé vody“ a její recirkulace v systému je nutné recirkulovat část upravené vody, tzn. cca 40 Whod na 1 m³ upravené vody
- vzhledem k účinnosti flotace 70 – 90 % (na odstranění zákalu, Fe/Al, CHSK) dochází k výraznému prodloužení filtračních cyklů, tzn. až 5 x nižší spotřebu prací vody

Membránové technologie

U membránových technologií je vždy nutné navrhnout pro konkrétní aplikaci konkrétní řešení. U ultrafiltrace je nutné překonat transmembránový tlak cca 50 – 250 kPa, pokud je možné využít přetlak ze zdroje surové vody (např. jako na ÚV Klenovec), pak lze energii na čerpání surové vody na membránu zanedbat. Pak je energetická spotřeba takové technologie zanedbatelná.

U nanofiltrace jsou pracovní tlaky výrazně vyšší, od 0,5 do 1,5 MPa. Tomu odpovídá také spotřeba el. energie, která při našich poloprovozních měřeních dosahovala 2,58 kWh na 1 m³ upravené vody.

Při použití reverzní osmózy jsou tlaky ještě výrazně vyšší než u nanofiltrace, od 5 do 8 MPa. Tomu odpovídá také spotřeba el. energie, která při našich poloprovozních měřeních dosahovala 4,6 kWh na 1 m³ upravené vody.

Investiční náklady:

- na samotnou technologii jsou poměrně vysoké, ale pokud se staví nová úpravná, případně se výrazně rekonstruuje stávající úpravná, je použití těchto technologií z důvodu minimalizace stavebních prací výhodnější. Důvodem pro použití ultrafiltrace je např. také to, že v případě nutnosti doplnění dalšího separačního stupně u stávajících úpraven (sorpce na GAU) lze tento sorpční stupeň díky malým prostorovým nárokům membránových technologií osadit do stávajících filtrů se zrnitým materiálem – příklad ÚV Hrobice, ÚV Vír nebo ÚV Klenovec.

Provozní náklady:

- provozní náklady jsou především na překonání transmembránového tlaku
- další provozní náklady jsou na chemické čištění membrán a likvidaci kalových vod

Pokročilé oxidační procesy

Z důvodů velmi malého rozšíření technologie oxidace borem dopovanou diamantovou elektrodou (BDDE), oxidace peroxidem vodíku v kombinaci s UV zářením a Fentonovy reakce se budu zabývat pouze technologií ozonizace a následné sorpce na aktivním uhlí.

Investiční náklady:

- pořízení generátoru ozónu
- pořízení generátoru kyslíku nebo zásobníků kyslíku s odpařovacím zařízením
- zajištění prostoru ozonizace – bezpečnostní podmínky, destruktor ozonu apod.
- vymírací nádrže
- filtry s GAU včetně zajištění praní

Provozní náklady [5]:

- el. energie
- kyslík
- údržba
- regenerace nebo výměna GAU (po 4 až 8 letech)

Sorpce na aktivním uhlí bez předřazeného oxidačního procesu

Investiční náklady:

- filtry s GAU včetně zajištění praní

Provozní náklady:

- praní filtrů s GAU – obvykle cca 1 x za 14 dnů
- regenerace nebo výměna GAU (po 4 až 8 letech)

Závěr

Je důležité zvážit při návrhu každého nového technologického stupně při úpravě vody jeho investiční a provozní náklady a vybírat z více možných řešení. Velmi významné pro správný návrh je využití možností poloprovozního testování zvoleného řešení.

Literatura

1. Sousa, João CG, et al. "A review on environmental monitoring of water organic pollutants identified by EU guidelines." *Journal of hazardous materials* 344 (2018): 146-162.
2. Kim, Moon-Kyung, and Kyung-Duk Zoh. "Occurrence and removals of micropollutants in water environment." *Environmental Engineering Research* 21.4 (2016): 319-332.
3. Pacholská, T. a kol. "Eliminace mikropolutantů z vod kombinací oxidačních a sorpčních procesů v laboratorním měřítku." *ENTECHO 1* (2021): 15–20.
4. Jelínek Luděk a kol.: "Desalinační a separační metody v úpravě vody". 1st ed. *Praha VŠCHT Praha*, (2009): 129. ISBN 978-80-7080-705-7
5. Beneš, J. "Význam ozonizace při odstraňování mikroznečištění z pitné a odpadní vody." *Konference Voda 2017* (2017).
6. Fendrych, A. Urbánková, M. Láska, T. Dlask, M. „2 roky provozu nanofiltrace na ÚV Domašov – provozní zkušenosti.“ *Konference Voda Zlín 2022* (2022)

MODERNIZACE ÚPRAVNÝ VODY ZODPOVĚDNĚ ŘÍZENÝ PROCES PŘEDPROJEKTOVÉ A PROJEKTOVÉ PŘÍPRAVY

Ing. Josef Drbohlav ¹⁾

Ing. Lukáš Písek ¹⁾

Ing. Jiří Kratěna, Ph.D. ¹⁾

Sweco Hydroprojekt, a.s., Táborská 31, Praha 4,

josef.drbohlav@sweco.cz, lukas.pisek@sweco.cz, jiri.kratena@sweco.cz

Abstrakt: Přednáška shrnuje informace o 30 letech zkušeností z rekonstrukcí a modernizací úpraven vody. Zaměřuje se na shrnutí informací o používaných modernizačních prvcích a zdůvodňuje požadavky na kvalitní předprojektovou a projektovou přípravu.

Abstract: The paper summarizes information about 30 years of experience in the water treatment plants reconstruction and refurbishment. It focuses on summarizing information about the used modernization elements and justifies the requirements for quality pre-project and project preparation.

Klíčová slova: úpravná vody, předprojektová a projektová příprava

Keywords: water treatment plant, pre-project and project preparation

Úvod

V roce 2022 oslaví české vodárenství malé jubileum, kterým je 30 let rekonstrukcí úpraven vody. První úpravnou vody, jejíž rekonstrukce byla zahájena v roce 1992, byla jedna z největších - úpravná vody Podolí. Rekonstrukce trvala až do roku 2002. Ze současného pohledu se jednalo o obnovu stavby a technologického zařízení. Úpravná vody byla od poslední modernizace v 50.tých letech 20. století provozována s minimálními investicemi do obnovy. V době zahájení rekonstrukce byla úpravná vody na hranici provozního kolapsu.

I přes skutečnost, že byla rekonstrukce zaměřena především na obnovu zařízení, je možné zdůraznit řadu modernizačních (inovačních) prvků, které úpravnou vody Podolí výrazně provozně a technologicky posunuly. Pískové filtry prošly významnou rekonstrukcí a díky použití drenážního systému Aquafilter, který byl v 90.tých letech aplikován i na jiných úpravnách vody, bylo možné zvýšit provozní prostor filtru (písek + voda). V úpravně vody byla poprvé využita příprava vápenné vody v sedimentačních nádržích s lamelovou vestavbou a neutralizace chloru v případě jeho úniku. Nadstavbou pak bylo umístění vodárenského muzea do části staré filtrace, která nebyla provozně využívána.

Po roce 2000 byla zahájena rekonstrukce dalších úpraven vody. Prioritně byly rekonstruovány velké úpravny vody na povrchových tocích – úpravná vody Hradiště, Souš, Meziboří, Mostiště, Štítary, Nová Ves a řada dalších. V následujících letech se pak přistoupilo i k rekonstrukci menších úpraven vody a úpraven vody využívajících podzemní vodu.

Po roce 2010 pak přišly na řadu i „nové“ úpravný vody dokončené v 90.tých letech 20. století – je třeba zmínit úpravnu vody Plzeň, Plav a Želivka. V současné době se připravuje modernizace dalších úpraven vody.

Potřeba modernizace a doplnění technologie úpravy vody [5] má řadu souvisejících příčin. Pokud se pokusíme vyjmenovat různé vlivy, které vyvolávají požadavky na změny technologie úpravy vody, můžeme mezi ně, bez definování míry důležitosti, zařadit:

- **komunální znečištění** – bylo historicky jedním z největších zdrojů znečištění povrchových vod. Zpřísnění legislativy v oblasti čištění odpadních vody a vypouštění vyčištěných odpadních vod do vodotečí a tlak na provozovatele čistíren odpadních vod, přineslo výrazné snížení znečištění z těchto zdrojů. Komunálními čistírnami odpadních vod však v současnosti prochází látky, jako léčiva nebo drogy, které současné technologie ČOV neumí z odpadních vod odstranit. Ty se pak dostávají do povrchových toků a následně se s nimi potýkají úpravný vody.
- **průmysl** – významné zdroje znečištění, které v minulosti významně zatěžovaly povrchové vody, byly řešeny výstavbou průmyslových čistíren odpadních vod, vnitřní recirkulací technologických vod, anebo v řadě případů úplným zrušením výroby. Je možné říct, že průmysl dnes není, až na výjimky, zásadním zdrojem znečištění povrchových vod. Lokálně samozřejmě mohou jednotlivé toky nebo vodárenské nádrže ohrozit ekologické havárie,
- **znečištění ze spalování fosilních paliv** – výroba elektrické energie byla na přelomu osmdesátých a devadesátých let zdrojem imisí, které významně poškodily lesní porosty především oblasti Krušných a Jizerských hor, kde byla v podhůří řada tepelných elektráren na obou stranách hranice. S důsledky odlesnění velké části tohoto území, ale i dalších horských oblastí na území České republiky, se dodnes potýkáme a dopady negativně ovlivnily kvalitu vody v horských vodárenských nádržích,
- **zemědělská činnost** – nárůst koncentrace pesticidů a jejich metabolitů v povrchových vodách vyvolal potřebu věnovat jim zvýšenou pozornost. Nárůst jejich výskytu je dán intenzivní zemědělskou činností, zvýšenou produkcí zemědělských plodin a často nekázní při aplikaci pesticidů na zemědělské kultury. Zemědělská výroba se dnes bez pesticidů prakticky neobejde. Výrobci pesticidů poměrně pružně reagují na zákaz aplikace některých typů pesticidů a velmi rychle je nahrazují novými produkty. Znečištění ze zemědělství má v současnosti vzrůstající trend a bude vyžadovat řadu opatření do budoucnosti, které tento trend omezí, nejlépe zastaví,
- **klimatické změny** – vliv „sucha“ a vodných stavů na kvalitu surové vody je v současnosti v centru zájmu, je trvale sledován a vyhodnocován. Z prvních poznatků, za období sucha v letech 2015 – 2020, je možné vyvodit, že do budoucnosti bude v některých parametrech ovlivňovat kvalitu surové vody. V důsledku nižších průtoků v tocích se zvyšuje koncentrace znečištění a to se pak projevuje nároky na technologii úpravy vody. Nedostatek srážek má i pozitivní vliv na kvalitu surové vody, protože se významně snižují splachy ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků a do toků se tak dostává menší podíl znečišťujících látek,
- **sledování kvality vody** – zlepšování technické úrovně analytických metod a analyzátorů, které jsou využívány pro sledování kvality vody, zkvalitňují výsledky měření a umožňují kontrolu daleko širšího spektra látek, které se vyskytují v surové a pitné vodě, než tomu bylo v minulosti,
- **vývoj poznání** – bude vždy o krok pozadu za výrobci různých produktů, které mohou mít negativní vliv na kvalitu povrchové i podzemní vody. Výzkum vždy reaguje na vzniklou

situaci a prověřuje, zda a jak je nový výrobek rizikový pro spotřebitele pitné vody. Po prověření pak může následovat legislativní opatření v podobě zákazu jeho aplikace. Současnými tématy, kterým se výzkum věnuje, je sledování pesticidů a jejich metabolitů. Výsledky výzkumu se průběžně aplikují v praxi. Dalším významným tématem je vliv léčiv, hormonů a drog na organismy a sledování jejich koncentrace ve vodních tocích. Hodně medializovanou novinkou je obsah mikroplastů v povrchové a podzemní vodě. Téma je hodně sledované a je otázkou do budoucna, jaký vliv na lidský organismus výzkum prokáže,

- **legislativní požadavky** – postupně reagují na znečištění, které se ve zdrojích objevuje a na výsledky výzkumu.

Poslední větší změna v definování požadavků na jakost pitné vody se uskutečnila vydáním vyhlášky 252/2004 Sb. [1,2], která byla harmonizována s legislativou Evropské unie [3]. Vyhláška 252/2004 Sb. byla od roku 2004 několikrát novelizována.

Požadavky na jakost surové vody jsou definovány přílohou č.13 vyhl.č. 428/2001 Sb. [4].

Zmíněné vlivy se promítají do řešení rekonstrukcí a modernizací úpraven vody a vedou k tomu, že je třeba se vracet do úpraven vody, jejichž rekonstrukce byly koncipovány po roce 2000. Dříve modernizované úpravní vody je zpravidla třeba doplnit v reakci na vývoj kvality surové vody a legislativní požadavky o další technologické stupně – příkladem je úpravna vody Souš (flotace), úpravna vody Hradiště (filtrace GAU), úpravna vody Želivka (filtrace GAU) nebo připravovaná modernizace úpravní vody Podolí.

Požadavky na modernizaci technologických linek úpraven vody přinesly tlak na hledání nových řešení, umožňujících intenzifikaci stávajících technologických zařízení, případně nových zařízení prostorově méně náročných. Na hledání vhodných řešení se tak podíleli jak projektanti, tak i dodavatelé technologických zařízení. Zmínit je ale třeba i významný posun ve stavebních konstrukcích. Významný posun je v řešení sanací stavebních konstrukcí a stále častěji se používají moderní stavební materiály.

Projektant tak má v současnosti k dispozici řadu inovačních technologických zařízení, které mu umožňují při dostatku zkušeností a ochotě vlastníka a provozovatele přijmout nové řešení, navrhnout na základě pečlivé předprojektové přípravy a poloprovozních zkoušek optimální skladbu technologické linky úpravní vody.

Přehled technologií aplikovaných při modernizaci úpraven vody

- **příprava suspenze**

Na konci 90.tých let byl velkým problémem nárůst znečištění v horských nádržích Krušných a Jizerských hor, který byl ovlivněn rozsáhlým odlesněním vrcholových partií hor v důsledku spalování nekvalitního hnědého uhlí v elektrárnách. Z hlediska technologie úpravy vody se podařilo situaci na všech dotčených úpravárnách vody zvládnout. Kombinace kyselých huminových vod pocházejících z rašelinišť ve vrcholových partiích hor, s biologickým oživením a splachy z odlesněných území vytvářeli koktejl v surové vodě, který byl v té době standardními postupy obtížně upravitelný. K řešení vzniklého problému se postupovalo od přípravy suspenze, kde bylo úspěšně aplikováno míchání v děrovaných stěnách v kombinaci s optimalizací dávky koagulantu a polymerního flokulantu při správně zvoleném pH. Na děrovaných stěnách se vytvářely agregáty dobře separovatelné na dvouvrstvých filtrech (antracit + písek, později Filtralite). Následně pak

bylo na úpravnách vody, kde nárůst znečištění pokračoval, postupně nahrazováno míchání v děrovaných stěnách flotací s předřazeným mechanickým mícháním. Pro osazení flotace byly zpravidla s výhodou využity poměrně velké nádrže s děrovanými stěnami. Takto zvolená technologie úpravy vody je velmi účinná pro odstranění biologického znečištění, která se v horských nádržích nárazově vyskytuje i ve vysokých koncentracích řádově do 10.000 jedinců/ml.

Tento postup byl uplatněn například na úpravně vody Souš, Meziboří, Jirkov nebo Bedřichov, kde byla opatření realizována postupně během cca 15 let a technologie flotace byla postupně ověřována.

- **první separační stupeň**

Po roce 2000 byla nabídka technologií pro první separační stupeň, rozšířena o flotaci rozpuštěným vzduchem a sedimentaci zatěžovanou mikropískem (Actiflo). K první aplikaci došlo na úpravně vody Mostiště, kde byly poloprovozně testovány obě technologie. Jako vhodnější byla zvolena flotace.

V následujících letech byla technologie flotace instalována na úpravnách vody Souš, Meziboří, Bedřichov, Jirkov, Janov, Karolinka a na dalších.

Flotace rozpuštěným vzduchem je robustní proces, který velmi dobře zvládá i proměnnou kvalitu surové povrchové vody a zejména při odstraňování organismů je prakticky bezkonkurenční.

Pro podzemní vody se při poloprovozních testech ukázala technologie flotace rozpuštěným vzduchem jako málo účinná. Pro podzemní vody se proto obvykle používá sedimentace s lamelovou vestavbou. Instalace byla provedena na úpravně vody Hajská, Hrobice, Holedeč nebo Březovice.

- **filtrace – konstrukce filtrů**

Od 90.tých let minulého století je postupně nahrazován konstrukční systém filtrů s mezidnem modernějšími bezmezidnovými systémy ukládanými na dno filtru. Systémů bez mezidna se dnes využívá celá řada. Tyto systémy se skládají ze samostatných v podstatě oddělených systémů (segmentů), kdy jeden každý může fungovat nezávisle na ostatních (za předpokladu zachování přítoku pracích médií). Některé systémy mají oddělenou distribuci pracího vzduchu a prací vody (Aquafilter). Jiné systémy využívají pro distribuci obou médií společnou konstrukci (Leopold, Triton, Phoenix). Zásadní výhodou proti konstrukci s mezidnem je výrazně menší konstrukční výška drenážního systému, což má přímý dopad na celkovou hloubku filtru v případě výstavby nové filtrace. Při rekonstrukci filtrace je tak možné získat výšku např. pro doplnění další filtrační vrstvy nebo doplnění technologie mezi míchání a filtraci. Další výhodou těchto systémů je podstatně vyšší pokrytí plochy filtru aktivní drenáží.

- **filtrace – filtrační materiály**

Nárůst znečištění povrchových vod vedl k nutnosti nahrazovat tradiční pískovou náplň filtrů řešením, které zvýší kalovou kapacitu filtrů. První aplikace využívaly dvouvrstvé filtry s vrstvou písku a antracitu. Toto řešení bylo realizováno na úpravně vody Hradiště a Souš. Nevýhodou dvouvrstvých filtrů s vrstvou písku a antracitu je požadavek na poměrně vysoké intenzity prací vody, což může být při modernizaci stávajících filtrů na úpravně vody významnou komplikací.

Vítanou novinkou proto byl filtrační materiál Filtralite. Ten umožňuje využít výhody dvouvrstvých filtrů při zachování intenzit praní vodou shodných s filtračním pískem. Jak ukazují poloprovozní testy a reálný provoz, má Filtralite vyšší kalovou kapacitu a nižší

náklady na praní filtrů. Filtralite však není vhodný pro úpravny vody, kde je používáno preparování filtrů pro odstranění manganu ze surové vody. V provozu se ukazuje, že je velmi obtížné Filtralite preparovat manganem.

Filtrační materiál Filtralite byl úspěšně aplikován na řadě úpraven vody – např. úpravna vody Bedřichov, Plzeň a další.

- **ozonizace**

V minulosti všelék „ozonizací“, dnes po letech vidíme z jiného pohledu. Ozon jako silný oxidant vytváří po aplikaci řadu vedlejších produktů, které mohou být především u povrchových vod ve svém důsledku větším zdravotním rizikem než původně odstraňované znečištění. V 80.tých a v 90.tých letech byla ozonizace běžně realizována jako samostatný technologický stupeň (úpravna vody Želivka, Plzeň, Hosov, Troubky, Březová). Dnes je již standardem, že ozonizace je kombinována s následnou filtrací přes granulované aktivní uhlí. Filtrace přes GAU bezpečně sorbuje látky vzniklé štěpením při ozonizaci a látky, které ozonizace štěpí, ale neodstraňuje – pesticidy a léčiva.

Otázkou je, zda vůbec navrhovat kombinaci ozonizace s filtrací granulovaným aktivním uhlím - příkladem může být úpravna vody Štítary, kde filtrace přes granulované uhlí zcela postačuje a původně zvažovaná ozonizace po provedení poloprovozních zkoušek nebyla realizována.

K významnému technickému posunu došlo v případě směšování ozonu s vodou. V minulosti běžně používaná „barbotáž“ v souproudu a protiproudu, která je velmi náročná na velikost směšovací nádrží, je v současnosti nahrazována směšováním v GDS systémech, nebo dávkováním ozonu přímo do hlavního proudu vody pomocí difuzoru.

- **filtrace přes GAU**

V posledních letech je věnována zvýšená pozornost pesticidům a jejich metabolitům, které jsou v povrchových vodách ve stále vyšších koncentracích. Sledování obsahu zbytku léčiv se v poslední době dostává rovněž do oblasti zájmu, protože se jejich i když zatím nízké koncentrace postupně zvyšují.

Účinnou technologií pro snížení obsahu mikropolutantů v upravované vodě je filtrace přes granulované aktivní uhlí, která byla v minulosti úspěšně aplikována na dalších úpravách povrchových vod – Mostiště, Plzeň, Hosov, Valašské Meziříčí, Hradec Králové, Svatá Trojice v Kutné Hoře, Želivka, Karolínka, Štítary, Švařec, Plav a na řadě dalších.

Klást je však třeba důraz na kvalitně provedené poloprovozní testy, které umožnit zvolit optimální typ granulovaného aktivního uhlí, vhodného pro konkrétní úpravnu vody. Volba kvalitního a vhodného aktivního uhlí významně ovlivňuje výsledný efekt úpravy vody.

- **membránové technologie**

Membránová filtrace je vhodnou alternativou k tradičním technologiím, případně je doplňuje. Její předností jsou menší prostorové nároky a účinnost separace. Její význam je ve schopnosti odstraňovat látky, které jsou standardní technologií obtížné, nebo vůbec neodstranitelné. To potvrzuje i rostoucí počet úpraven vody, kde je již membránová technologie provozována – úpravny vody Březová, Trnová, Frýdlant, Hrobice a na řadě dalších se o jejich instalaci uvažuje.

Rezervovaný přístup investorů k membránovými technologiím ovlivněný vysokou cenou a omezenou životností, se v současnosti rychle mění. Náklady na instalaci membránových technologií se postupně snižují a deklarovaná životnost membrán je podstatně delší než v minulosti.

Membránové technológie jsou z pohledu vodárenství zcela určitě „moderní technologií“ s velkou budoucností.

- ***pokročilé oxidační procesy (AOP)***

Jako pokročilé oxidační procesy (AOP z anglického „Advanced oxidation processes“) jsou označovány technologie, které využívají hydroxylové radikály (OH) k oxidaci polutantů a případně k hygienizaci upravované vody. Mezi zástupce AOP schopné produkovat tyto radikály patří ozon (O_3), UV záření a peroxid vodíku (H_2O_2). V praxi je také častá jejich vzájemná kombinace, nejběžnějšími procesy jsou O_3/H_2O_2 , O_3/UV a H_2O_2/UV . Výběr vhodné technologie velmi záleží na kvalitě upravované vody, zejména na teplotě, pH a jejím složení.

Na rozdíl od ozonu, který je již řadu let v úpravárenství používán, je dávkování peroxidu vodíku novinkou, která je ve fázi testování a její kombinace s UV zářením bude do budoucna investičně a z hlediska bezpečnosti méně náročnou variantou k dávkování ozonu.

Dávkování ve formě vodného roztoku je snáze proveditelné a nevyžaduje velké směšovací nádrže a odvětrání včetně destruktorů nezbytných při dávkování ozonu.

- ***kalové hospodářství – recirkulace odpadních vod***

U úpraven vody s technologií náročnou na produkci odpadních vod, s nevhodnými podmínkami pro provoz kalových lagun nebo bez možnosti vypouštět odpadní vody do kanalizace s následným zpracováním na ČOV, případně v územích, kde jsou kladeny zvýšené požadavky na ochranu přírody, je třeba hledat jiná řešení a tím je strojní odvodnění kalů.

Jako vhodné se ukázaly aplikace se strojním zpracováním vodárenských kalů ve dvou technologických krocích – zahuštění a odvodnění.

V úvahu připadá řada řešení:

- skladování odpadních vod ve velké kalové nádrži a následné zpracování kalů mobilní odstředivkou (úpravna vody Želivka a Káraný),
- sedimentace v horizontálních nebo vertikálních nádržích s následným odvodněním komorovým lisem nebo odstředivkou (úpravna vody Plav, Nová Ves nebo Švařec),
- odsazení vody v sedimentační nádrži, zahuštění v kontinuální usazovací nádrži s následným odvodněním kalu na komorovém lisu (úpravna vody Hajská) nebo na šnekovém lisu (úpravna vody Březovice), je využíváno především na úpravách vody, které upravují podzemní vodu s vyšším a vysokým obsahem železa a manganu. Na tomto typu vod obvykle není vhodné použití flotace pro zahuštění kalů,
- zahuštění odpadních vod pomocí flotace s následným odvodněním kalu na šnekovém lisu (úpravna vody Souš, III. Mlýn, Mostišť) je vhodné pro povrchové vody.

Všechna popsaná řešení, byla v minulosti realizována a provozně odzkoušena. Posouzení možnosti recirkulace odpadních vod z kalového hospodářství na začátek technologické linky úpravny vody, by mělo být standardním postupem při návrhu rekonstrukce či modernizace úpravny vody.

Závěr

Masivní investice do rekonstrukce úpraven vody významně ovlivnily vývoj poznání v oboru vodárenství. Rozvoj poznání však znamená i tlak na projektanty a vodárenské techniky, kteří se musí v problematice orientovat a neustále doplňovat své znalosti. O kvalitě modernizace úpravny vody tak rozhodují znalosti a zkušenost projektanta. Pro zpracování tak náročného

úroku, kterým je rekonstrukce a modernizace úpravny vody, je třeba mít k dispozici komplexní tým odborníků, kteří jsou schopni zpracovat projekt napříč všemi profesemi – především chem-technolog, vodohospodář, stavař, strojař, elektrikář a řada dalších profesí. Odbornost ale musí být i na straně investorů (vlastníků a provozovatelů), kteří jsou partnery projektanta a musí mít dostatek odvahy při využití nového, ne vždy plně odzkoušeného technologického zařízení.

Modernizace úpravny vody by neměla být pouhou obnovou současného technologického zařízení, ale vždy by měla přinést nové moderní (inovační) řešení, která přispějí ke zlepšení jakosti pitné vody a k optimalizaci provozních nákladů. Zpravidla je třeba reagovat na vlivy rekapitulované v úvodu přednášky, což obvykle znamená doplněná technologické linky o nové technologické stupně nebo náhrada stávajících méně účinných technologických stupňů.

Modernizace úpravny vody umožňuje využít celou škálu technologických řešení, která jsou k dispozici a cílem každého projektanta by mělo být navrhnout řešení, které bude investičně a provozně optimalizované a současně zajistí více bariérovou technologii úpravy vody, která umožní zabezpečit potřebnou jakost pitné vody při všech kvalitativních podmínkách a při standardních výkonech úpravny vody.

Základním předpokladem pro kvalitní návrh modernizace úpravny vody jsou nejen dostatečné znalosti a zkušenosti projekčního týmu s jednotlivými technologiemi, ale i dodržování standardních postupů při zpracování předprojektové přípravy a projektové dokumentace. V uplynulých letech se podařilo nastavit standardní postupy předprojektové přípravy, které vytvářejí při řádné přípravě a řízení předpoklady pro kvalitní přípravu modernizace technologické linky úpravny vody. Podařilo se tak dosáhnout efektu, že vložením relativně nízkých finančních prostředků do předprojektové přípravy, se náklady v budoucnosti vrátí v kvalitních projektech a kvalitně provedené modernizaci technologické linky úpravy vody.

Zkušenosti ukazují, že vynaložené prostředky v řádech statisíců korun přinášejí ve výsledku mnohamilionové úspory a při přípravě modernizace několika úpraven vody zabránily i fatálním chybám a finančním ztrátám, ke kterým by, bez provedení kvalitní předprojektové přípravy včetně poloprovozních testů a řady dalších průzkumů, pravděpodobně došlo.

Literatura

1. Vyhláška 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, Sbírka zákonů Česká republika, částka 82, 30.4.2004
2. Vyhláška 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, Sbírka zákonů Česká republika, částka 34, 14.5.2014
3. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water for human consumption.
4. Vyhláška č.428/2001 Sb. (ve znění dalších předpisů), kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.
5. Ing. Josef Drbohlav, Sweco Hydroprojekt, a.s., Modernizace a rekonstrukce úpraven vody, poznámky a komentáře k tématu, Vodní hospodářství 4/2019

6. Drbohlav J. a kol., prednáška „Volba vhodnej technológie pro úpravnu vody, zkušenosti z realizovaných projektů“, konferencie Nové trendy v oblasti úpravy pitnej vody – 1. pokračovanie, Nový Smokovec, Slovensko, duben 2016
7. Dolejš P. a kol., prednáška „Koncentrace pesticidů podél technologické linky úpravny vody s ozonizací a filtrací aktivním uhlím“, konferencie PITNÁ VODA 2008, Tábor, červen 2008
8. Dolejš P. a kol., prednáška „Koncentrace léčiv podél technologické linky úpravny vody s ozonizací a filtrací aktivním uhlím“, konferencie PITNÁ VODA 2008, Tábor, červen 2008
9. Drbohlav J., prednáška „Studie rekonstrukce úpravny vody Plzeň“, konferencie PITNÁ VODA 2008, Tábor, červen 2008
10. Liška M., prednáška „Plošné a bodové zdroje specifických organických látek v povodí řek a nádrží v povodí Vltavy“, seminář Výroba pitné vody a faktory ovlivňující kvalitativní a kvantitativní parametry ve vodárenské nádrži Švihov“, Praha, 10.2016
11. Drbohlav J., Středa P., Šesták J., Modernizace a rekonstrukce úpraven vody – odstraňování pesticidů a jejich metabolitů, biologických látek a léčiv, konferencie PITNÁ VODA, Trenčianské Teplice, Slovensko, 09.2017

Léčiva ve vodách, kalech Monitoring pitných vod ČR a SR

Ing. Taťána Halešová

ALS Czech Republic, s.r.o., Projektové středisko, Na Harfě 336/9, 190 00 Praha
e-mail: tatana.halesova@alsglobal.com, mobil: +420 734 186 545

Abstrakt: Léčiva se stala běžnou součástí našeho každodenního života. Ačkoliv jsou to látky beze sporu důležité, jejich velká spotřeba v humánní a veterinární medicíně představuje riziko jak pro životní prostředí, tak v konečném důsledku i pro lidské zdraví. Česká republika a Slovensko patří v mezinárodním porovnání mezi státy s nejvyšší spotřebou humánních léčiv a s průměrnou spotřebou veterinárních antimikrobik. Výskyt léčiv a jejich metabolitů ve vodách je dnes možné s využitím citlivé instrumentální techniky LCMS monitorovat i na velmi nízké koncentrační úrovni, řádově v ng/l. Hlavním zdrojem kontaminace léčivy jsou odpadní vody. Z tohoto důvodu se v současné době na čistírnách odpadních vod (ČOV) testují moderní způsoby čištění. Bohužel legislativa, která by kontrolovala kvalitu vod na výstupu z ČOV s ohledem na výskyt léčiv, není dosud dostupná. Výskyt léčiv není legislativně kontrolován ani ve stabilizovaném kalu, kejďě a hnoji, které jsou aplikovány na půdu jako hnojivo. Důsledkem je kontaminaci zdrojů pitných vod léčivy a jejich metabolity.

Abstract: Pharmaceuticals have become common part of our lives. Although these substances are undoubtedly important, their high consumption in human and veterinary medicine poses a risk both to the environment and human health. An international comparison shows that consumption of pharmaceuticals in the Czech Republic and Slovakia is high and average in the case of human drugs and veterinary antimicrobics, respectively. Modern sensitive LCMS instrumental technique allows monitoring of very low concentrations (ng/L) of pharmaceuticals and their metabolites in water. The main source of drug contamination is wastewater. For this reason, modern treatment methods are currently being tested at wastewater treatment plants (WWTPs). Unfortunately, there is no legislation relating to occurrence of pharmaceuticals in water leaving the WWTPs or in stabilized sludge and manure intended for application to the field as fertilizer. As a result, contamination of drinking water sources by pharmaceuticals and their metabolites occurs.

Klíčová slova: léčiva, metabolity, odpadní voda, kal, pitná voda

Keywords: pharmaceuticals, metabolites, wastewater, sludge, drinking water

Úvod

Léčiva představují rozsáhlou, chemicky velmi různorodou a neustále se rozšiřující skupinu látek vyznačující se širokou škálou klinických účinků. Jejich masové používání (a často i nadužívání) v humánní a veterinární medicíně vede nevyhnutelně ke kontaminaci životního prostředí. Léčiva jsou ze své podstaty biologicky aktivní látky, které jsou do jisté míry schopny před uplatněním zamýšleného terapeutického účinku odolat přirozené metabolické přeměně v organismu. Bohužel právě tyto vlastnosti jsou z hlediska životního prostředí problematické,

neboť jsou spojeny s bioakumulací a toxickými účinky na organismy ve vodních i terestrických ekosystémech [1]. Následkem kontaminace environmentálních vod dochází k výskytu léčiv i v pitné vodě a k možnému ohrožení lidského zdraví. Obavy přitom nevzbuzuje jen individuální toxicita, ale i působení jednotlivých účinných látek a jejich metabolitů ve směsích. Mluvíme o koktejlovém efektu, který může být příčinou vyšší toxicity.

Rozlišujeme dvě základní skupiny léčiv – humánní léčiva a veterinární léčiva. Některá léčiva jsou návyková, tj. při jejich užívání může vzniknout závislost. Tato léčiva řadíme do skupiny návykových látek. Závislost také vzniká užíváním nelegálních drog (např. amfetamin, heroin, kokain, LSD, MBDB, MDA, MDEA, MDMA, metamfetamin, THC).

Spotřeba humánních léčiv v České republice a na Slovensku

V roce 2019 bylo v České republice (ČR) dodáno do sítě zdravotnických zařízení téměř 256 milionů balení léčivých přípravků. Mezi nejčastěji distribuovaná léčiva patřila analgetika (19,3 mil. balení), protizánětlivá a protirevmatická léčiva (14,9 mil. balení), léčiva ovlivňující renin-angiotenzinový systém (13,7 mil. balení), antibakteriální léčiva pro systémovou aplikaci (11,0 mil. balení), léčiva k terapii diabetu (10,5 mil. balení) a léčiva proti nachlazení a kašli (10,3 mil. balení) – viz Obr. 1. Kromě výše uvedených léčiv byla často užívána taktéž léčiva upravující hladinu lipidů (např. atorvastatin 3,7 mil. balení), léčiva k terapii onemocnění spojených s poruchou acidity (např. omeprazol 2,8 mil. balení), beta-blokátory (např. metoprolol 2,3 mil. balení), hypnotika a sedativa (např. zolpidem 1,9 mil. balení), diuretika (např. furosemid 1,8 mil. balení), anxiolytika (např. alprazolam 1,6 mil. balení), antidepresiva (např. sertralin 1,4 mil. balení), antiepileptika (např. klonazepam 1,0 mil. balení) a další [2].

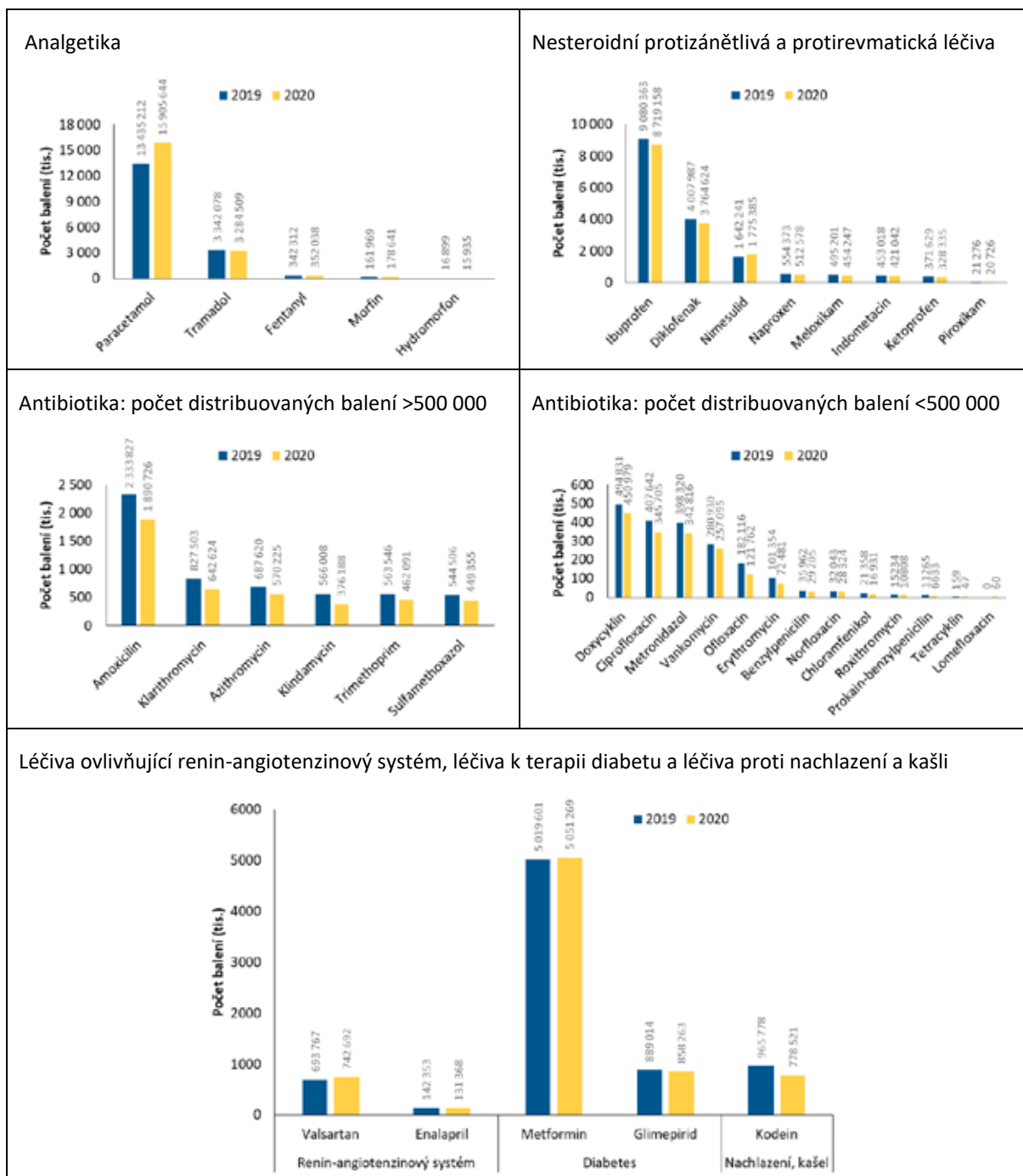
V mezinárodním porovnání patří ČR a Slovensko (SR) mezi státy s nejvyšší spotřebou humánních léčiv. V roce 2018 byla spotřeba humánních léčiv v ČR v přepočtu na obyvatele 3. nejvyšší, v SR 4. nejvyšší. Data pro porovnání poskytl 28 z 37 členských států Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) [3].

Spotřeba veterinárních antimikrobik v České republice a na Slovensku

V souvislosti s narůstajícím problémem rezistence mikroorganismů k antimikrobikům roste zejména v poslední dekádě tlak na sledování jejich spotřeby ve veterinární medicíně. K tomuto účelu slouží program ESVAC (European Surveillance of Veterinary Antimicrobials Consumption), který vede od roku 2010 Evropská léková agentura (EMA).

V roce 2017 se v ČR spotřebovalo 45 t účinných antimikrobních látek. Naprostá většina spotřebovaných antimikrobik (44 t, 98 %) byla použita pro hospodářská zvířata. Pro zvířata v zájmovém chovu byla použita pouhá 2 %, tj. 1 t [4].

Spotřeba veterinárních antimikrobik v přepočtu na biomasu hospodářských zvířat v ČR a SR je ve srovnání s ostatními členskými státy Evropské unie, Norskem a Švýcarskem průměrná. V roce 2018 se ČR a SR v ESVAC hodnocení umístily na 16. a 19. nejvyšším místě z 31 porovnávaných států. Mezi nejpoužívanější veterinární antimikrobika pařily v daném roce tetracykliny, peniciliny a sulfonamidy [5, 6]. V ČR patří tyto tři skupiny mezi nejpoužívanější antimikrobika dlouhodobě (tzv. skupina „top 3“) [4].



Obr. 1. Množství balení léčivých přípravků dodaných do sítě zdravotnických zařízení v České republice v letech 2019 a 2020 pro nejčastěji užívané skupiny léčiv a v životním prostředí nejčastěji sledované účinné léčivé látky [2].

Osud léčiv v životním prostředí

Způsobů, jimiž léčiva vstupují do životního prostředí, je hned několik. Hlavním zdrojem kontaminace jsou však odpadní vody. A to jak odpadní vody z domácností a nemocnic, které obsahují lidskou moč a výkaly, případně i nespotřebovaná nebo prošlá léčiva, tak odpadní vody z farmaceutického průmyslu. V samotném důsledku jsou zdrojem kontaminace čistírny odpadních vod (ČOV), které si často s léčivými neumí poradit a umožňují jejich transport do životního prostředí prostřednictvím vyčištěné odpadní vody, která je vypouštěna do vod povrchových, nebo prostřednictvím stabilizovaného kalu, který je často aplikován na půdu

jako hnojivo. V životním prostředí jsou léčiva transportována a nežádka končí ve zdrojích pitné vody [1].

Léčiva mohou do životního prostředí vstupovat v nezměněné nebo v metabolizované formě. Metabolizovaná forma léčiva je výsledkem přirozené snahy organismu přeměnit hydrofóbní látky na látky polární, které lze snadněji vyloučit [1]. O metabolitech léčiv, jejich toxicitě a chování v životním prostředí toho často mnoho nevíme. Kromě účinných léčivých látek a jejich metabolitů je důležité vzít do úvahy i prekursorů pro výrobu léčiv (např. thebain, který se používá při výrobě morfinu a kodeinu), jejichž výskyt v životním prostředí je rovněž nežádoucí.

Legislativní požadavky

Léčiva představují relativně nové polutanty. Z tohoto důvodu jim legislativa vztahující se k ochraně životního prostředí nebo lidského zdraví zatím nevěnuje mnoho pozornosti. Jsou nicméně pravidelně zařazována na seznam sledovaných látek, tzv. Watch list, v rámci vodní politiky Evropské unie. Rovněž je na ně upírána stále větší pozornost vědecké komunity. V roce 2021 zveřejnil Státní fond životního prostředí České republiky (SFŽP ČR) indikativní seznam látek pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků, a to v rámci dotační výzvy z Norských fondů. Seznam uváděl 33 farmaceutických látek, zahrnujících antibiotika a 3 steroidní hormony.

Monitoring léčiv ve vodách a kalech

Společnost ALS se již řadu let věnuje monitoringu léčiv a návykových látek v životním prostředí. Začátkem roku 2022 provedla ALS Slovakia monitorovací test, jehož cílem bylo zjistit výskyt léčiv a návykových látek ve vyčištěné odpadní vodě. Do testu bylo zahrnuto 7 slovenských ČOV. Látky, jejichž přítomnost byla zjištěna alespoň na jednom výstupu z ČOV, jsou sumarizovány v Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1: Léčiva ve vyčištěné odpadní vodě.

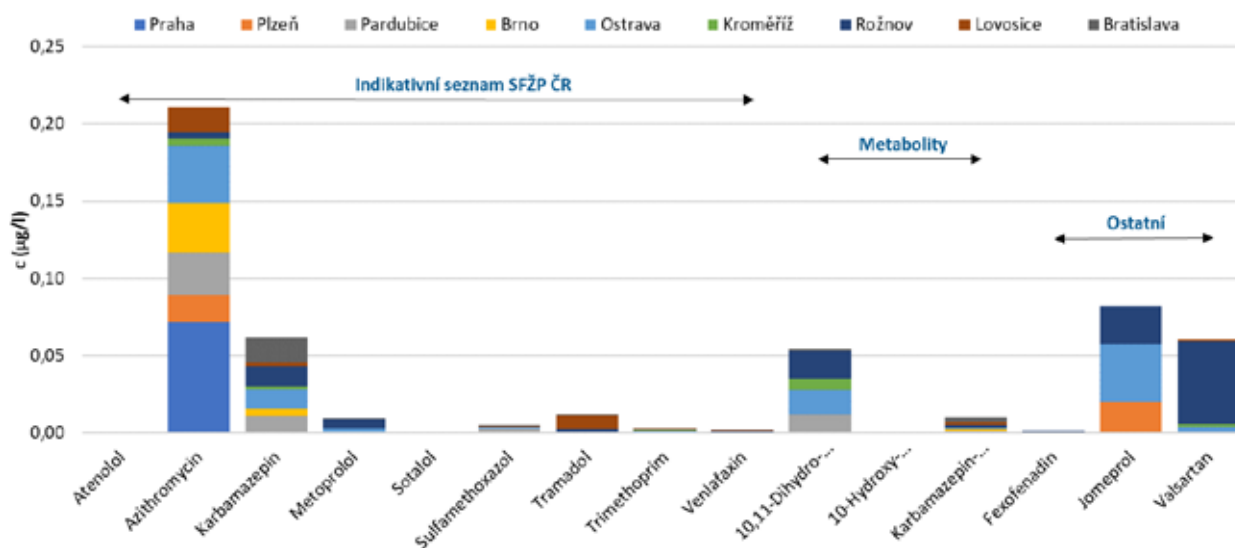
Léčiva (µg/l)	ČOV 1	ČOV 2	ČOV 3	ČOV 4	ČOV 5	ČOV 6	ČOV 7
Sulfamerazin	3,36	4,16	3,81	2	2,12	1,87	1,54
Sulfamethazin						1,54	
Sulfamethizol	3,27	4,34	3,86	2	2,28	1,88	1,56
Sulfathiazol		1,29	0,283		0,165	0,603	0,255
Terbutalin		0,539		0,144	0,313	0,293	0,135
Thebain	2,72	1,37	1,24	2,92	4,14	1,79	0,66
Venlafaxin		69,6		0,966	42,8	81,4	40,7

Rezidua léčiv neobsahuje jen vyčištěná odpadní voda, ale i čistírenský kal. V monitorovacím testu provedeném na české ČOV byla zjištěna přítomnost 23 léčiv, včetně metabolitů. Nejvyšší koncentrace 122 µg/kg byla zjištěna u sertralinu. U dalších 5 léčiv (ciprofloxacin, citalopram, indomethacin, karbamazepin a valsartan) byla zjištěna koncentrace vyšší než 10 µg/kg.

Tab. 2: Narkotika a psychotropní látky ve vyčištěné odpadní vodě.

Narkotika a psychotropní látky (ng/l)	ČOV 1	ČOV 2	ČOV 3	ČOV 4	ČOV 5	ČOV 6	ČOV 7
Alprazolam	36,5	17,8	48,5				
Amfetamin		309				133	164
Benzoylkgonin		668			286	683	992
Diazepam				10,4			
EDDP		84,8	53,3				35
Efedrin		1170		153	501		564
Ketamin	14,3						10,3
Kodein		207	32,9	307	140	398	219
Kokaethylen		10,8					12,5
Kokain		135				89,5	190
MDMA		19,2				234	48,7
Metadon			52,9				
Metamfetamin	514	2720	100	853	767	2480	1620
Morfin		184		55,2	67,8	180	201
Oxazepam	713	210	521	98,2	47	77,3	173
Tramadol	1250	640	1280	2860	540	608	437
Zolpidem	10,2	1,61	2,56	1,54	1,01	1,46	0,644

Výskyt léčiv ve vyčištěné odpadní vodě vypouštěné do recipientu a v čistírenském kalu aplikovaném na půdu vede v konečném důsledku k výskytu těchto látek i v pitné vodě. Obr. 2 uvádí výsledky monitoringu léčiv v pitné vodě, jenž byl proveden v 9 českých a slovenských městech.

**Obr. 2.** Léčiva v pitné vodě.

Závěr

Léčiva představují rozsáhlou, chemicky velmi různorodou a neustále se rozšiřující skupinu látek vyznačující se širokou škálou klinických účinků. Jejich masové používání (a často i nadužívání) v humánní a veterinární medicíně vede nevyhnutelně ke kontaminaci životního prostředí. Přirozené vlastnosti léčiv mají za následek jejich bioakumulaci a toxické účinky na organismy ve vodních i terestrických ekosystémech. Přestože legislativa vztahující se k ochraně životního prostředí nebo lidského zdraví léčivům zatím mnoho pozornosti nevěnuje, dá se předpokládat, že do budoucna se tento trend změní.

Literatura

- [1]** Santos, L. H. M. L. M., Araujo, A. N., Fachini, A., Pena, A., Delerue-Matos, C., Montenegro, M. C. B. S. M.: Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Hazardous Materials* 175, 45–95 (2010).
- [2]** Státní ústav pro kontrolu léčiv. <https://www.sukl.cz/>
- [3]** OECD.Stat. <https://stats.oecd.org/Index.aspx?ThemeTreeld=9>
- [4]** Ústav pro státní kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv. <http://www.uskvbl.cz/>
- [5]** Tenth ESVAC report: Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2018 (EMA/24309/2020). European Medicines Agency, European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption, 2020.
- [6]** Interactive ESVAC database: <https://www.ema.europa.eu/en/veterinary-regulatory/overview/antimicrobial-resistance/european-surveillance-veterinary-antimicrobial-consumption-esvac#interactive-esvac-database-section>

Poloprovozní zkoušky jako nástroj pro získání kompletních návrhových parametrů technologie

Ing. Petra Hrušková, Ing. Dita Fojtíková, Ing. Kryštof Hnojna

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6
hruškova@envi-pur.cz, fojtikova@envi-pur.cz, hnojna.krystof@envi-pur.cz

Abstrakt: V příspěvku je vysvětlena a zdůrazněna důležitost poloprovozních testů, které jsou nepostradatelné před zahájením rekonstrukce či výstavby nové úpravný vody. Poskytnou důležité návrhové parametry technologie a tím pomohou urychlit a usnadnit projektování.

Abstract: The paper is explained and emphasized the importance of pilot tests which are indispensable before the start of reconstruction or construction of a new DWTP. The pilot tests are provided important design parameters of the technology and thus help speed up and facilitate design.

Klíčová slova: úprava pitné vody, rekonstrukce úpravný vody, poloprovozní testy.

Key words: water treatment, reconstruction of water treatment plant, pilot tests.

Před zahájením projektování je důležité si ujasnit návrhové parametry nové technologické linky, které se odvíjejí od kvality surové vody, požadovaného výkonu technologie a také místních podmínek (velikost a stav objektu a technologie apod.). Na začátku je tedy důležité najít společnou vizi a získat, co nejvíce podkladů od stávající technologie a mít podrobně zpracovaný vývoj kvality surové vody. Dalším krokem před zahájením projektování by měly být poloprovozní zkoušky, které mají za cíl naši představu překlopit do reálné technologie.

Poloprovozní zkoušky by měly být navrženy a zrealizovány tak, aby postihly všechny předpokládané výkyvy kvality surové vody a aby byl hlavně ověřen požadovaný výkon technologie včetně potřebné rezervy. Všechny testy, ať už na začátku koagulační či vlastní poloprovozní, by měly být prováděny na místě při dané teplotě surové vody. Při návrhu poloprovozních zkoušek by neměla být podceňena jejich důležitost a délka vlastního testování. Zvláště pak u membránových technologií, kde je separační účinnost dána velikostí pórů, je nejdůležitější návrhový parametr hydraulické zatížení, které se musí testovat dlouhodobě.

Tento příspěvek shrnuje informace ze 4 lokalit, kde proběhly poloprovozní zkoušky a na to navazující studie, projekt nebo již vlastní realizace. Každá lokalita má velice odlišný zdroj surové vody. Tedy u každé úpravný vody je zvolena jiná technologie přímo na míru danému zdroji. Vzhledem k rozsahu příspěvku jsou zde uvedeny jen základní informace. Podrobnější výsledky budou prezentovány na konferenci.

ÚV Písek

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody v Písku je řeka Otava, která je charakteristická výkyvy kvality surové vody (CHSK Mn, zákal, pH, KNK_{4,5} a pod). Zadáním tedy bylo mít robustní technologii, která bude schopna reagovat na tyto rychlé změny kvality surové vody.

V rámci poloprovozních zkoušek, které proběhly již v roce 2015, byly testovány: mechanicky míchaná flokulace, flotace rozpuštěným vzduchem a filtrace přes vrstvu zrnitého materiálu (obr. 1). Nejdůležitějšími parametry, v této skladbě technologie, byly vhodný typ koagulantu, doba zdržení ve flokulaci, hydraulické zatížení flotace a její separační účinnost, separační účinnost filtrační náplně, filtrační rychlost a prací rychlosti daného materiálu.



Obr. 1 Poloprovozní model flokulace a flotace na ÚV Písek

Na základě výsledků z poloprovozních zkoušek byl zpracován projekt a dále v roce 2018 až 2019 proběhla výstavba kompletně nové úpravy vody (obr. 2). Technologická linka úpravy vody se skládá z flokulace, flotace, 3 filtrů s filtračním materiálem Filtralite Mono-Multi Fine a 3 filtrů s GAU typu WG12 [1].



Obr. 2 Nová ÚV Písek

ÚV Špindlerův Mlýn

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody Špindlerův Mlýn je řeka Labe. Zdroj vykazuje proměnlivou kvalitu surové vody s nízkou alkalitou. Úkolem poloprovozních zkoušek na této lokalitě bylo navrhnout kontaktní stabilizaci uhličitánové rovnováhy upravené vody pomocí filtrace přes vrstvu drceného vápence. Pro ověření funkce tohoto řešení byly provedeny poloprovozní testy na modelovém zařízení (obr. 3).



Obr. 3 Modelové kolony s drceným vápencem na ÚV Špindlerův Mlýn

Pro ověření byl použit drcený vápenec Carolith 2-4 mm a drcený vápenec Agir 1-2 mm. Pro nezbytné dávkování CO_2 byl využit systém dávkování, které bylo aktuálně k dispozici na úpravně vody. Systém byl testován na reálné vodě, která byla pro potřeby poloprovozního experimentu upravována koagulací. Voda do modelových filtračních kolon byla odebírána po pískové filtraci po nadávkování potřebného množství CO_2 . Poloprovozní zkoušky poskytly návrhové parametry kontaktních filtrů včetně daného typu drceného vápence. Nyní je akce ve fázi projektu. Rekonstrukce se bude týkat celé technologické linky a místo vápenného hospodářství bude na ÚV umístěna právě nová kontaktní filtrace s drceným vápencem.

ÚV Kelčice

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody Kelčice je podzemní voda z vrtů, která vykazuje vyšší koncentrace manganu, železa a arsenu. Nyní jsou vrty dlouhodobě odstaveny. Stávající technologii tvořila pouze čerpací stanice a hygienizace pomocí NaClO , což bylo nedostačující. Úkolem poloprovozních zkoušek bylo navrhnout kompaktní technologii, která si poradí s výše zmíněnými ukazateli a zároveň se bude vejít do stávajících prostor ÚV.

V rámci poloprovozních zkoušek byla testována jednostupňová keramická membránová filtrace AMAYA (obr. 4). Nejdůležitějšími návrhovými parametry, které byly potřeba zjistit v průběhu testů: optimální chemismus pro oxidaci železa, manganu a arsenu, hydraulické

zatížení membránové filtrace, množství a kvalitu odpadních vod. Nyní je ÚV ve fázi projektu [2,3,4].



Obr. 4 Poloprovozní model membránové filtrace AMAYA

ÚV Kolín

Úpravna vody Nová vodárna společně s celým prameništěm, které se rozkládá mezi okrajem města Kolín a Novou Vsí, tvoří významný zdroj vody pro vodárenskou distribuční síť skupinového vodovodu Kolín.

Surová podzemní voda se vyznačuje především přítomností železa a manganu. Technologie, upravující vodu, je založena na provzdušnění surové vody, dávkování plynného chloru a separace železa a manganu na otevřených pískových filtrech. Suma koncentrací Ca + Mg (celková tvrdost) podzemní vody je velmi vysoká, pohybuje se v rozmezí 5,5 – 6,0 mmol/l. Stávající technologie na Nové vodárně nedokáže nijak tento ukazatel eliminovat.

Poloprovozní zkoušky měly za úkol snížit sumu Ca + Mg tedy vodu změkčit a zjednodušit tím distribuci vody a péči o distribuční síť. Pro testování byla zvolena technologie membránové nanofiltrace a reverzní osmózy. V modelové jednotce (obr. 5) byla možnost měnit jednotlivé membrány. V rámci poloprovozních testů byly vyzkoušeny dva typy cross-flow membrán. Nejdůležitějšími parametry, které byly potřebné zjistit v rámci testů, byly separační účinnost na vápník a hořčík, hydraulické zatížení membrán, množství, kvalita a likvidace odpadních vod [5,6].



Obr. 5 Modelová jednotka pro zkoušení nanofiltrace a reverzní osmózy

Závěr

Poloprovozní zkoušky jsou jednoduchým, ale nepostradatelným nástrojem pro zjištění návrhových parametrů technologie úpravy vody. Vzhledem k budoucí investici do celého díla, je investice do testů minoritním nákladem. Ke každému zdroji vody je nutné přistupovat individuálně a testy navrhnout na míru kvalitě surové vody a místním podmínkám. Technologickou linku je důležité vyzkoušet v celém rozsahu včetně kvality a kvantity vznikajících odpadních vod.

Literatura

1. Hrušková P., Brabenec T., Munzar T., Stara J.: Nová úpravna vody v Písku – třístupňová úprava vody flotací a filtrací přes filtrační materiál Filtralite a aktivní uhlí. Sborník konference Pitná voda, Trenčianske Teplice 2019, s. 167 – 162. VodaTím s.r.o. Bratislava.
2. Hrušková P., Brabenec T., Drda M.: 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. Hrušková P., Brabenec T., Paul J., Říhová Ambrožová J., Kosina J.: 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.
4. Brabenec T., Hrušková P.: Využití keramické membránové filtrace při úpravě vody – poznatky z testování a provozní aplikace. Sborník konference Nové trendy v čistírenství a vodárenství 2017, s. 51-60. ENVI-PUR, s.r.o. Soběslav. ISBN 978-80-905059-6-4.
5. Pitter P.: Hydrochemie. 4. aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
6. Slavík K.: Reverzní osmóza – nejen problémová technologie úpravy pitné vody. Sborník konference *Pitná voda 2008*, s. 231-234. W&ET Team, Č. Budějovice 2008. ISBN 978-80-254-2034-8.

Postup při výběru vhodného aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě pitné vody

Ing. Pavel D o b i á š, Ph.D.^{1, 2)}, doc. Ing. Petr D o l e j š, CSc.²⁾

1) ENVI-PUR s.r.o Praha, Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6

dobias.pavel@envi-pur.cz

2) W&ET Team České Budějovice, Písecká 2, 370 11 České Budějovice

petr.dolejs@wet-team.cz

Abstrakt: Příspěvek představuje metodiku pro výběr vhodného typu zrnitého aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě pitné vody. Metodika je založena na vlastních zkušenostech a je odvozena z metodiky RSCCT (rapid small scale column test) a poloprovazního ověřování ve velkých modelových kolonách. Metodika byla v různých vývojových modifikacích aplikována při výběru vhodného typu aktivního uhlí asi na deseti úpravárnách pitné vody v průběhu posledních deseti let.

Abstract: This paper focuses on the best method of the activated carbon choosing process for micropollutants removal from drinking water. Our method is based on the RSCCT (rapid small scale column test) procedure and subsequent pilot plant column tests. The optimal granular activated carbon selection methodology has been developed for approximately 10 years at ten water treatment plants.

Klíčové slová: adsorpce, mikropolutanty, zrnité aktivní uhlí, návrhové parametry, úprava vody

Keywords: adsorption, micropollutants, granular activated carbon, design parameters, water treatment

ÚVOD

V technologii úpravy vody je jedním ze způsobů jak poměrně účinně a relativně jednoduše odstraňovat organické cizorodé látky z vody pomocí adsorpce. Jeden z nejznámějších a nejrozšířenějších adsorbentů používaných v technologii úpravy vody je aktivní uhlí.

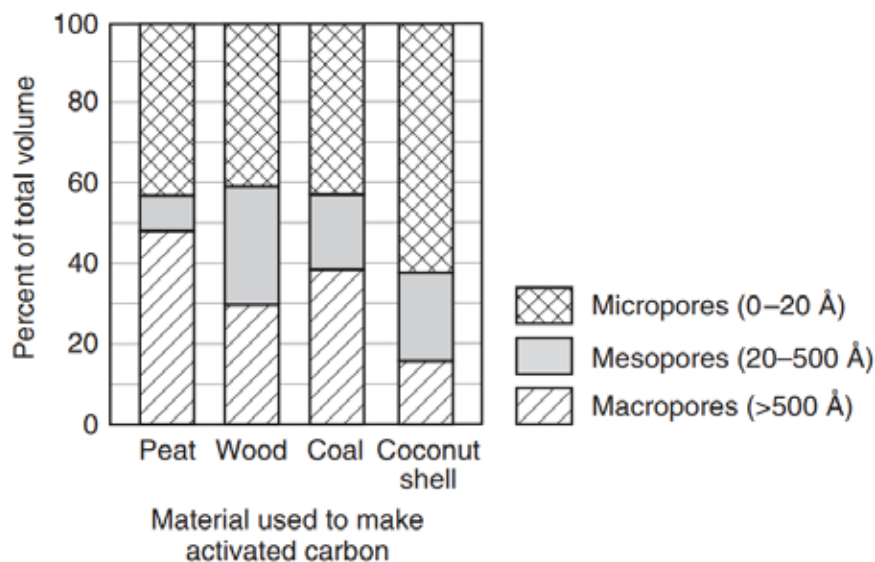
K dispozici máme dvě základní možnosti použití aktivního uhlí. Práškové aktivní uhlí (powder activated carbon – PAC) a zrnité aktivní uhlí (granular activated carbon – GAC). Aplikace obou typů aktivního uhlí má několik různých aspektů.

Mezi nežádoucí látky v upravované vodě odstraňované adsorpcí na aktivní uhlí patří široká škála sloučenin přírodního i antropogenního původu. Tyto látky mohou způsobovat zdravotní, organoleptické a technologické problémy (NOM, geosmin, 1,2 MIB, AOC, pesticidy, léčiva a jejich rozkladné produkty).

Pro odstranění různých sloučenin a jejich **směsí** adsorpcí na aktivním uhlí jsou v technologii úpravy vody vyžadovány specifické přístupy v nastavení technologických procesů na specifické podmínky lokálního charakteru a požadovaného účinku adsorpce na aktivní uhlí.

Filozofie, která nás vede k vývoji metodiky pro výběr aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě vody vychází z předpokladu, že každá voda je odlišná a různá uhlí od různých výrobců mají specifické vlastnosti dané výrobní surovinou a výrobním postupem. Pro výrobu aktivního uhlí se používají různé materiály (černé uhlí, dřevo, kokosové skořápky, rašelina) a různé postupy. Z toho vyplývají vlastnosti pro danou aplikaci i kvalita aktivního uhlí. Popřípadě cena a možnosti dalších přidružených služeb jako je například regenerace vyčerpaného aktivního uhlí a jeho výměna.

To je možné ilustrovat například různou velikostní distribucí pórů, které jsou centry fyzikální adsorpci na aktivním uhlí podle toho, z jakého materiálu bylo aktivní uhlí vyrobeno (obrázek 1).



Obrázek 1. Velikostní distribuce pórů v aktivním uhlí podle základní suroviny, která byla použita pro výrobu [1]

Výrobci a dodavatelé aktivního uhlí ve většině případů udávají široké spektrum fyzikálně-chemických ukazatelů, na základě, kterých není možné téměř vůbec určit, jak bude probíhat adsorpce mikropolutantů v reálných podmínkách úpravy vody a při návrhu sorpčního stupně se nelze na tyto údaje v žádném případě spolehnout. Tyto parametry lze brát pouze jako hodnocení kvality výroby aktivního uhlí.

Jak vybrat vhodný typ GAU pro určitou úpravnu?

Tento příspěvek je zaměřen na odstraňování pesticidních látek a jejich rozkladných produktů (metabolitů), které jsou problematické především při úpravě vody z podzemních zdrojů. Jedná se o tzv. mikropolutanty. Mikropolutanty můžeme definovat jako látky antropogenního původu jejichž stopová koncentrace ve vodném prostředí dosahuje hodnot do 1 µg/l [2].

Odstraňovanie týchto mikropolutantů je velice komplikované, pretože konvenční separační stupně úpravy vody nemají na jejich eliminaci téměř žádný vliv.

Dalším problémem může být různorodost kvality upravované vody, která může obsahovat jednak směs mikropolutantů s různou afinitou k adsorpci nebo dalšími příměsemi jako jsou například přirozené organické látky (NOM – natural organic matter), které kompetitivně obsazují adsorpční místa na povrchu zrn aktivního uhlí, resp. obsazují transportní póry (mesopóry) a tím snižují schopnost aktivního uhlí sorbovat molekuly mikropolutantů [3].

Tento poznatek hraje roli při vývoji naší metodiky, když vycházíme z předpokladu, že není dost dobře možné predikovat životnost a separační účinnost aktivního uhlí pro adsorpci pesticidních mikropolutantů na základě údajů dodaných výrobcem aktivního uhlí či z krátkodobého laboratorního pokusu. Vhodným nástrojem na porovnání procesu adsorpce na aktivní uhlí při úpravě vody jsou experimenty v malých kolonkách, ve kterých se dá velmi dobře nasimulovat proces adsorpce a predikovat, jak se bude tento proces chovat ve velkém poloprovozním či provozním měřítku. Je to silný nástroj, jak ověřit či najít vhodný typ aktivního uhlí pro konkrétní podmínky [4].

Jak vidíme i na výsledcích z aplikace našeho experimentálního postupu, tak jednou z možností využití testů na malých kolonkách je například určení nejslaběji sorbujícího pesticidu za daných podmínek ve sledované upravované vodě. Výsledek může napovědět, jaká bude asi životnost aktivního uhlí a jeho rentabilita, případně které pesticidy jsou ze skupiny vyskytujících se látek v surové vodě nejkritičtější [5].

Testy adsorpce na aktivní uhlí v malých kolonkách jsou velmi dobrým nástrojem pro předvýběr vhodného typu aktivního uhlí, který se pak podrobněji ověří v poloprovozním testu ve větším měřítku, protože to umožní získání základních informací za velmi nízkých časových i materiálových nákladů. I když je nutné akceptovat, že při těchto testech nelze zohlednit všechny aspekty pro konkrétní aplikaci adsorpce na aktivní uhlí jako jsou například hydraulické vlastnosti zvoleného typu uhlí nebo třeba vliv biofilmů [6].

Popis metodiky pro výběr zrnitého aktivního uhlí pro odstranění mikropolutantů při úpravě vody

Naše metodika výběru vhodného typu zrnitého aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě pitné vody vychází z metodiky RSSCT (rapid small scale column test) [6] a následně prováděných poloprovozních testech na velkých kolonkách, které považujeme za bezpodmínečnou součást řádné předprojektové přípravy pro navrhování separačních stupňů při úpravě vody.

Námi navržená metodika výběru vhodného typu aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě pitné vody adsorpcí má dvě základní fáze.

Nejprve je v malých kolonkách testováno alespoň 6 typů aktivního uhlí od různých dodavatelů. Může být testováno i více typů podle požadavků investora. Porovnání probíhá přímo v provozu úpravní vody, pro kterou je výběr aktivního uhlí realizován. Tím je zohledněna jednak aktuální

kvalita surové a upravené vody a jednak podmínky provozu předřazených separačních stupňů. Ve většině případech byla voda do modelových kolonek přiváděna z provozního separačního stupně. Jednalo se většinou o filtraci přes vrstvu zrnitého materiálu, protože se vycházelo z předpokladu, že aktivní uhlí bude navrhováno jako samostatný sorpční stupeň.

Do modelových kolonek (obrázek 2) je naplněno stejné množství zrnitého aktivního uhlí. Kolony jsou vybaveny skleněnou fritou, která nahrazuje filtrační dno modelového adsorbéru. Před plněním je vhodné odstranit ze vzorku podsítnou frakci, aby nedocházelo ke kumulaci tohoto materiálu na povrchu vrstvy modelové náplně a tím ke zbytečnému nárůstu tlakové ztráty. Aktivní uhlí je třeba po nějakou dobu nechat smočit.

Oproti původní metodice RSSCT [6] neupravujeme velikost použitého aktivního uhlí například drcením či tříděním a neaplikujeme přepočtení vztahy pro přenos měřítka mezi malými a velkými kolonami. Naším cílem bylo tuto metodiku zjednodušit tak, aby mohla být prováděna přímo v provozu úpravy vody bez dalších významných nákladů. Nejvýznamnějším nákladem tedy zůstává cena za analýzu vzorků a čas.

Modelové kolony jsou vybaveny nátokem upravované vody, regulovatelným odtokem a přepadem nadbytečné vody, který zároveň umožňuje nastavit konstantní hladinu vody u všech modelových kolon bez nutnosti neustálého dozoru. Je též vhodné zajistit, aby do modelových kolonek nepronikalo světlo, které by mohlo ovlivnit sorpci na aktivní uhlí nebo jejich provoz například akcelerací rozvoje biofilmů. Vzorky aktivního uhlí je nutné nějaký čas zapracovat, než je přistoupeno k odběru a analýze vzorků. Vzorky jsou odebírány jednak ze surové vody z nátoky do modelových kolonek a za jednotlivými kolonkami a jsou sledovány průnikové křivky pro vybrané typy mikropolutantů, které se na dané lokalitě vyskytují.

Po vyhodnocení výsledků po 1-2 měsících provozu je vhodné vyprat dva neúčinnější typy aktivního uhlí a přistoupeno ke druhé fázi výběru. Tato fáze probíhá ve větším měřítku v poloprovozních kolonách (obrázek 3).

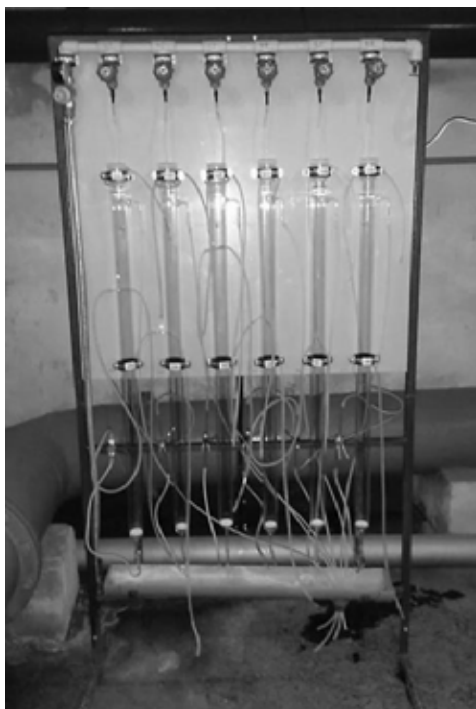
V této fázi je simulován provoz sorpce aktivního uhlí v reálných podmínkách v měřítku, které umožňuje modelovat velmi podobné podmínky, které by mohly panovat v reálném provozu úpravy vody.

Poloprovozně lze ve větším měřítku lépe simulovat vliv doby kontaktu EBCT (empty bed contact time). Tento parametr je výchozím návrhovým parametrem pro navrhované filtry se zrnitým aktivním uhlím a určuje, jak velký musí být budoucí sorpční stupeň pro dosažení požadavků na odstranění mikropolutantů. Dále je možné určit například počáteční tlakovou ztrátu vrstvy aktivního uhlí pro danou filtrační rychlost, která se může odvíjet právě od navrhované hodnoty EBCT podle vztahu (1) či expanzi vrstvy aktivního uhlí.

$$EBCT = \frac{V}{Q} = \frac{L}{v} [min], \quad (1)$$

kde V je objem vrstvy aktivního uhlí [m³], Q průtok vody [m³/h], L výška vrstvy aktivního uhlí a v je filtrační rychlost [m/h].

Délku pracovního či životního cyklu zrnitého aktivního uhlí můžeme vyjádřit jako BV (bed volumes) nebo kapacitu [m³ upravené vody / kg aktivního uhlí].



Obrázek 2. Modelové zařízení s malými kolonami pro porovnání adsorpce na 6 typů aktivního uhlí



Obrázek 3. Velké poloprovozní kolony s aktivním uhlím

VÝSLEDKY

V této kapitole uvádíme příklady výsledků získaných námi navrhovanou metodikou v reálném provozu úpravy vody.

Na obrázku 4 je uveden príklad, jak se liší adsorpce acetochloru ESA na různých typech aktivního uhlí za stejných specifických podmínek (EBCT, teplota) úpravy vody. Tento výsledek byl získán pomocí testu na 6 kolonkách a lze tedy určit, že pro odstraňování acetochloru ESA adsorpcí na zrnité aktivní uhlí by bylo nejvhodnější využít typ aktivního uhlí označeného jako GAU 2 a GAU 5. Tyto dva typy aktivního uhlí byly nakonec testovány ve velkých kolonkách.

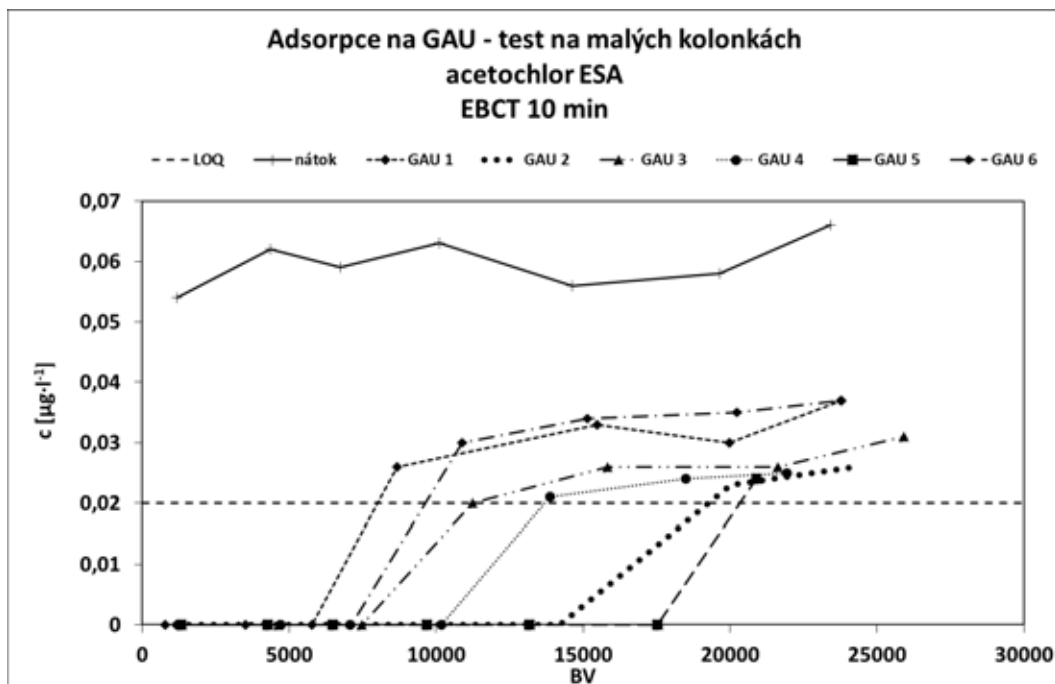
Na velkých modelových kolonkách lze lépe porovnávat vliv hodnoty EBCT na životnost aktivního uhlí, a to jen změnou filtrační rychlosti bez nutnosti měnit výšku náplně aktivního uhlí.

Graf na obrázku 5 ukazuje, jak se taková změna podepíše na životnosti aktivního uhlí. Podobné hodnoty byly zaznamenány i na malých kolonkách při hodnotě EBCT 10 minut.

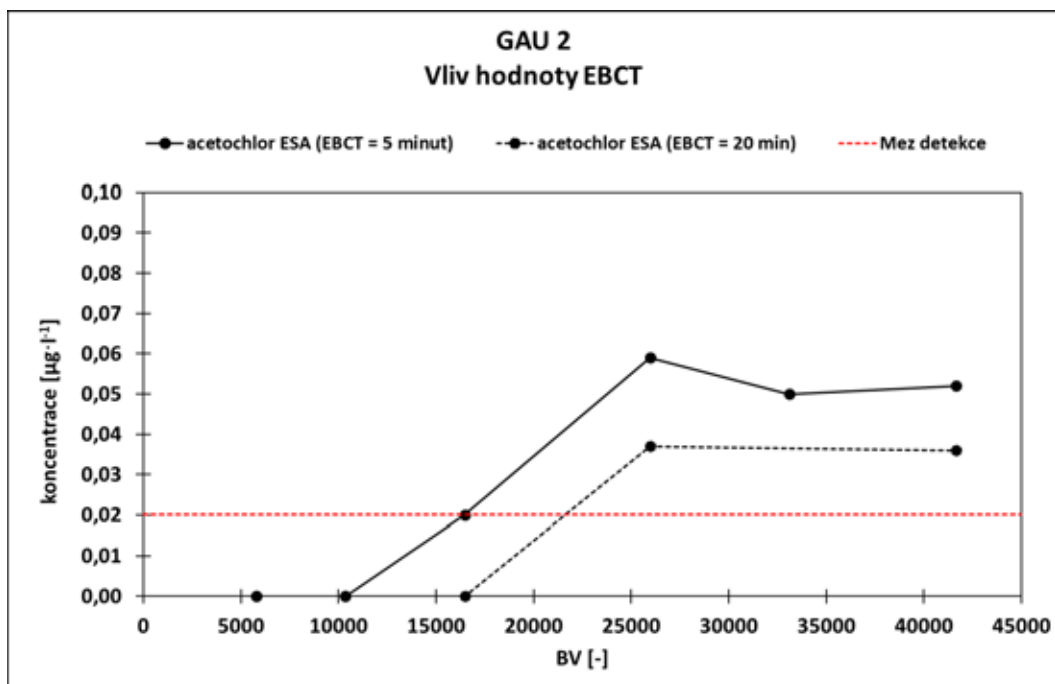
Obrázek 6 ukazuje graf, kde jsou vyneseny koncentrace acetochloru ESA v surové vodě a ve filtrátu z pískových filtrů (v tomto případě jako II. separační stupeň). Z uvedené závislosti je na první pohled jasné, že konvenční úprava vody nemá vůbec žádný vliv na odstranění acetochloru z upravované vody. Zároveň je zřetelné, že obě použité aktivní uhlí mají téměř stejnou účinnost a životnost při sorpci acetochloru ESA při EBCT 20 minut. Tímto způsobem by měla být provedena podrobnější analýza získaných výsledků z hlediska všech testovaných typů aktivního uhlí a sledovaných mikropolutantů, ale na to není v tomto příspěvku dostatek prostoru.

Ze zde uvedených výsledků tedy plyne, že obě vybraná aktivní uhlí by byla z hlediska odstranění acetochloru ESA vhodná. V této fázi je možné udělat analýzu, jak by se oba typy aktivního uhlí chovaly v provozu, a proto můžeme provést analýzu ukazatelů jako je expanze vrstvy aktivního uhlí při praní filtru, protože je potřeba znát potřebnou pracovní rychlost pro expanzi 20 %. Ze zjištěné závislosti na obrázku 7 vyplývá, že pro expanzi 20 % je nutné při teplotě vody 11 °C u GAU 2 prát rychlostí 13,5 m/h a u GAU 5 16,4 m/h.

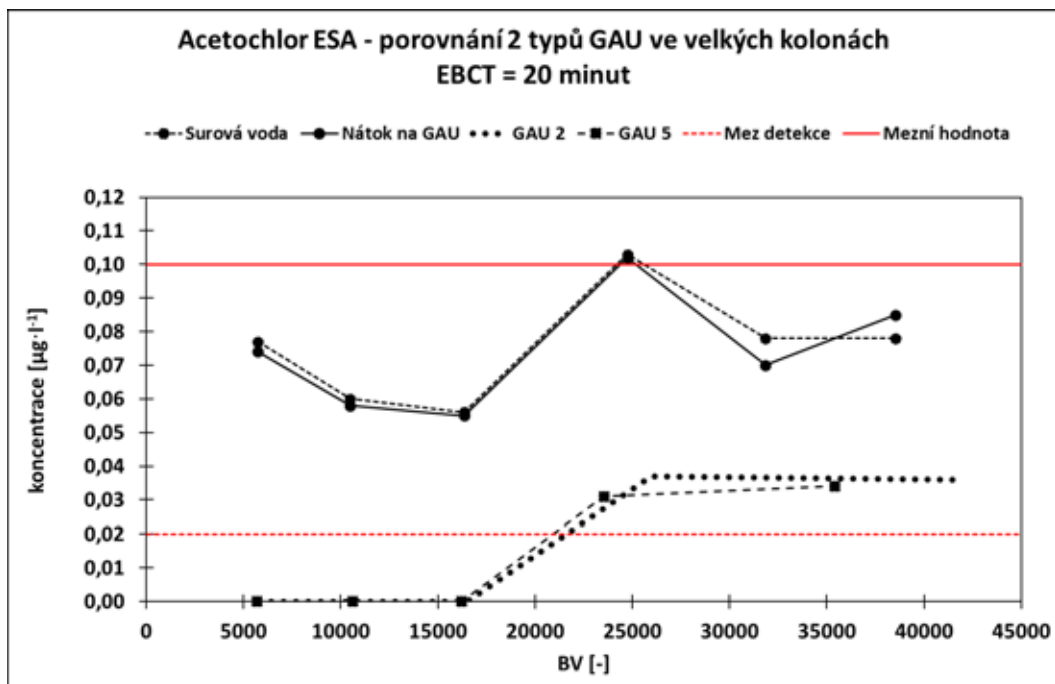
Pro návrh filtru se zrnitým aktivním uhlím se může hodit i informace, jakou lze očekávat počáteční tlakovou ztrátu v závislosti na aplikované filtrační rychlosti. Počáteční tlakovou ztrátu na vyprané vrstvě aktivního uhlí lze odvodit ze závislosti na obrázku 8.



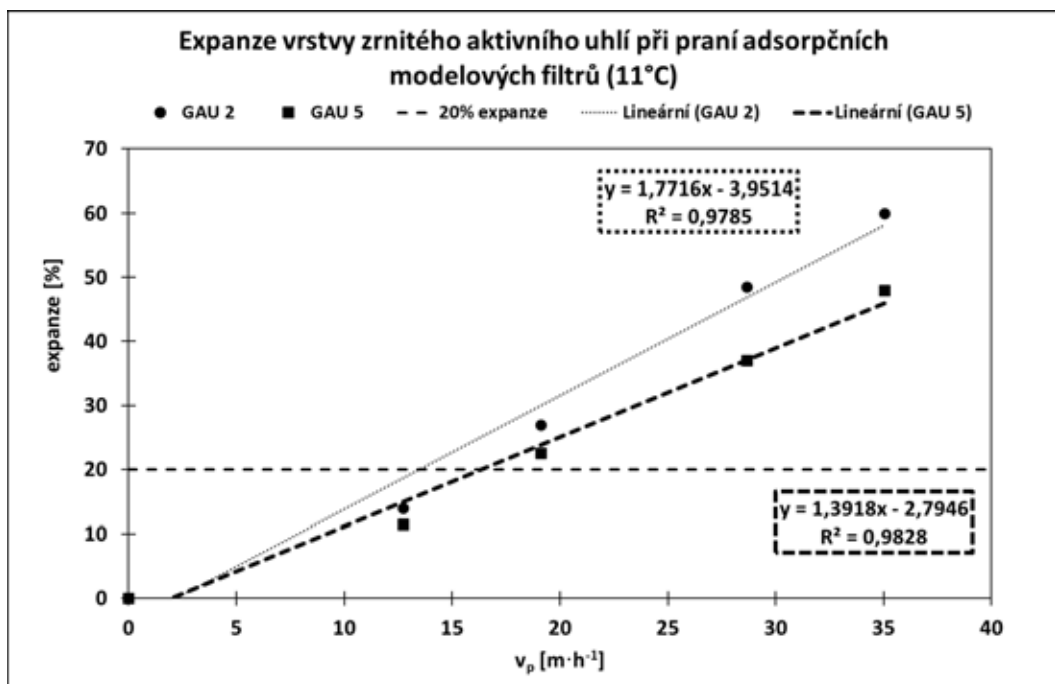
Obrázek 4. Adsorpce acetochloru ESA na různé typy zrnitého aktivního uhlí. Výsledek testů v malých kolonkách



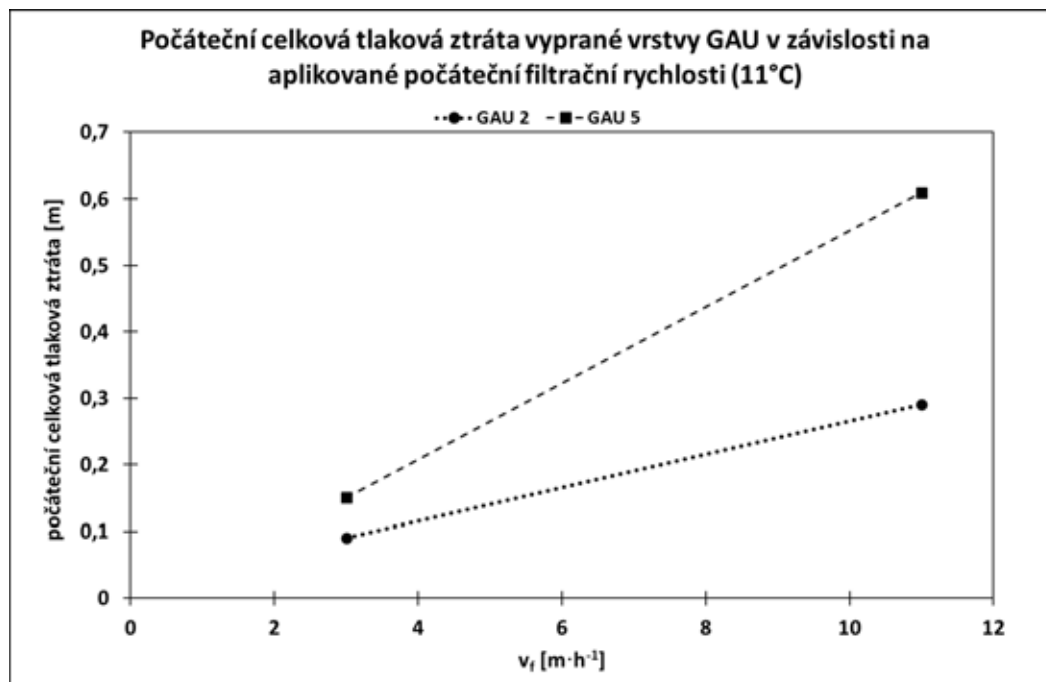
Obrázek 5. Porovnání vlivu hodnoty EBCT na adsorpci acetochloru ESA na GAU 2. Výsledek z měření ve velkých kolonkách



Obrázek 6. Porovnaní adsorpce acetochloru ESA na 2 typy aktivního uhlí ve velkých kolonách



Obrázek 7. Porovnaní expanze při praní dvou typů GAU v modelových kolonách



Obrázek 8. Porovnání počáteční tlakové ztráty v závislosti na aplikované filtrační rychlosti na vrstvě dvou testovaných GAU

ZÁVĚRY

Při výběru aktivního uhlí je potřeba vycházet ze specifických podmínek úpravy vody pro kterou je adsorpce na zrnitém aktivním uhlí navrhována.

Při výběru vhodného typu aktivního uhlí nelze se spoléhat na cenovou nabídku ani na dodavatelem deklarované parametry aktivního uhlí, které nic nevyovídají o jeho sorpční účinnosti na konkrétní lokalitě.

Ukazatelem vhodného typu aktivního uhlí je jeho sorpční účinnost v čase a jeho hydraulické vlastnosti.

Výběr je vhodné provádět ve dvou krocích:

- Prvním je testování minimálně 6 druhů GAU rychlostem na malých kolonkách,
- Druhým je poloprovozní test, který spolehlivě určí, které GAU z rychlostem je nejvhodnější z komplexního pohledu návrhových parametrů (separační účinnosti a nákladovosti).

Do předpokládaných provozních nákladů na filtry se zrnitým aktivním uhlím je potřeba zahrnout i náklady na výměnu, regeneraci či reaktivaci aktivního uhlí.

Z poloprovozního ověření adsorpce na zrnitém aktivním uhlí pro snížení koncentrace produktů degradace pesticidů vzešel návrh na typ vhodného typu aktivního uhlí na základě podrobné analýzy výsledků z testu v malých kolonkách a z kolonového testu jeho sorpčních vlastností.

LITERATURA

- 1) Crittenden, J.C., Trussell, R.R., Hand, D.W., Howe, K.J. and Tchobanoglous, G. (2012). Adsorption. In MWH's Water Treatment: Principles and Design, Third Edition (eds J.C. Crittenden, R.R. Trussell, D.W. Hand, K.J. Howe and G. Tchobanoglous). <https://doi.org/10.1002/9781118131473.ch15>
- 2) C. Stamm, K. Räsänen, F.J. Burdon, F. Altermatt, J. Jokela, A. Joss, M. Ackermann, R.I.L. Eggen, Chapter Four - Unravelling the Impacts of Micropollutants in Aquatic Ecosystems: Interdisciplinary Studies at the Interface of Large-Scale Ecology, Editor(s): Alex J. Dumbrell, Rebecca L. Kordas, Guy Woodward, Advances in Ecological Research, Academic Press, Volume 55, 2016, Pages 183-223, ISSN 0065-2504, ISBN 9780081009352, <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.07.002>.
- 3) Jarvie, Michelle Edith et al. Simulating the performance of fixed-bed granular activated carbon adsorbers: Removal of synthetic organic chemicals in the presence of background organic matter. Water Research. 2005, roč. 39, č. 11, s. 2407–2421. ISSN 00431354. DOI: 10.1016/j.watres.2005.04.023
- 4) Heijman, S.G.J and Hopman R.: Activated carbon filtration in drinking water production: New developments and concepts. Adsorption and its Applications in Industry and Environmental Protection Studies in Surface Science and Catalysis, Vol. 120 A. Dabrowski (Editor) 9 1998 Elsevier Science B.V.
- 5) Gérard, Marie-Catherine a Jean-Paul BARTHÉLEMY. An assessment methodology for determining pesticides adsorption on granulated activated carbon. 2003, roč. 7, č. 2, s. 79–85.
- 6) Crittenden, J C et al. Predicting GAC Performance with Rapid Small-Scale Column Tests. Journal American Water Works Association. 1991, roč. 83, č. 1, s. 77–87.

Metody zdravotního zabezpečení pitné vody

Prof. Ing. Václav Janda, CSc.

Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5,
166 28 Praha 6, Česká republika, vaclav.janda@vscht.cz

Abstrakt: v příspěvku jsou shrnuty možnosti zdravotního zabezpečení pitné vody, především s ohledem na lokální středoevropské podmínky.

Abstract: methods of drinking water disinfection with respect to the local central European region conditions are discussed.

Klíčová slova: zdravotní zabezpečení, UV-záření, sloučeniny chloru, oxid chloričitý, ozonizace, membránové procesy.

Keywords: disinfection, UV-irradiation, chlorine compounds, chlorine dioxide, ozonation, membrane processes.

Úvod

Historicky i prakticky je zdravotní zabezpečení pitné vody (desinfekce) jedním z prioritních úkolů provozovatelů úpraven pitné vody. Mikrobiologická nekvalita pitné vody má také zpravidla bezprostřední důsledky na zdraví spotřebitelů. Je také třeba říci, že mikrobiologická kvalita bývá častým kamenem úrazu i u vod z individuálních zdrojů nebo u balených vod. V příspěvku budou diskutovány pouze postupy, které se uplatňují v praxi a běžném životě.

Metody zdravotního zabezpečení

V prvním přiblížení lze metody zdravotního zabezpečení rozdělit na fyzikálně-chemické a čistě chemické. Z fyzikálně-chemických metod se využívá v praxi především UV-záření. Ostatní zde diskutované metody patří do druhé skupiny. Zdravotní zabezpečení bývá posledním krokem desinfekce vody. Nutno říci, že i některé předcházející stupně vykazují vysokou účinnost pro odstranění mikroorganismů. Jedná se například o koagulaci povrchových vod a soubor procesů separace suspenze.

UV-záření

Tento způsob zdravotního zabezpečení získává stále větší popularitu. Shrňme si jeho výhody a nevýhody.

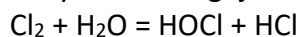
Výhody: okamžitý účinek, někdy se nedávkuje žádná chemická látka, nemění se výrazně chemické složení vody.

Nevýhody: voda nesmí obsahovat vyšší koncentraci přirozených organických látek a koloidů, prozařovaná vrstva musí být poměrně tenká, zpravidla je třeba vodu zabezpečit i chemicky pro rozvod.

Dnes například pracuje v ČR několik menších vodovodních systémů, které jsou provozovány bez dávkování chemického činidla pro udržení mikrobiální kvality v distribuční síti. Vše funguje ke spokojenosti spotřebitelů, kteří si cení toho, že do pitné vody nejsou dávkovány chemikálie. Vše se samozřejmě odvíjí také i od relativně kvalitní surové vody a kvalitní distribuční sítě.

Sloučeniny chloru

Ve vodárenské praxi se využívá chlor ve dvou formách: stlačený nebo kapalný chlor a chlornan. Z hydrochemického pohledu jsou si chlor a chlornan rovnocenné, protože po nadávkování do vody chlor zreaguje velmi rychle a téměř kvantitativně s vodou na kyselinu chlornou:



a poměr HOCl/CIO⁻ závisí jen na hodnotě pH vody. Ve finále je tedy zdravotní zabezpečení provedeno touto směsí a nikoli rozpuštěným molekulárním chlorem. Výhody použití chloru nebo chlornanu lze shrnout následovně.

Výhody: chlor/chlornan jsou pro desinfekci velmi účinné, jsou relativně levné a dostupné. Nevýhody: v dnešní době již široce diskutovaný a známý problém tvorby vedlejších produktů chlorace vody obsahující přirozené organické látky (trihalogenmethany, halogenoctové kyseliny...). V případě použití roztoku chlornanu sodného se přidává ještě možnost vnosu chlorečnanů, které jsou běžným vedlejší produktem při výrobě chlornanu elektrolýzou solanky, do pitné vody. Navíc se koncentrace chlorečnanů v zásobním roztoku chlornanu „stárnutím“ zvyšuje a současně klesá odpovídajícím způsobem koncentrace chlornanu, tedy aktivní chlor ubývá. Podle nové směrnice EU [1] pro kvalitu pitné vody je koncentrační limit pro chlorečnany 0,25 mg/l, resp. 0,70 mg/l, je-li pro desinfekci použit oxid chloričitý (viz dále). Dalším možným kontaminantem v zásobním roztoku chlornanu mohou být bromičnany, obsahovala-li surová solanka bromidy. Bromičnany vznikají při elektrolýze anodickou oxidací bromidů, podobně jako chlornan z chloridů.

Zajímavou alternativou prevence vnosu chlorečnanů do pitné vody je použití „starého dobrého“ chlorového vápna, tedy chlornanu vápenatého. Ten v tuhém stavu chlorečnany neobsahuje.

V dnešní době se stále častěji prosazují in-situ elektrolytické výroby chloru/chlornanu, tedy přímo na úpravně. Výhoda tohoto postupu je zřejmá: roztok dávkovaného chlornanu je čerstvý, a tudíž obsahuje minimální koncentrace chlorečnanů. Dále se minimalizuje nebezpečí při transportu a manipulaci s větším množstvím nebezpečných chemikálií. Nevýhodou jsou samozřejmě vyšší investiční náklady.

Častou variantou chlorace vody je chloraminace. Do vody se pak vedle chloru/chlornanu dávkuje amonná sůl (v jiných částech světa i amoniak). Vznikající chloraminy jsou sice slabším desinfekčním činidlem než volný chlor, ale jsou současně činidlem stabilnějším. Důležitá je skutečnost, že při aplikaci chloraminace vznikají minimální koncentrace vedlejších produktů

chlorace prirodzených organických látok, teda napríklad trihalogenmetanů nebo halogenoociových kyselín. Při dlouhých dobách zdržení v distribuci pitné vody ovšem může nastat problém biologické nitrifikace amonných iontů (vznikajících i hydrolyzou chloraminů) na dusitany.

Oxid chloričitý

Oxid chloričitý je za běžných podmínek plyn, dobře rozpustný ve vodě. Kvůli své explozivnosti se nedá stlačit, ani skladovat jinak. Vyrábí se přímo na úpravně, okyselením roztoku chloritanu sodného silnou minerální kyselinou, popřípadě jsou-li dodány pro použití v malém měřítku tuhé chemikálie i hydrogensíranem draselným:



Při silném okyselení se rovnováha posouvá doprava ve prospěch koncentrace vznikajícího oxidu chloričitého. Po jeho nadávkování do pitné vody se při neutrální nebo alkalické hodnotě pH vody může reakcí v opačném směru vznikat nazpět chloritan. Při použití ClO_2 pro desinfekci vody dochází k tomu prakticky vždy, a proto je limit pro chlorečnany a chloritany v pitné vodě podle [1] určen až na hodnotu 0,7 mg/l.

Výhoda požití oxidu chloričitého spočívá především v tom, že působí na prirodzené organické látky ve vodě pouze oxidačně, nikoli chloračně, tedy nevznikají jeho působením žádné organické chlorderiváty.

Při přechodu z desinfekce chlorem na oxid chloričitý se stává, že ze starých potrubí se zpočátku vyplaví korozní produkty a vzhled pitné vody vede ke stížnostem spotřebitelů.

Ozon

Ozon je nejsilnější chemické oxidační činidlo ze všech uvažovaných výše. Jedná se tedy o nejsilnější desinfekční chemikálii. Za běžných podmínek je to plyn, avšak explozivní a velmi agresivní. Musí se vyrábět přímo na úpravně působením tichého elektrického výboje. V posledních letech se však cena ozonizátorů rapidně snížila.

Výhody: silné bakteriocidní a viricidní účinky. Oxiduje běžně organické látky ve vodě, včetně mikroznečištění. Nejsou známy žádné vedlejší organické produkty ozonizace, i když se dříve hovořilo o organických peroxidech, avšak jejich vznik nebyl nikdy jednoznačně prokázán.

Nevýhody: Absorpce ozonu musí být perfektně vyřešena a plyn odcházející z absorberu nesmí ozon prakticky obsahovat. Často se mluví o „vymírací nádrži“ (což je vlastně reakční nádrž) a destruktorech ozonu na odplyn. Ozon je schopen štěpit organické makromolekuly (biologicky obtížně využitelné; například huminové látky), na kratší a polárnější řetězce využitelné jako substrát pro mikroorganismy. Proto se za ozonizaci dnes standardně zařazuje filtrace přes granulované aktivní uhlí, kde se samovolně vypěstuje biocenóza mikroorganismů. Aktivní uhlí je také určitá pojistka proti průniku ozonu dále do upravované vody. Rychlost rozkladu ozonu ve vodě je vysoká a pitná voda se pro distribuci zpravidla dochlorovává. Při přítomnosti bromidů v surové vodě se při ozonizaci vody mohou tvořit silně karcinogenní bromičnany. Hydroxylové radikály vznikající reakcí ozonu s vodou jsou tak razantní oxidovadla, že dokážou oxidovat to, co jejich konkurenti nikoli. Všechny tyto nevýhody vyúsťují v to, že ozonizace je nákladná investičně i provozně.

Stříbro a jeho sloučeniny

Pro desinfekci pitné vody z individuálních zdrojů, či v aparátích pro doúpravu vody na kohoutku se používají sloučeniny stříbra nebo i kovové stříbro. Například v ČR se prodával přípravek pod obchodním názvem Sagen. Podle bezpečnostního listu Sagen obsahuje 98,9 % chloridu sodného jako plnidla a 1,1 % hmotnostních chloridu stříbrného jako účinné baktericidní přísady. Dnes však není dostupný.

Membránové procesy

V dnes již dobře známé škále mikrofiltrace – ultrafiltrace – nanofiltrace – reverzní osmóza se různé nerozpuštěné a rozpuštěné látky odstraňují s různou efektivitou. Co se týče desinfekce, již mikrofiltrace je schopna odstraňovat efektivně bakterie, ultrafiltrace i viry, přičemž nanofiltrace je schopna odstranit i větší molekuly a reverzní osmóza i jednoduché ionty. Desinfekce pitné vody membránovými procesy je dnes brána spíše jako bonus, pokud jsou membrány použity primárně pro jiné účely. Je také nutné zdůraznit, že čím menší porozita membrány, a tím i její schopnost odstraňovat menší mikroorganismy, je spojena s preciznější předúpravou vody před vlastním membránovým procesem, kvůli jejímu zanášení, potřebnými vyššími pracovními tlaky, popřípadě výtěžkem upravené vody po membráně. Na druhou stranu, pokud se dnes propaguje multibariérový přístup k desinfekci pitné vody, může být membránový postup příležitostí k naplnění tohoto cíle.

Závěr

Pro zdravotní zabezpečení pitné vody se nabízí mnoho alternativ. Neexistuje univerzální a jednoduché řešení. Je zapotřebí vždy zvážit všechna pro a proti a zvolit postup, který pro danou lokalitu vyhovuje nejlépe. O volbě nerozhoduje jen kvalita surové a upravené vody, ale i kvalita vodovodní sítě nebo doba zdržení upravené vody v síti.

Literatura

[1] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2020/2184, ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě.

Využitie membránovej elektrolýzy pre dezinfekciu pitnej vody na VDJ Jesenice

Ing. František Grejták, PhD

ProMinent Slovensko s.r.o., Roľnícka 21, 831 07 Bratislava – Vajnory

grejtak@prominent.sk +421 903 718 807

Abstrakt: Pitná voda vyrábaná na Úpravni vody Želivka je dopravovaná štólovým privádzačom do Vodojemu Jesenice, ktorý akumuluje pitnú vodu v objeme 2 x 100.000 m³ pre distribúciu do hlavného mesta Praha a na priame zásobovanie miest ako Benešov, Veľké Popovice, Týnec nad Sázavou, Průhonice. Pitná voda je hygienicky zabezpečovaná v rámci akumulácie a to na prívode do akumuláčnych nádrží a na odtoku z akumuláčnych nádrží. Dezinfekčný prípravok – chlórnan sodný je vyrábaný in situ pomocou elektrolyzérovo soli, kde vyrobený roztok chlórnanu sodného je akumulovaný v nádržiach a dávkovaný dávkovacími čerpadlami do upravenej vody.

Abstract: Drinking water produced at the Želivka Water Treatment Plant is transported to the Jesenice Reservoir, which accumulates drinking water in the volume of 2 x 100,000 m³ for distribution to the capital Prague and for direct supply of cities such as Benešov, Veľké Popovice, Týnec nad Sázavou, Průhonice. Drinking water is disinfected at the accumulation tanks inlet and at the outlet from the accumulation tanks. Disinfectant - sodium hypochlorite is produced in situ using salt electrolyzers, where the produced sodium hypochlorite solution is accumulated in tanks and dosed by dosing pumps into the treated water.

Kľúčové slová: Chlórnan sodný, elektrochlorácia, generátor chlóru, hygienické zabezpečenie pitnej vody.

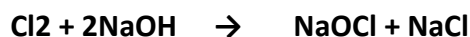
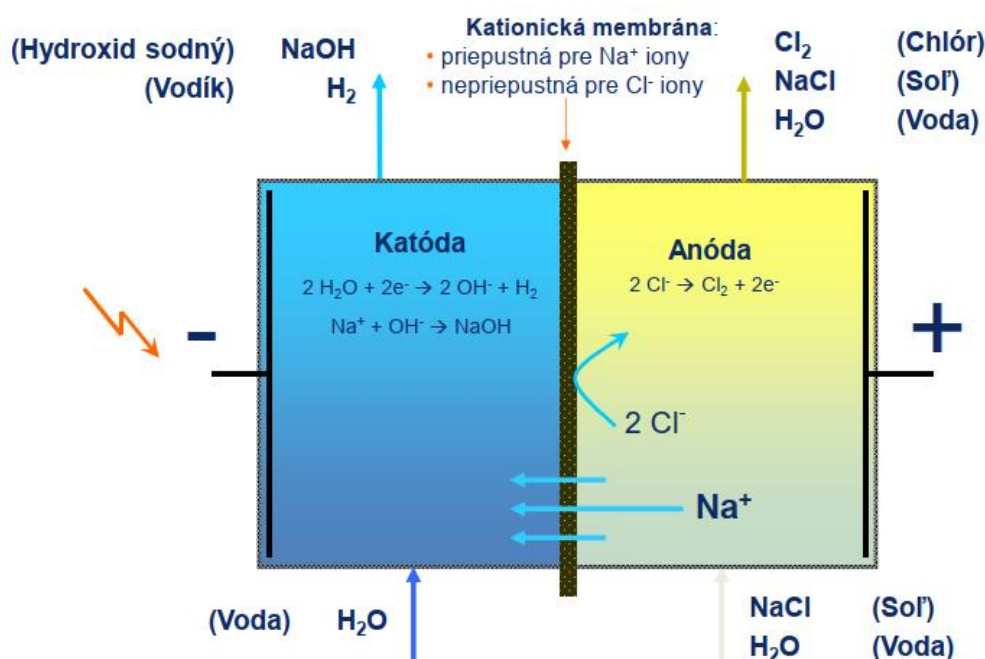
Key words: Sodium hypochlorite, electrochlorination, chlorine generator, disinfection of drinking water.

Elektrodová reakcia chloridu sodného v elektrolytickej cele predstavuje proces oxidácie chloridových iónov v elektrickom poli. Elektrodový systém elektrickej cely membránového elektrolyzéra pozostáva z katódy a anódy, ktoré sú oddelené iónoselektívnou membránou. Elektrolytom medzi anódou a membránou je roztok soli, ktorý sa v rámci elektrolýzy dávkuje do priestoru anódy. Ionoselektívna membrána je vzhľadom na rozmery pórov a povrchové napätie priepustná pre ióny sodíka a nepriepustná pre chloridové ióny. Napätím katódy vzniká elektrický potenciál pre migráciu sodíkového kationu z anódového priestoru cez membránu do katódového priestoru membránovej cely, kde depolarizáciou elektród dochádza k redukcii vodíkového kationu za vzniku plynného vodíka a OH aniónov. Vzniknuté OH anióny sú rekombinované sodíkovým kationom, čím vzniká roztok hydroxidu sodného a plynný vodík, ktorý je po masívnom zriedení a odvetraní odvedený do exteriéru.

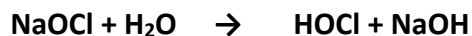
Výroba chlórnanu sodného elektrolýzou sa uskutočňuje reakciou roztoku chloridu sodného na anóde. Chlorid sodný je vo vodnom roztoku prakticky úplne disociovaný a chloridové

anióny sú elektrickým poľom migrované k anóde, kde elektrickým prúdom dochádza k oxidácii chloridového aniónu na atomárny chlór, ktorý sa v molekulovej forme uvoľňuje vo forme plynu v podtlakovom režime. Podtlakový režim je tvoreným ejektorovým prisávaním chlóru do cirkulačného roztoku hydroxidu sodného, ktorý vzniká na katóde. Reakciou plynného chlóru s roztokom hydroxidu sodného dochádza k disproportionácii atomárneho chlóru za vzniku roztoku chlórnanu sodného a chloridu sodného. Takto je možné vyrobiť roztok chlórnanu sodného s vysokou čistotou. Po dosiahnutí koncentrácie 20 – 35 g/l FAC sa roztok prečerpáva do akumulačnej nádrže, odkiaľ je dávkovaný priamo dávkovacími čerpadlami do miest zaústenia v rámci výroby alebo distribúcie pitnej vody. Vyrobený roztok chlórnanu sodného má hodnotu pH 9,5 – 10,0.

Chemické reakcie – schéma elektrolytickej membránovej cely



Chemická reakcia plynného chlóru s roztokom hydroxidu sodného



Chemická reakcia chlórnanu sodného pri nadávkovaní do upravovanej vody

Účinnosť a merné spotreby

Pri výrobe chlórnanu sodného elektrolýzou in situ je veľmi dôležitá účinnosť, efektívnosť a čistota produktu. Štandardné koncentrácie aktívneho chlóru v produkte sa pohybujú od 20-35 g/l FAC. Výťažnosť reakcie sa pohybuje od 80 – 85%. Priemerná spotreba soli na výrobu predstavuje 1,95 kg soli/ 1 kg FAC. Vzhľadom na to, že na rozpúšťanie soli sa využíva zmäkčovaná voda, je potrebné pripočítať ešte spotrebu regeneračnej soli pre výrobu zmäkčenej vody. Priemerná spotreba elektrickej energie je ca 3,6 kWh / 1 kg FAC.

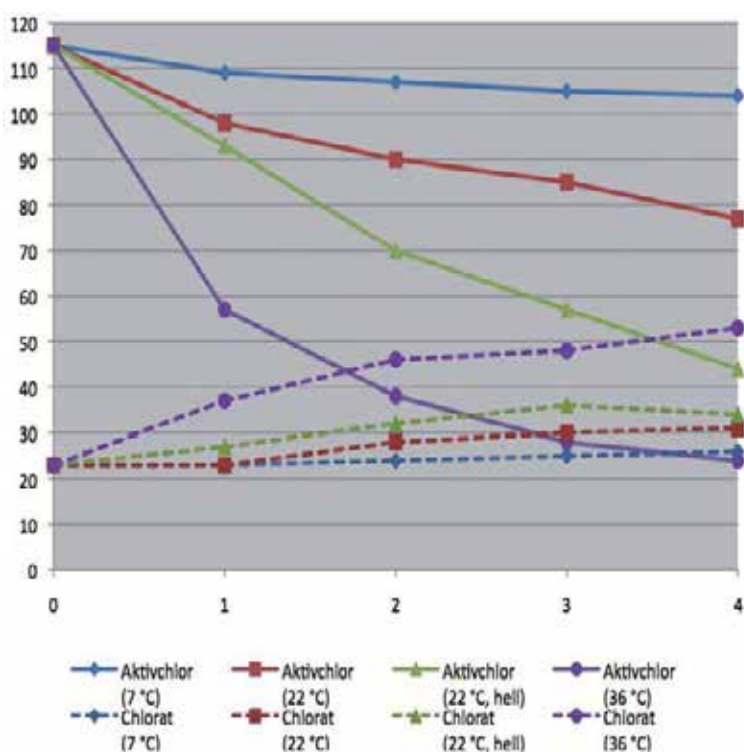
Vedľajšie produkty v dezinfekčnom roztoku

Vedľajšie produkty pri výrobe dezinfekčného roztoku chlórnanu sodného ovplyvňujú aj celkovú kvalitu dezinfektantu. Faktory, ktoré ovplyvňujú tvorbu vedľajších produktov sú napríklad čistota zdrojovej soli, kde je potrebné dodržať koncentrácie vápnika, horčíka v zdrojovej soli, ktoré zapríčiňujú tvorbu anorganických povlakov na anóde. Inkrusty na anóde zvyšujú prúdovú hustotu a tým aj tendenciu k zvýšenej rýchlosti oxidácie – čo vedie k tvorbe chlóru vo vyšších oxidačných stupňoch, ktoré majú oveľa slabšie dezinfekčné schopnosti. Prítomnosť prvkov prechodných kovov môže spôsobovať katalytickú reakciu s podobnými dôsledkami. Veľmi dôležitým faktorom je aj materiál elektród – anód ako aj čistota funkčných povrchových vrstiev vzácnych kovov Rhodium a Iridium.

Teplota pri výrobe a skladovaní chlórnanu sodného tiež výrazne ovplyvňuje tvorbu vyšších oxidačných stupňov chlóru napríklad chlorečnanov, chloritanov, chlórdioxidu a chloristanov z dôvodu disproporcionačných reakcií, ktorých rýchlosť je funkciou teploty a doby skladovania a samozrejme nastavenia všetkých prevádzkových parametrov elektrolyzéra – ako napríklad:

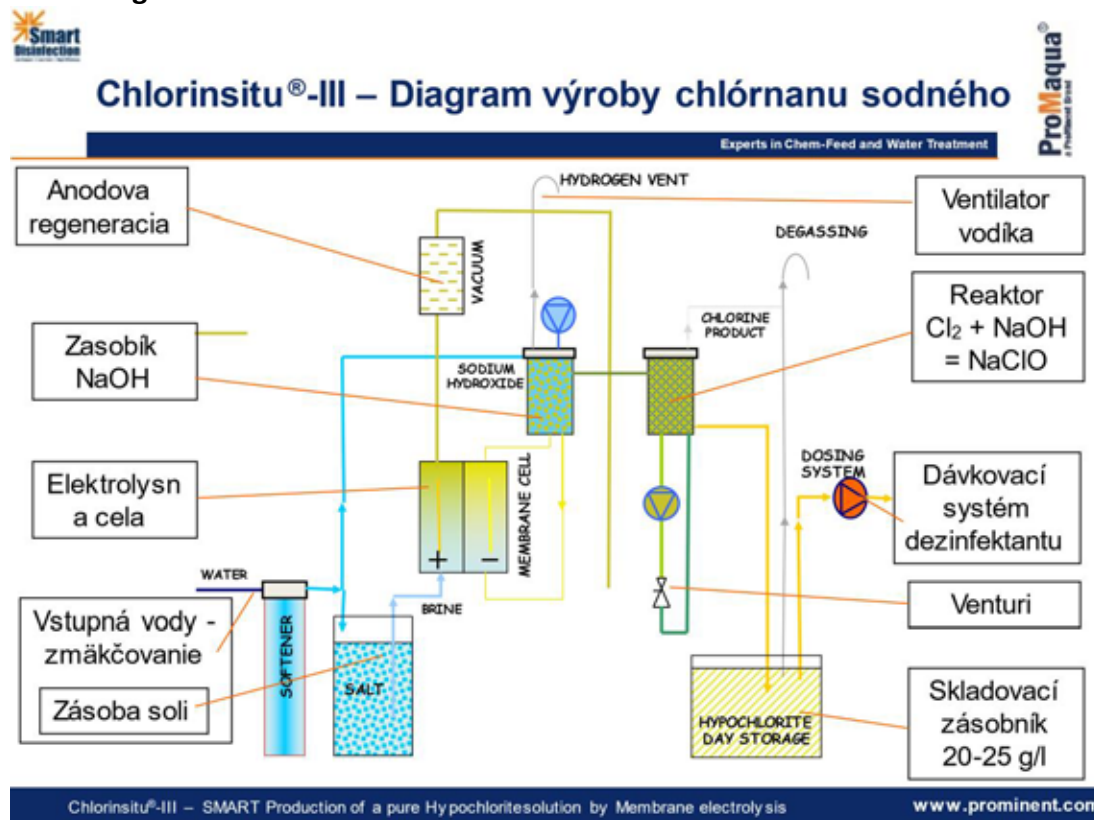
- Smart výroba
- Kontrola teploty
- Optimálny režim regenerácie anódy
- Kontrola kvality riediacej vody
- Koncentrácia, teplota a objem vyrobeného roztoku chlórnanu sodného.
- Optimalizácia systému anódovej regenerácie
- Eliminácia vplyvu UV žiarenia na produkt a pod.

Niektoré z uvedených vplyvov je možné čiastočne eliminovať, iné menej, preto elektrolyzér chlóru obsahuje ADS systém pre modifikáciu chlorečnanov a ostatných vedľajších produktov vo vyrobenom roztoku chlórnanu sodného. Takto je možné dosiahnuť a udržať vysokú kvalitu dezinfekčného roztoku pri rôznych prevádzkových parametroch.



Závislosť tvorby chlorečnanov v závislosti na teplote skladovania vyrobeného chlórnanu sodného.

Technologická schéma



Technologické parametre systému Chlorinsitu III s ADS na VDJ Jesenice

Chlorinsitu III s ADS prináša vysokú kvalitu produktu už pri aplikácii ADS 25 - 50%

Voľný aktívny chlór: FAC 26-32 g/l,

Chlorečnany 1,5 - 3,9% of FAC (limit 5,4%),

Chloridy 18 g/l,

pH 11,5

Bromičnany 5,6 – 6,6 mg/kg (limit 30 mg/kg)

Systém neutralizácie ADS v automatickom režime

Záver

Výsledky fyzikálno chemických analýz preukázali že výstupná kvalita vyrobeného a aplikovaného roztoku chlórnanu sodného a upravenej pitnej vody vyhovuje vo všetkých parametroch, ktoré boli cieľom projektu. Z toho vyplýva že uvedený výber technológie výroby chlórnanu sodného sa ukázal ako najvhodnejší z hľadiska kvality upravovanej vody, ako aj z hľadiska investičných a prevádzkových nákladov, bezpečnosti prevádzky, minimálneho pracovného zaťaženia obsluhy pri prevádzke systému.

Dostavba Filtrace GAU ÚV Želivka – neobvyklé materiály a technologie užití v projektu a při realizaci

Ing. Ladislav S o m m e r

SWECO Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 16 Praha 4, ČR
ladislav.sommer@sweco.cz, 00420 602 731 408

Abstrakt: V tomto článku jsou prezentovány informace o průběhu modernizace úpravní vody Želivka. Cílem modernizace této úpravní bylo doplnění technologické linky úpravy vody o další stupeň – filtraci přes GAU kvůli zajištění potřebného množství pitné vody v požadované kvalitě s ohledem na rizikové scénáře klimatických změn.

Abstract: In this article is presented information about the process of upgrading Želivka water treatment plant.

The goal of upgrading this water treatment has been an improvement to the technological line of water treatment plant – construction of granular activated carbon (GAC) filtration for providing sufficient amount of drinking water of required quality with regard to climate change related risks.

Klíčová slova: úpravna vody Želivka, modernizace úpravní vody, filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Keywords: Želivka Water Treatment Plant, upgrade of Water Treatment Plant, filtration on granular activated carbon.

Úvod

Úpravna vody Želivka je vodárnou, jejíž základní řešení bylo navrženo v 60. letech 20. století.

Při návrhu její technologické linky byla zohledněna nejen tehdejší kvalita surové vody ve zdroji – vodárenské nádrži Švihov, ale i v budoucnosti očekávaný vývoj.

Rozhodujícím faktorem pro návrh technologie

úpravy vody byly i požadavky kladené na jakost pitné vody v době výstavby.



Pro výrobu pitné vody byla proto navržena technologie s jednostupňovou separací, tj. flokulací a filtrací na otevřených pískových rychlofiltrech.

Výstavba úpravy vody byla následně realizována ve dvou etapách. V první etapě – v I. stavbě souboru staveb Vodovod ze Želivky - byla v roce 1972 uvedena do provozu skupina objektů s výkonem úpravy 3 300 l/s. V 80. letech 20. století byla realizována druhá etapa – III. a stavba souboru Vodovod ze Želivky. Tato stavba byla ukončena v roce 1987. V jejím rámci byla úprava vody rozšířena o další objekty a výkon úpravy vody byl zvýšen na 7 700 l/s. V roce 1991 byla do technologické linky doplněna ještě ozonizace. Jejím úkolem bylo zlepšit organoleptické vlastnosti upravené vody a dezinfekci upravené vody. Výkonové parametry úpravy vody Želivka zůstaly beze změny.

Důvody pro návrh technologie odstraňování organických látek, především pesticidů a jejich metabolitů.

Původní technologie úpravy vody Želivka vyhovovala požadavkům na kvalitu pitné vody po převážnou část roku. V určitém období však začínalo docházet k významným výkyvům v kvalitě surové vody. U těchto výkyvů nešlo v budoucnosti vyloučit jejich negativní dopad na kvalitu vyrobené pitné vody.

Technologická linka úpravy vody Želivka nebyla pro spolehlivé řešení těchto problémů navržena. Ze zkušeností z jiných úprav vody a z provedených poloprovozních testů vyplynula nutnost, jako bezpodmínečně nutné opatření, zařadit filtraci přes granulované aktivní uhlí do technologické linky ÚV Želivka.

Po doplnění technologické linky o tuto filtraci měla ÚV Želivka spolehlivě zajišťovat plnění požadavků:

- na odstranění specifických organických látek (xenobiotik, pesticidů, farmak atd.) a jejich produktů:
 - které jsou obsaženy v surové vodě
 - které vznikají při průchodu technologií úpravy vody, např. při ozonizaci;
- na minimalizaci rizika nesplnění legislativních limitů pro pesticidní látky a jejich metabolity ve vyrobené pitné vodě;
- na zlepšení parametrů vyráběné pitné vody v období tzv. jarního oživení ve vodárenské nádrži Švihov - období cca 3 měsíců;
- na zlepšení chuťových parametrů vody;
- na snížení bezpečnostních rizik v běžném provozu a při krizových situacích – zajištění kvality vyrobené vody;
- na omezení rizika z případného zhoršení kvality odebírané surové vody z VN Švihov.

Vývoj koncepce technického řešení „Doplnění ÚV Želivka o filtraci na GAU“

V průběhu prací na přípravné dokumentaci této akce se postupně vyvíjel a měnil pohled na koncepci technického řešení – a to nejen na technické řešení začlenění filtrace na GAU do technologické linky úpravy vody, ale i na náplň celého souboru staveb „Modernizace úpravy vody Želivka“.

Už v úvodní technicko-ekonomické studii „Vodárenský zdroj Želivka – analýza a návrh investiční strategie“ bylo konstatováno, že současná technologická linka úpravy vody Želivka není navržena pro zachycování specifických organických látek, zejména pesticidů, které se v surové vodě vyskytují. K destrukci těchto látek je využívána ozonizace, ta ovšem pesticidy a

jejich metabolity rozloží, ale nezachytí. Proto bylo třeba uvažovat o doplnění procesu výroby pitné vody na této úpravě vody o sorpční stupeň na granulovaném aktivním uhlí (GAU).

Technicko-ekonomická studie však posuzovala i různé další postupy modernizace úpravy vody. Vedle již zmíněného doplnění technologické linky o sorpci na granulované aktivním uhlí byla posuzována i možnost zásadního zásahu do této linky – změny z technologie jednostupňové separace suspenzí na dvoustupňovou separaci. Stávající písková filtrace měla být doplněna o flotaci. Současně studie řešila – v reakci na probíhající poloprovozní zkoušky – i záměnu náplně otevřených filtrů. Místo stávajícího písku FP2 měl být použit filtrační materiál Filtralite.

Ve svém závěrečném vyhodnocení však studie doporučila řešit modernizaci úpravy vody pouze formou doplnění technologie výroby pitné vody o zmíněný sorpční stupeň na GAU. Pro vlastní realizaci byla doporučena varianta uvažující s přestavbou 18 filtrů v hale F2 (linky 2 a 3 pískové filtrace) na filtry s náplní GAU, s tím, že zbývajících šest filtrů by zůstalo zachováno pro separaci suspenzí. Celkový počet filtrů s pískovou náplní by tak poklesl ze stávajících 56 filtrů na 38 filtrů.

Navazující studie souboru staveb už způsob doplnění technologické linky o filtraci na GAU řešila ve více variantách a do rozhodovacího procesu zahrнула i další kritéria – vliv navrhovaných úprav na kapacitu úpravy vody, míru spolehlivosti výroby pitné vody, spolehlivost provozu v krizových situacích a pokrytí bezpečnostních rizik aj.

Předmětem hodnocení však nebylo pouze doplnění technologické linky o filtraci přes granulované aktivní uhlí, ale také úpravy směřující ke zlepšení přípravy suspenze (které by měly být realizovány ve stávajících objektech – BUDAFLO nebo hala filtrace F2) a rekonstrukce hal filtrů F1 a F2. Výsledné hodnocení, při zohlednění všech posuzovaných kritérií, doporučilo realizaci varianty uvažující s výstavbou nového objektu GAU filtrace a s ponecháním všech 56 ks stávajících pískových filtrů plnících funkci separačního stupně.

Základní návrhové parametry obj. GAU filtrace

V průběhu let 2012 až 2014 probíhaly na úpravě vody Želivka poloprovozní zkoušky. Výsledky těchto zkoušek poskytly důležité informace, na jejichž základě byly pro návrh filtrace přes granulované aktivní uhlí stanoveny základní návrhové parametry:

- průtok max. 3,5 m³/s,
- doporučená filtrační rychlost - do 7 m/hod,
- doba zdržení - 12 minut.

Mimo těchto základních parametrů byly při návrhu technického řešení uvažovány i návrhové parametry zaměřené na praní filtrů s náplní GAU:

- jako prací voda bude použita upravená voda z vodojemu prací vody, tj. voda po nadávkování chlorem a vápnem,
- praní vzduchem o intenzitě 30 m/hod až 60 m/hod po dobu 3 minut,
- praní vodou o intenzitě 5 m/hod po dobu 5 minut,
- praní vodou o intenzitě 20 - 30 m/hod po dobu 5 – 10 minut.

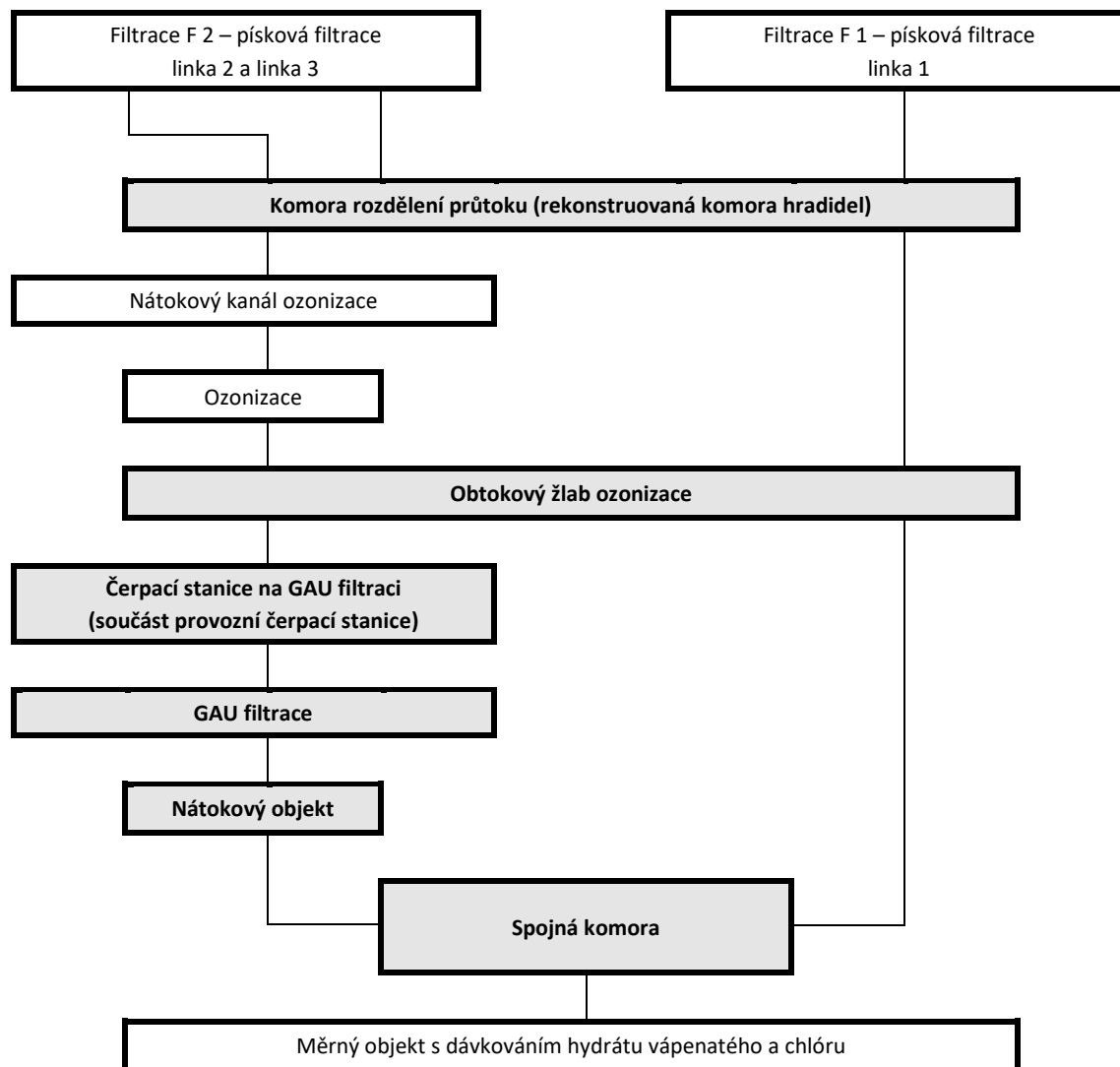
Začlenění nového objektu GAU filtrace do technologické linky ÚV Želivka

Nový objekt GAU filtrace byl začleněn do závěrečné fáze technologického procesu úpravy vody – mezi objekt ozonizace a měrný objekt, v němž dochází k dávkování hydrátu vápenatého a chlóru.

Voda po průtoku ozonizací je odváděna z obtokového kanálu novým sacím potrubím DN 1600 do stávajícího objektu provozní čerpací stanice, ve kterém jsou osazena čtyři horizontální odstředivá čerpadla zajišťující přečerpávání vody do objektu GAU filtrace.

Z provozní čerpací stanice je předupravená voda dopravována novým výtlačným řadem profilu DN 1600 do nového objektu GAU filtrace. V objektu GAU filtrace je navrženo 16 filtrů uspořádaných do čtyř sekcí – van (každá vana obsahuje 4 filtry). Maximální přítok na jeden filtr 250 l/s vychází z předpokladu, že bude jeden filtr mimo provoz a jeden filtr bude ve fázi praní. Náplň filtru tvoří vrstva granulovaného aktivního uhlí tl. 1,7 m.

Filtrát odtéká z objektu GAU filtrace dvojicí potrubí profilu DN 1400 z tvárné litiny do nátokového objektu a do spojné komory, kam je rovněž zaústěn přepad z obtokového žlabu ozonizace. Ze spojné komory odtéká voda trojicí potrubí profilu DN 1600 do měrného objektu.



Popis vlastního technického řešení a dopad na související stávající objekty ÚV Želivka

Hlavním objektem, který byl v rámci této akce vybudován, je nová hala GAU filtrace. V této hale se nachází 16 filtrů uspořádaných do čtyř sekcí – van (každá vana obsahuje 4 filtry). Každá z van filtrů je zakryta samostatnou soustavou demontovatelných průhledných krytů.

Celková plocha filtrů s náplní GAU je 1604 m², výška náplně GAU je 1,7 m.

Za standardních provozních podmínek je uvažováno s provozem pouze 15 filtrů – zbývající jeden filtr může být mimo provoz (např. z důvodu jeho praní, údržby apod.). Maximální přítok na jeden filtr je proto 250 l/s. Každý filtr je rozdělen středovým žlabem na dvě pole. Rozměry jednoho pole – délka 13,55 m, šířka 3,70 m.

Vedle výstavby nového objektu GAU filtrace byla v rámci této akce realizována výstavba nového kolektoru propojující nový objekt GAU filtrace se stávající halou filtrace F2 (v kolektoru jsou uloženy technologické rozvody propojující nový objekt GAU filtrace a objekt pískové filtrace F2), stavební úpravy na některých stávajících objektech úpravný (na obtokovém kanálu ozonizace, na provozní čerpací stanici a na hale filtrace F2) a demolice stávajícího objektu pískového hospodářství (jedná se objekt, který se původně nacházel v těsném sousedství haly filtrace F2 a který musel ustoupit výstavbě nového kolektoru).



Areál ÚV Želivka s novým objektem GAU filtrace (žlutě vyznačený objekt) a dalšími objekty dotčenými realizací této akce (hnědě zvýrazněné objekty)

V souvislosti s výstavbou nového objektu GAU filtrace byla náplní akce i výstavba dalších nových či úpravy původních objektů, přímo či nepřímo souvisejících s GAU filtrací. Jedná se:

- o úpravy na stávající komoře stavidel,
- o úpravy stávajícího obtokového kanálu ozonizace,
- o výstavbu nového sacího řadu,
- o úpravy ve stávající provozní čerpací stanici,
- o výstavbu nových spojovacích rozvodů - výtlačného řadu do GAU filtrace, rozvodů filtrátu, prací vody, odpadní prací vody a pracího vzduchu,

Vedle těchto zásahů do technologické linky byla realizována ještě další opatření:

- výstavba nového kolektoru (propojuje nový objekt GAU filtrace se stávající halou filtrace F2),
- demontáž a přemístění kompresorů zajišťujících dodávku vzduchu pro pneumatické pohony do objektu dávkování D2,
- rekonstrukce dvojice vodovodních rozvodů DN 800, které přivádějí prací vodu z regulačního vodojemu do vodojemu prací vody

Nejvýznamnějšími součástmi této stavby ale byla výstavba nového objektu GAU filtrace a úpravy na stávající provozní čerpací stanici a obtokovém kanálu ozonizace.

Úpravy na provozní čerpací stanici

Dopravu předupravené vody na GAU filtraci zajišťuje nová čerpací stanice, která byla umístěna v objektu stávající provozní čerpací stanice.



Čerpací stanice na GAU filtraci – čtveřice horizontálních čerpadel a sací řad s odbočkami k jednotlivým čerpadlům

Čerpací stanici tvoří sestava čtyř horizontálních odstředivých čerpadel provozovaných v sestavě 3+1 ks (montovaná rezerva). Celkový výkon čerpací stanice na GAU filtry se pohybuje v rozsahu 1100 až 3500 l/s (maximální výkon každého čerpadla – 1200 l/s).

Do objektu provozní čerpací stanice vstupuje sací řad společným úsekem profilu DN 1600. Následně jsou na sacím řadu osazeny odbočky profilu DN 1000 k jednotlivým čerpadlům. Výtlačky od jednotlivých čerpadel jsou spojeny do společného potrubí profilu DN 1600.

GAU filtrace – filtry s granulovaným aktívním uhlím

V objektu GAU filtrace je navrženo 16 filtrů uspořádaných do čtyř van. Každá z těchto van obsahuje 4 filtry, a je zakryta samostatnou soustavou demontovatelných průhledných krytů.



Dno filtru s drenážním systémem (nahore) a distribuční žlab před osazením drenážních větví (vpravo)

Dno každého filtru je vystrojeno drenážním systémem v nerezovém provedení, na který je uložena vrstva GAU.

Drenážní systém tvoří paralelně uspořádané drenážní větve opatřené systémem distribučních otvorů. Proud filtrované vody vtéká do drenážních větví po průtoku vrstvou aktivního uhlí. Velikost a rozmístění těchto otvorů zajišťují co nejrovnoměrnější rozdělení proudu filtrované vody po celé ploše filtračního pole.

Z drenážního systému odtéká filtrát do centrálního – distribučního žlabu, který je ukončen přechodem do potrubí filtrátu. Tímto potrubím odtéká filtrovaná voda do kanálu filtrátu. Vedle odběru filtrované vody slouží tento systém ve fázi praní filtrů pro rozvod prací vody nebo pracího vzduchu. Trubní rozvody filtrátu, rozvody přívodu prací vody a pracího vzduchu a odpad prací vody jsou umístěny ve středové armaturní chodbě.

GAU filtrace - středová armaturní chodba s rozvody filtrátu, prací vody a pracího vzduchu



Odtah vzduchu z prostoru pod krytem filtrů



GAU filtrace - zakrytí filtrů polykarbonátovými segmenty

Každá ze čtyř van filtrů je uzavřena dvojicí krytů z polykarbonátových segmentů. Vzduch zpod krytů jednotlivých van filtrů je odsáván a následně odvětráván mimo objekt GAU filtrace.

Odvětrávání vzduchu zajišťují ventilátory, které vytvářejí pod krytem mírný podtlak. Tento podtlak zajistí, aby nedocházelo k úniku vlhkosti do prostoru haly filtrace a v případě havarijního výskytu ozónu i k jeho odsávání do katalytického destrukturu.

Pro odsávání vzduchu v průběhu praní GAU filtrů je v provozu samostatná vzduchotechnická jednotka, která je umístěna u každé

vany filtrů. V průběhu praní může být z prostoru pod zákrytovým systémem odsáváno ventilátorem až 6 000 m³/hod.

Odsávaný vzduch je za standardních provozních podmínek (když není zaregistrován výskyt ozónu pod zakrytím) odsáván pomocí ventilátoru, osazeným na obtoku každého destrukturu.

V případě havarijního výskytu ozónu je vzduch z každé vany filtrů odsáván přes dvojici destrukturu, kde dochází k rozkladu ozónu.

Tato dvojice destrukturu je provozována v režimu:

- 1 ks provozního destrukturu a 1 ks instalované rezervy,
- 2 ks provozních destrukturu bez instalované rezervy (při maximálním průtoku vzduchu přes destruktury).



GAU filtrace - dvojice destrukturu pro odstranění ozónu ze vzduchu odvětrávaného z prostoru pod zakrytím filtrů

Celkem je v hale GAU filtrace osazeno 8 ks destrukturu – každý s výkonem 410 m³/hod.

Úpravy na obtokovom kanále ozonizace

Jedním z původních objektů, na kterém byly provedeny rozsáhlé úpravy, byl obtokový kanál ozonizace. Tyto úpravy umožnily začlenění objektu GAU filtrace do technologické linky úpravny vody.

Úpravy na obtokovom kanále ozonizace bylo nutné provádět za úplné odstávky části úpravny vody z provozu – filtrace F2, ozonizace a dalších objektů úpravny vody.

Stávající obtokový kanál ozonizace byl vestavěnými vertikálními a horizontálními příčkami rozdělen na obtokový žlab ozonizace, na nátokový kanál a na spojnou komoru. Současně byly realizovány i úpravy na komoře rozdělení průtoků-

Průběh výstavby, hlavní milníky a dopad COVID-u 19

Stavba byla zahájena v souladu se záměry investora v říjnu 2018.

Vlastní realizace byla rozdělena do několika etap. Harmonogram stavby, navržený v projektové dokumentaci pro výběr zhotovitele stavby, naznačoval, že pro splnění hlavních milníků stavby, a hlavně cílového termínu ukončení stavby, bude nezbytné zajistit kvalitní organizaci práce a plynulost dodávek. S čím však projektant nepočítal, a co se ukázalo jako jedna z největších komplikací realizace celé stavby, byly komplikace vyvolané problémy s epidemií COVID-u 19.

V první etapě byly vedle prací souvisejících s přípravou území zahájeny přeložky vodovodních rozvodů a kanalizačních stok, jejichž trasy se vyskytovaly v místě budoucí haly GAU filtrace a zemní práce pro objekt GAU filtrace. Další částí stavby, která patřila v této etapě mezi nejdůležitější, byla přeložka vodovodního přivaděče pro Havlíčkovobrodsko. Důvodem této přeložky byla potřeba uvolnit část staveniště, ve kterém měla být v další etapě realizována výstavba nového sacího řadu a přeložka existujících rozvodů prací vody Ř13 a Ř14. Pro bezproblémový průběh celé stavby musely být práce na přeložce vodovodního přivaděče ukončeny do konce června roku 2019. Tento termín byl prvním hlavním milníkem stavby.

Zásadní etapou pro postup stavebních a montážních prací byla 2 etapa. Charakteristickým znakem této etapy byla provozní odstávka části úpravny vody – z provozu byly odstaveny objekty hala filtrace F2, ozonizace, regulační vodojem 15 000 m³, provozní čerpací stanice, vodojem prací vody 2, měrný objekt a související spojovací rozvody.

V průběhu této odstávky byly realizovány v celém rozsahu úpravy na obtokovom kanále ozonizace vč. hradidlové komory a úpravy filtrace F2. Dalšími objektem, na němž byly provedeny kompletní práce v této etapě byla již zmíněná přeložka rozvodů prací vody. Převážná část prací byla realizována na provozní čerpací stanici a na novém sacím řadu. Na objektu GAU filtrace probíhaly v této fázi zejména betonáže van filtrů a souvisejících konstrukcí.

Tato etapa probíhala v období červenec až konec listopadu 2019 – tento termín byl druhým hlavním milníkem stavby.

Pro zahájení třetí etapy stavby bylo nejdůležitějším krokem znovuuvedení ozonizace včetně komory rozdělení průtoků, obtokového kanálu ozonizace a filtrace F2 do provozu. Do provozu musely být uvedeny i oba přeložené rozvody prací vody. Práce v této etapě probíhaly podle harmonogramu stavby, a i přes komplikovanou epidemiologickou situaci ve střední a závěrečné fázi této etapy, nedošlo při realizaci stavby k zásadnímu zpoždění, které by znamenalo zásadní nebezpečí pro dodržení cílového termínu stavby. Komplikací v této etapě bylo zajištění dodávek a prací, které byly realizovány v zahraničí – zejména elektrolytické

leštění nerezového potrubí a tvarovek. V průběhu této etapy se však již projevovaly signály o tom, že nebude dodržen smluvní termín konce stavby.

Čtvrtá etapa stavby byla zaměřena na dokončovací práce na objektu GAU filtrace vč. naplnění filtrů granulovaným aktivním uhlím. Dokončovací práce probíhaly i na řadě dalších objektů. Tato etapa – a tím i celá stavba - byla dokončena s minimálním jednoměsíčním zpožděním. Stavby byla ukončena na konci ledna 2021. Od 1. února byla úpravná vody, resp. její části, kterých se dotkla realizace této stavby, uvedena do zkušebního provozu. Zkušební provoz byl ukončen 31.1.2022.

Veškeré hlavní milníky byly zhotovitelem stavby dodrženy.

Zkušenosti se zpracováním projektové dokumentace formou 3D modelu.

Projektová dokumentace byla již od stupně Dokumentace pro stavební povolení zpracovávána metodou 3D modelu. Rovněž další stupně projektové dokumentace (dokumentace zajišťovaná zhotovitelem stavby a dokumentace skutečného provedení stavby) byly zpracovávány tímto způsobem.

Při rozhodování o způsobu zpracování 3D modelu, detailu zpracování a použitých programech byly zúročeny zkušenosti se zpracováním 3D modelu stavby jiných projektů.

Na základě porovnání výhod a nevýhod jednotlivých použitelných programů bylo rozhodnuto, že v programu REVIT bude zpracován 3D model stavební části, elektrostavební části, elektrotechnologické části a SŘTP. Strojně technologická část projektu, profese vzduchotechniky a vytápění byly zpracovány pomocí programu AutoCad Plant 3D. Koordinace a kolize mezi jednotlivými profesemi byla prováděna v programu Navisworks.

Díky 3D modelu stavby bylo možné rychle a efektivně připravovat možné varianty řešení trubních rozvodů v nově projektovaném objektu GAU filtrace, rekonstruované komoře hradidel obtokového kanálu ozonizace, v objektu stávající filtrace F2 a v provozní čerpací stanici.

3D model byl dále použit pro generování výpisů materiálů pro soupis prací a dodávek a kontrolní rozpočet.

Pro snadnější představivost uspořádání technologického zařízení byly na odevzdávané výkresy umístěny axonometrické pohledy připravené z 3D modelu.

Výstupy z 3D modelu byly použity také jako podklad pro výrobní dokumentaci zhotovitele u tvarově složitých potrubních prvků.

Použitím 3D modelu bylo možné přesně definovat tvarové uspořádání a zhotovitel při realizaci řešil minimální množství nesouladů mezi projektem a realitou.

Závěr

Realizaci navrhovaných opatření, zařazených do 2. stavby souboru staveb Modernizace úpravný vody Želivka, lze bezesporu označit jako největší modernizační opatření v její historii. Po doplnění technologického procesu úpravy vody o filtraci přes granulované aktivní uhlí je úpravná vody Želivka díky dokonalejší technologii schopna zajistit mimo uvedené hlavní přínosy i:

- odstranění zatím nesledovaných xenobiotik, léků apod.,
- snížení koncentrace BDOC a AOC a tím zvýšení časové stability vody,
- výrazné zlepšení chuťových parametrů vody,
- zvýšení bezpečnosti provozu i pro krizové a mimořádné stavy.

Dostavba Filtrace GAU ÚV Želivka – neobvyklé materiály a technologie použité v projektu a při realizaci

Ing. Richard Schejbal

SWECO Hydroprojekt a.s., Táborská 31 140 00 Praha 4, ČR
richard.schejbal@sweco.cz, 00420 606 485 800

Abstrakt: Příspěvek podává informace o vybraných prvcích stavby a technologiích řešených ve finálních stupních projektování a reálně použitých při provádění stavby. Shrnuje zkušenosti projektanta z pohledu využití méně běžných prvků a technologií a formuluje některé obecnější zásady pro jejich aplikaci na stavbách a rekonstrukcích ve vodním hospodářství

Abstract: The paper informs about selected elements of the building and technologies solved in the final design stages and actually used in structure execution. It gives a summary of designers experience of using of less common elements and technologies and try to express common principles for their application on watermanagement buildings and reconstructions

Klíčové slová: Ocelová konstrukce haly, spřažené stropy s filigrány, vodotěsná membrána, plastové vystýlky, sanace betonu, spolehlivost, stabilita, leštění povrchu

Keywords: Steel structure of the hall, joined ceilings with filigrees, waterproof membrane, plastic linings, concrete rehabilitation, reliability, stability, surface shining

Úvod

Dílo takového rozsahu, jako je dostavba nové filtrace s granulovaným aktivním uhlím spolu s dalšími novými objekty a s úpravami několika stávajících bylo mimořádné nejen z hlediska definovaných výkonových parametrů díla. Projekt vypracovaný naší společností se musel vypořádat s řadou náročných prvků zadání jak ve vztahu k realizaci v požadované krátké lhůtě 24 měsíců, a to za provozu vodárny, tak ve smyslu řešení některých speciálních problémů, se kterými se v běžné vodohospodářské praxi setkáváme jen zřídka. Akce obsahovala prvky z celé řady stavebních oborů jako např. ocelová velkorozponová hala, díla ražená po hornicku, prvky speciálního zakládání, nové vodotěsné betonové vany, sanace narušených betonových konstrukcí, speciální vyvložkování plastovými deskami, ukládání potrubí velkých profilů do země, a rovněž některé nezvyklé technologické prvky jako leštění potrubí z korozivzdorné oceli nebo armatury velkých dimenzí. Tento příspěvek stručně popisuje jen některé z těchto problémů, návrh jejich řešení a výslednou realizaci.

Stavebně konstrukční řešení ocelové haly

Hlavním objektem celé akce byly dostavba nové Filtrace GAU. Ve stávajícím areálu úpravný již stojí dvě původní haly pískových filtrací – Filtrace F1 ze 70.let minulého století a Filtrace F2 z konce 80. Oba objekty mají shodnou koncepci: ocelová hala tvoří konstrukčně nezávislou obálku pro vnitřní nádrže – vany filtrů. Jedná se přitom o haly velkých rozpětí, kde základní nosnou konstrukcí jsou sdružené rámy s rozpětím polí cca 2x50 m a ve 12ti metrovém modulu.

Vnitřní prostor hal je tedy volný s jedinou řadou středních stojek. Průřezy jednotlivých prvků, tedy rámových stojek a příčlů, jsou svařované uzavřené profily obdélníkového obvodu, s proměnnou výškou průřezu a konstantní tloušťkou plechu. Krajiní stojky rámu byly zakotveny do obvodových stěn a středové do masivních betonových patek.

Při návrhu jsme se rozhodli pro konstrukční řešení od odvozené původního. Nový objekt obsahuje 16 filtrů sdružených do čtyř samostatných van, po dvou ve dvou symetrických linkách. Výsledné rozměry haly vycházejí z dispozičního řešení van a chodeb a jsou přibližně 49 x 97 m. Konstrukční systém jednolodní haly byl tedy navržen jako jednoduché rámy kloubově uložené na obvodových železobetonových stěnách. Projektové řešení pak uvažovalo s užitím plných rámu ve všech modulech včetně štítových, což by umožnilo jednoduché napojení případného budoucího prodloužení haly při navýšení požadovaného výkonu.

Navržená konstrukce se sice inspirovala výše popsáním původním řešením, přesto se v řadě faktorů významně odlišila. Nejdůležitějším z nich je samozřejmě použití současných platných standardů – norem pro navrhování, tedy soustavy Eurokódů. Ty vycházejí z mezních stavů a významně zvyšují výslednou spolehlivost konstrukcí. Vyšší hladiny spolehlivosti je ovšem dosaženo za cenu vyšší spotřeby materiálu a/nebo užitím materiálů s lepšími parametry.

Výsledkem aplikace aktuálních požadavků a výpočtu při modelování jak ve 2D (pouze při prutové analýze rámu), tak ve 3D (prostorový model haly a řešení prvků s uzavřenými profily proměnných rozměrů) bylo tedy řešení opticky shodné s původními halami (stejně vnější průřezové rozměry prvků), ale masivnější v důsledku návrhu silnějších stěn průřezů.

V průběhu finální přípravy realizace a zpracování výrobní dokumentace zhotovitelem došlo k podstatné změně koncepce. Zhotovitel navrhl provedení s užitím otevřených profilů tvaru I pro hlavní rámy a stykování jednotlivých dílců pomocí šroubových spojů. Současně byla po dohodě s investorem a provozovatelem opuštěna myšlenka budoucího rozšiřování (prodloužení) haly. Výsledným řešením je realizace se sedmi plnými vnitřními rámy a se štítovými podružnými sloupy. Montáž na staveništi začala počátkem března 2019 a soustava hlavních rámu byla dokončena za necelý měsíc, současně pod konstrukcí probíhaly další práce.



Obrázek 1: Úplná soustava hlavních rámu a práce pod nimi

Filigránové panely na stropy a integrované membrány nad hladinami

V projektu bylo navrženo užití technologie zmonolitněných filigránových panelů pro převážnou většinu stropů jak v objektu Filtrace GAU, tak na Kolektoru a na rekonstruované

časti tzv. Obtokového kanálu Ozonizace. Důvodem byla jak úspora času při provádění bez nutnosti bednění, tak zajištění kvality podhledové plochy bez nutnosti sanací imperfekcí vzniklých při bedněné monolitické betonáži. To by bylo problematické zejména při pracích prováděných nad již namontovaným leštěným nerezovým potrubím.

U stropních desek nad hladinami pak bylo navrženo a provedeno osazení fóliové membrány na spodní líc panelů již při jejich výrobě. Fólie typu Proofex Engage je celoplošně zakotvená do betonu pomocí mřížky na svém rubu a tvoří nejen vodotěsnou ale i difuzně uzavřenou vrstvu. Tím je vyloučeno i působení vlhkosti a agresivních složek ve vzduchu nad hladinami na betonovou konstrukci. Membrána brání přístupu ozonu (O_3) s vysoce korozním účinkem na ocel výtuzi, což hrozilo zejména nad hladinou ve filtrech, ve všech prostorech pak brání i přístupu vzdušného CO_2 a zamezuje tak procesu karbonatace. Příмым důsledkem užití membrány je tedy možnost snížení krycí vrstvy a rovněž není třeba zvažovat při návrhu mezní stav trhlin. Fólie byly použity při výrobě panelů pro stropy ve Filtraci GAU nad kanály filtrátu a odpadní prací vody a na lávkách nad filtry a pro celý strop nad hladinou v Obtokovém kanálu (s vysokým rizikem působení zbytkového ozonu).



Obrázek 2: Panely pro zastropení kanálů ve Filtraci GAU – spodní líc na překládce; po uložení nad kanálem

Zakrytí filtrů

Téměř polovinu půdorysné plochy haly tvoří hladina vody ve filtrech. Z hlediska vlivu na okolní prostředí je nutné si uvědomit, že se nejedná o statický systém s nerušenou hladinou. Při procesu filtrace natéká voda do středových žlabů a na poloviny každého filtru se rozděluje formou dokonalých přelivů na celou délku filtru, tedy přibližně 2x 13 m. Při praní (vždy nejvýše jednoho filtru) pak dochází nejprve k plošnému průchodu pracího vzduchu k hladině a poté k odtoku prací vody hned na čtyři strany žlabů opět s dokonalým přelivem. Při těchto procesech dochází k jevům ovlivňujícím prostor nad hladinami:

- uvolňování plynů rozpuštěných ve vodě při dopadu vodního paprsku za přelivem,
- nasycení pracího vzduchu při průchodu náplní vodní párou a její vnos do ovzduší.

Důsledkem těchto jevů je podstatné zvýšení relativní vlhkosti vzduchu v prostoru nad hladinou a uvolňování agresivních plynů do prostředí se značným nárůstem korozního působení.

Motivy pro zakrytí hladin v objektech jsou především dva:

- omezení vlhkosti v prostředí s možností moderovat teplotu a snížit spotřebu energie,

- vyloučiť pronikání vlhkosti a agresivních plynů do okolí a zabránit tak jejich koroznímu působení a/nebo ohrožení zdraví obsluhy.

Voda čerpaná na filtry s GAU obsahuje nezanedbatelné množství zbytkového ozonu. Z výše uvedených důvodů bylo při přípravě stavby rozhodnuto o zakrytí filtrů a zvažovaly se dostupné možnosti. Po nepříznivých zkušenostech z ÚV Plzeň s korozí na nerezových atypických krytech byl o stanovisko požádán hlavní hygienik, který připustil, že prvky nad hladinami nemusí splňovat požadavek vhodnosti materiálu pro styk s pitnou vodou. Bylo tedy možné uvažovat v projektu a při realizaci s použitím některého z běžně vyráběných typů zakrytí plaveckých bazénů (Viz Obr.3). Projekt tedy navrhl obloukové kryty složené z pohyblivých segmentů omezené délky, které umožní jednoduchý posun a odkrytí každého z filtrů v případě potřeby. Vzhledem k rozměrům van filtrů, maximálním možným vyráběným rozměrům a současně i přihlédnutím k uživatelskému komfortu byly vany doplněny průběžnými středovými lávkami a kryty na každé vaně tedy mohly být ještě rozděleny na polovinu (Obr. 4).



Obrázek 3: Zakrytí van filtrů. Detail ve výrobě; filtr v provozu pod zakrytím



Obrázek 4: Zakrytí filtrů – celkový pohled

Za běžného provozu je prostor pod krytem vany trvale nuceně odvětráván přes destruktor. Zde dochází k termické redukci odsávaného O_3 na běžné molekuly kyslíku O_2 . Odtahem spod krytu vzniká malý podtlak (v řádu mm vodního sloupce), který způsobuje přisávání vzduchu z prostoru nad kryty jejich omezenými netěsnostmi. V době pracího cyklu, kdy do van vstupuje značné množství prací vody a/nebo pracího vzduchu se automaticky spouští nezávislé vzduchotechnické odvedení přebytečného vzduchu mimo objekt.

Použití vystýlky a ztraceného bednění z PE desek

Celoplošné vystýlky návodního líce se ve vodohospodářských stavbách používají v různých případech, obvykle při požadavku úplné vodotěsnosti, který nelze splnit je vlastní betonovou konstrukcí. Na popisované stavbě byla vystýlka původně navržena na líce rozdělovacího kanálu vytvořeného nově v objektu původního Obtokového kanálu (Obr. 5), a na dvojici napojených vodorovných kanálů obdélného průřezu Nátokového objektu. Jde o trvale nepřístupné prostory s tlakovým prouděním vody, kde je požadována úplná vodotěsnost vzhledem k riziku poškození stávajících potrubí a kolektorů v blízkosti při nekontrolovaném úniku do podloží. V důsledku problémů se zajištěním dodávky atypických přechodových prvků z korozivzdorné oceli v propojovací šachtě na potrubí 2x DN 1400 došlo v průběhu realizace k přeřešení celého definitivního vystrojení raženého Nátokového objektu. Jak vodorovné, tak svislé části byly v prováděcí dokumentaci navrženy a poté provedeny s užitím desek z PE stočených na truhlářské bednění s průměrem 1400 mm. Jednotlivé dílce vodorovné části včetně segmentových kolen byly spuštěny do vyražené štoly, zafixovány a zabetonovány, poté byla obdobně vystrojena těžní šachta a následně byl prostor opět zabetonován (Obr. 6, 7). Styky dílců z desek v kotevních nopy typu Sure Grip byly z vnitřního líce extruzně svařeny a tím byla zajištěna požadovaná úplná vodotěsnost.



Obrázek 5: Vystýlka v rozdělovacím kanálu – 1. etapa po odbednění; finální extruzní svařování



Obrázek 6: Vystýlka spadíšťe – príprava segmentového kolena; finální osazení při betonáži v šachtě



Obrázek 7: Vystýlka štoly Nátokového objektu – montáž do štoly; vnitřek jednoho z kanálů po dokončení

Sanace betonových konstrukcí původního Obtokového kanálu

Obtokový kanál byl vybudován v polovině 80.let ještě před zahájením výstavby Ozonizace, jejíž integrální součástí se po dokončení stal. V původním řešení se skládal z hradidlové komory s nadzemním manipulačním objektem a vlastního kanálu s půdorysnými rozměry cca 4,00 x 68 m a s maximální hloubkou vody cca 8 m. Byl navržen ještě v souladu s tehdy platnými normami podle metody stupně bezpečnosti.

Kvalita díla byla pod již tak nízkým průměrem doby, což odhalil i stavebně technický průzkum (STP) a následně se potvrdilo při vlastní realizaci. Podélná vnitřní stěna do armaturního prostoru odtoku z Ozonizace tloušťky 800 mm vykazovala netěsnosti již krátce po dokončení a byla ještě během výstavby dotěšňována kombinací injektáží a v té době novou technologií nátěrem s rekrystalizačním účinkem. Přesto na vzdušném líci vykazovala trvalé průsaky. Jako

kuriozitu lze uvést, že v době provádění STP jsme shodou okolností za deště prováděli vlastní prohlídku vypuštěné nádrže a zjistili jsme, že obvodovou stěnou v některých místech pod úrovní terénu vtékala dovnitř objektu poruchami v betonu prosáklá dešťová voda, a to v odhadovaném množství více než 1 l/s! Podotýká se, že v Obtokovém kanále běžně protéká voda po úplné vodárenské úpravě včetně ozonizace, poté už je dávkován pouze chlór jako hygienické zabezpečení.

Bylo tedy jasné, že kromě standardních sanačních úprav řešících korozní následky dlouhodobého působení vody se zbytkovým ozónem je třeba věnovat pozornost i utěsnění zjištěných průsaků. Projekt tedy navrhl vícevrstvé provedení sanace návodního líce a současně těsnící reprofilaci i na vnějším líci stěny. Pro možnost provedení vnější sanace byl navržen otevřený výkop v daném místě v rámci budování tzv. Nátokového objektu.

Po odbourání nadzemní budovy i stropu a pilířů hradidlové komory a po snesení nevyhovujících střešních panelů v celé délce kanálu se potvrdily závěry STP o nízké kvalitě betonu z 80.let. Tryskání vysokotlakým vodním paprskem odstranilo dosti mocnou degradovanou vrstvu z povrchu návodního líce a odhalilo hrubou a místy značně porézní strukturu betonu s nevyhovujícím složením kameniva ve směsi. Vlastní celoplošná reprofilace na adhezní můstek probíhala postupným nanášením dvou vrstev nástřikem, povrch druhé, jemnější vrstvy byl zatažen ručně nerez hladítky. Při provádění byla zvláštní pozornost věnována utěsnění původních dilatačních spár (systémem přetmelení a pásů typu SIKADUR Combiflex) a kontaktu plochy s prostupy původních ocelových trubek velkých průměrů (3x DN 1600 na přítoku do původní hradidlové komory, nově do suchého prostoru komory rozdělení průtoku; 6x DN 1200 nátoky z linek ozonizace a 3x DN 1600 odtok a propojení do Měrného objektu) a nových nerezových potrubí (DN 1600 odběru a DN 2400 z rozdělovací komory).



Obrázek 8: Obtokový kanál – stav nekvalitně provedeného betonu; odtrhové zkoušky po preparaci VVP

Nezávisle proběhla celoplošná sanace i na vzdušném líci stěny s finálním protiplísňovým nátěrem a sanace spodního líce stropu nad armaturním prostorem – ponechané desky typu PZD byly opatřeny stříkanou reprofilační vrstvou s mechanicky kotvenou inertní výztužnou sítí z čedičových vláken (Armobet BW).

Lze konstatovat, že po dokončení prací, zkoušce vodotěsnosti a uvedení do provozu byly na vzdušném líci zjištěny jen nepatrné a zanedbatelné průsaky a sanace tedy splnila i sekundární účel zvýšení vodotěsnosti.



Obrázek 9: Obtokový kanál – nanášení reprofilační malty stříkáním; finální hlazení ocelí

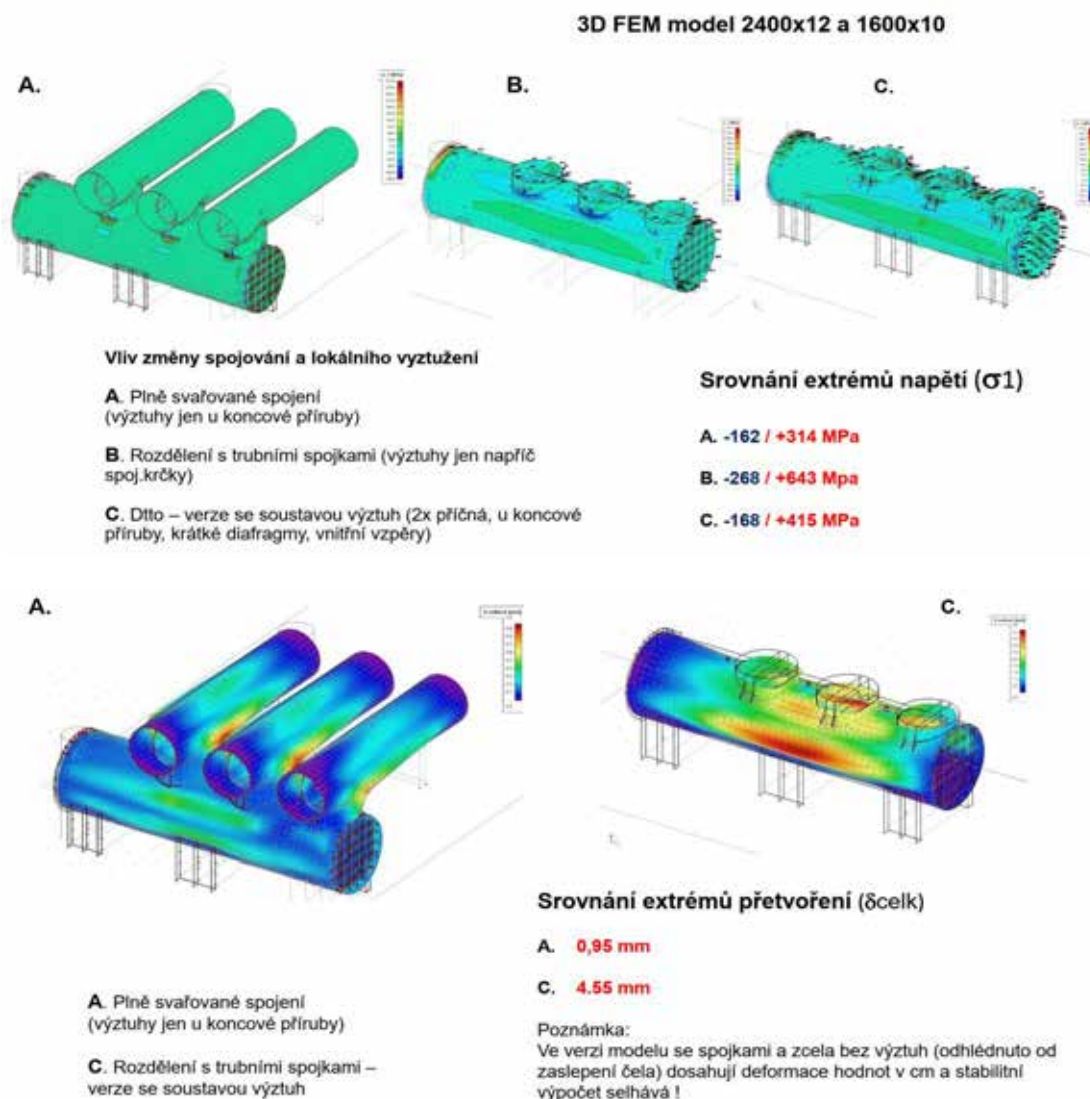
Potrubí velkých dimenzí (DN 1600 a DN 2400) – problémy návrhu z hlediska stability

Zvláštním problémem na hranici strojně technologické dodávky a posuzování spolehlivosti konstrukcí byl návrh a realizace potrubí z korozivzdorné oceli velkých průměrů. Návrh a realizace takových atypických prvků jsou ovlivňovány řadou faktorů – od cenových úvah, přes otázky výroby a logistiky až po posuzování spolehlivosti.

Jak při přípravě stavby v projektové dokumentaci, tak při vlastní výrobě a montáži se střetávají často neslučitelné požadavky. Typickým případem je snaha o co nejmenší tloušťku stěny potrubí (z hledisek ceny a výroby) a současně omezení svařování in situ (faktor ochrany). Výrobu limituje velikost a hmotnost jednotlivých přepravy a montáže schopných dílů (faktor logistiky), vše pak omezuje odolnost proti účinkům zatížení (faktor spolehlivosti). Tyto rozpory se projeví i v komoře rozdělení průtoku v Obtokovém kanálu, kde dochází k propojení trojice potrubí DN 1600 (přítoky z Filtrací F1 a F2) s příčně je podcházející trubkou DN 2400 (obtok Ozonizace). Iniciací podrobného posouzení této soustavy byla myšlenka zhotovitele na použití potrubních spojek na krátkých svislých propojích uvedených čtyř trub namísto svařování. Detailní výpočty byly prováděny pomocí SW SCIA Engineer na 3D modelech, které měly co nejvěrněji postihnout tvary a okrajové podmínky celé soustavy. Podrobný popis statického řešení přesahuje rámec tohoto článku, zde lze jen uvést, že vnesení dalších stupňů volnosti do systému přerušením s potrubními spojkami vedlo jak k překročení mezních napětí materiálu na řadě míst, tak k výraznému a nadlimitnímu zvýšení deformací. Tomu by bylo nutné čelit pomocí složitějšího a na výrobu náročného systému výztuh na vnitřním i vnějším líci trubek, což by zcela převážilo výhody montáže bez svařování propojů.

Tento příklad potvrdil již dříve ověřené poznatky (např. i ze stavby NVL ÚČOV Praha):

- při návrhu tenkostěnných potrubí na lokálních podporách nelze použít zjednodušené vztahy odvozené z modelů s prismatickými pruhy, uplatňují se prvky skořepinového chování a je nutné aplikovat odpovídající 3D modelování,
- je nutné posuzovat spolehlivost komplexně se zahrnutím jak mezních stavů únosnosti (posuzování napjatosti s extrémy v místech uložení a stykování), tak mezních stavů použitelnosti (posuzování zejména přetvoření v různých směrech),
- součástí výpočtů musí být i posouzení stability tvaru (příčného řezu potrubí),
- nelze opomenout, že korozivzdorné oceli mají obvykle nižší pevnostní a přetvárné charakteristiky než běžné konstrukční oceli.



Obrázek 10: Základní výsledky výpočtu na 3D modelu

Speciální požadavky na povrchovou úpravu potrubí z korozivzdorné oceli

Problémem koroze prvků z korozivzdorné oceli se zabýval náš příspěvek na této konferenci v roce 2019. Prostředí na úpravě vody je charakteristické relativně vysokou korozní agresivitou, obvykle stupně C4 podle ČSN EN ISO 9223. Vyšší korozní agresivita prostředí je dána vysokou relativní vlhkostí, výskytem kondenzace vody na povrchu konstrukcí, obsahem oxidantů ve vodě a v ovzduší atd. Na nově vybudované GAU filtraci se vyskytují dva nejsilnější oxidanty, ozon a chlor.

Pro odolnost a trvanlivost konstrukcí a prvků z korozivzdorné oceli je rozhodující nejen volba správného druhu oceli s ohledem na reálně působící korozní účinky, tedy na vliv prostředí vyjádřený stupněm korozní agresivity. Podstatný vliv má také finální povrchová úprava – drsnost povrchu a/nebo případné imperfekce (vrapy apod.) mají pro vznik korozních jevů zásadní význam.

Výběr materiálu pro potrubí a související konstrukce byl proveden na základě korozního průzkumu, kdy se sledoval vliv prostředí na vznik koroze různých materiálů s proměnnou povrchovou úpravou přímo v prostředí úpravny vody Želivka. Na základě předchozích

negativních zkušeností s korozí potrubí a konstrukcí z korozivzdorné oceli a ve spolupráci se výzkumným ústavem materiálů (SVÚOM) byly projektem předepsány i podrobné požadavky na povrchovou úpravu. Pro zajištění požadované vysoké a dlouhodobé korozní odolnosti oceli všech výrobků byl požadován čistý a hladký povrch, v podmínkách zadávací dokumentace stavby byla předepsána maximální drsnost povrchu Ra 0,5 μm (leštění). Současně byl předepsán požadavek na celoplošné ošetření povrchu mořením a pasivací. U potrubí byl požadavek na úpravu povrchu uplatněn nejen na vnější líce trubek, ale pro větší profily (průměr přes 600 mm) i na vnitřní líc. Dokumentace předepsala i provedení referenčních vzorků a jejich schválení před samotnou realizací.



Obrázek 11: Referenční tvarovka s finální povrchovou úpravou; ochrana potrubí během stavby

Požadavky na kvalitu výrobků z korozivzdorné oceli byly na poměry ve vodárenství značně nadstandardní. Zhotovitelé stavby byly nuceni upravit technologické postupy, aby byly dodrženy všechny předepsané požadavky. Nerezová potrubí byla na stavbu dodána již s konečnou povrchovou úpravou, kdy finální leštění bylo realizováno elektrolyticky v lázni, z převážné části ve specializovaném závodě v Rakousku. Aby během stavby nedošlo k jejich poškození, byly po celou dobu stavby chráněny. Požadavky na ochranu povrchů potrubí měly vliv i na detaily uložení potrubí. In situ pak byla přešetřována jen místa nutných svarů prováděných na stavbě.



Obrázek 12: Pohled na čelo filtru po odstranění ochrany

ÚV Jasenie, odstraňovanie arzénu z pitnej vody ultrafiltráciou

Autor : Ing. Pavol Ď u r č e k

ProMinent Slovensko, s.r.o., Roľnícka 21, 831 07 Bratislava

Tel.: 02 4820 0111, e-mail: durcek@prominent.sk

Abstrakt:

Účelom toho príspevku je stručne informovať čitateľov o spôsobe vyriešenia požiadavky prevádzkovateľa na zvýšenie výkonu a účinnosti odstraňovania As z vody na úpravni vody Jasenie. Príspevok pojednáva o Inštalácii alternatívnej technológie redukcie As na báze ultrafiltrácie s cieľom dosiahnuť požadované kvantitatívne a kvalitatívne parametre úpravne vody s obsahom As v upravenej vode < 1 µg/l. T.j. zvýšenie kapacity úpravne a účinnosti odstraňovania As z vody. A súčasné ponechanie jestvujúcej technológie ako funkčnej rezervy. Príspevok taktiež obsahuje stručný popis technologickej linky, prezentuje dosiahnuté výsledky a splnenie cieľa.

Abstract:

The purpose of this report is to briefly inform the readers about the way of resolving the the operator's request to increase the performance and efficiency of As removal from the water at the Jasenie water treatment plant. This article deals with the Installation of an alternative As reduction technology based on ultrafiltration in order to achieve the required quantitative and qualitative parameters of water treatment plant with As content in treated water below 1 µg / l. I.e. increasing the capacity of the treatment plant and the efficiency of removing As from water. And the current retention of existing technology as a functional reserve. The report also contains a brief description of the technological line, presents the achieved results and the achievement of the goal.

Kľúčové slová: Pitná voda; alternatívna technológia; proces; ukazovatele; účinnosť

Keywords: Potable water; alternative technology; process; indicators; effectiveness

Úvod:

Účelom pôvodnej technológie úpravy vody na ÚV Jasenie bola predovšetkým redukcia obsahu Arzénu (As) z miestneho vodného zdroja „Rástová“. Úroveň arzénu vo vodnom zdroji dlhodobo a trvale dosahuje hodnoty v rozpätí od 40 až do 90 µg As/l. V ostatných kvalitatívnych ukazovateľoch voda odoberaná zo zdroja Rastová neprekračuje povolené limity. Pôvodná technológia bola koncipovaná ako oxidačno separačný proces. Technologický postup odstraňovania arzénu bol založený na oxidácii As⁺³ na As⁺⁵ (podľa pôvodného projektu z roku 2002 kontinuálnym dávkovaním roztoku KMnO₄ ktoré bolo v priebehu prípravy realizácie stavby 4 nahradené ozonizáciou) a sorpcii As⁺⁵ hydratovanými oxidmi železa, s následnou filtráciou na kontinuálnom pieskovom filtri DynaSand® DS 5 000 AE.

Takáto pôvodná technológia bola uvedená do prevádzky v roku 2007. Účinnosť odstraňovania As z vody bola vyhovujúca, obsah As na odtoku z úpravne spĺňal limit na As a pohyboval sa v rozpätí cca od 4,5 do 9,0 µg/l. S odstupom času sa však problematickým ukázala sekundárna kontaminácia upravenej vody As z inkrustácie potrubných rozvodov, súvisiaca aj s relatívne dlhými distribučnými vzdialenosťami upravenej vody skupinovým vodovodom, ktorá sa prejavovala občasným prekročením limitu na koncových bodoch siete. Tento jav vykazoval progresívny trend. V kontrolných stanoveniach kvality upravenej vody v koncových bodoch siete od roku 2008 (cca 140 meraní) dosahovala priemerná úroveň As = 11,1µg/l. Na základe týchto skutočností boli v roku 2014 vykonané pilotné testy alternatívnej technológie ultrafiltrácie a sorpčnej filtrácie As. Vyhodnotenie výsledkov z pilotných testov oboch spôsobov úpravy vody a porovnanie investičných a prevádzkových nákladov priviedlo prevádzkovateľa k rozhodnutiu realizovať doplnenie technológie úpravy vody v Jasení o technológiu redukcie As na princípe Ultrafiltrácie.

Projektová fáza bola vypracovaná v roku 2016 a po získaní všetkých potrebných povolení bola v roku 2018 zahájená realizácia doplnenia technológie úpravy vody. Práce prebiehali za plnej prevádzky jestvujúcej technológie iba s minimálnymi možnými prerušeniami výroby. Vzhľadom na obmedzené možnosti akumulácie upravenej vody, boli prerušenia možné iba na veľmi krátky čas (max. cca 2 hodiny). Táto skutočnosť bola zohľadnená v harmonograme výstavby. Výrazne ovplyvňovala plynulosť prác a kládla vysoké nároky na koordináciu činností všetkých zúčastnených. Práce boli ukončené v roku 2019 a po vydaní príslušného oprávnenia bola začiatkom roku 2020 zahájená skúšobná prevádzka.

Od navrhovanej technológie úpravne sa očakávalo splnenie hlavných požiadaviek:

- projektovaný výkon 18 l/s = 64,8 m³/hod.
- nepretržité prevádzkovanie 24 hodín denne 7 dní v týždni
- dosahovanie kvalitatívnych ukazovateľov pitnej vody v zmysle platnej legislatívy
- osobitne - obsah As v upravenej vode < 1 µg/l
- zníženie energetickej náročnosti výroby
- zachovanie súčasnej technológie ako funkčnej rezervy
- maximálne možné využitie jestvujúcich technológií
- maximálne možné využitie existujúcich priestorov, bez nutnosti prístavby

Popis pilotných skúšok (2014)

Zariadenie použité pri poloprevádzkovej skúške bolo automatické s reguláciou filtračného cyklu v časovom režime, alebo v závislosti na náraste tlakovej diferencie. Automatika UF zariadenia kontroluje aj cyklus spätného preplachu membrán. Pri bežnej prevádzke trval cyklus filtrácie 60 – 120 minút a cyklus spätného preplachu 20 – 60 sekúnd. Počas spätného preplachu sa upravená voda nevyrábala.

Surová voda použitá pre účely skúšky prichádzajúca z prameňa „Rastová“ do akumuláčnej nádrže surovej vody na úpravni, bola kontinuálne čerpaná a dopravovaná ku skúšobnej linke. Do linky bol zaradený automatický systém chemickej predúpravy pozostávajúci dávkovania

koagulantu. Takto pripravená voda pretekala cez filtračný systém. Filtrát – upravená voda z ultrafiltračnej linky spolu s vodami z preplachu bol odvádzaný do kanalizácie.

Pri uvedení skúšobného zariadenia do prevádzky boli priamo na mieste vykonané jednoduché kolorimetrické testy upravenej vody na prítomnosť As a Fe vo filtráte a v surovej vode. Na základe ich výborných výsledkov bolo rozhodnuté v skúškach pokračovať bez potreby korekcie pH.

Zostava skúšobnej linky :

- 1.) Dávkovanie koagulantu $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (tento koagulant je na úpravni využívaný)
- 2.) Reakčná nádrž so zádržnou dobou cca 5 min.
- 3.) Filtrácia na kompaktnom UF zariadení

Poloprevádzkové skúšky prebiehali za nasledovných podmienok :

Prietok vody cez skúšobnú linku : cca 504 až 540 l/hod.
 hodnoty pH surovej vody : 7, 50 v podstate stabilná bez výrazných zmien
 obsah As v surovej vode : 55 až 90 $\mu\text{g/l}$
 dávkovanie koagulantu v prepočte na Fe : cca 1,5 mg/l

Poloprevádzkové skúšky – výsledky laboratórnych analýz vody pred a po úprave:

Sledované boli najmä ukazovatele As a Fe

obsah As v surovej vode : 55 až 90 $\mu\text{g/l}$
 obsah **As v upravenej vode** : 0,5 až **2,1¹** $\mu\text{g/l}$ (limit 10 $\mu\text{g/l}$)
 obsah Fe v surovej vode : < 0,05 mg/l
 obsah Fe v surovej vode s koagulantom: 1,2 do 1,76 mg/l
 obsah **Fe v upravenej vode** : <0,05 mg/l (limit 0,2 mg/l)

Dátum	As surová $\mu\text{g/l}$	As StVPS surová $\mu\text{g/l}$	As upravená $\mu\text{g/l}$	As StVPS upravená $\mu\text{g/l}$	Fe surová mg/l	Fe StVPS surová mg/l	Fe upravená mg/l	Fe StVPS upravená mg/l
31.1.2014	75	-	0,00	-	1,2	-	0,01	-
3.2.2014	75	-	0,00	-	1,2	-	0,03	-
4.2.2014	60	-	0,00	-	1,61	-	0,01	-
5.2.2014	50	-	0,00	-	1,52	-	0,04	-
6.2.2014	90	64	0,00	0,50	1,76	1,5	0,02	< 0,05
7.2.2014	75	69	0,00	0,62	1,64	1,6	0,06	< 0,05
10.2.2014	55	-	0,00	-	1,31	-	0,03	-
11.2.2014	65	48	0,00	2,1*	1,47	1,3	0,07	< 0,05

Pri vzorke zo dňa 11.02.2014* nebol do surovej vody z dôvodu poruchy prietokomeru nepretržite dávkovaný koagulant. Táto skutočnosť mala za následok mierne zvýšenie As v upravenej vode na 2,1 $\mu\text{g/l}$,

¹ **Poznámka** : Hodnota 2,1 $\mu\text{g/l}$ – s prerušením dávkovania koagulantu !

Je zrejmé, že účinnosť ultrafiltrácie bola aj pri takomto režime (dňa 11.2.2014) očividná a výsledná hodnota As vo filtráte sa pohybovala na úrovni cca 3 až 4 % zo vstupnej koncentrácie (65 až 48 $\mu\text{g As/l}$). Táto hodnota zo dňa 11.2.2014 bola výrazne pod limitom určeným NV č. 354/2006 (cca 5 krát nižšia ako je limit), prekročila však prevádzkovateľom požadovanú hodnotu 1 $\mu\text{g/l}$.

Ako ďalej vidno z tabuľky vo všetkých ostatných stanoveniach bola **účinnosť odstraňovania As** z vody ultrafiltráciou za súčasného dávkovania koagulantu pri dávke Fe cca 1,5 mg/l vynikajúca a hodnota obsahu As v upravenej vode bola vždy hlboko pod požadovanú hodnotu 1 $\mu\text{g/l}$.

Hodnota Fe a As vo filtráte bez ohľadu na kolísajúce množstvo As v surovej dosahovala vždy hodnotu menej ako 0,05 mg Fe/l. a menej ako 1,0 $\mu\text{g As/l}$.

Hodnoty ukazovateľov As a Fe v tabuľke pochádzajú z kolorimterických miestnych stanovení, pri ktorých boli použité :

Pre stanovovanie Fe – prenosný kolorimeter Hach - Lange DR 890,

Pre stanovenie As – testovacia súprava Merck, Merckoquant 1.17927.0001

a z laboratórnych stanovení StVPS, a.s. (tieto sú v tabuľke zvýraznené **červeným** písmom)



Zariadenie použité pri poloprevádzkovej skúške

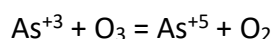
Stručný popis pôvodnej technológie (Oxidácia As a filtrácia na pieskovom filtri)

Kapacita linky: 14 l/s = 50,4 m³/h

Úprava vody pozostáva z nasledovných hlavných uzlov

1. Čerpanie surovej vody
2. Oxidácia As⁺³ na As⁺⁵ ozónom
3. Dávkovanie železitého koagulantu – roztoku síranu železitého Fe₂(SO₄)₃
4. Reaktor
5. Vločkovanie vo vírivom miešači
6. Korekcia oxidačno-redukčného potenciálu, likvidácia prebytku rozpusteného ozónu (O₃) dávkovaním siričitanu sodného
7. Filtrácia na kontinuálnom pieskovom filtri Dynasand (Axel Johnson)
8. Úprava pH
9. Úprava vôd z prania filtra sedimentáciou v lamelovej usadzovacej nádrži
10. Odvodnenie kalu na komorovom kalolise
11. Hygienické zabezpečenie upravenej vody oxidom chloričitým
12. Kontinuálne meranie ClO₂ vo vode
13. Čerpanie upravenej vody do VDJ Jasenie

Surová voda je čerpaná ponorným čerpadlom do statického zmiešavača generátora ozónu. Voda nasýtená ozónom vteká do reaktora. Pred vtokom do reaktora je do vody dávkovaný železitý koagulant. V reaktore dochádza k oxidácii As⁺³ na As⁺⁵

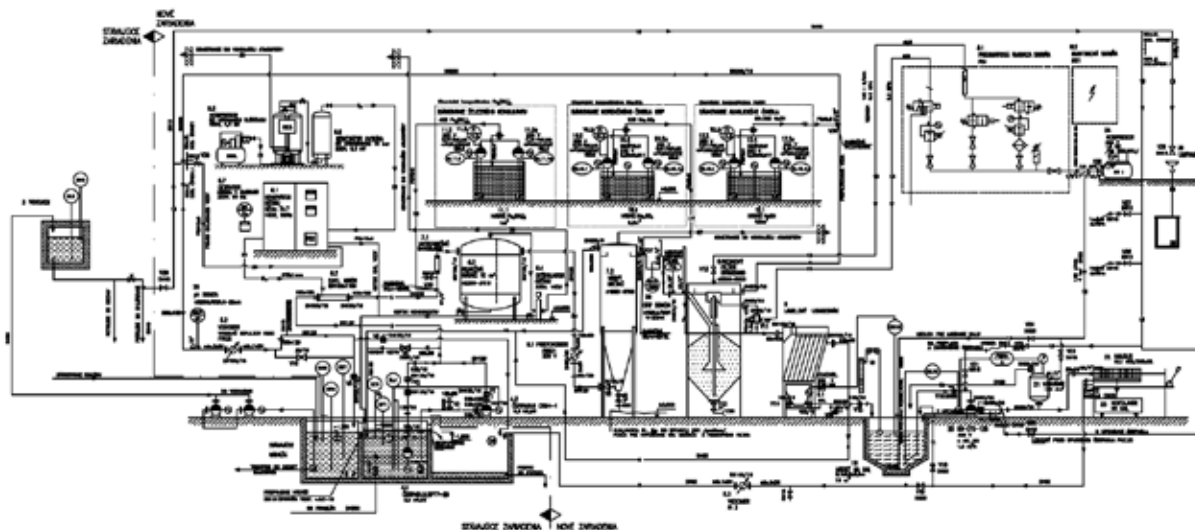


Arzén je následne sorbovaný na vytvárajúce sa vločky hydratovaných oxidov železa, vznikajúcich hydrolyzou železitého koagulantu Fe₂(SO₄)₃.

Z reaktora nateká upravovaná voda do vírivého miešača, kde sa dokončí proces tvorby vločiek. Voda z miešača gravitačne nateká na kontinuálny pieskový filter, kde dochádza k separácii vyvločkovaneho kalu.

Prefiltrovaná voda odteká gravitačne do nádrže upravenej vody. Pred vtokom do nádrže upravenej vody je vykonaná korekcia ORP a úprava pH

Korekcia ORP je vykonaná dávkovaním roztoku Na₂S₂O₃. Dávkovanie je spojené v závislosti od aktuálnej hodnoty ORP. Úprava pH je vykonávaná dávkovaním roztoku NaOH. Dávkovanie je spojené od aktuálnej hodnoty pH. Pracia voda z prania pieskových filtrov nateká do lamelovej usadzovacej nádrže, kde dochádza k odsedimentovaniu zachyteného mechanického znečistenia. NRS v nastavených časových intervaloch riadi odkaľovanie lamelovej usadzovacej nádrže do záchytnej nádrže na kal. Odseparovaný kal sa odvodňuje na komorovom kalolise. Odvodňovanie kalov prebieha nezávisle od plne automatizovanej prevádzky úpravne v manuálnom režime.



Technologická schéma pôvodnej technologickej linky (Do roku 2018)

Stručný popis novej technológie (Ultrafiltrácia)

Nová technológia v porovnaní s pôvodnou je v princípe podobná, založená na oxidácii As^{+3} na As^{+5} a následnej sorpčnej reakcie arzénu a vločiek železitého koagulantu. Vločky so sorbovaným As sú následne separované v ďalšom stupni úpravy. Rozdiel oboch technológií je v efektívnosti separačného stupňa. V prípade pieskovej filtrácie je potrebné dosiahnuť kvalitnú, veľkú a dobre separovateľnú vločku. V prípade Ultrafiltrácie je postačujúca mikrovločka veľkosti $> 0,02\mu m$. V prípade UF s priradenou koaguláciou sa reakčná doba potrebná pre tvorbu mikrovločky uvádza $30\div 60$ sec. Pre potrebu oxidácie bola navrhnutá reakčná doba prípravy suspenzie $2\div 5$ minút. V prípade ÚV Jasenie je z dôvodu požiadavky na maximálne využitie existujúcich technológií pre tento účel využitá jestvujúca reakčná nádrž $10 m^3$ poskytujúca komfortnú zádržnú dobu takmer 10 minút.

Ako oxidant je použitý oxid chloričitý (ClO_2) produkovaný jestvujúcim systémom prípravy a dávkovania oxidu chloričitého, ktorý je tiež využívaný aj na hygienické zabezpečenie upravenej vody. Dávka pre oxidáciu postačuje na rovnakej úrovni ako je využívaná na dezinfekciu $< 0,2 mg ClO_2/l$.

Pre dávkovanie koagulantu je využitý pôvodný súbor dávkovania $Fe_2(SO_4)_3$ s čerpadlami ProMinent Gamma L s výkonom riadeným od prietoku surovej vody.

Takto pripravená suspenzia je za reakčnou nádržou, ešte pred vírivým miešačom odklonená do osobitnej vetvy na novú samostatnú technologickú linku ultrafiltrácie. Odklonená voda nateká na prvý stupeň mechanickej filtrácie - $200\mu m$. Účelom tohto filtra je preventívny záchyt prípadných hrubých mechanických nečistôt. Pranie filtra je zabezpečené automatickým časovým protiprúdnym výplachom. Použitá pracia voda je odvedená do jestvujúcej kanalizácie.

Za mechanickým filtrom sú priamo radené dve paralelné ultrafiltračné línie UF12.60 so šiestimi UF modulmi v jednej línii. Rozdelenie toku vody na dve línie veľkosti optimalizuje perifériu UF, ako pracie čerpadlo, nádrž pracích vôd a neutralizáciu. Zároveň

táto konfigurácia zabezpečuje neprerušenu produkciu filtrátu aj počas prania a chemického prania membrán.

Použité UF membrány sú identické s membránami použitými počas pilotných testov v skúšobnej jednotke. Jedná sa o membrány s prúdením IN/OUT. Filtračná plocha na jeden UF filtračný modul je 60m². Ultrafilter pre výkon 18l/s má celkovo k dispozícii 720m² filtračnej plochy čo zodpovedá hodnote cca flux 90l.h⁻¹m⁻² podobnej hodnote flux z pilotného testu. Vyrobený filtrát je odvádzaný do podzemnej akumuláčnej nádrže upravenej vody. Požadovaný výkon linky je regulovaný regulačnou armatúrou na vetve filtrátu.

UF filter je umiestnený v bývalej miestnosti čerpadiel upravenej vody dopravujúcimi vodu do vodojemu pre obec Jasenie. Tieto čerpadlá boli nahradené novými ponornými čerpadlami so zhodným hydraulickým výkonom a sú umiestnenými v podzemnej akumuláčnej nádrži. V miestnosti sa nachádza aj retenčná nádrž s objemom 2m³, do ktorej sú zachytávané odpadové pracíe vody z preplachu membrán vodou. Toto riešenie bolo vyvolané nutnosťou prispôbiť nátok použitých pracích vôd kapacite jestvujúcej lamelovej usadzovanej nádrže. Vody zaťažené chemickým preplachom sú spracovávané v osobitnej neutralizačnej tepelne izolovanej nádrži umiestnenej v exteriéri. Voda z retenčnej nádrže a z neutralizácie sa na lamelovú usadzovaciu nádrž vyčerpávaná prietokom 6m³/h. Perifériou UF je aj nádrž s akumulovaným filtrátom (6m³) a pracím čerpadlom 83m³/h @ 2,5 bar. Tie sú dispozične umiestnené v miestnosti pôvodného filtra a kalovej koncovky. Objemy vyprodukovaného kalu z pracích vôd sa voči pôvodnej technológii výrazne nezmenili.

Pre spracovanie odpadových pracích vôd je využitá pôvodná technológia s lamelovou sedimentáciou a kalovou koncovkou s komorovým kalolisom.



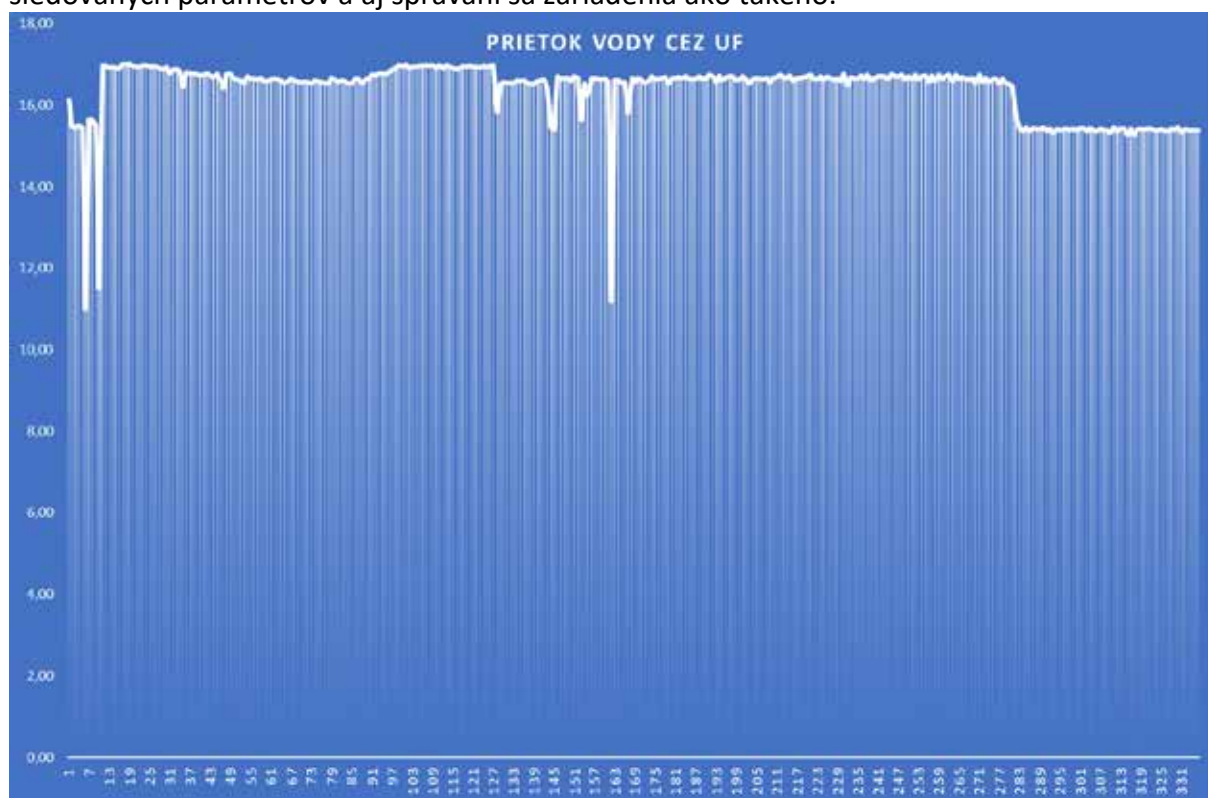
Paralelné pracujúce ultrafiltračné línie UF12.60

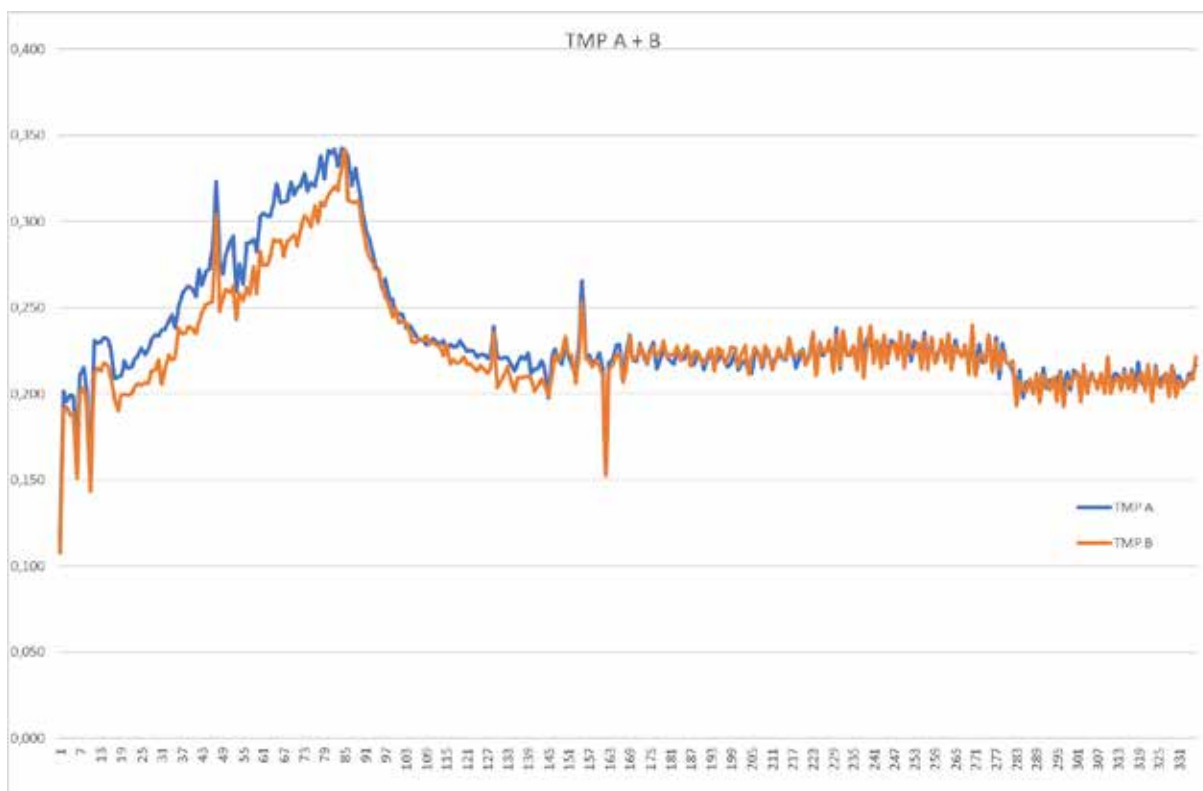
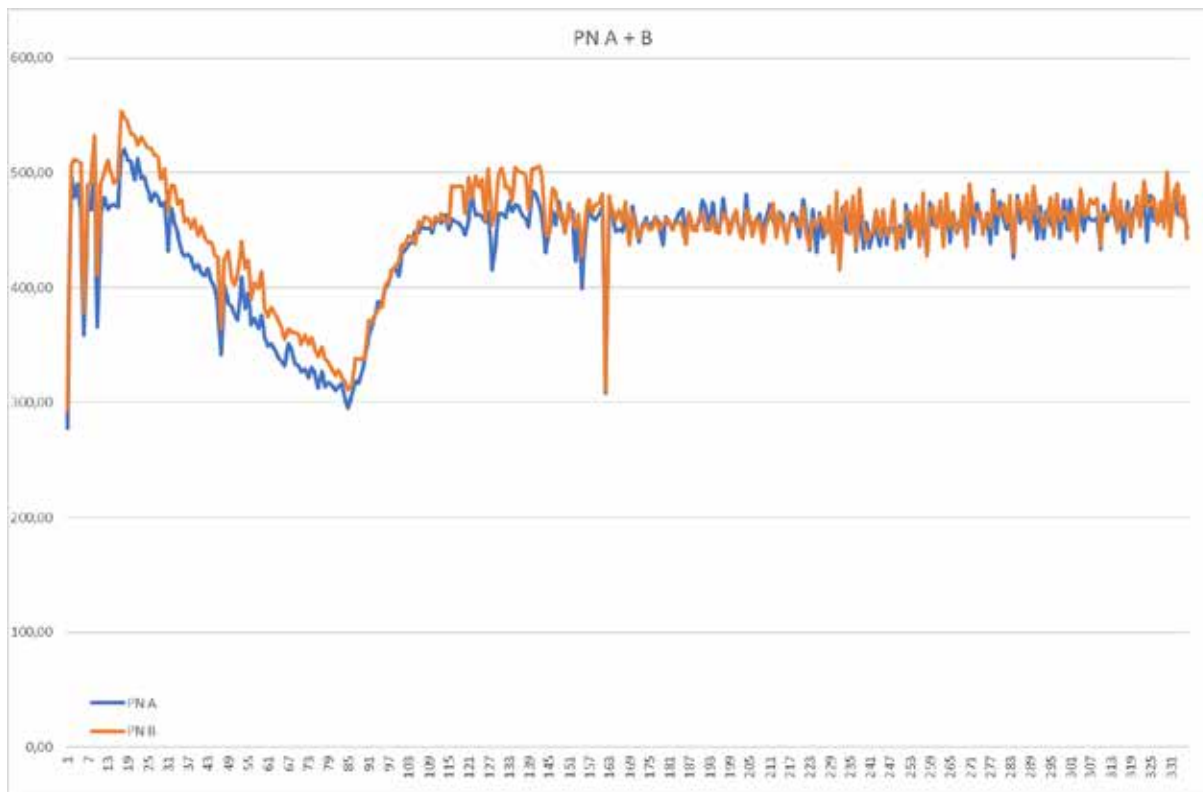
ÚV Jasenie po modernizácii - vyhodnotenie skúšobnej prevádzky

Skúšobná prevádzka bola zahájená dňom 19.02.2020 po nadobudnutí právoplatnosti rozhodnutia OU Brezno, zn. OU-BR-OSZP-2020/000195-007 dňom 10.2.2020, ktorým bolo povolené dočasné užívanie – skúšobná prevádzka vodnej stavby do 31.01.2021.

Grafické zobrazenie technických parametrov linky počas skúšobnej prevádzky:

Údaje na osi x (vodorovná os) reprezentujú časový priebeh parametrov počas SP od 19.2..2020 do 19.01.2021, pričom hodnota 1 zodpovedá dňu 19.2.2020 a hodnota 331 zodpovedá dňu 19.01.2021. Graf samozrejme zachytáva a zobrazuje všetky údaje na dennej báze, avšak z dôvodu obmedzenej veľkosti označovania údajov na osi je na nej zobrazovaný iba cca každý 6. deň. Prevádzkové dáta sú z PLC do archívu denných záznamov chodu linky sťahované každých desať minút. To predstavuje cca 144 súborov údajov o parametroch denne. Vzhľadom na takýchto obrovský objem dát, boli z praktických dôvodov do grafov vkladané priemerné denné hodnoty pre jednotlivé parametre. Takáto „deformácia“ je plne akceptovateľná a výsledné údaje poskytujú relevantné informácie o priebehu a vývoji sledovaných parametrov a aj správaní sa zariadenia ako takého.





Na grafoch je zreteľne viditeľný priebeh parametrov UF zachytávajúci počiatkové obdobie po nábehu a následnú optimalizáciu režimov preplachov a chemického čistenia membrán. Dôležité je poznamenať, že tieto hodnoty nemali a nemajú žiaden vplyv na kvalitu produkovanej vody, sú iba vyjadrením miery zanesenia membrán a účinnosti ich čistenia.

Určitá deformácia zobrazovaných sledovaných parametrov chodu linky UF (prietok; TMP; PN; Flux) ktorá je viditeľná na záznamoch na vyššie uvedených grafoch pri údajoch č. 128; 145; 153; 155; 162 na časovej osi, bola spôsobená opakovanými výpadkami napájania úpravne vody elektrickou energiou, ktoré boli zapríčinené atmosférickými poruchami (búrky) na verejnej elektrickej prenosovej sústave.

Od bodu 283 (zodpovedá dňu 26.11.2020) je na grafoch zreteľne viditeľný pokles prietoku vody upravovanej linkou.

Táto zmena je spôsobená zmenou prevádzkovaného čerpadla surovej vody, ktoré má voči v predchádzajúcom období používanému čerpadlu o niečo menší výkon. (cca o 1 l/s)

Výsledky laboratórnych analýz (hlavných sledovaných ukazovateľov)

Dátum	Jasenie								Spotrebiská											
	surová voda		vstup do novej technológie		upravená voda, výtlak do VDJ				Jasenie				Predajná				Nemecká			
	Fe	As	Fe	As	Fe	As	ClO ₂	ClO ₂ ⁻	Fe	As	ClO ₂	ClO ₂ ⁻	Fe	As	ClO ₂	ClO ₂ ⁻	Fe	As	ClO ₂	ClO ₂ ⁻
25.2.2020	0,05	50,3	1,00	48,90	0,05	1,80	0,12	0,14	0,08	5,70	0,04	0,11	0,10	6,30	0,00	0,14	0,10	5,60	0,14	0,11
17.3.2020	0,05	42,00	0,96	43,50	0,05	2,70	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.4.2020	0,05	44,60	2,20	44,30	0,05	1,00	0,12	0,00	0,44	5,10	0,08	0,05	0,05	1,60	0,12	0,18	0,11	1,80	0,10	0,10
12.5.2020	0,06	46,30	2,00	47,70	0,05	1,00	0,24	0,17	0,20	4,70	0,04	0,07	0,05	1,90	0,04	0,17	0,06	1,90	0,04	0,15
3.6.2020	0,05	57,20	1,90	59,60	0,08	1,00	0,18	0,14	0,18	5,80	0,08	0,07	0,09	4,40	0,04	0,09	0,18	9,50	0,04	0,11
1.7.2020	0,10	50,70	2,20	49,80	0,05	1,00	0,12	0,00	0,00	5,70	0,06	0,00	0,05	1,60	0,04	0,00	0,20	2,30	0,08	0,00
4.8.2020	0,05	50,50	1,90	53,20	0,05	1,00	0,10	0,16	0,79	3,60	0,06	0,05	0,09	2,00	0,14	0,05	0,18	1,60	0,10	0,07
9.9.2020	0,05	64,00	2,20	64,20	0,05	1,00	0,22	0,13	0,41	5,70	0,10	0,00	0,05	1,70	0,12	0,00	0,19	2,40	0,06	0,00
13.10.2020	0,05	48,10	2,00	53,20	0,05	1,00	0,22	0,14	0,06	1,30	0,06	0,00	0,05	3,00	0,12	0,00	0,05	1,60	0,10	0,00
23.11.2020	0,05	46,50	1,80	46,10	0,05	1,00	0,11	0,17	0,55	2,30	0,06	0,05	0,05	1,00	0,09	0,17	0,11	1,00	0,04	0,11
8.12.2020	0,05	55,00	1,80	55,00	0,05	1,00	0,22	0,17	0,05	1,00	0,14	0,18	0,09	1,20	0,10	0,12	0,05	1,00	0,10	0,14
13.1.2021	0,05	39,00	1,60	39,40	0,05	1,00	0,11	0,13	0,05	1,00	0,15	0,15	0,14	1,00	0,12	0,08	0,05	1,00	0,12	0,12

Poznámka :

údaje s nulovými hodnotami buď neboli k dispozícii, alebo naozaj mali nulovú hodnotu.

údaje As s hodnotami označenými **kurzívou** mali hodnotu nižšiu ako 1µg/l

Záver:

Technologická linka počas skúšobnej prevádzky zabezpečovala a naďalej aj pri následnej trvalej prevádzke zabezpečuje neprerušenu dodávku pitnej vody v potrebnom množstve a požadovanej kvality v sledovaných ukazovateľoch v zmysle kolaudačného rozhodnutia a limitov v zmysle Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z. a taktiež zmluvou sprísnenými požiadavkami na ukazovateľ As. Tieto ukazovatele sú spĺňané nielen na výstupe upravenej vody z nového stupňa filtrácie a na odtoku z úpravne vody s hodnotami As ≤ 1 µg/l; ale aj na odborných miestach skupinového vodovodu s hodnotami v ukazovateli As pod limit As ≤ 10 µg/l.

Záverom možno bez akýchkoľvek pochybností konštatovať, že požiadavky prevádzkovateľa na zvýšenie výkonu a zvýšenie účinnosti odstraňovania As z vody na úpravni vody Jasenie boli a sú bezo zvyšku a v celom rozsahu spĺňané.

Využitie reverznej osmózy pri odstraňovaní síranov z podzemnej vody VZ Podbranč

Ing. Ronald Zakhar, PhD.*, Bc. Jakub Jurík*, Ing. Michal Gatyáš**, Dr. Ing. Marián Dluhý**

*Oddelenie environmentálneho inžinierstva, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, Bratislava 812 37, Slovensko, ronald.zakhar@stuba.sk

**EUROWATER, spol. s r.o., Jantárová 33, Bratislava-Jarovce 851 10, Slovensko, mga.sk@eurowater.com

Abstrakt: Príspevok je zameraný na štúdium možnosti využitia reverznej osmózy pri odstraňovaní nadlimitných koncentrácií síranov z podzemnej vody VZ Podbranč. Vhodnosť použitia reverznej osmózy bola verifikovaná dlhodobou prevádzkou testovacej membránovej jednotky priamo na mieste VZ Podbranč. Počas celej doby poloprevádzkového testu sa uskutočňovali kontrolné analýzy vybraných fyzikálno-chemických ukazovateľov surovej a upravenej vody a rovnako sa monitorovali aj prevádzkové parametre testovacej jednotky reverznej osmózy. Na základe dosiahnutých výsledkov je možné konštatovať, že reverzná osmóza sa osvedčila ako vhodná technológia, nakoľko v upravovanej vode došlo k poklesu koncentrácií síranov pod limitnú hodnotu stanovenú vyhláškou MZ SR č. 247/2017 Z. z.

Abstract: The present paper is focused on the study of the possibility of using reverse osmosis for sulphates removal, which were above the maximum acceptable concentration, from groundwater of WS Podbranč. The suitability of using reverse osmosis was verified by long-term operation of the membrane test unit directly at the site of WS Podbranč. Control analyses of selected physico-chemical parameters of raw and treated water were performed during the pilot-scale test, and the operating parameters of the reverse osmosis unit were also monitored. Based on the achieved results, it can be stated that reverse osmosis has proven to be a suitable technology, as the concentrations of sulphates in the treated water met the maximum acceptable concentration set by the Decree of the Ministry of Health of the Slovak Republic No. 247/2017 Coll.

Kľúčové slová: poloprevádzkový test; reverzná osmóza; sírany; úprava pitnej vody

Keywords: pilot-scale test; reverse osmosis; sulfates; drinking water treatment

Úvod

Sírany (SO_4^{2-}) sa vyskytujú takmer vo všetkých typoch vôd. Spolu s hydrogenuhličitanmi a chloridmi (príp. dusičnanmi) patria medzi hlavné anióny prírodných vôd, spravidla hydrochemického typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$, $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ alebo $\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ [1]. Koncentrácia síranov sa v prírodných vodách pohybuje od jednotiek $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (zrážkové vody) cez najbežnejšie koncentrácie $10\text{--}100\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (nízko a stredne mineralizované vody) až po $2,2\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ (podzemné vody nasýtené sadrovcom) [2]. Vo vodnom prostredí sú sírany pomerne stabilné v oxických i

anoxických podmienkach. Na sulfidy sa biochemicky redukujú až v anaeróbnom prostredí pri značne záporných hodnotách oxidačno-redukčného potenciálu (ORP). Mimoriadne bohaté na sírany sú niektoré minerálne vody, v ktorých sa ich koncentrácia pohybuje v stovkách až tisíckach $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [1].

Vyššie koncentrácie síranov v podzemnej vode zvyčajne pochádzajú z prírodných zdrojov, medzi ktoré najmä patria síranové minerály, produkty zvetrávania hornín, zrážky, biologické činnosti vo vodonosných vrstvách a sopečná činnosť. V menšej miere sa ich prirodzený výskyt spája s geotermálnymi procesmi, s procesmi prebiehajúcimi v morskej vode a s atmosférickým vylučovaním síranov [3, 4]. V bežných podzemných vodách je koncentrácia síranov obvykle v desiatkach až stovkách $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Hodnoty koncentrácie síranov v podzemných vodách celého územia Slovenskej republiky dosahujú aritmetický priemer $73,57\pm 89,60 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a medián na úrovni $42,75 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Regionálna distribúcia hodnôt koncentrácie síranov v podzemných vodách na území Slovenska má podobné črty ako distribúcia chloridov. Na rozdiel od nich však sírany majú na našom území aj geogénny zdroj. V horských oblastiach, ktoré nie sú významnejšie znečistené, sa pohybuje koncentrácia síranov v podzemných vodách v rozsahu od 5 do $40 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vyššie koncentrácie ako $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ sú charakteristické pre oblasti, ako Bratislava, Záhorská nížina, Podunajská nížina, stredné a dolné Ponitrie a Považie, dolný Hron, Juhoslovenská, Liptovská, Popradská a Košická kotlina a Východoslovenská nížina [2, 5].

Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou určuje koncentračný limit pre sírany ako medznú hodnotu $250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, pričom sa uvádza aj podmienka, že pitná voda nemôže pôsobiť agresívne [6]. Sírany sa spomedzi všetkých aniónov radia k tým najmenej toxickým. Bežné koncentrácie síranov neovplyvňujú kvalitu vody vo výraznej miere, čím patria medzi sekundárne ukazovatele. Vo vodách môže ich prítomnosť vo zvýšených koncentráciách nepriaznivo ovplyvniť jej senzorickú kvalitu, čo sa prejavuje zmenou organoleptických vlastností a to najmä chuti a vône. Sírany sa z hľadiska negatívnych dopadov na ľudské zdravie nepovažujú za toxické, avšak po perorálnom prijatí vysokých dávok môžu vyvolávať laxatívne účinky alebo dehydratáciu. Všeobecne sa za rizikové z hľadiska možnosti akútnych laxatívnych účinkov považujú koncentrácie nad $1000 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [7, 8]. Existuje viacero technologických spôsobov na zníženie koncentrácie síranov vo vodách [9]. Ako vhodná metóda sa javí reverzná osmóza, ktorá bola použitá aj pri znížení nadlimitných koncentrácií síranov z podzemnej vody VZ Podbranč.

Metodika práce a metódy skúmania

Vybrané ukazovatele kvality podzemnej vody VZ Podbranč (Bratislavská vodárenská spoločnosť, a.s.) stanovené pred realizáciou poloprevádzkového testu sú uvedené v tab. 1. Je evidentné, že niektoré ukazovatele kvality podzemnej vody boli v porovnaní s medznými limitmi stanovenými vyhláškou MZ SR č. 247/2017 Z. z. prekročené. Najvýraznejšie prekročenie, takmer dvojnásobné, bolo v ukazovateli sírany, ktorého nadlimitné koncentrácie v podzemnej vode sú monitorované a evidované už od roku 2015. Počas letného obdobia boli zaznamenané nižšie hodnoty koncentrácií síranov ako počas zimného alebo prechodného obdobia. Tieto sezónne výkyvy koncentrácií síranov sa mohli prejavovať v dôsledku prirodzeného vplyvu počasia, kedy v zimnom a prechodnom období je oproti letu väčší úhrn zrážok. To spôsobuje, že sa do pôdy a ďalej aj do podzemných vôd dostávajú zlúčeniny síry z kyslých dažďov, ktoré sú následne oxidované na síranovú formu. Ďalším problematickým

ukazovateľom zhoršujúcim kvalitu podzemnej vody bola aj celková tvrdosť vody, ktorá je definovaná súčtom obsahu kationov vápnika a horčíka. V menšej miere bol prekročený aj limit pre vodivosť. Zvyšné ukazovatele kvality podzemnej vody vykazovali podlimitné hodnoty, a preto neboli predmetom skúmania poloprevádzkového testu.

Tab. 1: Vybrané ukazovatele podzemnej vody VZ Podbranč

Ukazovateľ (jednotka)	Symbol	Povolený limit	Stanovená hodnota
Reakcia vody (-)	pH	6,5–9,5	7,15
Teplota vody (°C)	–	8–12	10,4
Vodivosť (mS·m ⁻¹)	EK	125	131
Vápnik (mg·l ⁻¹)	Ca	>30 ⁽¹⁾	212
Horčík (mg·l ⁻¹)	Mg	>10–30 ⁽¹⁾ 125 ⁽²⁾	47,4
Celková tvrdosť (mmol·l ⁻¹)	Ca + Mg	1,1–5,0 ⁽¹⁾	7,28
Sírany (mg·l ⁻¹)	SO ₄ ²⁻	250	435
KNK do pH 4,5 (mmol·l ⁻¹)	KNK _{4,5}	–	5,21

⁽¹⁾ OH – odporúčaná limitná hodnota ukazovateľa

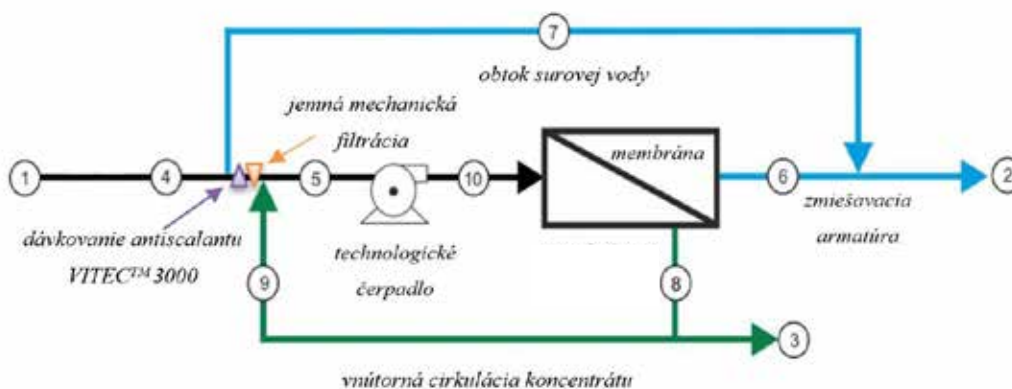
⁽²⁾ MH – medzná limitná hodnota ukazovateľa

Na zníženie nadlimitných koncentrácií síranov z podzemnej vody VZ Podbranč bolo použité testovacie zariadenie reverzná osmóza RO B1-1 (obr. 1) s membránovým modulom EW4 LOW4 (EUROWATER s.r.o., Bratislava). Technická špecifikácia tejto 4" polyamidovej špirálovito vinutej membrány je uvedená v tab. 2. Dôležitou súčasťou testovacieho zariadenia RO B1-1 bolo aj dávkovanie antiscalantu VITEC™ 3000 (Avista, USA) do prúdu surovej vody prostredníctvom dávkovacieho čerpadla SmartDigital DDA (Grundfos, Dánsko), mechanický filter s 1 µm polypropylénovou vložkou (Amazon Filters Ltd., Veľká Británia) zaradený pred membránu EW4 LOW4 a zmiešavacia armatúra surovej podzemnej vody a permeátu z RO B1–1. Schematické znázornenie testovacieho zariadenia RO B1–1 dokumentuje obr. 2. Počas nábehového stavu testovacieho zariadenia RO B1-1 bol prietok permeátu nastavený na počiatočnú hodnotu 300 l·h⁻¹ a prietok koncentrátu na počiatočnú hodnotu 140 l·h⁻¹, čo predstavovalo celkový obrat systému na úrovni 68 %. Pomocou zmiešavacej armatúry sa nastavilo zmiešavanie surovej podzemnej vody a permeátu v pomere približne 1:1 (300:300 l·h⁻¹), čím vznikol prúd upravenej vody. Koncentrát z membránového modulu EW4 LOW4 sa delil na prúd odpadového koncentrátu a na prúd vnútornej cirkulácie s prietokom 1200 l·h⁻¹. Antiscalant VITEC™ 3000 bol dávkovaný ako 25 % roztok v množstve 8 ml na 1 m³ surovej vody.



Obr.1: Testovacie zariadenie RO B1-1

1. riadiaci panel SE40; 2. manometre na meranie tlaku pred a za membránou; 3. manometre na meranie tlaku pred a za mechanickým filtrom; 4. prietokomer permeátu; 5. prietokomer koncentráty; 6. nerezové tlakové puzdro membránového modulu EW4 LOW4; 7. čerpadlo RO; 8. DDA dávkovacie čerpadlo antiscalantu VITEC™ 3000



Obr. 2: Schematické znázornenie testovacieho zariadenia RO B1–1

1. surová voda; 2. upravená (zmiešaná) voda; 3. odpadový koncentrát; 4. rozdelenie prúdu surovej vody na obtok a na membránu EW4 LOW4; 5. napájacia voda; 6. permeát; 7. obtok surovej vody; 8. koncentrát; 9. vnútorná cirkulácia koncentráty; 10. napájacia voda

Tab. 2: Technická špecifikácia membrány EW4 LOW4

Parameter (jednotka)	Hodnota
Prietok permeátu ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	11,7
Odošľovacia účinnosť (%)	99,1
Membránová plocha (m^2)	7,9
Maximálny prevádzkový tlak (bar)	20,7
Maximálna prevádzková teplota ($^{\circ}\text{C}$)	45
Materiál	polyamid a polypropylén

Počas celého priebehu poloprevádzkového testu sa uskutočňovali kontrolné analýzy vybraných ukazovateľov kvality surovej vody, permeátu a upravenej vody, ako hodnoty pH a vodivosti, koncentrácie síranov, vápnika, horčíka a celkovej tvrdosti vody. Na analytické stanovenie hodnôt pH a vodivosti sa používal prenosný dvojkanálový multimeter HQ40D (Hach s.r.o., Slovensko) s príslušnou gélovou pH elektródou s rozsahom pH 0–14 a vodivostnou elektródou s rozsahom vodivosti $0,01 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ – $200 \text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na analytické stanovenie vybraných ukazovateľov kvality vody bol použitý prenosný kolorimeter DR 890 (Hach s.r.o., Slovensko) s príslušnými reagenčnými kvetovými súpravami. Tieto analýzy slúžili na priebežné monitorovanie účinnosti testovacej jednotky RO B1–1 pri odstraňovaní nadlimitných koncentrácií sledovaných ukazovateľov. Za účelom monitorovania stabilnej a bezproblémovej prevádzky testovacej jednotky RO B1–1 sa pravidelne zaznamenávali aj prevádzkové parametre, ako tlak na vstupe a výstupe mechanického filtra a membránového modulu EW4 LOW4, prietok permeátu a koncentrátu.

Výsledky a diskusia

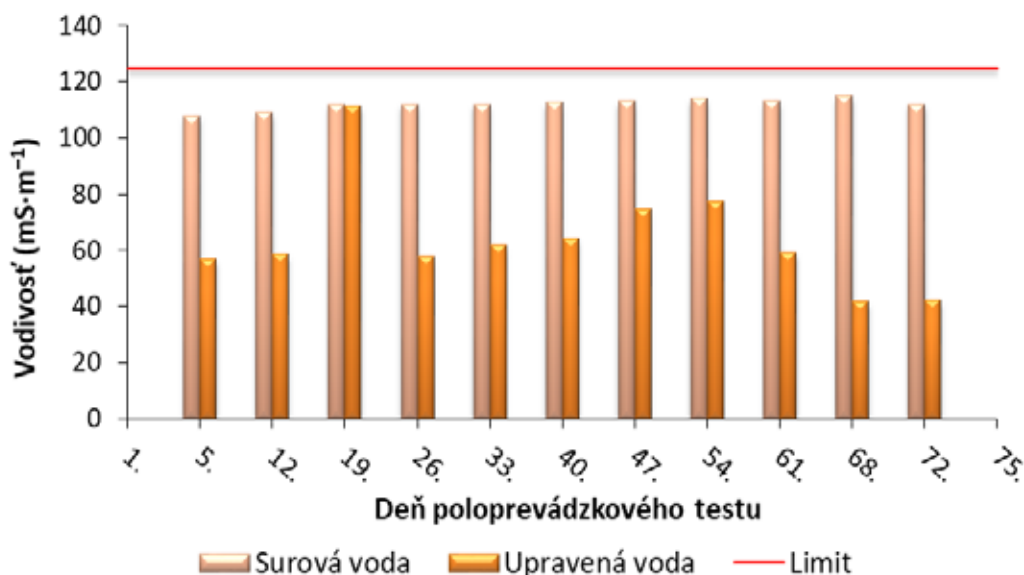
Pri monitorovaní hodnoty tlakov na vstupe do mechanického filtra s $1 \mu\text{m}$ polypropylénovou vložkou neboli zaznamenané žiadne významné výkyvy. Počas celej prevádzky boli tieto hodnoty stabilné a udržiavali sa na priemernej hodnote okolo 4 bar. Nakoľko sa pri tlakovej strate približne 1 bar odporúča výmena jednorazovej filtračnej vložky, tak táto bola počas priebehu poloprevádzkového testu vymenená celkovo 5-krát, a to najmä v dôsledku zvýšeného obsahu nerozpustených látok vo vstupnej surovej vode. Zaznamenané údaje rozdielu tlakov na membráne EW4 LOW4 po prepočítaní na hodnoty TMP (transmembránový tlak) a po zohľadnení štatistických ukazovateľov preukázali narastajúci trend TMP, čo indikovalo postupné zanášanie membrány EW4 LOW4. Tento nežiaduci jav pravdepodobne súvisel s vysokými koncentraciami síranov, vápnika a horčíka v surovej vode. Práve tieto ióny vytvárajú na membránovom povrchu stabilné a málo rozpustné zrazeniny, a to najmä síran vápenatý. Napriek dávkovaniu antiscalantu VITEC™ 3000 nebolo možné vylúčiť ani tvorbu málo rozpustného uhličitanu vápenatého.

Pri nábehu testovacieho zariadenia RO B1–1 bola hodnota prietoku permeátu nastavená na $300 \text{l}\cdot\text{h}^{-1}$, pričom priemerná hodnota sa počas celého poloprevádzkového testu udržiavala na úrovni $260 \text{l}\cdot\text{h}^{-1}$. Postupne dochádzalo k znižovaniu prietoku permeátu, a to až na úroveň $200 \text{l}\cdot\text{h}^{-1}$, čo predstavovalo v porovnaní s počiatočným prietokom pokles približne o 33 %. Pokles prietoku permeátu bol ďalšou indikáciou postupného zanášania membrány EW LOW4. Priemerná hodnota prietoku koncentrátu sa počas celej prevádzky RO B1–1 udržiavala na úrovni približne $170 \text{l}\cdot\text{h}^{-1}$. Nakoľko je variabilita celkového obratu RO B1–1 fixne závislá od prietoku permeátu, dochádzalo tak spolu s postupne sa znižujúcim prietokom permeátu aj k jeho poklesu. V porovnaní s počiatočnou hodnotou obratu RO B1–1 na úrovni 68 % bol obrat v čase ukončenia testu na úrovni 56 %, čo predstavovalo pokles obratu o 12 %. Priemerná hodnota obratu RO B1–1 bola počas jej celej prevádzky na úrovni 60 %.

Hodnota pH ako reakcia vody je jedným z hlavných ukazovateľov hodnotenia kvality pitnej vody. Surová podzemná voda vykazovala hodnoty pH v rozmedzí 7,0–7,4. Na výstupe zo zmiešavacej armatúry, t.j. v upravenej vode, bol pozorovaný mierny pokles pH. Pokles hodnôt pH bol spôsobený tým, že vo vode prítomný plynný oxid uhličitý (CO_2) voľne prechádzal cez

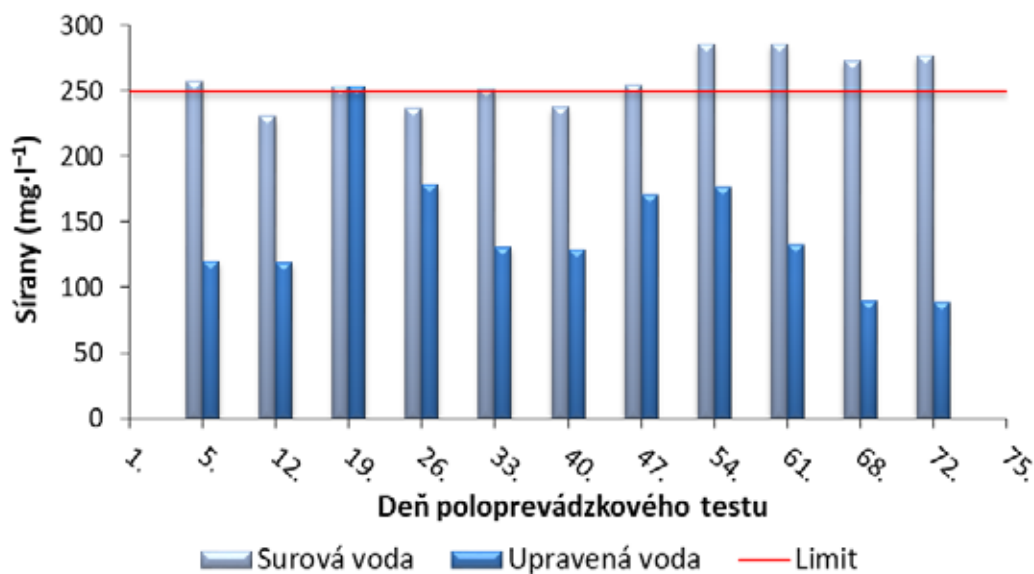
membránu EW4 LOW4 do permeátu, pričom bola rovnováha takého vodného systému posunutá v smere prevahy agresívnych vlastností. Priemerná hodnota pH v upravenej vode bola počas poloprevádzkového testu na úrovni 7,0.

Potreba zníženia vodivosti súvisí aj s predpokladom, že voda, ktorá má vyššiu vodivosť ako je stanovená medzná hodnota $125 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, sa považuje už za minerálnu a nie je vhodná na každodennú konzumáciu. V závislosti od celkového zloženia vody môže takáto voda vykazovať zhoršenú sensorickú kvalitu vody, a taktiež môže spôsobovať technické problémy. Vodivosť bola sledovaná počas poloprevádzkového testu v privádzanej surovej vode, v permeáte a v upravenej vode. Vodivosť permeátu kontinuálne stúpala z počiatočných $1,3 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ až na hodnotu $2,8 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, ktorá bola zaznamenaná v čase ukončenia testu. Nárast vodivosti taktiež indikoval postupné zanášanie membrány EW4 LOW4. Grafický priebeh hodnôt vodivosti v surovej a upravenej vode dokumentuje obr. 3, pričom priemerná hodnota vodivosti bola v surovej vode na úrovni $112,00 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ a v upravenej vode na úrovni $64,26 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$.



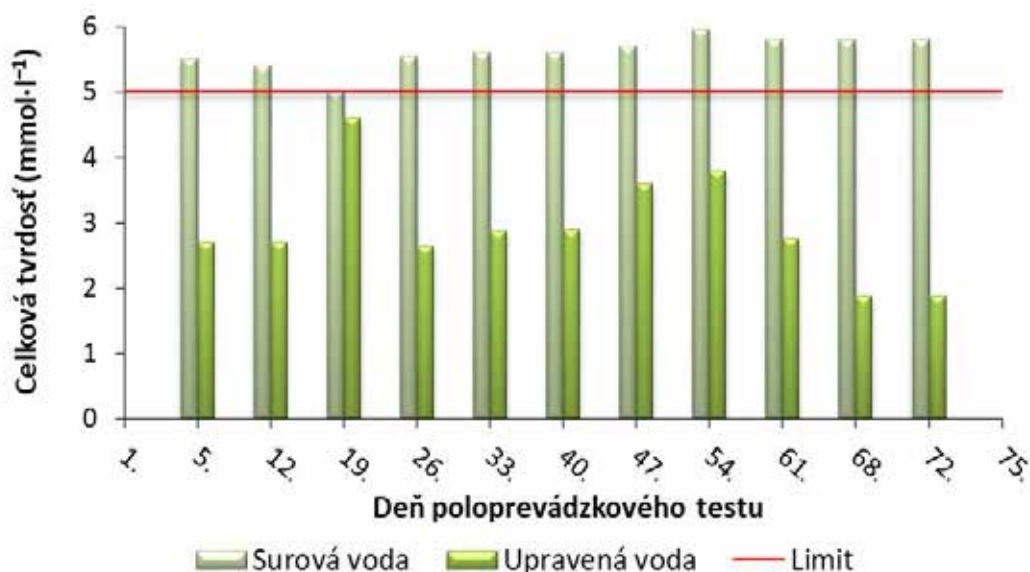
Obr. 3: Hodnoty vodivosti v surovej (podzemnej) a v upravenej (zmiešanej) vode

Dominantným problémom, a teda aj hlavným dôvodom vykonania poloprevádzkového testu, boli zvýšené koncentrácie síranov v surovej vode. Počas celej doby trvania poloprevádzkového testu bola účinnosť odstraňovania nadlimitných koncentrácií síranov dostačujúca, o čom svedčia hodnoty ich koncentrácií vo výstupnej upravenej vode. Grafický priebeh koncentrácie síranov v surovej a upravenej vode dokumentuje obr. 4, pričom priemerná koncentrácia síranov v surovej vode bola $258,43 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a v upravenej vode bola $144,60 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Nakoľko bola účinnosť odstraňovania síranov počas celého priebehu testovania vyhovujúca, nebolo potrebné uvažovať nad zmenou nastavených prevádzkových parametrov, ako obrat RO B1–1 alebo pomer premiešavania prúdov v zmiešavacej armatúre.



Obr. 4: Koncentrácia síranov v surovej (podzemnej) a v upravenej (zmiešanej) vode

Rozbor kvality podzemnej vody preukázal aj nadlimitné koncentrácie celkovej tvrdosti vody. Vysoké hodnoty celkovej tvrdosti vody často negatívne pôsobia na distribučnú sieť a prinášajú nemalé technologické problémy. Negatívne účinky tak majú dopad na zhoršenie kvality vody, zvyšuje sa riziko kontaminácie dodávanej vody prostredníctvom skorodovaných potrubí a zhoršujú sa aj hydraulické podmienky prúdenia vody. Celková tvrdosť v upravenej vode spĺňala odporúčané hodnoty koncentrácií, nakoľko sa jej hodnota v porovnaní s koncentraciami v privádzanej surovej vode znížila približne dvojnásobne. Grafický priebeh koncentrácie celkovej tvrdosti vody v surovej a v upravenej vode dokumentuje obr. 5, pričom priemerná koncentrácia celkovej tvrdosti v surovej vode dosahovala 5,61 mmol·l⁻¹ a v upravenej vode 2,94 mmol·l⁻¹.



Obr. 5: Koncentrácia celkovej tvrdosti vody v surovej (podzemnej) a v upravenej (zmiešanej) vode

Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov poloprevádzkového testu je možné konštatovať, že reverzná osmóza sa javí ako vyhovujúca technológia pri znižovaní nadlimitných koncentrácií síranov prítomných v podzemnej vode VZ Podbranč. Testovacia jednotka RO B1–1 bola počas celej prevádzky pomerne stabilná a došlo k požadovanému zníženiu koncentrácií síranov z podzemnej vody. Spozorovaný bol však kontinuálny nárast transmembránového tlaku, pokles prietoku permeátu a nárast jeho vodivosti, čo indikovalo postupné nežiaduce zanášanie membrány EW4 LOW4, z čoho vyplýva potreba realizovať štandardné chemické čistenie v častejších intervaloch. Pri realizácii finálneho riešenia je možné vychádzať z výsledkov dosiahnutých počas dlhodobého priebehu tohto poloprevádzkového testu.

PodĎakovanie

Príspevok bol vytvorený na základe finančnej podpory Grantovej schémy na podporu excelentných tímov mladých výskumníkov v podmienkach Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a projektu VEGA 1/0825/21.

Použitá literatúra

1. PITTER, P. *Hydrochemie*. 5. aktualizované vyd. Praha: Vydavatelství Vysoká škola chemicko-technologická, 2015. 792 s. ISBN 978-80-7080-928-0.
2. RAPANT, S. a kol. *Geochemický atlas Slovenska, Časť I: Podzemné vody*. Bratislava: Geologická služba Slovenskej republiky, 1996. 54 s. ISBN 80-85314-67-3.
3. TORRES-MARTÍNEZ, J.M. et al. Tracking nitrate and sulfate sources in groundwater of an urbanized valley using a multi-tracer approach combined with a Bayesian isotope mixing model. In *Water Research*, 2020, vol. 182, no. 115962.
4. WANG, H. – ZHANG, Q. Research Advances in Identifying Sulfate Contamination Sources of Water Environment by Using Stable Isotopes. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. vol. 16. no. 11, 1914.
5. FENDEKOVÁ, M. a kol. Síraný a izotopy síry v podzemných vodách neovulkanitov Slovenska. In *Podzemná voda*, 1/2007, s. 107-120.
6. Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou. Príloha č.1 - UKAZOVATELE KVALITY PITNEJ VODY A ICH LIMITY.
7. WHO. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization, 2017. ISBN 978-92-4-154995-0, 631 s.
8. KOŽÍŠEK, F. *Zdravotní rizika pitné vody s vysokým obsahem rozpuštěných látek (atestační práce)*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2008. 36 s.
9. DARBI, A. et al. Sulfate Removal from Water. In *Water Quality Research Journal of Canada*, vol. 38, no. 1, s. 169–182.

Technologie ověřené na provozech ÚV provozovaných SČVK

Ing. Jana Michalová, Ing. Soňa Pilzová

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Přítkovská 1689, 415 50 Teplice,
jana.michalova@scvk.cz; sona.pilzova@scvk.cz

Abstrakt

SČVK provozuje více než 200 vodovodů na území především Ústeckého a Libereckého kraje. Dále zásobuje obyvatele měst Špindlerův Mlýn a Roztoky. Přibližně 53 % vody vyrábějí z povrchové vody úpravny Hradiště, III. Mlýn, Jirkov, Litvínov, Meziboří, Bedřichov, Souš, Špindlerův Mlýn, Hrabačov a Rokytnice nad Jizerou. Úpravny vody Příkrý a Chřibská upravují kromě povrchové vody i vodu z podzemních zdrojů. Ostatní dodávaná voda (47 %) je vodou podzemní. Jde především o úpravny vody Holedeč, Ostrov, Hřensko, Velké Žernoseky, Malešov, Vrutice, Vlastislav, Brníkov, Zahrádky a Nudvojovice. Příspěvek shrnuje používané technologie na těchto úpravnách.

Abstract:

SČVK operates more than 200 water mains in the Ústí nad Labem and Liberec regions. It also supplies the inhabitants of towns Špindlerův Mlýn and Roztoky. Approximately 53% of water is produced from surface water by the treatment plants Hradiště, Jirkov, Litvínov, Meziboří, Bedřichov, Souš, Špindlerův Mlýn, Hrabačov and Rokytnice nad Jizerou. In addition to surface water, the Příkrý and Chřibská water treatment plants also treat water from underground sources. Other supplied water (47%) is groundwater. There are mainly water treatment plants Holedeč, Ostrov, Hřensko, Velké Žernoseky, Malešov, Vrutice, Vlastislav, Brníkov, Zahrádky and Nudvojovice. The paper summarizes the technologies used in these treatment plants.

Klíčová slova:

Úprava vody, flotace, filtrace, filtrační materiál

Key words:

Water treatment, flotation, filtration, filter material

Úvod

Společnost Severočeské vodovody a kanalizaci, a.s. zásobuje pitnou vodou 1 155 701 obyvatel, k jejich zásobování využívá 280 čerpacích stanic, 1042 vodojemů a 85 úpraven vody. Za rok 2021 bylo vykázáno 68 610 tis. m³ vody vyrobené. K výrobě pitné vody se dále využívají kvalitní podzemní zdroje bez úpravy, pouze hygienicky zabezpečené.

Problematickými ukazateli, které je nutné na úpravách vody odstraňovat, jsou na ÚV povrchových především: organické znečištění, hliník, biologické oživení a mangan.

Na ÚV s podzemní vodou : železo, mangan, pH reakce vody, pesticidní látky, radon, uran.

Předúprava vody

Klíčovým krokem úspěšné úpravy povrchové vody je příprava suspenze. Na úpravách provozovaných SČVK se jako koagulační činidlo využívá především síran hlinitý. Ve specifických případech je možné využít i další hlinité koagulanty, např. PAX 18, PAX XL19 a Flokor 1,2 A (poslední dva typy byly využity na ÚV Bedřichov při výskytu pikosinice *Merismopedia* Sp.). Vzhledem k problémům spojených s úpravou velmi studené vody byl na úpravny instalován 3-elektrodový pH metr. V důsledku této instalace došlo k zmírnění dopadu především jarního tání a k stabilnější přípravě suspenze. Dalším stabilizačním prvkem bylo provázání dávky koagulantu a průtoku surové vody.

K předúpravě bychom mohli zařadit také oxidaci – na úpravách SČVK se využívá oxidace vzdušným kyslíkem, chlorem, manganistanem draselným a ozonem u podzemních vod. Pro oxidaci manganu při úpravě povrchových vod se používá pouze manganistan draselný.

První separační stupeň – flotace a sedimentace

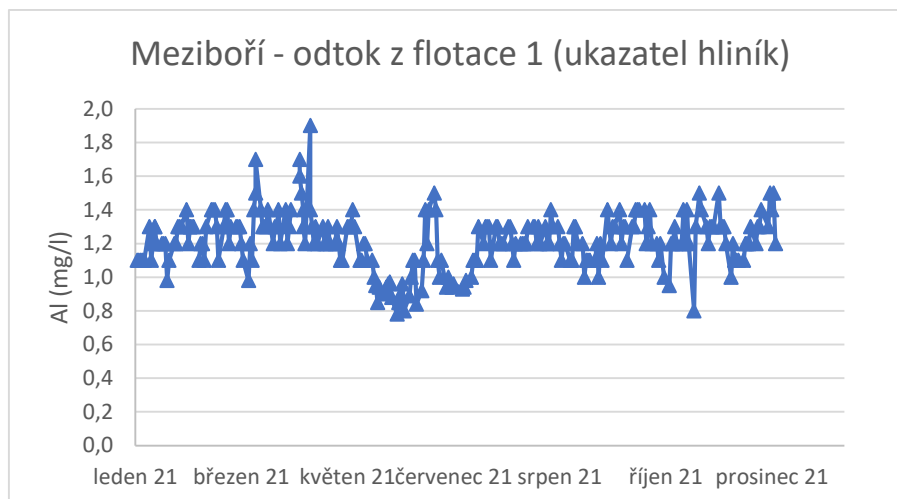
V rámci rekonstrukcí byl na úpravách vody Jirkov, Bedřichov, Souš a Meziboří instalován první separační stupeň – flotace DAF. Významným krokem předprojektové přípravy těchto rekonstrukcí bylo ověření technologie pilotním pokusem.

Separací účinnost prvního separačního stupně je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 1 Separací účinnost v roce 2021

Úpravna vody	Meziboří	Bedřichov	Souš
Povrchové zatížení (m/h)	22	15	17
Separací účinnost CHSK_{Mn} (%)	40,7	46,6	55,9
Separací účinnost Al (%)	40,6	54,0	66,2

Nižší separací účinnost je v případě Meziboří dána vyšším zatížením flotace. Z důvodu nedostatečného prostoru byla instalována menší flotační jednotka než na ostatních úpravách. Flotační jednotky na Meziboří pracují s dostatečnou účinností a kvalita na odtoku je stabilní.



Obrázek 1 ÚV Meziboří – odtok z flotace 1

Oproti projektovému návrhu byla v roce 2021 nižší i separační účinnost na Bedřichově, to bylo dáno zejména významným zhoršením kvality surové vody v parametru $CHSK_{Mn}$.

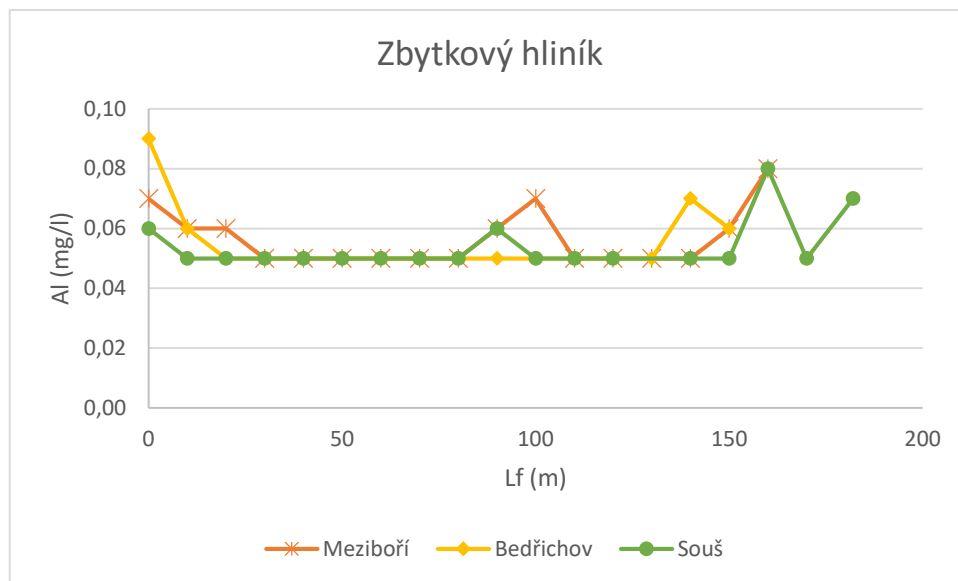
Na vybraných úpravných podzemních vod je jako první separační stupeň použita sedimentace. V rámci rekonstrukce byly na úpravně vody Holedeč instalovány dvě sedimentační nádrže s lamelovými vestavbami. Zdrojem vody pro úpravnu je jedenáct vrtů umístěných v okolí úpravny. Surová podzemní voda je tvrdá, s vyšším obsahem železa, manganu a síranů. Více jak 50 % železa se odstraňuje oxidací vzdušným kyslíkem a následnou sedimentací.

V současnosti probíhá rekonstrukce úpravny vody Brníkov, kde bude rekonstruována i stávající sedimentační nádrž. V rámci předprojektové přípravy byla alternativně otestována flotace. Pilotní pokus jasně ukázal nevhodnost použití flotace pro tento typ vody.

Druhý separační stupeň - filtrace

Druhým separačním stupněm je filtrace. V případě úpraven povrchových vod jde o otevřené filtry, kde došlo k výměně původních meziden za drenážní systém Leopold. V rámci předprojektové přípravy probíhalo posouzení vhodné filtrační náplně – na Souši je filtrační náplň písek FP2 – antracit, na Bedřichově Filtralite MonoMulti, na Meziboří je jednovrstvá písková náplň FP2.

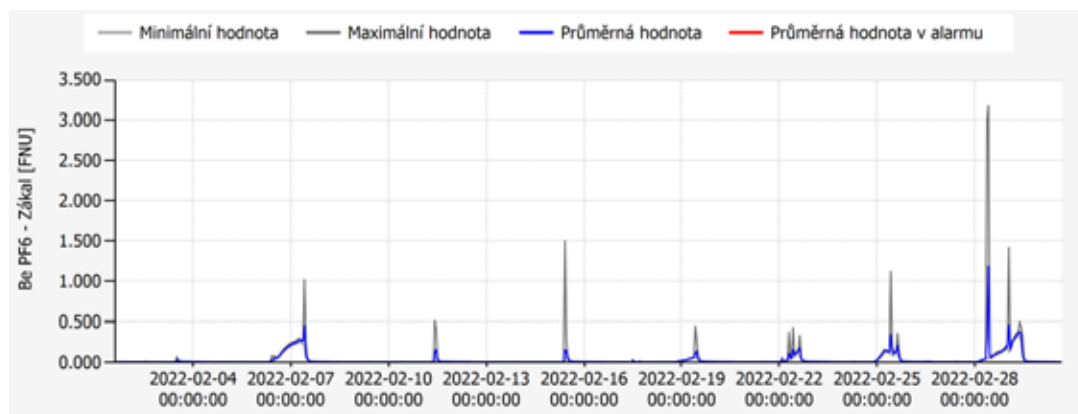
Filtrační délka se v roce 2021 na Meziboří pohybovala od 60 do 177 m (většinu roku 90 m), na Bedřichově od 113 do 150 m a na Souši od 137 do 182 m. Hlavním faktorem ovlivňující filtrační délku je kvalita surové vody, především teplota, množství a skladba organických látek a koncentrace hliníku. Vzhledem k problematické kvalitě surové vody by měla být v dalších letech náplň na Meziboří nahrazena za dvouvrstvou.



Obrázek 2 Zbytkový hliník a filtrační délka v letních měsících 2021

Na úpravnách podzemních vod je snaha zachovat původní, často napreparovanou, pískovou náplň.

V rámci řízení provozu filtrace jsou úpravní vybaveny měřením průtoku jednotlivými filtry a kontinuálními analyzátory – absorbance, zákal. V minulých letech byly na Bedřichově používány čítače částic, které svou přesností umožňovali kontrolovat na příklad množství pikosiníc Merismopedia sp. ve filtrátu. Bohužel tyto čítače není schopna dodavatelská firma servisovat a musí být nahrazeny alternativními měřidly. Vzhledem k nové směrnici EU pro pitnou vodu 2020/2184/ES (DWD) a povinnosti sledovat účinnost filtrace v parametru zákal (0,3 NTU v 95 % vzorků, max. 0,1 NTU) přistupuje skupina Severočeská voda k instalaci zákaloměrů SIGRIST. Dosavadní zkušenosti naznačují, že toto měření umožňuje s vysokou spolehlivostí kontrolu provozované filtrace, viz obrázek.



Obrázek 3 Měření zákalu pod filtrem 6 – příklad reportu

Hygienické zabezpečení

Na úpravnách povrchové vody se využívá kombinace UV záření spolu s chloraminací. Toto hygienické zabezpečení má pozitivní vliv na organoleptické vlastnosti vody, zejména pach, což omezuje stížnosti zásobovaných obyvatel. Na výstupu z úpravní je tak snížena koncentrace

volného chloru, v průběhu dlouhých distribučních tras však využíváme ještě dochloraci, ale na minimální měřitelné úrovni. Tento způsob hygienického zabezpečení zajišťuje dodržování limitu pro chloroform a současně mikrobiologickou nezávadnost dodávané pitné vody.

U podzemních vod se využívá dezinfekce chlorem příp. chlornanem sodným.

Ztvrzování

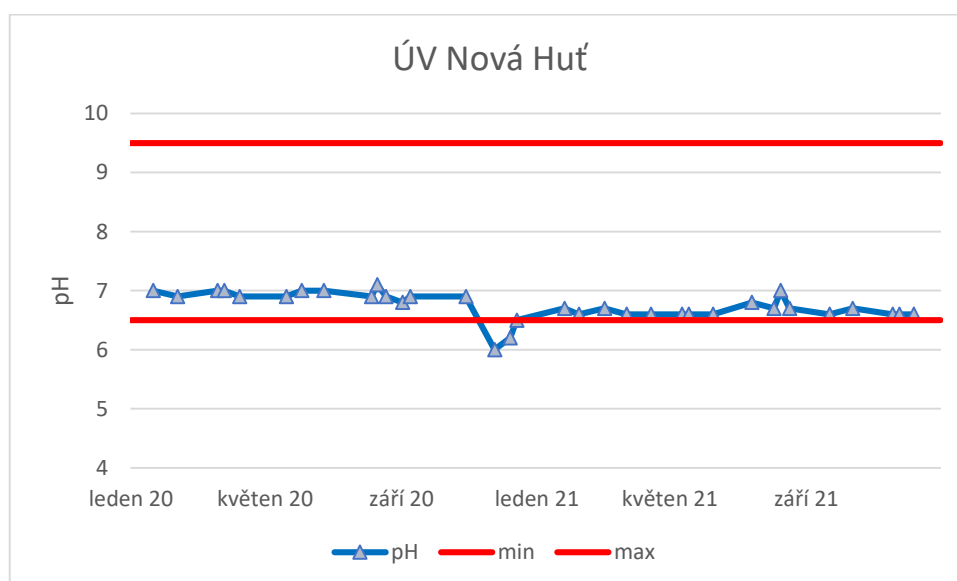
Na úpravnách Meziboří, Hradiště, Bedřichov a Souš se používá technologie přímého ztvrzování – dávkování vápenného mléka a oxidu uhličitého na hodnotu $KNK_{4,5}$ 1,1 až 1,3 mmol/l.

Tabulka 2 Ztvrzování – vybrané ukazatele

ÚV ukazatel	Hradiště		Meziboří	
	Surová	Upravená	Surová	Upravená
Ca (mg/l)	9,6	28,8	6,2	30,4
pH	7,1	8,3	6,8	7,7
$KNK_{4,5}$ (mmol/l)	0,4	1,2	0,0	1,1
ÚV ukazatel	Bedřichov		Souš	
	Surová	Upravená	Surová	Upravená
Ca (mg/l)	2,5	31,1	1,7	35,2
pH	5,9	7,3	6,1	7,28
$KNK_{4,5}$ (mmol/l)	0,1	1,2	0,1	1,3

Další technologie – GAU, odkyselování, oduranování aj.

Na řadě úpraven podzemních vod dochází pouze ke zvýšení pH vody a hygienickému zabezpečení. K odkyselování je využívána filtrace přes odkyselovací hmoty (mramor, semidol) popř. dávkování alkalizačních činidel (soda, hydroxid sodný). Často se odkyselovací hmota využívá i pro separaci kovů, např. hliníku na Nové Huti.



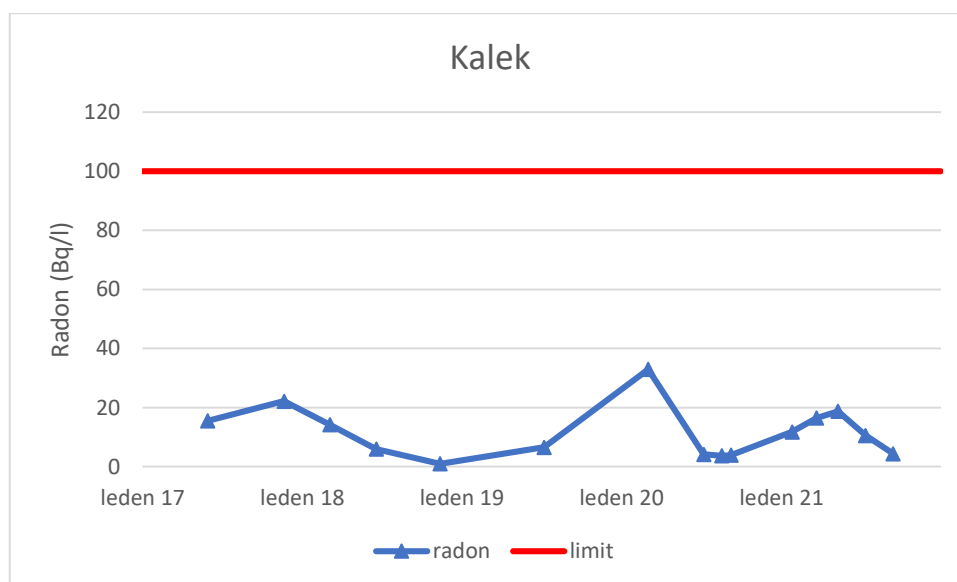
Obrázek 4 ÚV Nová Huť – ukazatel pH

V posledních letech je nutné spolu se zpříšňující se legislativou pracovat na přípravě doplnění filtrace přes granulované aktivní uhlí. Na vybraných úpravách podzemní vody je buď filtrace přes GAU při rekonstrukci doplněna nebo je alespoň v rámci projektové přípravy počítáno s prostorovou rezervou pro její případné doplnění. V současnosti jsou prostřednictvím GAU odstraňovány pesticidy na 8 úpravách vody. Výměna GAU je řízena prostřednictvím pravidelného monitoringu.

Vzhledem k výskytu pachotvorných látek 2-methylisoborneol a geosmin v surové vodě na ÚV Hradiště probíhá investiční příprava doplnění filtrace přes GAU. Úpravna vody Hradiště je největší úpravnou Severočeské vodárenské soustavy a podílí se na zásobení okresů Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem a Louny pitnou vodou.

SČVK provozuje také dvě oduranovací stanice na Žatecku – Ročov a Nečemice. Uran je odstraňován pomocí iontové výměny.

Na mnoha zdrojích podzemních vod je vysoký obsah radonu v surové vodě. Nejčastěji je radon odstraňován provzdušněním na zařízení typu Bublá.



Obrázek 5 Kalek (okr. Chomutov) – ukazatel radon

V rámci investiční přípravy byly otestovány membránové technologie na úpravách vody Litvínov a Špindlerův Mlýn. V porovnání s konvenčními procesy úpravy poskytují membrány velmi účinnou bariéru pro mikroorganismy.

V rámci modernizace se skupina Severočeská voda věnuje i malým zdrojům. Systematická péče o zdroje vody a jejich ochrana by měla vést k zachování těchto zdrojů a jejich stabilnímu využívání. Příkladem je obnova prameniště (např. Bátovka) a příprava rekonstrukce odkyselovacích stanic (Nová Huť).

Závěr

Vývoj technologických procesů využívaných na úpravách SČVK prodělal významný pokrok. To je vidět na přípravách rekonstrukcí zohledňující nové poznatky, např. v oblasti filtračních materiálů, a zkušenosti s pilotními pokusy a s rekonstrukcemi velkým objektů.

Kvalita pitnej vody na Slovensku v roku 2020

Ing. Margita S l o v i n s k á, Ing. Karol M u n k a, PhD., Ing. Anna V a j í ě k o v á, PhD.,
Ing. Stanislava K e c s k é s o v á, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava,
margita.slovinska@vuvh.sk, karol.munka@vuvh.sk, anna.vajicekova@vuvh.sk,
stanislava.kecskesova@vuvh.sk

Abstrakt: V príspevku sú zhrnuté výsledky z hodnotenia kvality pitnej vody za rok 2020 na základe údajov získaných od vodárenských spoločností prevádzkujúcich verejné vodovody v rámci zabezpečovania plnenia vyhlášky MŽP SR č. 605/2005 Z. z. o podrobnostiach poskytovania údajov z majetkovej evidencie a prevádzkovej evidencie o objektoch a zariadeniach verejného vodovodu a verejnej kanalizácie. Hodnotenie podáva obraz o kvalite dodávanej vody na území Slovenska.

Abstract: The paper summarizes the results of the drinking water quality assessment for 2020 on the basis of data obtained from water companies operating public water mains within the framework of ensuring compliance with the Decree of the Ministry of the Environment of the Slovak Republic no. 605/2005 Coll. on the details of providing data from property records and operational records on buildings and facilities of public water supply and public sewerage. The evaluation provides a picture of the quality of water supplied in Slovakia.

Kľúčové slová: pitná voda, kvalita pitnej vody, dezinfekcia

Keywords: drinking water, drinking water quality, disinfection

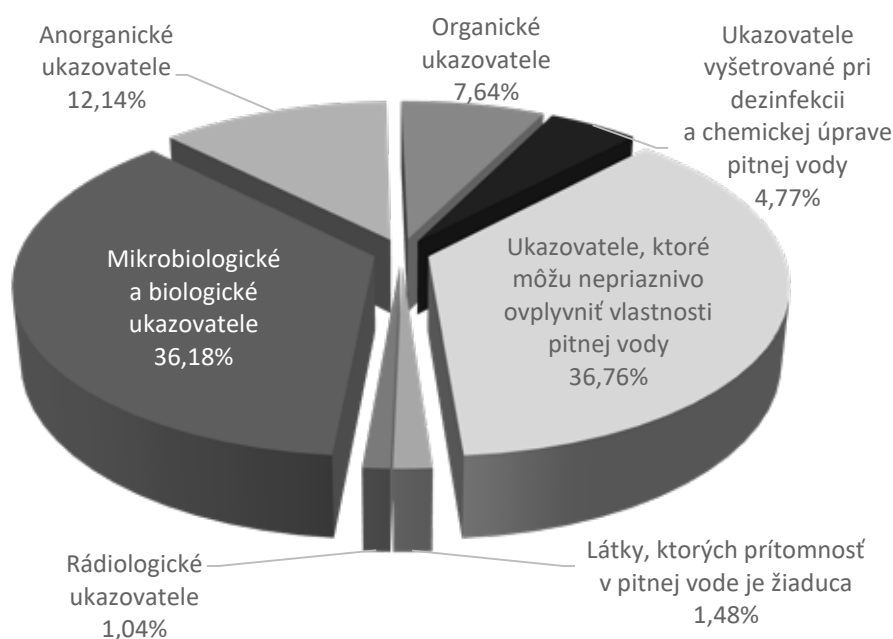
Tento príspevok o kvalite pitnej vody z rozvodnej siete určenej na hromadné zásobovanie obyvateľstva bol vypracovaný na základe údajov získaných od vodárenských spoločností prevádzkujúcich verejné vodovody v rámci zabezpečovania plnenia vyhlášky MŽP SR č. 605/2005 Z. z. o podrobnostiach poskytovania údajov z majetkovej evidencie a prevádzkovej evidencie o objektoch a zariadeniach verejného vodovodu a verejnej kanalizácie. Do hodnotenia kvality dodávanej vody neboli zaradené údaje kvality vody z verejných vodovodov, ktoré prevádzkujú obce.

Kvalita pitnej vody v roku 2020 bola hodnotená podľa vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v znení neskorších predpisov (vyhláška MZ SR č. 97/2018 Z. z.) a vyhlášky MZ SR č. 100/2018 Z. z. o obmedzovaní ožiarenia obyvateľov z pitnej vody, z prírodnej minerálnej vody a z pramenitej vody. Vyhláška č. 247/2017 Z. z. vychádza z kritérií smernice Rady EÚ 98/83/ES z 3. novembra 1998 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (ktorej normy v prílohe I vychádzajú predovšetkým zo „Smerníc pre kvalitu pitnej vody“ Svetovej

zdravotníckej organizácie). V porovnaní so smernicou sa v nej nachádzajú prídavné ukazovatele, ktoré sú sledované v pitnej vode.

Pre lepší prehľad závažnosti prekročenia jednotlivých ukazovateľov kvality pitnej vody sú ukazovatele uvádzané spolu s druhom limitu, ktorý udávajú vyššie spomínané vyhlášky pre limitné hodnoty jednotlivých ukazovateľov: najvyššia medzná hodnota (NMH) – hodnota zdravotne významného ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročenie vylučuje použitie vody ako pitnej; medzná hodnota (MH) – hodnota ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročením stráca pitná voda vyhovujúcu kvalitu v ukazovateli, ktorého hodnota bola prekročená; odporúčaná hodnota (OH) – hodnota alebo rozsah hodnôt ukazovateľa kvality pitnej vody, ktoré sú žiaduce z hľadiska ochrany zdravia a ktorých prekročenie alebo nedodržanie nevylučuje použitie vody ako pitnej vody; indikačná hodnota (IH) – hodnota rádiologického ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročenie si vyžaduje pokračovanie v optimalizácii radiačnej ochrany.

Kvalita pitnej vody bola hodnotená na základe výsledkov rozborov 18 529 vzoriek pitnej vody z takmer 6 900 odberných miest, v ktorých sa urobilo 497 401 analýz na jednotlivé ukazovatele pitnej vody. Podiel jednotlivých skupín ukazovateľov na celkovej počte analýz je znázornený na obr. 1.

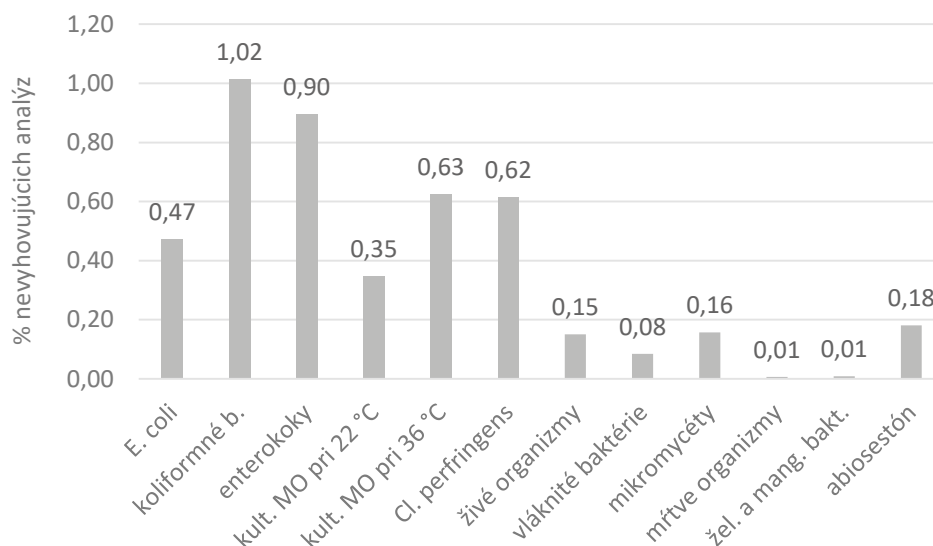


Obr. 1 Podiel jednotlivých skupín ukazovateľov na celkovej počte analýz

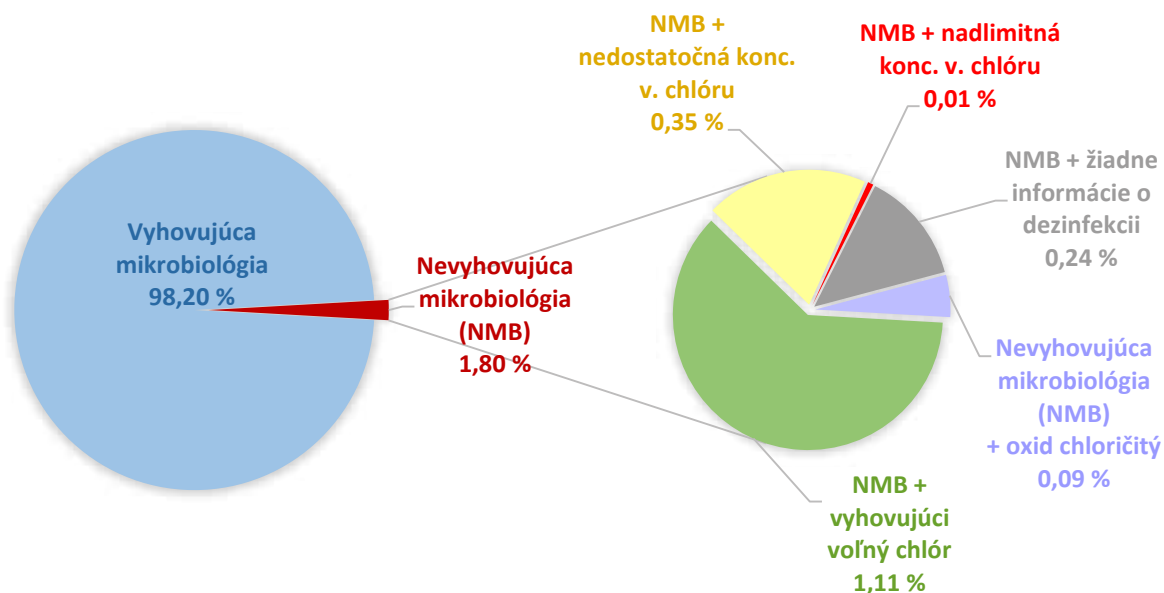
Skupina mikrobiologických a biologických ukazovateľov zahŕňa 12 ukazovateľov a je druhou najsledovanejšou skupinou (takmer 180 000 analýz) pri kontrole kvality dodávanej pitnej vody. Dôvodom je zabezpečenie epidemiologickej bezpečnosti pitnej vody. Zo spomínaných 12 ukazovateľov, z ktorých 2 majú druh limitu NMH a 10 MH, smernica Rady EÚ predpisuje sledovanie kvality vody v tejto skupine len pre 5 ukazovateľov.

Z hodnotených mikrobiologických ukazovateľov najvyššie percento nevyhovujúcich analýz bolo zaznamenané pre koliformné baktérie (MH – 1,02 %), nasledovali enterokoky (NMH –

0,90 %), kultivovateľné mikroorganizmy pri 36 °C (MH – 0,63 %), *Clostridium perfringens* (MH – 0,62 %), *Escherichia coli* (NMH – 0,47 %) a kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 °C (MH – 0,35 %). Z biologických ukazovateľov najvyššie percento nadlimitných analýz dosiahol abiosestón (MH – 0,18 %), mikromycéty stanoviteľné mikroskopicky (MH – 0,16 %) a živé organizmy (MH – 0,15 %), ďalej nasledovali vláknité baktérie (MH – 0,08 %). Najnižšie percento prekročenia limitnej hodnoty bolo zaznamenané u ukazovateľov mŕtve organizmy a železité a mangánové baktérie (MH – 0,01 %).



Obr. 2 Podiel nevyhovujúcich analýz jednotlivých mikrobiologických a biologických ukazovateľov



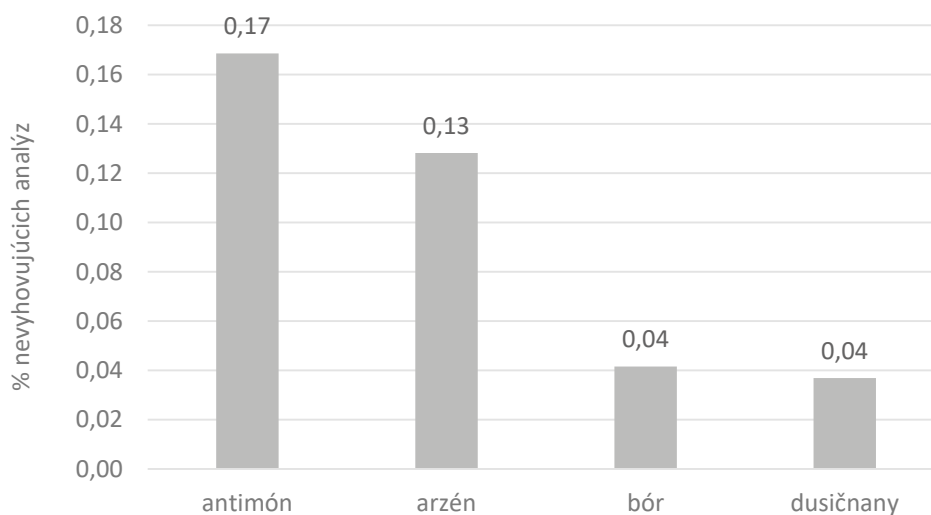
Obr. 3 Grafické znázornenie mikrobiologicky nevyhovujúcich vzoriek (NMB) vzhľadom na koncentráciu voľného chlóru, príp. oxidu chlóričitého

Podiel mikrobiologicky závadných vzoriek v roku 2020 bol 1,80 %, pričom takmer v 1/5 prípadov nedodržania limitných hodnôt mikrobiologických ukazovateľov sa pozoroval obsah voľného chlóru <0,05 mg/l, ale približne v 13 % prípadov nedodržania limitných hodnôt mikrobiologických ukazovateľov nie sú k dispozícii informácie o koncentráciách voľného chlóru či oxidu chloričitého.

V skupine fyzikálno-chemických ukazovateľov – časť anorganické ukazovatele – vyhláška predpisuje povinnosť sledovať 14 ukazovateľov (rovnako aj príslušná smernica EÚ), pričom 13 ukazovateľov má druh limitu NMH a 1 ukazovateľ MH.

Prekročenie limitných hodnôt ukazovateľov dusitany, fluoridy, chróm, kadmium, kyanidy, meď, nikel, olovo, ortuť a selén sa pre celé územie Slovenska nepozorovalo, zaznamenalo sa však prekročenie limitnej hodnoty antimónu (NMH – 0,17 %), arzénu (NMH – 0,13 %), bóru (NMH – 0,04 %) a dusičnanov (NMH – 0,04 %).

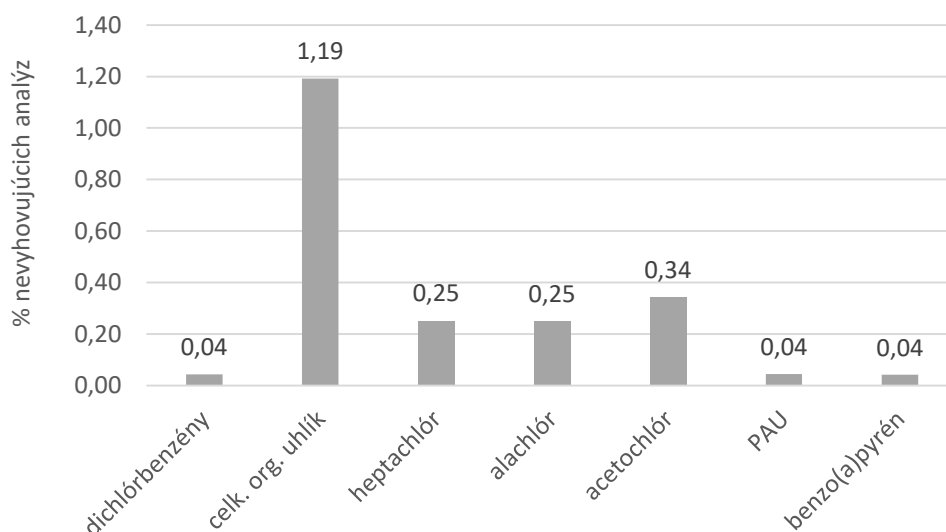
Dodržanie limitnej hodnoty 50 mg/l pre dusičnany v súčasnosti nepredstavuje veľký problém. Jej prekročenie sa pozorovalo iba v štyroch obciach na západe Slovenska.



Obr. 4 Podiel nevyhovujúcich analýz anorganických ukazovateľov

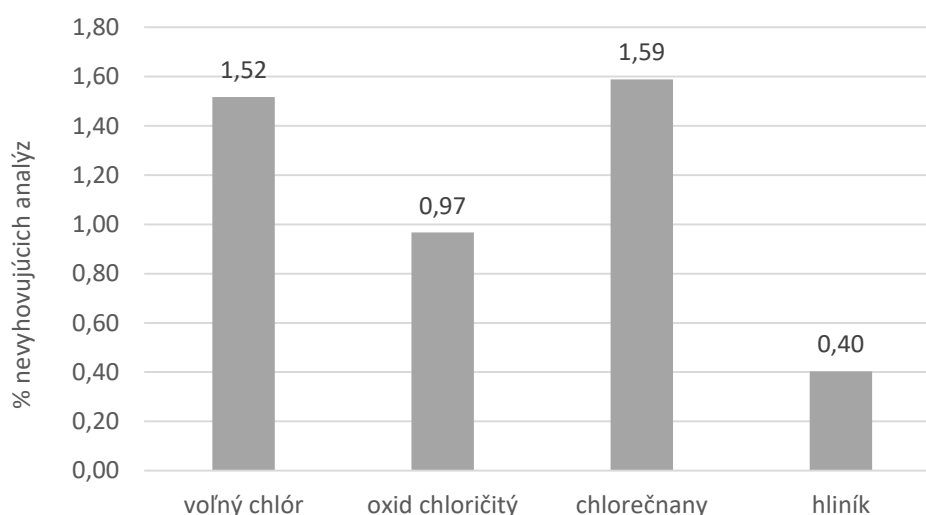
V časti – organické ukazovatele – vyhláška MZ SR predpisuje sledovanie 14 ukazovateľov (taktiež nad rozsah ukazovateľov požadovaných EÚ, pričom pod ukazovateľom „pesticídy“ je v databáze Zbervak aktuálne zaradených 41 zlúčenín), z ktorých 10 ukazovateľov má druh limitu NMH a 4 ukazovatele MH.

V tejto skupine sa pozorovalo prekročenie limitných hodnôt ukazovateľov dichlórbenzény (MH – 0,04 %), celkový organický uhlík (MH – 1,19 %), polycyklické aromatické uhľovodíky (NMH – 0,04 %) a benzo(a)pyrén (NMH – 0,04 %). V ukazovateli „pesticídy spolu“ nedošlo k prekročeniu limitnej hodnoty, pri hodnotení jednotlivých pesticídov (NMH) bolo zaznamenané prekročenie len pri ukazovateli heptachlór (4 vzorky – 0,25 %), alachlór (2 vzorky – 0,25 %) a acetochlór (2 vzorky – 0,34 %).



Obr. 5 Podiel nevyhovujúcich analýz organických ukazovateľov

Skupina „ukazovatele vyšetované pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody“ zahŕňa 12 ukazovateľov, pričom 6 ukazovateľov má druh limitu NMH a 6 MH. V tejto skupine bol v minulosti voľný chlór (MH) ukazovateľ s najvyšším podielom analýz nevyhovujúcich pôvodnému nariadeniu vlády č. 354/2006 Z. z. v znení neskorších predpisov, keďže pri dezinfekcii vody chlórnom mala byť minimálna hodnota voľného chlóru v distribučnej sieti $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$. V súčasnosti táto limitná hodnota neplatí a podiel analýz nevyhovujúcich vyhláške MZ SR z dôvodu prekročenia hodnoty $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ predstavoval v roku 2020 1,52 %. Požiadavku pôvodného nariadenia vlády na minimálny obsah voľného chlóru $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ by nedosiahlo 13,35 % vzoriek pitnej vody.



Obr. 6 Podiel nadlimitných analýz ukazovateľov vyšetovaných pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody

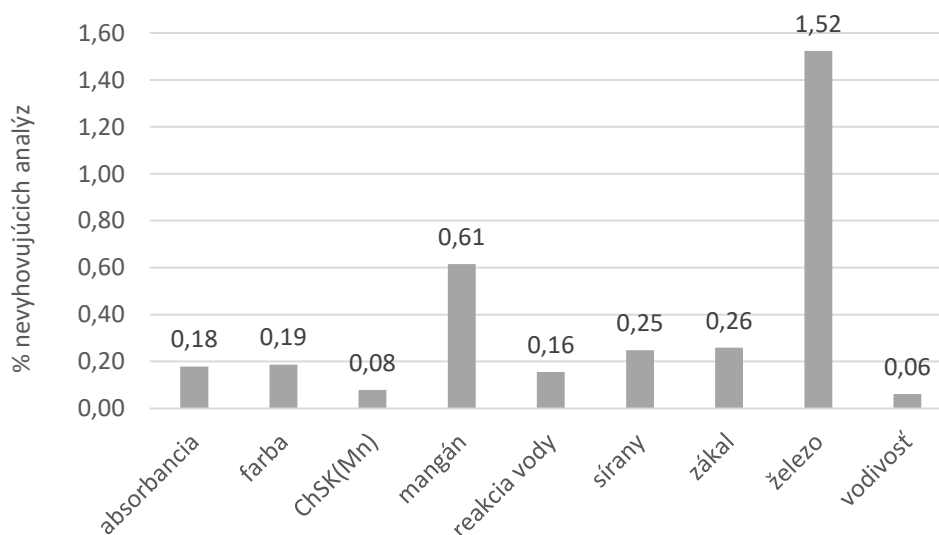
Z ostatných ukazovateľov skupiny „ukazovatele vyšetrowané pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody“ sa zaznamenal výskyt prekročenia u oxidu chloričitého (MH – 0,97 %), chlorečnanov (NMH – 1,59 %) a hliníka (MH – 0,40 %).

V minulosti sa zaznamenali prekročenia limitnej hodnoty pre ukazovateľ bromičnany. Keďže ide o látky, ktoré sa bežne nenachádzajú v prírodných vodách, ich prítomnosť môže byť vysvetlená použitím dezinfekčného prostriedku (chlórnanu) – ako jeho nečistota. Kvôli degradácii chlórnanu - poklesu koncentrácie aktívneho chlóru - mohla byť použitá na dodržanie rovnakej koncentrácie aktívneho chlóru v pitnej vode jeho vyššia dávka, a tak mohlo dôjsť aj k zvýšeniu koncentrácie bromičnanov vo vode. V roku 2020 prekročenie limitnej hodnoty pre bromičnany nebolo pozorované.

„Ukazovatele, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť vlastnosti pitnej vody“ sú najsledovanejšou skupinou pri sledovaní kvality dodávanej pitnej vody (takmer 183 000 analýz). Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z. predpisuje 15 ukazovateľov (EÚ uvádza 13 z nich), z toho je 13 ukazovateľov s MH, 1 ukazovateľ s OH (teplota) a 1 ukazovateľ bez druhu limitu (pach).

Najvyššie percentá nadlimitných analýz sa pozorovali v prípade výskytu iónov železa, ktoré v mnohých prípadoch nepriaznivo ovplyvňujú sensorické vlastnosti vody, ale ich prirodzený výskyt v pitnej vode nepredstavuje zo zdravotného hľadiska riziko pre ľudský organizmus. Z celoslovenského pohľadu nadlimitné koncentrácie pre obsah železa v pitnej vode predstavovali 1,52 % analýz a vyskytli sa najmä v oblastiach zásobovaných zo skupinového vodovodu Košice, sk. v. Senica, Podhorského sk. v., sk. v. Hriňová – Lučenec – Fíľakovo, sk. v. Bystrá – Brezno a sk. v. Žilinský.

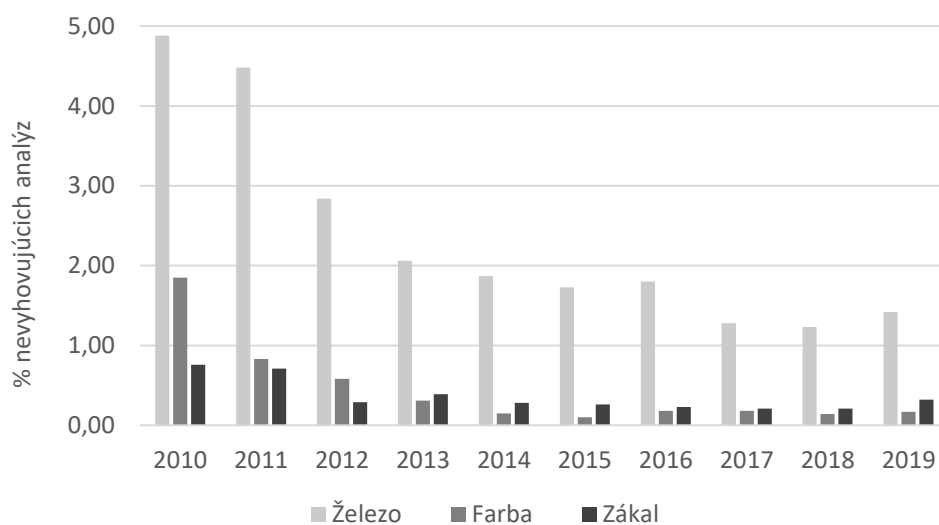
Prekročenie limitnej hodnoty amónnych iónov, chloridov, chuti, pachu a sodíka nebolo pozorované. V rámci SR sa zaznamenali prekročenia limitnej hodnoty absorbančie (0,18 %), farby (0,19 %), CHSK(Mn) (0,08 %), mangánu (0,61 %), reakcie vody (0,16 %), síranov (0,25 %), zákalu (0,26 %) a vodivosti (0,06 %).



Obr. 7 Podiel nevyhovujúcich analýz ukazovateľov, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť vlastnosti pitnej vody

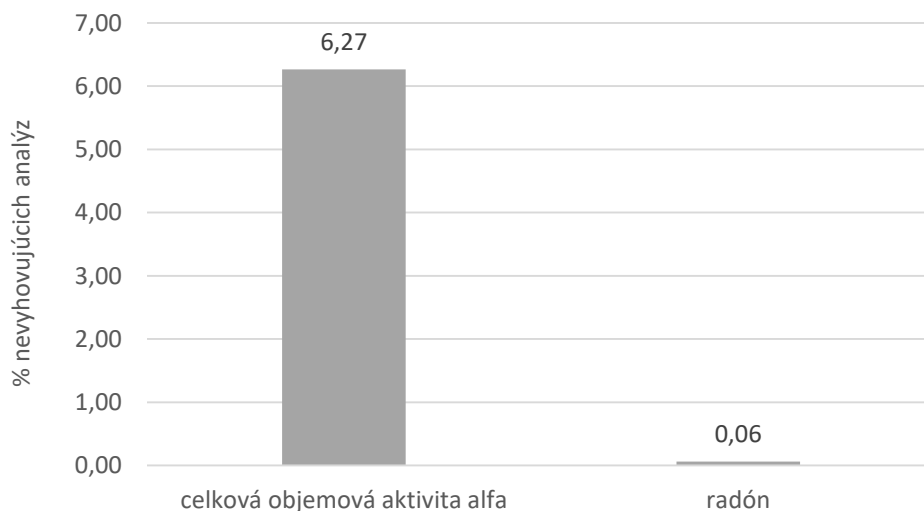
Zo zdravotného hľadiska je však dôležitá prítomnosť vápnika a horčíka v pitnej vode. Táto požiadavka je vo vyhláške MZ SR zaradená do skupiny „látky, ktorých prítomnosť v pitnej vode

je žiaduca“ ako odporúčané hodnoty. V prípade nízko mineralizovaných vôd sa nedosahuje ani dolná hranica odporúčaného rozsahu pre horčík (10 mg.l^{-1}), vápnik (30 mg.l^{-1}) a tiež vápnik a horčík ($1,1 \text{ mmol.l}^{-1}$). Najviac sa tieto odporúčané hodnoty nedodržiavajú v oblastiach s povrchovými zdrojmi vôd využívanými na zásobovanie (ide najmä o niektoré okresy Banskobystrického kraja a východného Slovenska). Na niektorých úpravniach vody bola preto zavedená rekarbonizácia vody, ktorou sa môže znížiť agresivita mäkkej vody na materiál rozvodného potrubia spôsobujúca jeho koróziu a zvýšenie hodnôt ďalších ukazovateľov ovplyvňujúcich sensorickú kvalitu vody. Možno aj vďaka tomu je možné pozorovať zníženie percenta nevyhovujúcich analýz železa v pitnej vode znázornené na obr. 8 (spolu s farbou a zákalom).



Obr. 8 Podiel nevyhovujúcich analýz železa, farby a zákalu v pitnej vode počas rokov 2010 – 2019

Poslednou sledovanou skupinou sú rádiologické ukazovatele.



Obr. 9 Podiel nevyhovujúcich analýz rádiologických ukazovateľov

Prekročenie indikačnej hodnoty (IH) sa zistilo u ukazovateľov celková objemová aktivita alfa (6,27 %) a radón (0,06 %). Nárast nevyhovujúcich analýz u ukazovateľa celková objemová aktivita alfa v priebehu posledných rokov je spôsobený znížením limitnej hodnoty daného ukazovateľa z 0,2 na 0,1 Bq/l.

Výsledky sledovania kvality pitnej vody dodávanej spotrebiteľom vodárenskými spoločnosťami v roku 2020 ukazujú, že podiel vzoriek vyhovujúcich vo všetkých ukazovateľoch limitným hodnotám podľa vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v znení neskorších predpisov a vyhlášky MZ SR č. 100/2018 Z. z. o obmedzovaní ožiarenia obyvateľov z pitnej vody, z prírodnej minerálnej vody a z pramenitej vody, dosiahol 95,16 % a podiel analýz pitnej vody vyhovujúcich hygienickým limitom dosiahol v roku 2020 hodnotu 99,72 % (v týchto podieloch nie je zahrnutý ukazovateľ voľný chlór). Na záver možno konštatovať, že v kvalite pitnej vody neboli v posledných rokoch zaznamenané významnejšie kvalitatívne rozdiely.

Kvalita výrobkov určených na styk s pitnou vodou – výsledky projektu realizovaného RÚVZ v SR

Mgr. Ing. Milada S y č o v á, MPH

Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Poprade, Zdravotnícka 3525/3, 058 97, Poprad, pp.sycova@uvzsr.sk, 052/4180713

Abstrakt: Projekt bol realizovaný v rokoch 2020 a 2021 s cieľom získať prehľad o výrobkoch, ktoré sa na Slovensku používajú ako výrobky určené na styk s pitnou vodou a o dokladoch, ktorými je preukazovaná ich vhodnosť na styk s pitnou vodou a posúdenie celkovej situácie na trhu v SR. Do projektu bolo zapojených 27 RÚVZ so sídlom v SR (15 v roku 2020 a 12 v roku 2021). Celkovo bolo skontrolovaných 290 objektov. V týchto 290 objektoch bolo skontrolovaných 729 rôznych výrobkov určených na styk s pitnou vodou. Zo 729 skontrolovaných výrobkov pochádzalo 679 (93 %) z krajín EÚ a 50 výrobkov (7 %) z tretích krajín. Zo 729 skontrolovaných výrobkov nebola predložená dokumentácia k 44 výrobkom (6 %). Na základe zistených skutočností je možné konštatovať, že celková situácia na trhu v oblasti výrobkov určených na styk s pitnou vodou je vyhovujúca a z kontroly predloženej dokumentácie vyplýva, že v našich podmienkach sa používajú v prevažnej miere materiály a výrobky spĺňajúce požiadavky čl. 18 zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Abstract: The project was implemented in 2020 and 2021 with the aim to obtain an overview of products that are used in Slovakia as products intended for contact with drinking water and documents proving their suitability for contact with drinking water and assessment of the overall market situation in the Slovak Republic. 27 RÚVZ based in the Slovak Republic were involved in the project (15 in 2020 and 12 in 2021). A total of 290 objects were inspected. In these 290 buildings, 729 different products intended for contact with drinking water were inspected. Of the 729 products inspected, 679 (93%) came from EU countries and 50 products (7%) from third countries. Of the 729 products inspected, no documentation was submitted for 44 products (6%). Based on the findings, it can be stated that the overall market situation in the field of products intended for contact with drinking water is satisfactory and the examination of the submitted documentation shows that materials and products meeting the requirements of Art. 18 of Act No 355/2007 Coll. on the protection, promotion and development of public health and on the amendment of certain laws.

Kľúčové slová: materiály a výrobky určené na styk s pitnou vodou

Keywords: materials and products intended to come into contact with drinking water

PREHĽAD ZÁKLADNÝCH ÚDAJOV O PROJEKTE

Cieľ projektu:

- vytvorenie prehľadu o výrobkoch, ktoré sa na Slovensku používajú ako výrobky určené na styk s pitnou vodou a o dokladoch, ktorými je preukazovaná ich vhodnosť na styk s pitnou vodou,

- posúdenie celkovej situácie na trhu v oblasti výrobkov určených na styk s pitnou vodou v nadväznosti na zozbierané informácie,
- získanie podkladov pre prijatie účinných opatrení a riešení do budúcnosti napr. pre:
 - a) prípravu novej legislatívy v oblasti výrobkov prichádzajúcich do kontaktu s pitnou vodou v rámci Európskej únie,
 - b) novela vyhlášky *Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 550/2007 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na výrobky určené na styk s pitnou vodou* (vyhláška č. 550/2007 Z. z.),
 - c) usmernenie výkonu štátneho zdravotného dozoru v oblasti výrobkov určených na styk s pitnou vodou.

Gestor: Národné referenčné laboratórium pre materiály prichádzajúce do kontaktu s potravinami nominované ako Národné referenčné centrum pre materiály určené na styk s pitnou vodou pri Regionálnom úrade verejného zdravotníctva so sídlom v Poprade (NRC pri RÚVZ Poprad) v spolupráci s Úradom verejného zdravotníctva Slovenskej republiky.

Riešiteľské pracoviská: Regionálne úrady verejného zdravotníctva (RÚVZ) v SR

Legislatívny status na úrovni Európskej únie (EÚ)

Bezpečnosť výrobkov (materiálov a predmetov) určených na styk s pitnou vodou vo vzťahu k novej migrácii látok (ktoré obsahujú) a tým aj ku kontaminácii pitnej vody nie je špecificky legislatívne riešená na úrovni legislatívy EÚ, čo v praxi znamená, že:

- nie sú na úrovni EÚ ustanovené žiadne smernice a/alebo nariadenia,
- členské štáty môžu prijímať na národnej úrovni právne predpisy upravujúce ich bezpečnosť, pričom zároveň
- uplatňovanie národných požiadaviek jednotlivých členských štátov sa riadi doložkou vzájomného uznávania, z ktorej vyplýva, že ak sú výrobky legálne uvedené na trhu v inom členskom štáte EÚ, Turecku alebo krajinách Európskeho hospodárskeho spoločenstva, môžu byť uvedené aj na trhu v iných členských štátoch a nie je potrebné uplatňovať na tieto výrobky súčasne aj národné kritériá.

Legislatívny základ - národné požiadavky v Slovenskej republike

Požiadavky na výrobky určené na styk s pitnou vodou, fyzické osoby-podnikateľov alebo právnické osoby, ktoré vyrábajú alebo dodávajú výrobky určené na styk s pitnou vodou a na dodávateľov pitnej vody a ďalšie subjekty pri zásobovaní pitnou vodou (ktorých činnosť súvisí s problematikou) sú ustanovené v národných právnych predpisoch nasledovne:

- § 17a (Povinnosti dodávateľa pitnej vody) odsek 2 bod g) *zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov* (zákon č. 355/2007 Z. z.) ukladá dodávateľovi pitnej vody povinnosť používať pri zásobovaní pitnou vodou výrobky určené na styk s pitnou vodou.
- Podľa § 18 (Výrobky určené na styk s pitnou vodou) zákona č. 355/2007 Z. z.:
 - (1) Výrobky určené na styk s pitnou vodou sú výrobky používané na zachytávanie, úpravu, akumuláciu, distribúciu, meranie alebo odber pitnej vody.
 - (2) Výrobky určené na styk s pitnou vodou sú zdravotne bezpečné, ak sú vyrobené tak, že za obvyklých a predvídateľných podmienok používania ich zložky

- neprechádzajú do pitnej vody v množstvách, ktoré by mohli ohroziť zdravie ľudí, spôsobiť neprijateľnú zmenu v zložení pitnej vody alebo spôsobiť zhoršenie jej vlastností vnímateľných zmyslami.
- (3) Hodnotenie zdravotnej bezpečnosti výrobkov určených na styk s pitnou vodou sa vykonáva podľa (vyhláška č. 550/2007 Z. z.); pri laboratórnych skúškach sa stanovujú koncentrácie látok alebo sa zisťujú látky, ktorých prítomnosť môže vyplývať z materiálového zloženia výrobkov alebo nečistoty, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť kvalitu pitnej vody.
 - (4) Výrobky určené na styk s pitnou vodou, ktoré znižujú tvrdosť vody, musia zabezpečiť dodržanie odporúčaných hodnôt obsahu vápnika a horčíka v pitnej vode podľa vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmentu rizík pri zásobovaní pitnou vodou (vyhláška č. 247/2017 Z. z.).
 - (5) Fyzická osoba-podnikateľ alebo právnická osoba, ktorá vyrába výrobky určené na styk s pitnou vodou alebo dodáva výrobky určené na styk s pitnou vodou, je povinná zabezpečovať ich súlad s požiadavkami zdravotnej bezpečnosti na výrobky určené na styk s pitnou vodou, ktorých podrobnosti ustanovuje vyhláška č. 550/2007 Z. z.
- Vyhláška č. 550/2007 Z. z. v nadväznosti na § 18 zákona č. 355/2007 Z. z. (ktorý definuje všeobecné hygienické požiadavky na zdravotnú bezpečnosť výrobkov určených na styk s pitnou vodou) ustanovuje ďalej:
- pre overovanie hygienických požiadaviek, tzv. migračné skúšky; stanovené hodnoty sa porovnávajú s limitmi ukazovateľov kvality pitnej vody podľa vyhlášky č. 247/2007 Z. z.,
 - špecifické požiadavky na:
 - a) farbenie, potlač a dekorácie – § 5,
 - b) povrchové úpravy – § 6,
 - c) plasty – § 7,
 - d) výrobky z elastomérov a gummy na báze prírodného kaučuku alebo syntetického kaučuku – § 8, pričom jednotlivé paragrafy odkazujú na *výnos Ministerstva pôdohospodárstva SR a Ministerstva zdravotníctva SR z 9. júna 2003 č. 1799/2003-100, ktorým sa vydáva piata hlava Potravinového kódexu SR upravujúca materiály a predmety určené na styk s potravinami v znení neskorších predpisov* (výnos ustanovuje zoznam látok používaných na výrobu rôznych materiálov určených na styk s potravinami a ich reštrikcie prípadne obmedzenia pre použitie).
- Požiadavky § 18 zákona č. 355/2007 Z. z. sa nevzťahujú podľa § 1 odsek 2 vyhlášky č. 550/2007 Z. z. na:
- a) obaly balených pitných, prírodných liečivých, prírodných minerálnych a pramenitých vôd,
 - b) zariadenia na stáčanie balených vôd,
 - c) zariadenia slúžiace na ohrev, chladenie alebo čapovanie balených vôd,
 - d) zariadenia, ktoré nie sú do vnútorného vodovodu trvalo zabudované alebo naň napojené, slúžiace v potravinárskom priemysle pri výrobe potravín alebo v prevádzkach spoločného stravovania pri výrobe pokrmov,

- e) výrobky, pri ktorých je podľa označenia CE²), zrejme, že vyhovujú kontaktu s vodou. [2] Zákon č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody].

Pozn.: Vzhľadom na aktuálne zmeny pri udeľovaní značky CE a neplatnosť zákona č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody nie je v súčasnosti písmeno e) odseku 2 vyhlášky č. 550/2007 Z. z. aktuálne (je potrebná legislatívna úprava).

- S problematikou nepriamo súvisí i § 17d) zákona č. 355/2007 Z. z., podľa ktorého sú vlastníci bytových budov a nebytových budov alebo spoločenstvá vlastníkov bytov a nebytových priestorov v bytovom dome alebo fyzická osoba alebo právnická osoba, ktorá na základe zmluvy vykonáva správu bytovej budovy alebo nebytovej budovy, v ktorých sú byty alebo nebytové priestory vo vlastníctve jednotlivých vlastníkov povinní zabezpečiť, aby domový rozvodný systém pitnej vody od miesta pripojenia pitnej vody od dodávateľa po miesto odberu pitnej vody nepriaznivo neovplyvňoval kvalitu pitnej vody (napr. použitím nevhodných výrobkov).

Praktická implementácia

Úlohou praktickej implementácie projektu, ktorý bol realizovaný v rokoch 2020 – 2021 bolo získať prehľad o dokumentáciách, ktorými sa u nás v praxi dokladuje zdravotná bezpečnosť výrobkov určených na styk s pitnou vodou. Zámerom projektu bol zber údajov a zorientovanie sa v problematike. Projekt nebol zameraný na kontrolu výrobcov, resp. dodávateľov výrobkov určených na styk s pitnou vodou. V rámci tohto projektu nebolo cieľom uplatňovať sankcie voči stavebníkom/investorom posudzovaných stavieb ani vyvolávať prietahy pri kolaudačných konaniach, (resp. nadmerne zaťažovať účastníkov konania a iné osoby) a to aj vzhľadom na možné právne problémy súvisiace so súčasným znením legislatívy na úseku verejného zdravotníctva v tejto oblasti. Na druhej strane je zo strany orgánov verejného zdravotníctva potrebné zaujímať sa o túto problematiku, keďže v súčasnosti je zabezpečená lepšia ochrana materiálov prichádzajúcich do styku s potravinami vrátane balenej vody ako ochrana materiálov prichádzajúcich do styku s pitnou vodou, ktorá je nielen najvýznamnejšou súčasťou pitného režimu, ale často aj primárnou a významnou zložkou potravín. Hlavným cieľom bolo zvýšiť úroveň ochrany ľudského zdravia pre občanov.

Zozbierané informácie majú slúžiť pre posúdenie a zlepšenie celkovej situácie na trhu v oblasti výrobkov určených na styk s pitnou vodou v Slovenskej republike a pre návrhy na riešenie problematiky v praxi do budúcnosti, napr. novelizáciu aktuálne platných legislatívnych hygienických požiadaviek pri uvádzaní výrobkov na trh prípadne vytvorenia registra výrobkov a pod.

RÚVZ, ktoré sa do projektu zapojili ako riešitelia projektu pri kolaudácii stavieb vyžadovali predloženie relevantnej dokumentácie k výrobkom určeným na styk s pitnou vodou (batérie, rozvody pitnej vody, armatúry, tesnenia, výstelky nádrží, materiály na povrchové úpravy, napr. betónové výstelky nádrží sú ešte povrchovo upravené nátermi atď.) v slovenskom, resp. v českom jazyku (podľa zákona č. 270/1992 Z. z. o štátnom jazyku Slovenskej republiky v znení neskorších predpisov). Za relevantnú dokumentáciu k výrobkom určeným na styk s pitnou vodou sa považovali:

- posudok o zdravotnej bezpečnosti výrobkov (materiálov a predmetov) určených na styk s pitnou vodou vydaný NRC pri RÚVZ Poprad,
- posudok Technického skúšobného ústavu Piešťany alebo iného technického skúšobného ústavu (slovenského alebo českého), ktorý je oprávnený technicky osvedčovať stavebné výrobky,
- dokumentácia kompetentných úradov iných členských štátov podľa národných predpisov ako napr.:
 - posudok podľa vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Českej republiky č. 409/2005 Sb. o hygienických požiadavkách na výrobky prichádzajúce do priameho styku s vodou a na úpravu vody (Česká republika),
 - správa z materiálového testovania na obsah ťažkých kovov z nerezovej oceli,
 - certifikáty ÖVGW – Österreichische Vereinigung für Gas – und Wasserfach (Rakúsko),
 - certifikát sanitárnej zhody vydaný CARSO – Laboratoire Santé Environnement Hygiene De Lyon (Francúzsko),
 - DVGW- certifikát vydaný DVGW CERT GmbH (Nemecko),
 - posúdenie podľa WRAS schémy (Water Regulations Advisory Scheme).

Po kontrole dokumentácie pri kolaudáciách vyplnili RÚVZ tabuľku, do ktorej uviedli údaje o všetkých použitých typoch výrobkov určených na styk s pitnou vodou a o predloženej dokumentácii, ktorá osvedčuje, že výrobky sú vhodné na priamy styk s pitnou vodou. Predloženie podpornej relevantnej dokumentácie k výrobkom vyžadoval RÚVZ i v prípade, ak bola vhodnosť výrobku určeného na styk s pitnou vodou dokladovaná označením CE.

Vyhodnotenie projektu

Projekt bol realizovaný v rokoch 2020 a 2021. V roku 2020 sa do projektu zapojilo 15 RÚVZ so sídlom v SR. V roku 2021 to bolo 12 RÚVZ so sídlom v SR.

Na základe údajov poskytnutých jednotlivými RÚVZ v SR vyplýva:

- celkovo bolo skontrolovaných 290 objektov (napr. polyfunkčné a obytné domy, základné a materské školy, ubytovacie zariadenia, obchodné centrá, sklady, predajne, zdravotné strediská, rekonštrukcie a stavby vodovodov a vodojemov, výrobné potravín atď.),
- v týchto 290 objektoch bolo skontrolovaných 729 rôznych výrobkov určených na styk s pitnou vodou (napr. vodovodné systémy a rozvody, rúry, armatúry a tvarovky, batérie, hydroizolácie, čerpadlá atď.) z rôznych typov materiálov (plast PP, PE, PVC, nerez, oceľ, mosadz, liatina, keramika, liatina, pozinkované materiály atď.),
- zo 729 skontrolovaných výrobkov pochádzalo 679 (93 %) z krajín EÚ a 50 výrobkov (7 %) z tretích krajín (23 z Číny, 12 z Izraela, 3 zo Srbska, 1 z Turecka 1 z USA),
- zo 729 skontrolovaných výrobkov nebola predložená dokumentácia k 44 výrobkom (6 %) a to väčšinou v objektoch ako predajne, hostinec a základné a materské školy; dokumentácia nebola dodaná k výrobkom ako vodovodné batérie a vodovodné potrubie (tieto výrobky boli zakúpené vo veľkoobchode, resp. maloobchode a k dispozícii boli pokladničné bloky, resp. boli poskytnuté stavebným úradom).

Na základe zistených skutočností je možné konštatovať, že celková situácia na trhu v oblasti výrobkov určených na styk s pitnou vodou je priaznivá a z kontroly predloženej dokumentácie vyplýva, že sa používajú materiály a výrobky spĺňajúce požiadavky čl. 18 zákona č. 355/2007 Z. z.

V súčasnosti prebieha novelizácia zákona č. 355/2007 Z. z. v zmysle požiadaviek *Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu*. Táto smernica je prelomová práve v problematike materiálov a výrobkov určených na styk s pitnou vodou vzhľadom na to, že stanovuje na úrovni EÚ nielen minimálne hygienické požiadavky zaručujúce kvalitu pitnej vody, ale zároveň ďalšími delegovanými aktmi má definovať požiadavky na výber vstupných surovín, požiadavky na finálne materiály a predmety ako aj metodológiu pre jednotné testovanie a posudzovanie.



Čištění
odpadních
vod

Čistírny odpadních vod
pro domy, chaty, hotely, obce a průmysl

Membránové čistírny

Flotace pro průmyslové OV

Technologické
komponenty ČOV

Elektrokoagulace



Úprava
vody

Flotace DAF
a lamelová separace

Drenážní systém Leopold
a filtrační náplně Filtralite

Membránová úprava vody

Desinfekce vody

Nádrže na
dešťovou vodu

Příslušenství
pro dešťové nádrže

Vyřízení dotací



Dešťový
program

Membránové
technologie
a pokročilé oxidační
procesy AOP

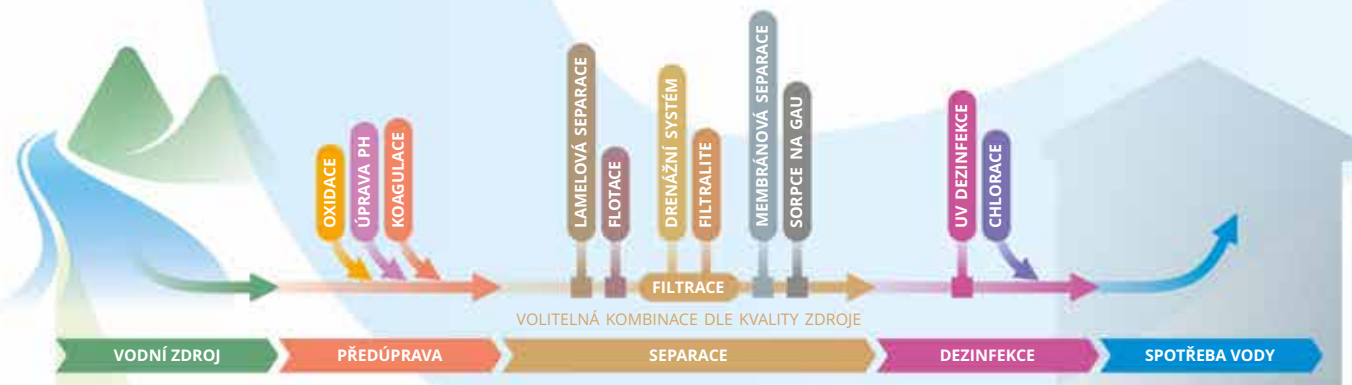
Odstranění
mikropolutantů



Recyklace
vody

OBECNÍ A PRŮMYSLUVÉ ÚPRAVNY VODY

Vyrábíme kvalitní pitnou vodu. Specializujeme se na návrh a dodávku kompletních technologických linek úprav vod, ale také na dodávku jednotlivých částí či produktů. V našich návrzích ctíme stávající konvenční technologie, ale jsme zároveň inovátory a nositeli nejmodernějších technologií do vodárenské praxe.



Flotace (DAF)

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF - Dissolved Air Flotation) je separační proces, který se zařazuje jako první separační stupeň při úpravě pitné vody. Vyniká vysokou účinností separace i u špatně sedimentovatelných částic. Pro DAF je charakteristická vysoká hodnota povrchového zatížení a sušiny kalu. Provozovatel ocení rychlý náběh zařízení a zejména jeho efektivní provoz. Kompaktní design technologie DAF jsme schopni navrhnout a osadit do ocelových nebo betonových nádrží dle požadavku investora.

Lamelová separace

Pro významné zlepšení účinnosti separačních vlastností suspenze navrhujeme a vyrobíme lamelový separátor s vestavbou nebo samostatné lamelové kazety dodáme do stávajícího zařízení.

Filtrace

Dodáváme otevřené i tlakové vodárenské filtry. Otevřené betonové filtry jakéhokoliv tvaru (i kulaté) vystrojíme drenážním systémem Leopold, který zajistí vysokou účinnost při praní filtračního média, a dle potřeb zákazníka doplníme vhodným filtračním médiem (Filtralite, GAU). Spolehlivě dokážeme navrhnout a vyrobíme ocelové filtry, které jsme schopni montovat na místě. To vše za nepřerušovaného provozu úpravy pitné vody.

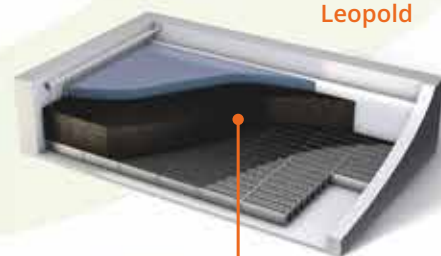
Filtralite - moderní filtrační materiál s vynikajícími vlastnostmi

Filtralite byl vyvinut speciálně pro úpravárny. Jeho předností je možnost volby objemové hmotnosti filtračního materiálu a velikosti zrn, což v praxi znamená „poskládat“ si jednotlivé vrstvy filtru dle požadavku zákazníka/provozovatele. Před dodávkou Filtralite nabízíme provedení modelových zkoušek pro ověření jeho vlastností u Vás na úpravě vody. Filtralite společně s drenážním systémem Leopold v současné době představuje to nejlepší co je ve vodárenské filtraci na trhu dostupné.

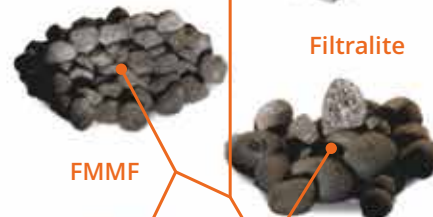
Granulované aktivní uhlí (GAU)

GAU WG 12 je vyráběno z černého uhlí, karbonizováno a aktivováno vodní parou. Běžně je používáno pro dechloraci a zlepšení sensorických vlastností vody. V současné době nabývá na významu odstranění mikropolutantů (pesticidů a farmak) z pitných a odpadních vod. Sorpční materiál GAU WG 12 lze vhodně kombinovat s osazením drenážního systému Leopold.

Drenážní systém Leopold



Filtralite



FMMF

FMM



GAU



Membránový modul



RECYKLACE VODY

Vyčištěná odpadní voda jako produkt ne odpad. Recyklujeme vodu pro splachování toalet, zalévání zeleně, kropení komunikací a zejména znovuvyužití v průmyslu. Při návrhu recyklace používáme membránové technologie (mikro-, ultra-, nano- filtraci a reverzní osmózu), dále pokročilé oxidační procesy AOP (peroxid vodíku, ozon, UV záření atd.) a sorpci na GAU.

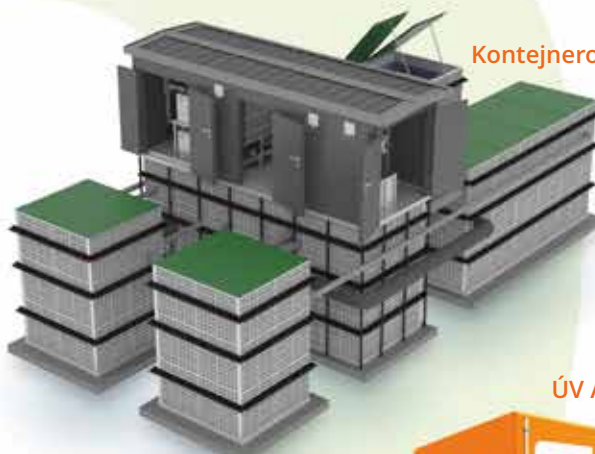
Membránová technologie MBR (Membránový Bio Reaktor)

Nejmodernější technologie, která produkuje vyčištěnou vodu nejvyšší možné dosažitelné kvality. ČOV BC-MBR nabízíme ve všech velikostních kategoriích od domovních ČOV po velké obecní a průmyslové čistírny. MBR je vhodná zejména pro:

- Recyklaci vody (zálivka, splachování toalet, znovuvyužití vody v průmyslu)
- Oblasti s velmi přísnými limity na odtoku (zásak odtoku, přírodní rezervace, atd.)
- Intenzifikace nebo navýšení kapacity ČOV ve stávajících objemech
- Malé prostorové nároky pro stavbu nové ČOV



MBR ČOV
v ISO kontejneru



Kontejnerová sestava
MBR ČOV

ÚV AMAYA M 5

Membránová úprava vody

Vynikající kvalita pitné vody z Hi-tech membránové úpravny vody AMAYA byla dosažena na mnoha provozních testech a reálných aplikacích po ČR i na Slovensku. Princip zařízení spočívá v přímé tlakové filtraci přes keramickou membránu s předřazeným koagulačním stupněm. Tento systém je spolehlivým bariérovým způsobem odstraňování organických látek, barvy, zákalu, mikroorganismů a popřípadě dalších polutantů o velikosti částic nebo buněk přesahujících porozitu membrány (0,1 µm).

Mezi hlavní výhody technologie AMAYA patří:

- Mobilní (námořní kontejner) i stacionární provedení
- Vysoká účinnost při odstraňování organických látek, barvy, zákalu, mikroorganismů a virů
- Úplná automatizace provozu, dálková správa s kontinuálním měřením kvality surové a upravené vody
- Vhodné pro povrchové i podzemní zdroje vody s výrazným kolísáním kvality



Keramický
membránový element

Nádrž na
dešťovou vodu



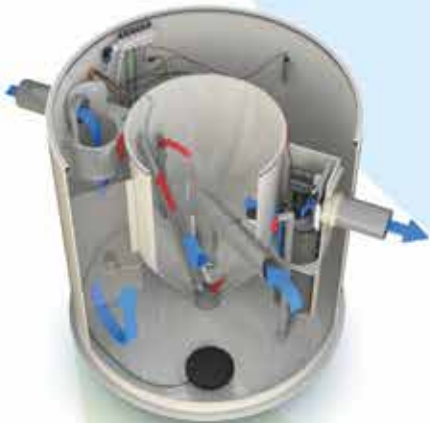
DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

Umožníme vám zachycení a využití dešťové vody, tak aby cenná voda neodtékala z vašeho pozemku, ale aby Vám sloužila i po dešti. Dodáváme kvalitní dešťové nádrže včetně příslušenství. Dotace vyřídíme za Vás! Objednejte na našem eshopu shop.envipur.cz s dodáním až do domu.

ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Technologie bio cleaner BC představuje mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod, která produkuje kvalitně vyčištěnou vodu, ta potom může být následně vypuštěna zpět do přírodních zdrojů bez zatěžování životního prostředí. Lapáky tuků, odlučovače ropných látek, flotace pro průmyslové OV, elektrokoagulace, samostatné nádrže, čerpací jímky, aerační systémy, dosazovací nádrže Clari-Vac, mechanické předčištění, to vše v nejvyšší kvalitě, najdete v naší nabídce.

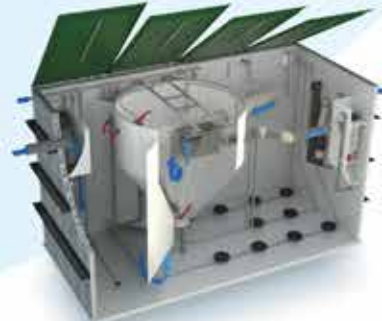
Domovní ČOV



Domovní ČOV

Skvělý výběr pro Váš rodinný dům. Čistírna vhodná pro rodinný dům a rekreační chalupu nebo chatu, pro trvalé i přechodné bydlení. Všude tam, kde není možné se napojit na kanalizaci. Spolehlivý a úsporný provoz s rychlou návratností prvotní investice.

Kontejnerová ČOV



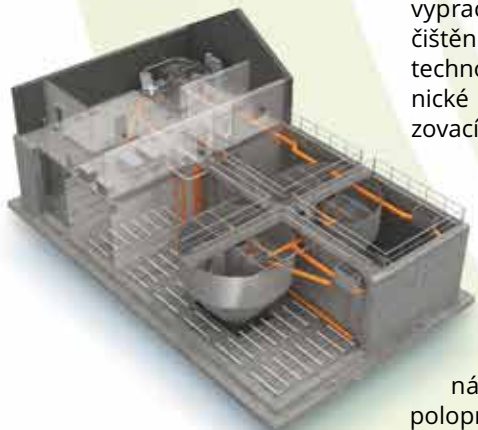
Kontejnerové ČOV

Vhodná volba pro majitele penzionů, kempů, hotelů, starosty obcí nebo vlastníky menších průmyslových podniků k likvidaci splašků, díky které získáte kvalitně vyčištěnou vodu, v souladu s platnou legislativou.

Modulární ČOV



Kompaktní ČOV



Obecní a městské ČOV

Základem správného výběru je konkrétní návrh na míru, který pro Vás naši odborníci rádi vypracují, tak aby výsledkem bylo efektivní čištění odpadních vod. Dodáváme nejen celé technologické linky ČOV, ale i její části: mechanické předčištění, aerační systémy nebo dosazovací nádrže Clari-Vac.

Průmyslové ČOV

Technologii bio cleaner BC doporučujeme rovněž vlastníkům průmyslových podniků. Pomocí moderních technologií lze průmyslovou odpadní vodu vyčistit až na kvalitu vhodnou pro znovuvyužití. Jako novinku nabízíme inovativní flotační technologii, která přináší značné provozní úspory. Další novinkou je nabídka zařízení pro elektrokoagulaci, za kterým následuje separační stupeň. Pro ověření vhodnosti návrhu provádíme poloprovozní testování.

KDO JSME

Již od počátku 90. let, kdy byla naše společnost založena, si uvědomujeme, že voda je nenahraditelnou komoditou. S respektem k tomu jsou vyvíjeny a vyráběny i naše produkty, díky kterým patříme mezi nejsilnější společnosti v oblasti čištění, úpravy a recyklace vody na českém trhu. Stále více se nám daří prosazovat se i na trhu zahraničním. Naši odborníci patří ke špičkám ve svém oboru, a díky jejich zkušenostem a znalostem, dodáváme na trh produkty vysoké kvality. Při výrobě a distribuci klademe důraz na kvalitu a spolehlivost.



CO NABÍZÍME

Naše portfolio produktů pokrývá širokou oblast od nejmenších domovních čistíren a nádrží na dešťovou vodu, přes kontejnerové čistírny, vhodné pro obce, města a menší průmysl, až po velké městské a průmyslové čistírny. K našim klíčovým oblastem dále patří úprava vody pro obce, města a průmyslové podniky a recyklace vody. Naše výrobní zaměření reflektuje stěžejní témata dnešní doby jako jsou: akumulace dešťové vody, dodávka kvalitní pitné vody bez pesticidů a farmak či znovuvyužití odpadní vody zejména v průmyslových podnicích. Pokud vodu nelze znovu využít, vracíme ji čistou zpět přírodě.



ENVI-PUR, s.r.o.

Wilsonova 420
392 01 Soběslav

+420 381 203 211
info@envi-pur.cz



www.envi-pur.cz

Monitorovanie pitnej vody

Hlavné oblasti monitorovania pitnej vody sú nasledujúce:

1. Cyanobaktérie
2. Coli baktérie
3. Dávkovanie koagulantov a flokulantov
4. Filtrácia a usadzovanie
5. Železo, hliník, mangán + arzén
6. Analýza pitnej vody v potrubí
7. Bezpečnosť systémov pitnej vody
8. Dezinfekcia vody – vedľajšie produkty
9. Sledovanie prietoku v potrubiach a identifikácia netesností

1. Cyanobaktérie

Monitorovanie cyanobaktérií využíva metódu fluorescencie na vybraných vlnových dĺžkach. Interpretačné algoritmy umožňujú bezpečnú identifikáciu cyanobaktérií



2. Coli baktérie

Bežné metódy na určenie znečistenia vody e.coli alebo coliformnými baktériami dávajú výsledky až po 24-48 hodinách. Analyzátory na báze sledovania špecifickej enzymatickej aktivity detegujú mikrobiologickú aktivitu už v priebehu hodiny a umožňujú tak včasnú realizáciu potrebných opatrení.



3. Dávkovanie koagulantov a flokulantov

Prístroj Streaming Current Monitor slúži na optimalizáciu dávkovania koagulantov a flokulantov pri eliminácii zákalu a organického znečistenia pri úprave vody na pitné účely. Metóda využíva princíp sledovania náboja častíc.



4. Filtrácia a usadzovanie

Pri tejto aplikácii je potrebné monitorovať častice vo filtrovanej vode. Pri problémoch s dávkovaním koagulantov dominujú jemné častice, ktoré sú merané pomocou zákalomerov na základe rozptylu svetla. Na riadenie preplachu filtrov a monitorovanie technológie usadzovania je však potrebné sledovať častice mikrometrických rozmerov, ktoré zákalomery nezachytia. Na toto sa používajú optické čítače častíc, s možnosťou kategorizácie podľa veľkosti. Určenie veľkosti je dôležité na konkretizáciu technologických problémov.



5. Železo, hliník, mangán + arzén

Kovy môže obsahovať voda v podloží, alebo môžu byť dôsledkom predávkovania koagulantov. Na ich sledovanie sú určené špecializované kolorimetrické, alebo coulometrické analyzátory s vhodnými meracími rozsahmi.



6. Analýza pitnej vody v potrubí

Zloženie pitnej vody v rozvodnej sieti nemusí byť rovnomerné. Ideálne je jeho monitorovanie priamo v potrubí. Pre obmedzenie vyplývajúce z rozmerov, problém s odvodom analyzovanej vzorky, alebo nárokov na napájanie, klasické prístroje nie sú na túto úlohu vhodné. Ideálnym prístrojom na takéto merania je pipe::scan. Pipe::scan je modulárny senzorový systém na monitorovanie kvality pitnej vody v potrubíach pod tlakom. Tento kompaktný prístroj meria až 10 parametrov: TOC, DOC, UV254, zákal, farba, chlór, pH/redox, vodivosť, teplota a tlak.



7. Bezpečnosť systémov pitnej vody

Ideálnym prostriedkom na sledovanie zloženia vody sú kompaktné spektrometrické sondy, ktoré môžu byť doplnené o prídavné snímače na sledovanie doplnujúcich zložiek, akými sú pH, vodivosť, rozpustný kyslík, chlór, chlórdioxid a ďalšie.

V dôsledku nepredvídateľných udalostí sa však do vody môžu dostať ľubovoľné toxické kontaminanty. Pomocou spektrometrických sond je ich možné okamžite identifikovať.



8. Dezinfekcia vody – vedľajšie produkty

Významným krokom pri úprave vody na pitné účely je jej dezinfekcia. Analytické prístroje na sledovanie chlóru, chlórdioxidu, alebo ozónu sú určené na sledovanie optimalizácie dezinfekcie.

Vplyvom chemických reakcií pri procese dezinfekcie vznikajú vedľajšie produkty, ktoré môžu byť taktiež škodlivé a je ich potrebné sledovať. Medzi ne patria trihalometány, ktoré je vhodné kontinuálne merať pomocou špecializovaného analyzátora.



9. Sledovanie prietoku v potrubíach a identifikácia netesností

Presné meranie prietoku vody v potrubíach pomocou priložných prietokomerov Flexim umožňuje bilančné určenie únikov vody v kritických uzloch a úsekoch.

Príložné prietokomery umožňujú rýchlu a neinvazívnu realizáciu meraní.



S podrobnejšími informáciami sme radi k dispozícii na našich kontaktoch:

ECM ECO Monitoring, a.s.
Nevádzová 5
821 01 Bratislava
ecm@ecm.sk

ECM Systems, s.r.o.
Partizánska Ľupča 552
032 15 Partizánska Ľupča
ecmsystems@ecmsystems.sk

ECM MONITORY, spol. s r.o.
Kuzmányho 57
040 01 Košice
ecm@ecm-monitory.sk

ECM ECO MONITORING, spol. s r.o.
Dobrá 240
739 51 Dobrá
ecmdobra@ecomonitoring.cz

Analýza PFAS a PAH vo vodách

MERCK

Kompletná ponuka pre LC-MS

Príprava vzorky:

Supelclean™ ENVI™-Chrom P SPE

Kolóny:

Ascentis® Express PFAS

Ascentis® Express PAH

Referenčné materiály:

Certifikované referenčné materiály

Analytické štandardy

Skúšky odbornej spôsobilosti laboratórií

(ProficiencyTesting)

PAH

Rozpúšťadlá pre LC-MS:

Hypergrade LC-MS LiChrosolv®

Striekačkové filtre pre analýzu PFAS:

Millex® PES pre analýzu PFAS

www.sigmaaldrich.com/pfas

www.sigmaaldrich.com/lcms



The life science business
of Merck operates as
MilliporeSigma in the
U.S. and Canada.

Supelco®
Analytical Products



OBSAH

I. PREDNÁŠKY

- Aké zmeny čakajú dodávateľov pitnej vody po transpozícií novej európskej smernice pre pitnú vodu** **3**
RNDr. Zuzana Valovičová, Ing. Klára Paganová
Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava
- Všeobecný pohľad na nové ukazovatele pre pitnú vodu** **11**
prof. Ing. Ján Ilavský, PhD., prof. Ing. Danka Barloková, PhD.
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, SvF STU, Bratislava
- Manažment rizík – opätovná požiadavka novelizovanej smernice pre pitnú vodu na zásobovanie obyvateľstva zdravotne bezpečnou pitnou vodou** **23**
Ing. Karol Munka, PhD., Ing. Anna Vajíčeková, PhD., Ing. Monika Karácsonyová, PhD., Ing. Margita Slovinská, Ing. Stanislava Kecskéssová, PhD., Mgr. Alena Matis
Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava
- Analýza a posudzovanie rizik verejných vodovodů** **33**
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc., Ústav vodního hospodářství obcí
FAST VUT Brno
- Per/Polyfluoralkylované sloučeniny (PFAS) v pitných vodách** **39**
Ing. Václav Šístek, Ing. Jana Kováčová, PhD.
ALS Czech Republic
- Optimalizácia (adaptácia) úpravní pitných vôd na podmienky Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2020/2184** **45**
Ing. Mikuláš Kovaľ
Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a.s., Poprad
- Biologické riziká úpravy vody z vodárenských nádrží** **55**
RNDr. Viera Nagyová, PhD., Mgr. Lucia Chomová, PhD.
Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava
- Výskyt siníc vo vodárenskej nádrži Turček** **61**
Ing. Mikula Pavol
Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., O. Z. Piešťany, LVH Žilina

Výskyt cyanobaktérií vo vodárenských nádržiach	71
<i>Mgr. Eva Polakovičová</i> Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., O. Z. Banská Bystrica	
Kontinuálne meranie kvality vody – základný predpoklad výroby bezpečnej pitnej vody	81
<i>Ing. Miroslav Zezula</i> ECM ECO Monitoring	
Technologický a ekonomický pohľad na súčasné a nově používané technológie úpravy vody	86
<i>Milan Drda, Ing. Dita Fojtíková</i> ENVI-PUR, s. r. o., Praha	
Modernizace úpravy vody – zodpovedně řízený proces předprojektové a projektové přípravy	94
<i>Ing. Josef Drbohlav, Ing. Lukáš Písek, Ing. Jiří Kratěna, Ph.D.</i> SWECO Hydroprojekt Praha	
Léčiva ve vodách a kalech, monitoring pitných vod ČR a SK	102
<i>Ing. Taťána Halešová</i> ALS Czech Republic, s.r.o. Praha	
Poloprovozní zkoušky jako nástroj pro získání kompletních návrhových parametrů technologie	108
<i>Ing. Petra Hrušková, Ing. Dita Fojtíková, Ing. Kryštof Hnojna</i> ENVI-PUR, s. r. o., Praha	
Postup při výběru vhodného aktivního uhlí pro odstraňování mikropolutantů při úpravě pitné vody	114
<i>Ing. Pavel Dobiáš, Ph.D.^{1,2)}, doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.²⁾</i> ¹⁾ ENVI-PUR, s. r. o., Praha ²⁾ W&ET Team České Budějovice	
Metody zdravotního zabezpečení pitné vody	124
<i>prof. Ing. Václav Janda, PhD.</i> VŠCHT Praha	
Využitie membránovej elektrolýzy pre dezinfekciu pitnej vody na VDJ Jesenice	128
<i>Ing. František Grejták, PhD.</i> Prominent Slovensko, s.r.o., Bratislava	

Dostavba Filtrace GAU – doplnění technologické linky ÚV Želivka	132
<i>Ing. Ladislav Sommer</i> SWECO Hydroprojekt, Praha	
Dostavba Filtrace GAU ÚV Želivka – neobvyklé materiály a technologie užitá v projektu a při realizaci	142
<i>Ing. Richard Schejbal</i> SWECO Hydroprojekt, Praha	
ÚV Jasenie, odstraňovanie arzénu z pitnej vody ultrafiltráciou	152
<i>Ing. Pavol Ďurček</i> Prominent Slovensko, s.r.o., Bratislava	
Využitie reverznej osmózy pri odstraňovaní síranov z podzemnej vody VZ Podbranč	162
<i>Ing. Ronald Zakhar, PhD.¹⁾, Bc. Jakub Jurík¹⁾, Ing. Michal Gatyáš²⁾, Dr. Ing. Marián Dluhý²⁾</i> ¹⁾ Oddelenie environmentálneho inžinierstva, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, STU ²⁾ EUROWATER, spol. s r.o., Bratislava	
Technologie ověřené na provozech ÚV provozovaných SČVK	170
<i>Ing. Jana Michalová</i> Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Teplice	
Kvalita pitnej vody na Slovensku v roku 2020	176
<i>Ing. Margita Slovinská, Ing. Karol Munka, PhD., Ing. Anna Vajíčeková, PhD., Ing. Stanislava Kecskésová, PhD.</i> Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava	
Kvalita materiálov určených na styk s pitnou vodou – výsledky projektu realizovaného RÚVZ v SR	184
<i>Mgr. Ing. Milada Syčová, MPH</i> Regionálny úrad verejného zdravotníctva, Poprad	

II. FIREMNÉ PREZENTÁCIE

ENVI-PUR, s. r. o., Praha
Prominent Slovensko, s.r.o., Bratislava
Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a.s., Poprad
EUROWATER, spol. s r.o., Bratislava
ECM ECO Monitoring
Merck spol. s r.o.

Názov:

Zborník prednášok z konferencie
**NOVÉ TRENDY V ÚPRAVE VODY
A V SYSTÉMOCH ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU**

1. vydanie. © Slovenská asociácia vodárenských expertov.

Editor:

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.
RNDr. Zuzana Valovičová

Recenzenti:

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD., SvF STU
prof. Ing. Danka Barloková, PhD., SvF STU
Ing. Pavel Hucko, CSc., SAVE
Ing. Karol Munka, PhD., VÚVH
RNDr. Zuzana Valovičová, ÚVZ SR
Ing. Matúš Galík, PhD., PVPS a.s.
Dpt. Viliam Šimko, Viliam Šimko – VODATECH

Náklad:

200 výtlačkov

Tlač:

TYPOCON spol. s r. o., Bratislava

Rok vydania:

2022

Určené pre účastníkov konferencie **NOVÉ TRENDY V ÚPRAVE VODY A V SYSTÉMOCH ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU**.

Za jazykovú a obsahovú stránku príspevkov zodpovedajú autori.
Príspevky boli redakčne upravené. Text neprešiel odbornou jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-570-3877-1