

10 • 21

Říjen 2021  
Ročník 30

SOVAK ČR  
řádný člen EurEau



# SOVAK

## ČASOPIS OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ

Rakovnická vodárenská společnost – inovátor ve vývoji informačních systémů



Moderní metoda inspekce kanalizačních šachet

Rekonstrukce nebo zrušení ČOV, aneb když se do ceny započítají i budoucí odpisy a provozní náklady



Další směřování čistírenských technologií: potřeby, současný výzkum

Přínosy využití hydraulického simulačního modelu v praxi





**SOVAK**  
ROČNÍK 30 • ČÍSLO 10 • 2021

## OBSAH

Hynek Kloboučník Rakovnická vodárenská společnost – inovátor ve vývoji informačních systémů .....	1
Ondřej Sklenář, Martin Beneš Moderní metoda inspekce kanalizačních šachet .....	3
Michal Žahour, Roman Badin, Petra Fritschová, Jiří Paul Rekonstrukce nebo zrušení ČOV, aneb když se do ceny započítají i budoucí odpisy a provozní náklady .....	7
Martin Srb, Ondřej Beneš, Jiří Wanner Další směřování čistírenských technologií: potřeby, současný výzkum .....	12
Hydroizolace nádrží v čistírnách odpadních vod .....	20
Tomáš Sucháček, Eva Náplavová Přínosy využití hydraulického simulačního modelu v praxi .....	22
Věnujte se práci – monitoring teplot v laboratoři probíhá automaticky .....	26
Z regionů .....	28
V pražských Radlicích byly instalovány moderní kanalizační trouby POLYCRETE® z polymerbetonu .....	30
Ivana Weinzettlová Jungová Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, z. s., mezi oceněnými organizacemi v České republice pro oblast bezpečnosti .....	31



Zemní vodojem Jesenice (u Rakovníka),  
200 m<sup>3</sup>, postavený 1905, v roce 2015  
byla do vodojemu instalována mem-  
bránová ÚV

# Rakovnická vodárenská společnost – inovátor ve vývoji informačních systémů

Hynek Kloboučník

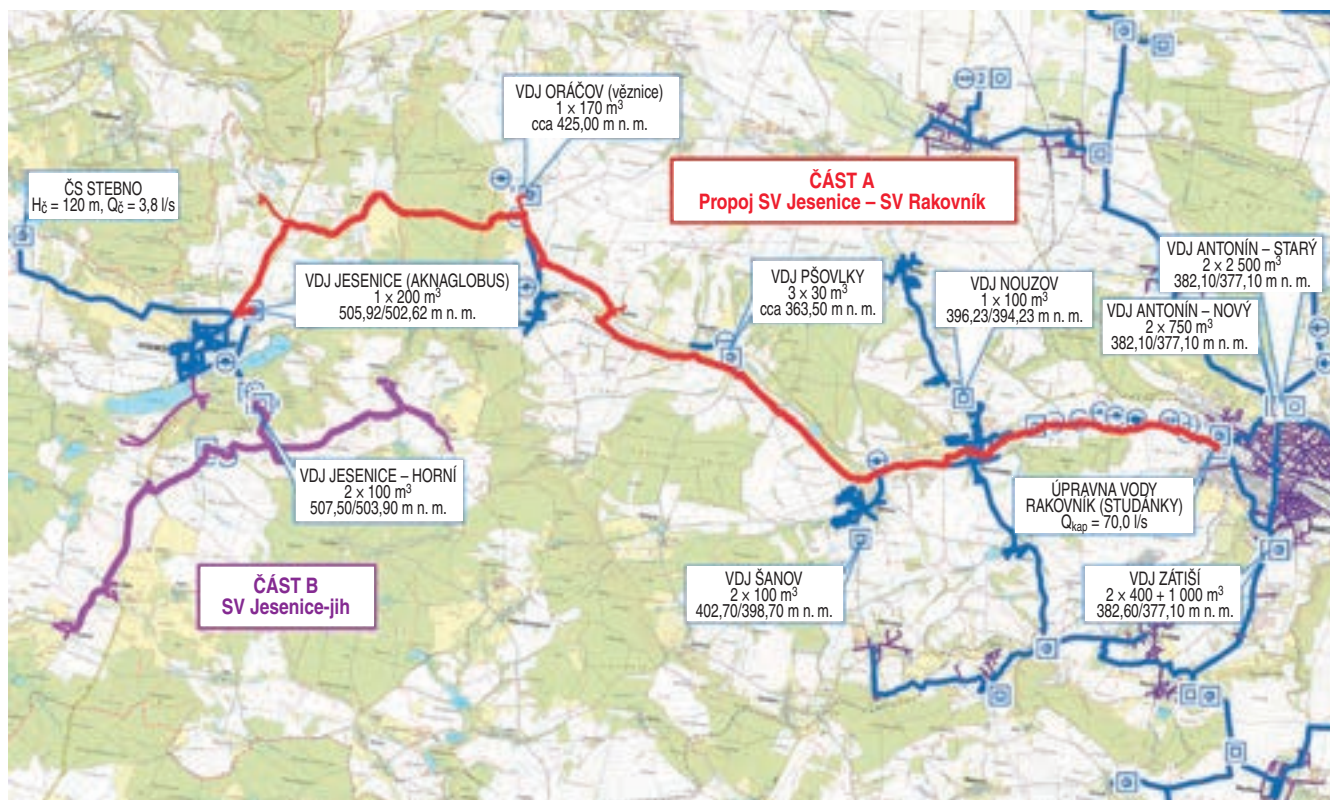
**RAVOS, s. r. o., (Rakovnická vodárenská společnost) byla založena v roce 1993 šesti společníky (fyzickými osobami) v souvislosti s probíhající privatizací státního podniku Středočeské vodovody a kanalizace Praha.**

Společnost je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury na území okresu Rakovník, jejímž vlastníkem je VSOR (Vodohospodářské sdružení obcí Rakovníka), které zahrnuje 38 členských obcí a měst. U zrodu obou společností stál „otec zakladatel“ Ing. Miroslav Riegl. A od té doby jsou i datovány nadstandardní a partnerské vztahy mezi oběma společnostmi, což pak v prosinci 2019 logicky vyústilo v majetkový vstup sdružení VSOR do společnosti RAVOS, s. r. o., s 51% účastí.

Zbývající podíl drží druhý společník – Středočeské vodárny, a. s., – který nám umožňuje, že se dokážeme měřit ve všech oblastech s velkými vodárnami, ačkoliv jsme v technicko-ekonomických ukazatelích o „řád menší“. Jedná se zejména o specializované činnosti v oblasti SCADA systémů, IT, energetice, ekologii, řízení integrovaných systémů, smart meteringu a mnoha dalších, které bychom si nemohli dovolit poskytovat s ohledem na naši velikost na takto vysoké úrovni. Obrácenou cestou pak probíhá spolupráce v informačních systé-



Obr. 1: Obnovované zdroje podél Lišanského potoka a nová úprava vody v areálu vodojemů Antonín



Obr. 2: Schéma propojení skupinových vodovodů Stebno, Jesenice a Rakovník

mech se zaměřením na vodohospodářský majetek (geografický či povodňový systém, apod.), kde se naše společnost řadí mezi přední inovátory.

Z těchto důvodů nemohu nevyužít danou příležitost a chtěl bych oběma společníkům velmi poděkovat, zejména za podporu a i určitou velkorysost vůči naší společnosti. Samozřejmě nemohu zapomenout ani na své kolegy – naše zaměstnance. To vše nám umožňuje, že se RAVOS, s. r. o., může věnovat na plných 100 % zajištění dodávek pitné vody a odvádění a čištění odpadní vody na provozovaném území.

Dnes je již všeobecně známo, že Rakovnicko patří mezi oblasti nejvíce postižené suchem, jehož důsledky se negativně projevují i při zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Převážnou část vodních zdrojů tvoří podzemní vody, u kterých se dlouhodobě projevuje srážkový deficit poklesem úrovně hladiny a snižováním vydatnosti. Z tohoto důvodu patří mezi hlavní úkoly vlastnické i provozní společnosti hledání možností zdrojového posílení jak z lokálních zdrojů, tak i napojení na zabezpečené silnější vodárenské systémy.

Aktuálně probíhá obnova tří nevyužívaných zdrojů podél Lišanského potoka. Před dokončením je související investice VSOR – výstavba nové úpravní vody v Rakovníku v areálu vodojemů

Antonín. Úpravná zahrnuje provzdušnění (aerátor Bubla), reaktor, tlakový pískový filtr, UV-lampu, chloraci. Zprovozněním těchto zdrojů bude zajištěna kapacita pro rozšiřování stávajících skupinových vodovodů (obr. 1).

S ohledem na predikovaný pokles kapacity místních zdrojů a klimatické předpovědi dlouhodobého charakteru zahájil VSOR jednání o nadregionálním propojení vodárenských soustav (Severočeské a Rakovnické). Záměr propojení skupinového vodovodu Stebno s vodovodem Jesenice (u Rakovníka) a dále propojení do Rakovníka je v souladu s koncepcí Opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Navržený systém předpokládá, že pitná voda bude přiváděna z dostatečné kapacitní ÚV Žlutice s využitím stávajícího předávacího místa v obci Stebno. Odtud bude čerpána novou ČS Stebno do nového vodojemu Jesenice. Dále bude voda čerpána pomocí ATS Jesenice a přiváděče dlouhého 7,04 km do druhého navrhovaného vodojemu Oráčov a následně gravitačně dopravována potrubím o délce 14,87 km až do objektu úpravní vody v Rakovníku (Studánky). Z rozšířené akumulace bude možné vodu dále distribuovat do celého systému SV Rakovník. Na řad budou napojena i další nová spotřebišť Oráčov, Švihov, Pšovky a Šanov, dále místních částí města Jesenice-Bedlno a Jesenice-Chotěšov. Ve výhledovém stavu tak navrhovaný vodovod zajistí pitnou vodu až pro 7 700 obyvatel (obr. 2).

V rámci studie proveditelnosti byly pro navržená řešení odhadnuty investiční náklady ve výši 260 milionů Kč (bez DPH).

Závěrem bych rád poděkoval SOVAK ČR za možnost prezentace naší společnosti a za aktivní způsob, jakým se stará o své členy. A na úplný závěr chci vyjádřit osobní poděkování Ing. Vilemu Žákovi za pomoc, kterou nám poskytl v nejednoduchém období převodu obchodních podílů v naší společnosti.

Ing. Hynek Kloboučník  
ředitel společnosti RAVOS, s. r. o.

**SEZAKO®**  
Ekologické služby  
SEZAKO Prostějov s.r.o.  
Fanderlíkova 36  
796 01 Prostějov CZ

www.sezako.cz E-mail: sezako@sezako.cz tel./fax: 582 338 167  
POHOTOVOST: +420 603 546 641 tel.: 582 336 366

Prostějov • Praha • České Budějovice • Hradec Králové • Třinec  
Trnava • Košice • Ružomberok • Malacky



# Moderní metoda inspekce kanalizačních šachet

Ondřej Sklenář, Martin Beneš

**Plánovaná údržba a obnova na základě hodnocení technického stavu podzemní infrastruktury zajišťuje integritu a zdraví kanalizačního systému.**

Posuzování stavu kanalizačních šachet je pro funkčnost kanalizace stejně důležité jako posuzování vlastního potrubí. Šachty jsou často přehlíženým prvkem sanace kanalizace. Přitom právě ony jsou prvním kontaktním bodem a nejdostupnějším místem kanalizačního systému. Proto by jejich inspekce měla být základním podkladem pro údržbu nebo obnovu kanalizačních systémů. Primárním účelem takové inspekce je najít a identifikovat problémy dříve, než se stanou nebezpečnými. Nejlepším způsobem, jak docílit efektivního sběru dat o samotné šachtě, je využití moderních metod. Společnost RAVOS, s. r. o., se stala součástí testování nového kompaktního zařízení pro plně automatizovanou kontrolu šachet.



čtyři laserové skenery generují mračno bodů pro 3D analýzu

akcelerometry umožňují softwaru kompenzovat torzní a kyvadlový pohyb

LED stroboskopy zajišťují jasné a rovnoměrné osvětlení

pět HD kamer zachycuje vysoké rozlišení obrazových dat, která jsou spojena do jediného skenu



Popis skenovací jednotky



Pohled na skenovací zařízení

## Technické informace

### Snímkování

O snímkování se stará pět HD kamer, které nabízejí vysoké rozlišení. Společně s výkonným stroboskopickým osvětlovacím LED systémem umožňují sestavit kompletní obrazový sken šachty a zachytit video snímek.

### Geometrie šachty

Zařízení obsahuje čtyři lasery, díky nimž CleverScan zachycuje geometrii šachty do mračna bodů s vysokým rozlišením. Tato geometrie je ideální pro provádění kapacitních studií, měření pro rehabilitační projekty a naplňování CAD modelů.

### Mobilita především

Mobilní řešení v dnešní době získávají čím dál tím větší význam. Není tomu jinak ani u zařízení pro plně automatizovanou kontrolu šachet.

kontrolu šachet. Tento lehce ovladatelný přenosný inspekční systém s váhou 18 kg a výškou 1,1 m nevyžaduje oproti jiným řešením nutnost použití velkého užitkového vozu. Nezávislost

zařízení nabízí použití v místech, kam se větší integrovaná zařízení na kamerových vozech nedostanou. Mimo krycího vaku k zajištění optimálních světelných podmínek a pojízdného vozíku, kde je umístěn pracovní notebook, není potřeba žádné další vybavení. Přístroj je možné nasadit do práce během několika minut.



Ukázka přenosnosti

**Proč je moderní metoda dobrou investicí?**

Úspěšné snížení nákladů na opravy šachet závisí na včasné zjištění veškerých nedokonalostí, jakými jsou například netěsnosti a praskliny. Tyto poruchy lze relativně snadno a rychle opravit efektivními metodami. To vyžaduje především opakovanou vizuální kontrolu šachty. Tradiční metoda zahrnující vstup do omezeného prostoru může být v první řadě pro pracovníka nebezpečná. Z hlediska bezpečnosti práce je proto nutná přítomnost další osoby, která by v případě krizové situace mohla pomoci. Při použití moderního řešení postačuje pouze jeden operátor, který zůstává na povrchu. Nutné je zmínit, že na základní práci operátora v terénu je zapotřebí jeho minimální školení. Obrovským benefitem je především ušetřený čas. Klasická metoda „s baterkou v ruce“ je oproti moderní – strojové pomalá. Technologie 3D skenování zrychluje hodnocení stavu 4–6násobně. Díky automatizaci je možné provést inspekci až na 50 šachtách denně. Samotná výdrž baterie je v závislosti na hloubkách skenování cca 6–7 hodin.

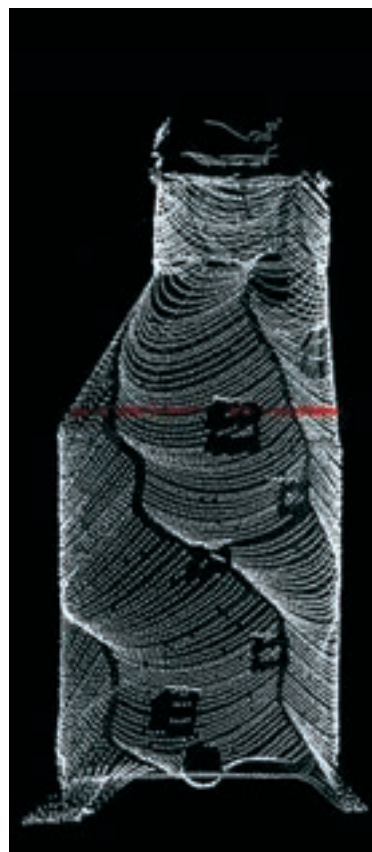


Operátor při práci

**Digitální data**

Klasická metoda s sebou nese další nevýhody. Například v podobě nízké kvality dat. U klasické metody se některé anomálie těžko detekují vizuálně, což není optimální pro budoucí analýzu. Při hledání zdrojů poruch záleží na malých detailech. Díky laserovému skenování interiéru šachty zachytíme sto procent povrchu šachty. Další nespornou výhodou je, že výsledný sken či video je ihned snadno přístupné pro analýzu na pracovním notebooku.

Kompletní přehledový obraz či video dává operátorovi jasnou představu o stavu konstrukce a umožňuje mu podle potřeby dokončit další měření a hlášení. Po počátečním vyšetření operátor



Výsledná geometrie šachty



Výstupy z programu WinCan



Rozšíření jednotky o GNSS modul



předá snímek do centrály k důkladnější analýze. K těmto úkonům slouží technickým pracovníkům obsáhlejší a známý software WinCan, který svým rozsahem cílí na celkovou spokojenost zákazníka.

Po hloubkovém zhodnocení stavu šachty technickými pracovníky se nasbíraná data využívají dále především jako podklad pro interní GIS systém. Na obrázku můžete vidět tematiczní vrstvu nad mapou zobrazující šachty, na kterých bylo provedeno skenování. V detailu šachty je také možné si zobrazit veškeré získané technické informace. Data v interním systému hrají důležitou roli jakožto účinný nástroj pro plánování oprav.

U GIS dat bychom ještě rádi zmínili zajímavou možnost rozšíření o GPS modul. Na zařízení lze aplikovat GNSS přijímač, díky kterému je možné při provádění inspekce zaměřit přesnou polohu šachty. Jedná se o uživatelsky přívětivé řešení pro GIS, kde je potřeba během inspekce sbírat i další typ dat – v tomto případě polohopisná a výškopisná data s přesností na 1 cm. Modul je kompaktní, bezdrátový a má vlastní dobíjecí baterii. Tato sestava nebyla osobně testována, ale v případě, kdy je potřeba souběžně aktualizovat interní GIS data, je toto řešení efektivní.

## Závěr

Tento příspěvek velmi stručně popisuje půlroční využívání nového řešení inspekce šachet. Jakmile je zařízení umístěno nad šachtou, stisknutím jediného tlačítka zahájíte skenovací sekvenci. Zde platí, že v jednoduchosti je krása. Hlavním přínosem je tedy velká úspora času, což se bezpochyby projeví na snížení nákladů. Zařízení pro plně automatickou kontrolu šachet je vyrobeno pro jednoduchý provoz a vysokou produktivitu. Možné zlepšení bych viděl pouze v možnosti podpory bezdrátového



Tematiczní vrstvy v GIS

propojení zařízení a pracovní stanice. Závěrem bych chtěl podotknout, že zařízení efektivně podporuje zajištění pokroku při rozvoji vodárenské infrastruktury v dnešní technicky založené době.

Ing. Ondřej Sklenář  
RAVOS, s. r. o.

Martin Beneš  
MAT Domoušice s. r. o.



**K&K TECHNOLOGY a.s.**

Koldinova 672, 339 01 Klatovy  
tel.: +420 376 356 111  
e-mail: kk@kk-technology.cz  
web: www.kk-technology.cz

### TECHNOLOGIE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Městské a průmyslové čistírny odpadních vod, úpravní vody, bioplynové stanice, kotelny, tepelná hospodářství, průmyslové potrubní systémy, elektrotechnologická zařízení, průmyslová automatizace.

PROJEKTY - VÝROBA - DODÁVKY - MONTÁŽE - SERVIS



dodává  
a instaluje:

- komunální čistírny odpadních vod
- průmyslové čistírny odpadních vod
- dekontaminační jednotky
- geologické průzkumy
- sanace podzemních vod a zemin

[www.ekosystem.cz](http://www.ekosystem.cz)

hawle

## COMBIFLEX

Modulární armatura  
pro individuální požadavky



Všechny  
komponenty  
lze instalovat  
manipulačními  
otvory šachet

made for generations.

[www.hawle.cz](http://www.hawle.cz)

# Rekonstrukce nebo zrušení ČOV, aneb když se do ceny započítají i budoucí odpisy a provozní náklady



Michal Žahour, Roman Badin, Petra Fritschová, Jiří Paul

**Na příkladu zrušení menší ČOV, u které bylo potřeba řešit kompletní rekonstrukci, a převedení odpadních vod na čistírnu větší, je ukázán rozhodovací proces, jenž může také posloužit jako příklad pro sdružování obcí a nápravu často nekoncepčního řešení odkanalizování malých obcí na vlastní čistírny.**

## Úvod

Zrušením okresních úřadů se koncepce zásobování obyvatelstva vodou a odkanalizování urbanizovaných území přenesla na dokument Plán rozvoje vodovodů a kanalizací územního celku. Tento materiál však často neplní roli koncepční, ale je poplatný lokálním zájmům bez ohledu na narůstající problémy s financováním obnovy malých vodárenských systémů. V roce 2019 bylo v ČR celkem 3 230 čistíren odpadních vod (ČR) a 7 480 vlastníků vodovodů a kanalizací [1].

V mnoha případech by však stačilo jednoduché porovnání nákladů na provoz a reprodukci majetku k tomu, aby se místo obnovy malých ČOV začalo uvažovat o převedení odpadní vody na ČOV s větší nebo navýšenou kapacitou.

## Plán rozvoje vodovodů a kanalizací krajů České republiky

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky, známý jako PRVKÚ ČR, je dokument státní politiky v oboru vodovodů a kanalizací, který je zpracován na základě ustanovení § 29 odst. 1 písmeno c) zákona č. 274/2001 Sb. (ZVK) [2].

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací kraje a území státu je definován v § 4 odst. 1–9 ZVK takto (upraveno):

- Kraje v samostatné působnosti zajišťují zpracování a následně schválení tzv. PRVKÚK pro své území. Tyto plány zahrnují koncepci řešení zásobování pitnou vodou, včetně vymezení zdrojů povrchových a podzemních vod, uvažovaných pro účely úpravy na pitnou vodu, a koncepci odkanalizování a čištění odpadních vod na území daného kraje. **Plán musí být hospodárný a musí obsahovat technicky nejvhodnější řešení** a vazby k plánu rozvoje pro území sousedících krajů.
- Kraj v samostatné působnosti průběžně aktualizuje a schvaluje plán pro své území.
- Při zpracování návrhu plánu rozvoje pro území kraje a při zpracování jeho aktualizací se vychází z politiky územního rozvoje a ze zásad územního rozvoje příslušného kraje a z národních plánů povodí.
- Při zpracování aktualizací plánu rozvoje se vychází z návrhů změn plánu rozvoje vodovodů a kanalizací předkládaných krajskému úřadu obcemi.
- Návrh plánu rozvoje i jeho aktualizaci projedná před schválením kraj s obcemi, vlastníky a provozovateli vodovodů a kanalizací v území, jehož se plán rozvoje týká, s Ministerstvem zemědělství, s dotčeným orgánem územního plánování, s příslušným správcem povodí a s příslušným vodoprávním úřadem. Od projednání se upouští v případech, kdy se jedná

o doplnění aktuálního stavu zásobování pitnou vodou, odvádění odpadních vod a jejich čištění.

- Plán rozvoje je podkladem pro zpracování politiky územního rozvoje a územně plánovací dokumentace a plánu dílčího povodí.
- Ministerstvo zemědělství zajišťuje zpracování, aktualizaci a schválení plánu rozvoje pro území státu. Tento plán obsahuje aktuální plány rozvoje pro území krajů se stanovisky k aktualizacím a souhrnné údaje z krajských plánů včetně vodovodů a kanalizací, které svým rozsahem překračují působnost krajů.

## PRVKÚK v praxi

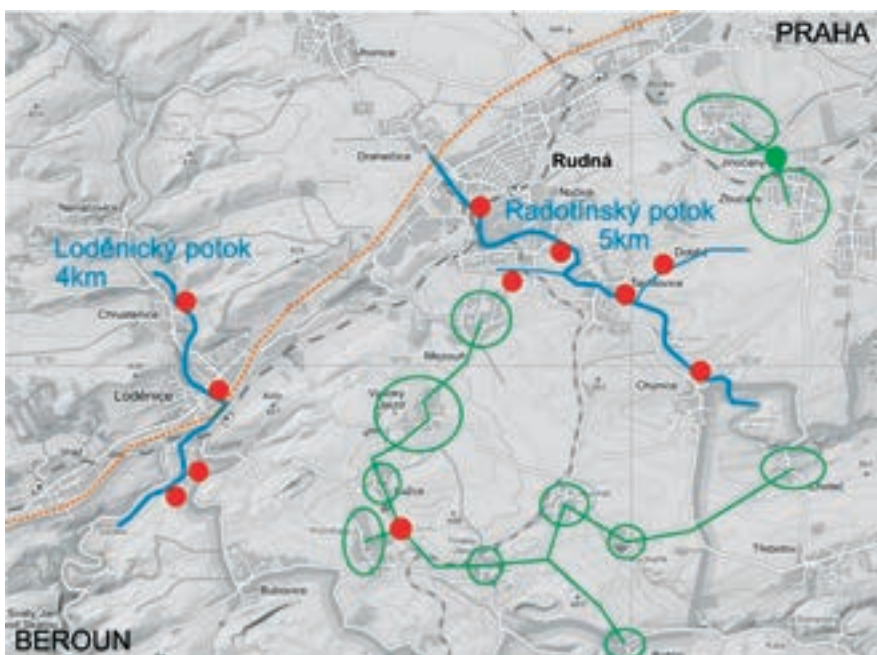
Jak je uvedeno v textu výše, příslušný krajský úřad vybere projekční firmu, která pro něj zpracuje PRVKÚK. Teprve před vlastním schválením krajský úřad zasílá návrh zpracovaného Plánu k vyjádření vlastníkům/provozovatelům vodohospodářské infrastruktury, příslušným správcům povodí i vlastním obcím, které mají být investory dané infrastruktury. Zpracovatel sice s účastníky výše uvedenými někdy v rámci přípravy PRVKÚK komunikuje, ale jejich stanoviska či připomínky nemusí být v potaz.

Jelikož se jedná o koncepční dokument, měl by být postup zpracování plánu, resp. jeho aktualizací, opačný. Žadoucí by bylo navrhovaná řešení již od počátku projednávat s obcemi, vlastníky/provozovateli VH infrastruktury a správcem povodí. Mnohdy se ale stává, že nejsou obce nebo vlastníci/provozovatelé VH infrastruktury či správcem povodí obsláni vůbec.

Z přípravy PRVKÚK pro Středočeský kraj pak máme zkušenost, že finální podoba vznikala na základě připomínek a rozhodnutí jednotlivých obcí, čímž ve většině případů vzala za své koncepční řešení. Pokud už se podaří prosadit koncepční řešení, ještě zdaleka není vyhráno. Obec může kdykoliv v budoucnosti požádat o aktualizaci a ta už často není připomínkována všemi původně oslovenými účastníky. A národní i evropské dotace se přidělují, pokud obec postupuje v souladu s PRVKÚK.

Výsledkem je, že řada obcí ležících poblíž sebe, mají každá vlastní čistírnu odpadních vod, i když by bylo žádoucí tyto obce propojit kanalizací a odpadní vody čistit na společné čistírně odpadních vod. A všechny tyto ČOV byly pořízeny z dotací z Operačního programu Životní prostředí nebo s podporou Ministerstva zemědělství.

Odstrašujícími příklady může být Radotínský a Loděnický potok, kdy na 10 kilometrech (bráno s přítoky) dochází k vypouštění z celkem 10 obecních čistíren. Navíc další čistírna v obci Ptice se nachází přímo v pramenní části Radotínského potoka



Obr. 1: Radotínský a Loděnický potok, upraveno podle [3]

Tabulka 1: Porovnání reálných odtokových koncentrací

Reálné prům. odtokové koncentrace [mg/l]	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>c</sub>	P <sub>c</sub>
ČOV Hořovice cca 16 000 EO	3,4	29,9	4,7	0,6	8,3	0,7
ČOV cca 3 000 EO	3,1–3,4	33,7–38	4,7–7,8	1,0–1,5	13–15	1,2–1,3

Tabulka 2: Porovnání nákladů na elektrickou energii na odstranění 1 kg CHSK

ČOV	Průměrné zatížení EO	Spotřeba kWh/rok	kWh/1 kg odstranění CHSK	Náklady na odstranění 1 kg CHSK
Komárov	1 390	132 454	2,4	7,30 Kč
Loděnice	1 080	55 261	1,1	3,27 Kč
Radouš	1 550	86 165	1,5	3,70 Kč
Tmaň	1 150	56 849	1,2	4,21 Kč
Hořovice	11 440	500 139	0,9	1,72 Kč

Tabulka 3: Porovnání investice a odpisu u variant zrušení ČOV (ČS + výtlak) a její rekonstrukce (ČOV). Údaj „náklad na 1 m<sup>3</sup>“ představuje náklad na roční odpis na 1 m<sup>3</sup> čištené odpadní vody

	Investice [mil. Kč]	Doba odpisu [roky]	Roční odpis [mil. Kč]	Náklad [Kč/m <sup>3</sup> ]
ČS + výtlak stavba	26,0	30	0,9	
technologie	3,0	10	0,3	
MAR	0,8	5	0,2	
celkem	29,8		1,3	
náklad na 1 m <sup>3</sup>				6,0
ČOV stavba	20,9	30	0,7	
technologie	10,8	10	1,1	
MAR	1,3	5	0,3	
celkem	33,0		2,0	
náklad na 1 m <sup>3</sup>				9,2

a vlastní čistírnu bude mít i obec Úhoňovice ležící hned vedle obce Ptice.

Naopak vhodným příkladem může být čistírna obce Vysoký Újezd, na které jsou čišteny odpadní vody kromě vlastní obce Vysoký Újezd s místními částmi Kozolupy a Kuchař také odpadní vody z obce Mezouň, Lužce, Roblín a Mořina, resp. její místní části Trněný Újezd (obr. 1).

### PRVKÚK, aneb jak by to mělo být

Nežijeme v ideálním světě, ale pokud se již vynakládají značné finanční prostředky na zpracování koncepčních plánů, jako jsou Plány hlavních povodí ČR a z nich vycházející Plány dílčích povodí, měly by další koncepční materiály, jako je PRVKÚK a územní plány obcí, s těmito plány být v souladu a vycházet z nich.

Bohužel již při zpracování Plánu dílčích povodí se neřeší podrobnější členění vodních útvarů. Navíc navrhovaná opatření pro bodové zdroje znečištění jsou podrobněji řešena pouze pro sídla o velikosti nad 2 000 EO. Nicméně tato sídla měla mít zajištěno řádné čištení odpadních vod v souladu s vodním zákonem [4] nejpozději do 31. 12. 2010. Nemá tak cenu tato sídla dále v Plánech povodí řešit, maximálně stanovit např. povinnost doplnění dalších stupňů čištení, aby byl zajištěn dobrý stav v daném vodním útvaru. Čemu by ale měla být v Plánech povodí naopak věnována pozornost, jsou menší sídla. Zde by měl být podrobněji řešen způsob likvidace odpadních vod s ohledem na recipient. Správci povodí by měli určovat na základě dlouhodobých sledování jakosti a průtoků vhodná řešení pro zajištění likvidace odpadních vod tak, aby tato likvidace neměla negativní vliv na daný vodní útvar povrchových vod. Následně by zpracovatelé PRVKÚK, ale i dalších koncepčních materiálů, pouze převzali opatření vycházející z Plánů povodí.

Takto nějak si lze představit definici ze ZVK, že **Plán musí být hospodárný a musí obsahovat technicky nejvhodnější řešení.**

Udržitelný rozvoj musí být základním a rozhodujícím hlediskem každého řešení zásobování pitnou vodou, odkanalizování a čištení odpadních vod, který lze zajistit jen, pokud je možné na něj generovat finanční prostředky na obnovu vodohospodářské infrastruktury v reálných sociálně ušnosných cenách pro vodné a stočné.

### Výhody společné (větší) ČOV

Z hlediska nákladů na výstavbu, následných provozních nákladů a kvality vypouštěných vod přináší s sebou společné řešení pro více obcí, tedy větší ČOV:

- nižší investiční náklady vztažené na 1 EO,



- nižší provozní náklady vztažené na 1 m<sup>3</sup> čistěných vod,
- vyšší jakost vypouštěných vod.

Nižší investiční náklady jsou dány zejména menším zábo-rem stavebních pozemků (obzvláště v dnešní době vysokých cen za m<sup>2</sup>), viz obr. 2, potřebou pouze jediného projektu a jednoho inženýringu, menšími náklady na materiál a stavební práce.

Čištění odpadních vod se, podobně jako výroba vody nebo dodávka jiných médií, vyznačuje vysokým podílem tzv. fixních nákladů, to jsou náklady vznikající bez ohledu na množství vyčištěné vody. Mezi nejvýznamnější fixní náklady patří odpisy a opravy, mzdové náklady, náklady na údržbu strojů, laboratorní práce, režijní náklady. Dohromady tyto náklady představují zpravidla více než polovinu nákladů [5]. Je proto zřejmá výhoda provozování jednoho zařízení oproti dvěma a více.

Vyšší jakost vypouštěných vod je dána například přísnějšími požadavky na jakost vypouštěných odpadních vod (odstraňování všech sloučenin dusíku, nejen N-NH<sub>4</sub>, odstraňování fosforu), možností kvalitnější a časově rozsáhlejší lidské obsluhy nebo lepším systémem ASŘ, vyšší odolností vůči hydraulickým i látkovým výkyvům (tabulka 1).

Výše uvedená tvrzení je možné demonstrovat i na údajích v tabulce 2. Pro znázornění jsme vybrali čtyři obdobné ČOV podobného látkového zatížení v EO a porovnali je s ČOV Hořovice. Z tabulky je patrné, že spotřeba elektrické energie na odstranění 1 kg CHSK je v případě „velké“ ČOV nejnižší. U nákladu na energii na odstranění CHSK je rozdíl mezi větší ČOV a malými ještě výraznější; to je dáno výhodnější cenou pro velké odběry elektrické energie.

Podobné výsledky prezentuje i VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a. s. Průměrné náklady na čištění 1 m<sup>3</sup> při započtení nákladů na obnovu dosahují u ČOV do 2 000 EO cca 57 Kč, což je více než uplatňované stočné. Z ekonomického hlediska je výhodné provozovat čistírny o velikosti alespoň 7 500 EO [6], což lze bez rizika velké chyby zobecnit na celou Českou republiku.

### Příklad – ČOV Komárov

Obec Komárov, kde se nachází posuzovaná čistírna odpadních vod, leží 4 km od města Hořovice, tj. cca 55 km od Prahy. Celkový počet obyvatel je přibližně 2 400. Na zmiňovanou ČOV jsou kromě běžných splaškových vod přiváděny také průmyslové odpadní vody z výrobního závodu BUZULUK a. s., pro který byla tato ČOV původně vybudována. Stáří této ČOV je okolo 50 let (obr. 3).

Na ČOV odpadní vody přitékají převážně jednotnou kanalizací o celkové délce 15,6 km. Odpadní vody jsou přivedeny gravitačně přes odlehčovací komoru na hrubé ruční česle, za kterými jsou strojně stírané česle a lapák písku. Mechanicky předčištěné vody dále natékají do čerpací stanice, ze které jsou čerpány na dvojici oxidačních příkopů, kdy každý má vlastní dosazovací nádrž. Vycištěné vody jsou odváděny do významného vodního toku Červený potok. Technologie ČOV je původní, došlo pouze k nahrazení povrchových aerátorů (známé jako kesenery) jemnobublinnými aeračními elementy uloženými na dno oxidačních příkopů.

Kapacita ČOV je 3 000 EO, na kanalizaci je v současné době připojeno 2 200 obyvatel, látkové zatížení odpovídá cca 2 055 EO, objem čistěných vod je 220 000 m<sup>3</sup>/r. Ve výhledu se na ČOV mají připojit další čtyři menší obce.

Mezi roky 2015 a 2016 byly zvažovány dvě varianty řešení pro dosluhující čistírnu. První varianta byla celková rekonstrukce zahrnující prakticky výstavbu zcela nové ČOV, druhou pak převedení odpadních vod do města Hořovice s likvidací na ČOV Hořovice (tabulka 3).

Zatímco náklady na zrušení ČOV, tedy výstavba čerpací stanice (ČS) a výtlačku a demolice stávající ČOV vychází z vysoutěžené ceny a oceněného výkazu výměr, náklady na ČOV jsou považovány jako 11 milionů Kč na 1 000 EO. U ČOV je pak předpokládán náklad na stavbu a technologii v poměru 2 : 1. Ačkoliv je původní investice srovnatelná (30 versus 33 mil. Kč), varianta převodu odpadních vod na jinou ČOV vychází výrazně lépe díky většímu podílu díle odepisované stavby (graf 1).

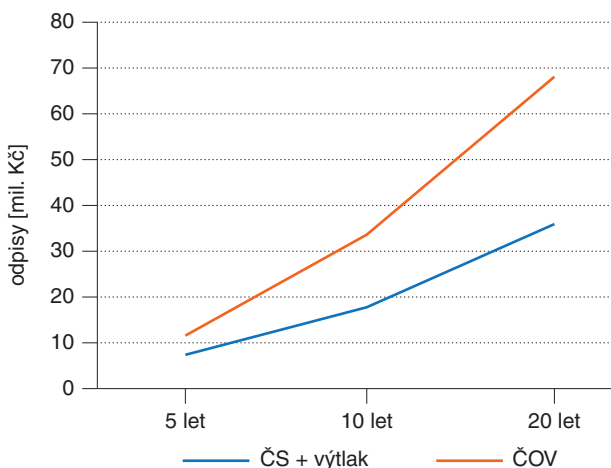
Pokud by se měly náklady na odpisy obou variant vyrovnat, musela by rekonstrukce ČOV Komárov dosáhnout maximálně 18 milionů Kč, což je vzhledem ke stávajícímu stavu ČOV a potřebné konečné kapacitě nereálné. Na druhou stranu – výstavba ČS a výtlačku by se výši odpisů (ve stávajícím poměru stavba/



Obr. 2: Porovnání záboru pozemku nové čerpací stanice oproti původní ČOV



Obr. 3: Areál ČOV Komárov [7]



Graf 1: Kumulovaná výše odpisů a reinvestic u porovnávaných variant

technologie) vyrovnala rekonstrukci ČOV v předpokládaných nákladech (33 mil. Kč) až při celkovém nákladu 61 milionů Kč (!) bez přihlédnutí k ostatním provozním nákladům.

Vlastník ČOV Komárov, společnost Vodovody a kanalizace Beroun, a. s., se proto rozhodl pro zrušení ČOV a převádění odpadní vody do kanalizačního systému města Hořovice zakončeného mechanicko-biologickou ČOV o kapacitě cca 14 000 EO. V porovnání nákladů není vyčíslen provozní náklad čerpání na ČOV Hořovice, ale ten můžeme s ohledem na předpokládané dříve uvedené nižší náklady na čištění na větší ČOV a signifikantní rozdíl v nákladech na odpisy pominout.

V srpnu 2017 byla zpracována projektová dokumentace pro územní řízení na stavbu kanalizačního výtlačného řadu. Z důvodu nesouhlasu vlastníků dotčených pozemků byl projekt přepracován tak, aby trasa výtlačku vedla pouze přes veřejné pozemky. V roce 2019 bylo na stavbu vydáno Městským úřadem



Obr. 4: Objekt nové čerpací stanice

Hořovice stavební povolení. Kanalizační výtlačk má od místa výstupu z areálu ČOV Komárov do místa napojení ve městě Hořovice na gravitační kanalizaci celkovou délku 2 806 m a překonává výškový rozdíl 65 m. Následně bylo provedeno výběrové řízení na dodavatele stavby a v říjnu 2019 byla zahájena stavba výtlačku, která byla zkolaudována v září 2020.

V roce 2019 byly zahájeny projektové práce na druhé části stavby, vlastní čerpací stanici. Vzhledem k jednotnému charakteru kanalizační sítě v Komárově bylo nutné navrhnout před čerpací stanicí odlehčení. V té době vstoupila v platnost novela vodního zákona [4], která zásadně změnila pohled na odlehčované vody. Tyto vody se ke dni účinnosti novely vodního zákona staly vodami odpadními včetně všech důsledků. Jedním z důsledků je i povinnost placení poplatků za vypouštění odpadních vod z odlehčovacích komor, pokud tyto nesplňují technické požadavky pro jejich stavbu a provoz stanovené právním předpisem, kterým se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích. Jak v té době projektovat a rozhodovat, nebylo vůbec zřejmé; česká technická norma pro odlehčovací komory byla vydána až v prosinci roku 2019.

Proto jsme oslovili správce povodí a správce toku Povodí Vltavy, který nám stanovil povinnost převádět šestinásobek průtoku  $Q_{24}$ . V současné době, kdy je odkanalizována pouze obec Komárov, to činí 14 l/s. V budoucnu se na kanalizační síť obce Komárov napojí také okolní obce Osek, Chaloupky, Hvozdec a Malá Víska. Na tento výhledový stav byla naprojektována čerpací stanice, která bude schopna převést průtok až 23 l/s.

#### Technické parametry výtlačného řadu

Materiál výtlačného řadu je HDPE o průměru 225 × 20,5 mm o celkové délce 2 806,5 m. Na trase výtlačku je navrženo celkem 26 šachet – odkalovací a revizní a dále vzdušnickové. Výtlačný řad bude zaústěn do ukliďňovacího úseku DN 250 o délce 106,7 m. Pro omezení možného zápachu je od místa zaústění výtlačku do ukliďňovací šachty vedeno odvětrávací potrubí, které bude vedeno nad střechu blízkého vodojemu.

#### Technické parametry čerpací stanice

Priváděné odpadní vody budou mechanicky předčištěny na strojních česlích 10 mm s hydraulickou kapacitou 250 l/s s možností obtoku s ručními česlemi 30 mm. Mechanicky předčištěné vody budou natékat do akumulární jímky ČS o objemu 45 m<sup>3</sup>. V ČS budou osazena dvě čerpadla čerpání 1. stupně (1 + 1) a dvě čerpadla pro čerpání 2. stupně (1 + 1). Výkon obou dvojic čerpadel je shodně 24 l/s. V případě většího přítoku, než je dimenzován výkon čerpací stanice (6násobek  $Q_{24}$ ), budou mechanicky předčištěné odpadní vody přepadat do havarijního přelivu a odtékat do recipientu. Stavba čerpací stanice byla zahájena v říjnu 2020 a na základě rozhodnutí vodoprávního úřadu o povolení předčasného užívání je v provozu od poloviny července 2021 (obr. 4).

#### Závěr

Na řadě míst v ČR byly vybudovány malé ČOV (s kapacitou menší než 1 000 EO). Mnohdy nebylo bráno v potaz možné odkanalizování více obcí na jednu větší ČOV. Již kolem desátého roku provozování ČOV vzniká potřeba zásadní obnovy zejména technologického zařízení. To je vhodná doba pro úvahy o koncepcijním řešení. Příklad Komárova je možné brát jako ukázkou možné nápravy mnohdy nekoncepčního stavu likvidace odpadních vod na území České republiky. Již v současné době se ve VAK Beroun připravuje další projekt na zrušení malé ČOV, kdy bude obec Podluhy odkanalizována také na ČOV Hořovice. Ze zpracované studie proveditelnosti vyplývá, že investiční náklady budou cca o 1/3 nižší než v případě celkové rekonstrukce dosluhující ČOV. Příspěvek ukazuje, že před rozhodnutím o pro-



stě obnově vodohospodářského majetku je vhodné vzít do úvahy i jiné možnosti řešení. Pokud do rozhodovacího procesu zařadíme výpočet nejen investičních, ale i budoucích provozních nákladů včetně odpisů – obnovy majetku, mohou i na první pohled nákladnější řešení být z dlouhodobého pohledu výhodnější.

**Literatura**

1. Duda J, a kol. Vodovody a kanalizace ČR 2019. Ekonomika, ceny, informace. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2020. ISBN 978-80-7434-578-4.
2. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.
3. Hydroekologický informační systém VÚV TGM, www.heis.vuv.cz.
4. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění novely (zákon č. 113/2018 Sb.).

5. Kožíšek F, Paul J, Datel JV. Zajištění kvality pitné vody při zásobování obyvatelstva malými vodárenskými systémy. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2013;112 str. ISBN 978-80-87402-26-9.
6. Král J. Vyhodnocení provozu ČOV, Financování vodárenské infrastruktury 2020, 4. 2. 2020. Praha, 2020. Dostupné z www.bids.cz.
7. Mapy CZ. Dostupné z www.mapy.cz.

Příspěvek zazněl na webinaru Nové metody a postupy při provozování ČOV 2021.

Ing. Michal Žahour, Ing. Roman Badin,  
Ing. Petra Fritschová, Mgr. Jiří Paul, MBA  
Vodovody a kanalizace Beroun, a. s.

**Čeník předplatného a inzerce v časopisu Sovak je ve formátu PDF k dispozici ke stažení na stránkách [www.sovak.cz](http://www.sovak.cz)**

**ASTERRA**  
Technology by Utilities

# VESMÍRNÉ TECHNOLOGIE V OBORU VODÁRENSTVÍ

**VYHLEDÁVÁNÍ PORUCH POMOCÍ SATELITNÍ ANALÝZY VODOVODNÍ SÍTĚ**

- Vytvoření plánu obnovy vodohospodářské infrastruktury
- Odhalení problematických míst, jež doteď unikaly pozornosti kvůli provozní slepotě
- Konsekvenční analýza sítě – stanovení kritických úseků
- Optimalizace plánu údržby sítě – snížení rizik a dopadů plynoucích z budoucích havárií
- Vytipování oblasti pro permanentní akustický monitoring sítě > okamžitá a přesná detekce nových úniků
- Skokové snížení úrovně ztrát díky změně statu quo
- Mnohonásobné zvýšení efektivity pátračských týmů

[www.unikyvody.cz](http://www.unikyvody.cz)

**radeton®**



# Další směřování čistírenských technologií: potřeby, současný výzkum

Martin Srb, Ondřej Beneš, Jiří Wanner

**Príspevek ohľadne budúcnosti čistenia odpadných vod v Českej republike zaznel na webinári Nové metódy a postupy pri provozovaní ČOV 2021 a je v časopise predkladaný v rozšírenej verzii.**



## Úvod

Za 25 let historie semináře Nové metody a postupy při provozování ČOV se účastníci seznámili s desítkami legislativních změn, environmentálních norem, technologií a systémů používaných při čištění odpadních vod. Historii těchto technologií se věnuje zvláštní příspěvek ve sborníku webináře (1). Cílem tohoto příspěvku je naopak cimrmanovsky „roztopit troubu“ a nahlédnout do budoucnosti čištění odpadních vod v České republice. Patrně ani autoři tohoto článku nejsou takoví vizionáři a nemají dostatek paliva na to, aby naše pomyslná trouba dohlédla dalších 25 let, proto jsme si dali cíl skromnější, výhled na cca 10 let. Dále jsme se omezili na potřeby a technologie, které se skutečně přímo vztahují k čištění odpadních vod, tedy k samotné vodní lince ČOV. Příspěvek tedy neřeší problematiku úpravy a následného využití čistírenských kalů [i tomuto tématu byla věnována samostatná přednáška (1)]. Dalším tématem, kterému se tento příspěvek záměrně nevěnuje, je problematika odlehčení a případného čištění srážkových vod, jehož rozsáhlost i aktuálnost ho předurčují pro samostatný příspěvek.

Výběr témat pro tento příspěvek jsme provedli na základě naší aktuální zkušenosti s požadavky municipalit jako vlastníků vodohospodářské infrastruktury, zadavatelů grantových projektů, provozovatelů ČOV a také požadavků veřejnosti formulovaných v diskusích, na seminářích, přednáškách apod.

Komplexní pohled na průzkum veřejného mínění v oblasti životního prostředí nabízí publikace [Krajhanzl J, et al., 2018]. Dle této studie české veřejnosti na vodě záleží. Na celostátní úrovni vnímají lidé jako závažný problém znečištění vod (85 %) a hodnotí ho jako nebezpečný pro životní prostředí (90 %). Není překvapivé, že aktuálně mezi veřejností nejvíce rezonuje téma sucho. **Celých 79 % české veřejnosti považuje sucho za závažný problém. Veřejnost má také poměrně jasnou představu**

o řešení problematiky sucha, kdy nejvíce respondentů podporuje využití dešťové odpadní vody (93 %) a využití vyčištěné odpadní vody (88 %). Perličkou může být to, že aktivní kroky českého státu v této oblasti podporuje ještě více občanů než například řešení tuzemských nízkých platů.

Přání veřejnosti jsou tak dobře naplňována v aktuálních výzkumných prioritách, které jsou vesměs dány zejména problematikou sucha a zvyšováním kvality vyčištěné vody tak, aby bylo možné její další využití. Pro přehlednost jsme problematiku

kvality vyčištěné odpadní vody rozdělili do tří témat:

1. Odstraňování nutrientů s cílem zabránění eutrofizace.
2. Hygienizace odtoku pro potřeby nadlepšování průtoků zejména v rekreačních vod v době sucha a recyklace.
3. Odstraňování mikropolutantů pro účely recyklace.

Oporu u veřejnosti pak nachází i čtvrté téma Energetická efektivita a uhlíková neutralita. Byť to často vypadá, že téma uhlíkové neutrality je v ČR tabu, tak z aktuálně zveřejněných výsledků veřejného mínění v zemích EU k problematice klimatické změny plyne, že naprostá většina, tedy 83 % respondentů v České republice si přeje, aby vláda stanovila náročné cíle, jak navýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů, a 82 % z nich chce podporovat opatření na zlepšení energetické účinnosti do roku 2030 [www.energie21.cz, 2019].

Poslední téma Online měření, modelování a molekulárně-biologické metody pak samozřejmě předmětem veřejného zájmu být nemůže, ale o to větší význam má při praktickém naplňování cílů definovaných v tématech 1–3.

## Jednotlivá témata směřování čistírenských technologií

### 1. Vývoj v odstraňování nutrientů s cílem prevence eutrofizace

Odstraňování nutrientů z odpadních vod se řídilo a dosud řídí v členských státech principy, které nastolila Směrnice Rady ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod (91/271/EHS). Tato směrnice požaduje odstraňování sloučenin dusíku a fosforu, pokud:

- jsou vyčištěné odpadní vody vypouštěny do citlivé oblasti,
- kapacita čistírny je větší než 10 000 EO.



Ochrana povrchových vod před znečištěním z bodových zdrojů je založena na pevně daných emisních standardech pro sloučení dusíku a fosforu, přičemž číselné hodnoty standardů jsou definovány jako celoroční průměr.

Tento princip, doplněný o Sdružený přístup k bodovým a difuzním zdrojům znečišťování (podle čl. 10. Rámcové směrnice o vodě 2000/60/ES), byl převzat i do našeho vodního práva ve stávajícím nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Tento přístup vedl sice v členských zemích k částečnému snížení zátěže povrchových vod, ale proces eutrofizace se zastavit nepodařilo. Podle hodnocení kvality povrchových vod z roku 2018 bylo dosaženo dobrého ekologického stavu jen u 40 % a dobrého chemického stavu u necelých 40 % povrchových vod. Tento stav poněkud kontrastuje s ohromnými investicemi do výstavby městských ČOV. Počet ČOV s odstraňováním sloučenin dusíku a fosforu podle databáze <https://heis.vuv.cz> shrnuje tabulka 1.

Přestože řada států zatím podle Evropské komise nedostatečně implementovala požadavky stávající Směrnice 91/271/EHS) a dobrý stav vod je nejen nedosahován, ale naopak se celkový počet vodních útvarů mimo dobrý stav vod zvyšuje (metoda one out, all out, méně než 40 % útvarů v dobrém stavu vod), plánuje Evropská komise další zásahy pro zlepšení stavu vod. Tyto návrhy jsou aktuálně obsaženy v dokumentu Zelená dohoda pro Evropu [<https://ec.europa.eu>, 2021]. Řada návrhů se objevuje také v probíhající veřejné konzultaci k Směrnici 91/271/EHS. Je zřejmé, že pro zastavení eutrofizace, jsou výše uvedené představy o kvalitě vyčištěných odpadních vod nedostatečné zejména v parametru fosfor. Koncentrace fosforu v toku limitní pro eutrofizace se v různých publikacích liší, ale obecně je shoda na limitech cca 0,01–0,05 mg/l [Poikane S, et al., 2021, Příloha č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.]. Pokud bychom těchto hodnot chtěli dosahovat v ČR, můžeme provést orientační odhad cílové koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v mg/l průměru všech ČOV v ČR při odhadu 20násobného naředení odtoků (celkový odtok z ČR 15 mld. m<sup>3</sup>, odtok z ČOV 0,8 mld. m<sup>3</sup> bez jiných opatření na 0,1–0,5 mg/l. Na spodní hranici se jedná o hodnoty nedosažitelné bez využití terciárního srážení fosforu.

Tento stav má několik příčin a jejich řešení bude úkolem několika příštích let a bude vyžadovat i jistou míru flexibility v legislativě, ze strany vlastníků a provozovatelů ČOV i ze strany vodoprávních úřadů.

#### • Flexibilita v emisních limitech

Tímto problémem se podrobněji zabývali [Wanner, et al. 2019a]. Zkušenosti ze zahraničí, které autoři shrnuli, ukazují, že míra nadměrného růstu sinic závisí nejen na absolutní hodnotě koncentrace fosforu jako limitujícího nutrientu v povrchových vodách, ale i na vzájemném poměru koncentrací dusíku a fosforu. Navrhli proto využívat odtoky ČOV ke zvýšení koncentrace dusíku v povrchových vodách vypouštěním vyšších koncentrací

dusičnanů na jaře a v létě, což by znamenalo omezit denitrifikaci na ČOV. Dusík ve formě dusičnanů by měl být uvolňován do recipientů během jara a léta, kdy teplota vody stoupá, aby působil proti vyšším teplotám ve vodě, které jsou příznivé pro sinice. Vyšší koncentrace dusičnanů vedou k vyššímu poměru N : P, kdy mohou být sinice potlačeny zelenými řasami a rostlinami. To by ovšem znamenalo opustit princip pevných, celoročně platných emisních limitů pro tyto nutrienty a začít nazírat na čistírny odpadních vod jako na zařízení schopná řídit a zlepšovat kvalitu povrchových vod [Hendriks a Langeveld, 2017].

#### • Zanedbávání vlivu difuzního znečištění

Ačkoli Rámcová směrnice o vodách hovoří v případě difuzních vlivů o nutnosti regulování této formy znečištění použitím nejlepších environmentálních postupů, je pro úřady mnohem jednodušší z hlediska administrace i následné kontroly soustředit se hlavně na zdroje bodové. Navíc je mnohem obtížnější získat správná a věrohodná data o vlivu difuzního znečištění na vnos nutrienty do recipientů. V České republice se ustálila mezi některými odborníky a mezi pracovníky Ministerstva životního prostředí představa, že z hlediska celkového toku do povodí je u dusíku rozhodující vnos z plošných zdrojů, zatímco u fosforu je hlavním zdrojem bodové znečištění. Od toho se také odvíjí neustálý tlak na snižování zbytkových koncentrací fosforu v odtocích z čistíren odpadních vod. Otázkou však zůstává, zdali enormní investice, které by si vyžádalo ošetření bodových zdrojů na odtokové koncentrace, jež by automaticky znamenaly dosažení normy environmentální kvality v útvarech povrchových vod, nepřišly vničit v důsledku dalšího významného vnosu fosforu z plošných zdrojů. Problematice se věnoval např. [Wanner, 2015a], který shrnul výsledky studií z některých velkých povodí v Evropě.

V Evropě byla provedena porovnávání podílu plošných a bodových zdrojů na vnosu dusíku a fosforu. Rozsáhle bylo monitorováno povodí Dunaje a podobně také povodí řek Labe, Rýn, Odry a Visla. Pozorováním v povodí Dunaje bylo zjištěno, že 80 % emisí nutrienty je z plošných zdrojů. Pro samotný fosfor je to 64 %. Podíl bodových zdrojů na emisi dusíku byl asi 20 %. Vnos prostřednictvím podzemních vod byl se 47 % dominantní. Emise ze zpevněných povrchů a zemědělských drenáží přispěly 10 %. Podíl eroze, povrchového odtoku a atmosférického spadu byl pod 6 % pro každou z těchto cest. Celkem 35 % emisí fosforu pochází z městských čistíren odpadních vod (ČOV). 37 % je vnášeno erozí a 13 % z vypouštění z městských oblastí a od lidí nepřipojených na ČOV (rozptýlené zdroje). Celkově je tedy eroze nejvýznamnějším zdrojem emisí fosforu s asi 59 % z plošných zdrojů [Schreiber, et al., 2003]. Vliv eroze na vnos fosforu do povrchových vod potvrzuje i zpracování dostupných dat z ČR modelem MONERIS, který potvrdil, že zatímco u dusíku činil vnos spojený s erozí jen asi 6,5 %, u fosforu to bylo asi 96 % [IGB report, 2004].

Tabulka 1: Požadavky na odstraňování nutrientů na typech ČOV dle velikosti

Odstraňování nutrientů	Velikostní kategorie ČOV dle projektované kapacity [v EO]			
	50–2 000 n = 304 ČOV	2 001–10 000 n = 350 ČOV	10 001–100 000 n = 186 ČOV	nad 100 000 n = 26 ČOV
N ano	110	211	110	18
N ne	194	139	76	8
P chemické	11	33	51	11
P biologické	36	63	32	2
P biologické s dosrážením	3	12	25	5
	celkem P odstraňován u 50 ČOV	celkem P odstraňován u 108 ČOV	celkem P odstraňován u 108 ČOV	celkem P odstraňován u 18 ČOV
P ne	254	242	78	

Studie zjišťující zdroje dusíku a fosforu v povrchových vodách v německé části povodí Labe [Trepel, 2015] ukázaly následující rozdíly v hlavních zdrojích dusíku a fosforu:

#### Dusík:

- cca 50 % pochází z podzemních vod,
- cca 25 % z drenáží,
- téměř 25 % z výpustí ČOV a městských odvodňovacích systémů.

#### Fosfor:

- cca 55 % z výpustí ČOV a městských odvodňovacích systémů,
- cca 15 % z podzemních vod,
- cca 18 % z drenáží,
- cca 12 % erozí půdy.

Jak je patrné z těchto zahraničních dat, není vnos fosforu do povrchových vod výhradně záležitostí nedostatečně čistěných odpadních vod. Na rozdíl od dusíku je vnos fosforu dále významně svázán s erozí půdy. Fosfor vázaný na půdu je sice okamžitě ve vodě využitelný jen částečně, ale v případě vodních nádrží může docházet a dochází k jeho mobilizaci ve dnových sedimentech.

#### • Dopady na vývoj čistírenských technologií

Zůstaneme-li u předpokladu, že z hlediska růstu zelených řas a sinic je v sladkovodních povrchových vodách limitujícím nutriem fosfor, pak je otázkou, jaká koncentrace fosforu růst těchto fototrofních organismů spouští a je-li její dosažení technicky a ekonomicky možné. Naše norma environmentální kvality (Příloha č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.) uvádí jako koncentrační limit pro celkový fosfor i v nejcitlivějších povrchových vodách 0,05 mg/l. Podle řady vyjádření našich hydrobiologů ovšem ani tento limit není dostatečně nízký, aby došlo přirozenou cestou k limitaci růstu zelených řas a sinic. Tato limitní koncentrace se v našich klimatických podmínkách pohybuje okolo 0,02 mg/l v povrchových vodách. Pokud se máme k této hranici v budoucnu přiblížit, bude to znamenat v první řadě výrazné snížení již diskutovaného difuzního znečištění. U bodových zdrojů, tedy u odtoků z městských ČOV, bude tento tlak znamenat přechod z dosud běžného odstranění fosforu chemického srážením simultánně s biologickým čištěním na srážení terciární s vysoce účinnou separací vznikající sráženiny [Wanner, 2019].

Pokud se jedná o samostatné odstraňování sloučenin dusíku, byl by v nejbližším období tlak na snižování odtokových koncentrací asi zbytečný, a to nejen z hlediska ochrany kvality povrchových vod, ale zejména z důvodů ekonomických. Pokud bude něco nutno v této oblasti řešit, bude se jednat o [Wanner, 2015b]:

- zvýšení stability procesů nitrifikace (další rozšíření procesu bioaugmentace, kombinace aktivačního procesu s biofilmovými procesy, granulovaný aktivovaný kal apod.),
- zlepšení hospodaření se snadno rozložitelným substrátem pro

potřeby denitrifikace či zvýšeného biologického odstraňování fosforu.

## 2. Hygienizace odtoku pro potřeby nadleřování průtoků zejména u rekreačních vod v době sucha a recyklace

Zatímco v oblasti vlastního biologického čištění odpadních vod, tj. při odstraňování organického znečištění a sloučenin dusíku a fosforu, nelze s výjimkou terciárního srážení fosforu očekávat dramatické změny, lze naopak očekávat výrazný tlak na další zvyšování kvality odtoku z městských ČOV v ostatních ukazatelích. Tento tlak bude souviset se dvěma fenomény nejbližší doby:

- zhoršováním průtokových poměrů v recipientech a snižováním ředicích poměrů pod výpustmi městských ČOV,
- opětovným využíváním vyčištěných odpadních vod.

Základním předpokladem pro zvýšení bezpečnosti v recipientech v obdobích sucha i při recyklaci odpadních vod je hygienické zabezpečení těchto odtoků. Na hygienizaci odtoků z ČOV lze pohlížet jako na zcela specifický druh terciárního dočištění odtoku. V tomto případě se nejedná o další snížení koncentrace polutantů, ale o minimalizaci obsahu patogenních mikroorganismů ve vypouštěné vodě. Vodoprávní předpisy hygienické zabezpečení odtoku z komunálních čistíren odpadních vod nevyžadují, v odůvodněných případech ho může nařídít orgán hygienické služby. Jedná se o případy, kdy jsou na ČOV čistěny odpadní vody z hygienicky závadných provozů – především z medicínských zařízení nebo výzkumu. Hygienické zabezpečení se vyžaduje vždy v případech, kdy je odtok z čistírny odpadních vod určitým způsobem zpětně využíván jako například pro závlahu nebo při vypouštění odpadních vod v blízkosti citlivých oblastí či oblastí pro rekreaci. Požadavky na úroveň dezinfekce v případech recyklace odpadních vod bude upravovat nové nařízení EP a Rady o minimálních požadavcích na opětovné využívání vody. Hygienizaci odtoku lze provádět chemickými nebo fyzikálními metodami.

Pro chemický způsob dezinfekce je vhodným dezinfekčním prostředkem chlor, nejčastěji chlornan sodný, pro jeho nízkou cenu a dobrou dostupnost. Je nutné dávkovat dostatečné množství a zajistit dostatečnou reakční dobu, tím lze dosáhnout požadované kvality vody. Obsah chloru ovlivňuje pozitivně i další procesy probíhající při následném využití, např. zabraňuje vzniku povlaků v rozvodném potrubí či působí preventivně proti sekundárnímu růstu mikroorganismů. V případě, že zbytkový chlor v dalším využití není žádoucí, přidávají se dechlorační činidla, nejvhodnější je zkombinovat takovou dávku, aby bylo dosaženo požadovaného snížení počtu organismů a zároveň nebylo třeba použít dechlorační činidla.

Fyzikální postupy čištění jsou zpravidla dražší, ale také velmi účinné. Jednou z možností je aplikace UV záření, jde o fyzikální metodu, kde dochází ozářením k inaktivaci bakterií a virů. Působením emitovaných fotonů dochází k fotochemické reakci, která způsobuje strukturní změny v DNA narušením její struk-





tury. Tím dochází ke ztrátě schopnosti reprodukce a jejich inaktivaci. Tyto změny jsou při vhodné dávce záření nevratné a zářením inaktivované mikroorganismy již nepředstavují další nebezpečí. Účinnost je dána intenzitou záření a dobou expozice, vzhledem k nízkému průniku záření vodným prostředím je třeba, aby voda byla vystavena záření v tenkém filmu. Vhodnost aplikované dávky záření je hlavním parametrem UV dezinfekce. Míra redukce mikroorganismů je funkcí absorbované dávky záření. Minimální dávka se pohybuje mezi 200–800 J/m<sup>2</sup> v závislosti na požadované redukci mikroorganismů a stavu dezinfikované vody. Vhodná vlnová délka se pohybuje v rozmezí 250–265 nm.

Dalším vhodným dezinfekčním činidlem je ozon, který jakožto silné oxidační činidlo je při destrukci virů a bakterií velmi efektivní. Značnou nevýhodou jak metody UV záření, tak ozonizace je finanční nákladnost obou metod. Ovšem i přes relativně vysoké náklady se metoda dezinfekce UV zářením stává nejrozšířenější metodou při terciárním čištění odpadních vod pro účely jejich opětovného využití.

Nejnoveji se v čistírenské praxi objevuje dezinfekce odtoků s využitím organických peroxokyselin, a to buď samotných nebo v kombinaci s UV zářením.

### 3. Odstraňování mikropolutantů pro účely recyklace

Faktory i) a ii) vedoucí k dezinfekci odtoků z čistíren městských odpadních vod povedou i k zavádění technologií odstraňování mikropolutantů, zejména z kategorie léčiv, prostředků osobní péče a hormonů, dále souhrnně PPCP.

Standardní čistírenské procesy (aktivace, MBR, zkrápěné filtry, kořenové čistírny) dosahují při optimalizaci procesu účinnosti eliminace sledovaných farmak mezi 90 a „100 %“. Žádný proces však nefunguje pro všechna (dnes významná) farmaka a některé látky jsou prakticky rezistentní (karbamazepin), nebo odstraňovány s velmi nejistými výsledky při čištění (diklofenak). Speciální technologie zařazené za klasické čistírny lze označit za poměrně spolehlivé u ozonizace, ostatní (UV dezinfekce) dávají zatím nejisté výsledky. Tímto způsobem jsou eliminována i farmaka, která jsou biologicky rezistentní, lze však očekávat tvorbu významných degradačních produktů.

Pro biologický rozklad látek typu PPCP platí, že čím vyšší stáří aktivovaného kalu a vyšší hydraulická doba zdržení, tím větší pravděpodobnost, že se v biocenóze aktivovaného kalu objeví specializované pomalu rostoucí bakterie schopné tyto látky metabolizovat. Ukazuje se však, že třeba doba zdržení až 24 hodin ještě není dostatečná k biologickému rozkladu běžných farmak, jakými jsou např. karbamazepin a diklofenak. Proto byly studovány další metody využívající buď samotný ozon a ozon v kombinaci s železitými ionty. Mezi nejčastější operace terciárního čištění zaměřené na odstraňování látek typu PPCP a hormonů dnes patří zejména:

- mikrofiltrace a ultrafiltrace,
- nanofiltrace a reverzní osmóza,
- ozonizace či ozonizace v kombinaci s peroxidem vodíku,

- UV záření a v kombinaci s peroxidem vodíku,
  - aktivovaný kal s aktivním uhlím (PAC – powdered activated carbon),
- či jejich vzájemné kombinace.

Účinnost membránových procesů je závislá především na velikosti pórů používaných membrán, dále také na jejich náboji a hydrofobicitě. Částečného odstranění mikropolutantů lze dosáhnout již pomocí ultrafiltrace (10–100 nm), nicméně celkové eliminace je dosaženo pouze s využitím reverzní osmózy (0,1–1 nm). Podstatnou nevýhodou membránových procesů je fakt, že se jedná pouze o zakoncentrování nečistot, kdy při praní dochází k jejich uvolnění do pracích vod. Tím se mikropolutanty mohou vracet zpět do životního prostředí. Nicméně membránovou filtraci lze využít v různém uspořádání a kromě samotných membránových jednotek či modulů je také možná jejich vzájemná



kombinace s dalšími procesy, zejména aktivačním procesem nebo sorpcí na aktivním uhlí. Pomocí membránového biologického reaktoru (MBR reaktor) lze částečně eliminovat nedostatky samotných membránových procesů ve smyslu zakoncentrování mikropolutantů.

Účinnou a ve vodárenství dlouhodobě využívanou technologií k odstranění mikropolutantů je sorpce na aktivním uhlí, nejčastěji se využívá jeho granulovaná či prášková forma. Účinnost závisí především na množství adsorbentu a jeho vlastnostech, dále na době kontaktu a charakteru vody, zejména na pH a na obsahu rozpuštěných organických látek. Pro vyšší efektivitu bývá adsorpce na aktivním uhlí zařazena za pokročilými oxidačními procesy (AOP), kde AU působí katalyticky na vznik hydroxylových radikálů (OH<sup>•</sup>) [Sánchez-Polo, et al, 2006].

Mezi nejvýznamnější oxidační procesy patří ozonizace, nicméně i ta má své limity. Zatímco některé organické látky jsou



**HUBER**  
TECHNOLOGY  
WASTEWATER Solutions

**HUBER CS spol. s r. o.**  
Cihlářská 19, 602 00 Brno  
tel.: 532 191 545  
e-mail: info@hubercs.cz  
www.hubercs.cz

**Moderní technologická řešení pro COV**

**ČESKÁ VODA**  
CZECH WATER

Česká voda – Czech Water, a.s.  
Ke Kablu 1/971, 102 00 Praha 10  
tel.: 272 172 103, e-mail: info@cvcw.cz  
http://www.cvcw.cz

Váš partner v oblasti oprav, údržby a dodávek investičních celků pro vodní hospodářství

- Zajišťování činností údržby včetně provádění oprav (elektroúdržba a telemetrie, stavební údržba, strojní údržba)
- Technická diagnostika (měření tlaků, průtoků, bezdemontážní diagnostika točivých strojů)
- Komplexní dodávky technologických celků (včetně projektování, konzultační a poradenské činnosti)
- Montáže vodoměrů
- Doprava a mechanizace (cistermové vozy, sklápěcí a valníkové vozy, jeřáby, zemní práce)



ozonem oxidovány přímo s vysokou účinností, jiné s ozonem ne-reagují vůbec, to znamená, že jsou rezistentní. Pokud je potřeba tyto sloučeniny rezistentní vůči ozonu zoxidovat, je nutné ozon převést na hydroxylové radikály OH<sup>•</sup> pomocí pokročilých oxidačních procesů [Von Gunten, 2003].

Pokročilé oxidační procesy jsou souborem procesů vedoucích k tvorbě vysoce reaktivních hydroxylových radikálů (OH<sup>•</sup>), které reagují s většinou organických molekul. K vytvoření hydroxylových radikálů může být využito UV záření, kyslík (O<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), peroxid vodíku (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a také vzájemná kombinace těchto procesů. Vysoká účinnost byla zjištěna u procesů O<sub>3</sub>/OH- nebo O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. V poslední době dochází k vývoji dalších metod, z nichž se velmi slibně projevuje fotokatalytická oxidace s využitím oxidu titaničitého (TiO<sub>2</sub>). Oxidační procesy jsou schopny z vody odstranit aromatické uhlovodíky, pesticidy, léčiva, barviva, těkavé organické sloučeniny atd. Vedlejší produkty oxidačních reakcí jsou obvykle biologicky odbouratelné a méně toxické než původní sloučeniny. To ale nemusí být vždy pravidlem. Je nutné posoudit štěpení původních molekul, protože mohou vznikat také metabolické produkty o toxicitějších vlastnostech, než mají jejich mateřské látky. Oxidační procesy je proto vhodné používat také v kombinaci s granulovaným aktivním uhlím. Často je používáno např. uspořádání O<sub>3</sub>/GAU, kde dochází nejen k odstranění mikropolutantů, resp. mateřských látek a jejich metabolitů, ale také ke snížení koncentrací DOC a snížení koncentrací CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> [Sánchez-Polo, et al, 2006, Von Gunten, 2003].

Mezi fotochemické metody patří rozklad UV zářením, které je již často využíváno na úpravách vody. Samotné UV záření v dávkách odpovídajících dezinfekci však není pro odstranění mikropolutantů účinné, více efektivní je jeho využití jako součást AOP. V rámci těchto procesů byla nejvyšší pozornost věnována kombinaci UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, která je schopna eliminovat řadu mikropolutantů a zároveň zajistit dezinfekci vody, včetně *Cryptosporidium* a *Giardia* [Yang, et al., 2014].

S testováním těchto metod máme zkušenosti již také v ČR, kde pilotní projekty proběhly např. na ČOV Brno (2017) a ÚČOV Praha (2019–2020 – viz <https://youtu.be/8ZuxKvZYPYs>) i s konečnou úpravou vody pro její využití jako suroviny pro výrobu piva ([www.vseovode.cz/clanek/pivo-z-recyklovane-vody](http://www.vseovode.cz/clanek/pivo-z-recyklovane-vody)).

Je samozřejmé, že dodatečné odstraňování stopových organických látek navíc k odstraňování organického znečištění a sloučenin dusíku a fosforu vyžaduje i dodatečné finanční náklady. Nasazení těchto technologií bude proto vždy výsledkem nejen technických úvah, ale i ekonomické rozvahy. V dnešní úrovni ceny za vodné a stočné prakticky nelze realizovat tyto technologie terciárního odstraňování PPCP a hormonů, pokud se náklady na ně nevykompenzují tržbami z prodeje produktu, tj. vyčištěné odpadní vody. Je ekonomicky nemožné takto dokonale vyčištěnou vodu vypouštět do recipientů a zvýšené náklady účtovat zákazníkům ve stočném. Pokud by si to však zájmy ochrany recipientu přeci jen vyžádaly (např. recipient slouží dále po toku jako významný zdroj pro výrobu pitné vody), je nutno obyvatelstvu tyto zvýšené náklady na čištění odpadních vod kompenzovat, a to například spoluodpovědností producentů těchto látek, jak naznačuje studie zpracovaná společností Deloitte pro EurEau [www.eureau.org, 2021] nebo specifickou dotací ceny stočného. I v případech účinnosti čištění přes 99 % je nutné počítat s tím, že do toků přicházejí stále ještě významné koncentrace reziduí farmak jakožto biologicky aktivních látek s účinkem na vodní společenstva. S reziduí primárních látek přicházejí také celkem neznámé ale podstatně vyšší koncentrace metabolitů a meziproduktů jejich degradace v čistírnách, rovněž s biologickou aktivitou. Proto je nutno pro konkrétní případy opětovného využívání vyčištěných odpadních vod vždy pečlivě zvážit, zdali přítomnost těchto látek může být překážkou, a k jakým nepříznivým důsledkům může vést, např. možnost akumulace do ze-

lené biomasy v případě využití k závlahám podle typu zavlažovaných plodin. Video k projektu HORIZON 2020 ACHIEVING WIDER UPTAKE OF WATER-SMART SOLUTIONS (WIDER UPTAKE) [Dosahování širšího používání chytrých řešení ve vodním hospodářství (WIDER UPTAKE)] naleznete na [www.youtube.com/watch?v=SgX8fMo2eXM](http://www.youtube.com/watch?v=SgX8fMo2eXM). Pozn. redakce: Projektu bude věnován článek v některém z příštích čísel časopisu Sovak.

#### 4. Energetická efektivita a uhlíková neutralita

Energetická účinnost ČOV (produkce – spotřeba) je často zjednodušována na bilanci nákupu (spotřeba) a případné produkce či prodeje elektrické energie [Chudoba, et al., 2010]. Určitým zlepšením obrázku je doplnění pohledu i o bilanci ostatních energií na ČOV, jako je dodávka, výroba či prodej tepla, odběr/dodávka plynu/bioplynu/biometanu [Beneš, et al., 2014]. Ovšem z pohledu celostního je jednou z nejmodernějších metod hodnocení celkových přepočtených emisí skleníkových plynů [Zawartka, et al., 2020]. Problematika energetické efektivit je předmětem řady projektů [například Centrum kompetence Smart Regions, POWERSTEP, ENERWATER, Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) apod.] Praktická realizace úspor energie je však vždy investičně náročná a musí mít jasný důvod a impuls. Impuls může být ekonomický, tedy snížení nákladů na energii, která je nyní ale poměrně levná nebo společenský, tedy poptávka po úspoře energie a následně emisí skleníkových plynů. V Evropské unii spotřebují ČOV cca 0,8 % elektrické energie [Ganora, et al., 2019] a produkují přibližně 1 % celkových průmyslových emisí skleníkových plynů. Výhodou ČOV je to, že se jedná o samostatné celky s velkou spotřebou energie, obvykle ve správě města. To by mělo usnadnit financování projektů pro úsporu energie a snížení emisí, pokud bude po podobných projektech společenská poptávka.

Co se týče konkrétních směrů a způsobů, jak dosahovat nižší spotřeby energie a emisí skleníkových plynů, tak v následujících 10 letech očekáváme největší využití u těchto [přehled zpracován dle Krampe J., 2019]:

- Zlepšení řízení procesu čištění odpadních vod s využitím online měření a modelování, inkorporace měření energetických veličin pro jednotlivé provozní celky. Měření spotřeby elektrické energie je obvykle realizováno pro celou ČOV a navíc s měsíční frekvencí odečtu a bez přenosu. Tento stav v podstatě neumožňuje realistické zhodnocení stavu jednotlivých provozních celků a na nich prováděných opatření. Rozšíření moderních spotřebičů a jejich propojení umožní dynamickou evaluaci spotřeby energie. Pokud si již nyní můžeme za cca 400 Kč koupit do domácnosti chytrou zásuvku s online přenosem spotřeby energie a dálkovým ovládním, proč by to nemělo být možné na ČOV?
- Zlepšení procesu projekce ČOV s ohledem na energetickou emisní úspornost. Zde je třeba upozornit na to, že v této oblasti jdou proti sobě tlaky na snížení investičních a provozních nákladů a také na energetickou efektivitu a kvalitu vyčištěné vody. V případě požadavků na další zvyšování kvality odtoku za využití membránových technologií, pískové filtrace, UV dezinfekce apod. je potřeba počítat s dalšími energetickými nároky.
- Využití energeticky efektivních procesů jako je deamonifikace k čištění kalové vody, koncentrovaných průmyslových vod apod. Klasická nitrifikace a denitrifikace je z podstaty procesu energeticky náročná díky spotřebě na oxidaci amoniakálního dusíku a následně substrátu na redukci dusičnanů. Využití zkrácených metabolických drah jako deamonifikace umožňuje principiálně nižší spotřebu energie a využití pro koncentrované proudy, jako je kalová voda, je již technicky připraveno.



- d) Zlepšení údržby aeračních systémů v podobě evaluace stavu, čištění a včasné výměny. Je nutno si sebekriticky přiznat, že výměna aeračních elementů (popř. membrán) na českých ČOV probíhá obvykle ve chvíli, kdy buď dojde jejich teoretická životnost a jsou naplánovány prostředky na obnovu nebo pokud elementy začnou praskat. Systematické vyhodnocení stavu membrán a energetické efektivity aeračního systému není běžně využíváno, a to patrně zejména díky chybějící metodice a know-how pro rychlé a ideálně automatizovatelné provedení.
- e) Zlepšení energetické efektivity míchání. Oblast míchání patří mezi méně energeticky náročné procesy na ČOV, a proto je toto hledisko někdy opomíjeno. Novým trendem je zde tzv. impulzní míchání, které umožňuje krátké promíchání média větším energetickým pulsem s následnou pauzou bez míchání a které se jeví jako energeticky efektivnější než kontinuální promíchávání s menším výkonem.
- f) Zohlednění faktoru emise skleníkových plynů při projekci, provozu a údržbě ČOV. Jedná se o zcela nové a dosud neaplikované měřítko, které nelze zjednodušit tak, že by se nižší energetická spotřeba ČOV měla automaticky rovnat nižší produkci skleníkových plynů. Např. v ČR často preferovaná varianta středně velké ČOV s primární sedimentací a mezofilním anaerobním zpracováním kalu je sice energeticky úsporná, ale může produkovat více skleníkových plynů než varianta se simultánní aerobní stabilizací kalu. Tvorbu skleníkových plynů je ale třeba kalkulovat také u slibných technologií zkrácení nitrifikace a denitrifikace, při spotřebě chemikálií na srážení fosforu, dezinfekčních prostředků nebo organických polymerů.

## 5. Online měření, zpracování dat, modelování a molekulárně-biologické metody

### Online měření

V oblasti online měření lze na základě vývoje v posledních 10–20 letech říci, že aktuálně jsme schopni na ČOV měřit většínu zásadních makro údajů, které potřebujeme pro efektivní řízení. Aktuálně lze poměrně snadno stanovit koncentraci rozpuštěného  $O_2$ ,  $N_{\text{amon}}$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$  metodami, které jsou odvozeninami metod používaných v klasické analytické laboratoři a mají s nimi podobný princip. Obtížnější situace u stanovení vyžadujících mineralizaci vzorku je  $CHSK_{Cr}$ ,  $N_{\text{celk}}$  a  $P_{\text{celk}}$ . Zde je obvykle nutno využít náhradní metody mineralizace, jejichž shodu s metodou klasickou, je vždy nutno ověřit. Zejména u stanovení CHSK se velmi často využívala metoda založená na měření absorbance při  $\lambda = 254$  nm, která je např. na odtoku z komunální ČOV velmi omezeně použitelná. Pro tyto parametry se aktuálně začínají zavádět do praxe chemické analyzátoři, jako je EZ series [https://cz.hach.com, 2020] nebo Liquiline System CA80COD [www.cz.endress.com, 2020]. Problematická je pak analýza  $BSK_5$ , která z principu musí probíhat v automatizovaném biologickém reaktoru.

Většinu klasických parametrů ČOV tedy umíme již dnes stanovit v reálném čase. Budoucnost v tomto odvětví tak patrně nelze hledat v rozšíření metod a parametrů, ale v postupném snižování ceny zařízení, které umožní jejich rozšíření i na menší ČOV. Masové rozšíření online měření a přenosu dat by dále mělo vést ke snížení nároků na obsluhu ČOV, neboť data o většině chemických i fyzikálních parametrů bude možné levně přenášet do sídla provozní společnosti. Předmětem častých námitek je ztráta vizuální kontroly nad kvalitou odtoku, mechanickým předčištěním nebo stavem aktivace (pěna, barva apod.). Tyto námítky se začínají řešit rozšířením kamerovým systémů ze sféry bezpečnosti do sféry technologie ČOV.

Rozšíření počtu měřených parametrů by pak bylo možné směrem k online analýze mikroanalytů. V současné době je např. již možno analyzovat online těžké kovy nebo změny spektra organických látek. Takový systém je již nasazen na sběrači ACK pražské stokové sítě [Hartig, 2016]. Masivnímu nasazení podobných systémů brání dosud vysoká cena. Naopak analýza mikropolutantů, např. toxických látek, zbytků léčiv apod., není dosud v reálném čase možná, byť by byla přínosem např. pro vyhledávání zdrojů těchto látek na stokové síti.

### Zpracování dat a modelování

Patrně větší změny než v oblasti samotného měření nás v příštích letech čekají ve zpracování a publikaci naměřených dat. Již dnes je možnost přenosu dat široká, ale s plánovaným příchodem 5G sítí bude možné přenášet v podstatě libovolné množství a tedy přenos měření nebo obrazových záznamů nebude technicky významně omezen. Velké množství přenášených dat umožní provádět jejich vyhodnocení v cloudu, což implikuje možnost vyvíjet pro ČOV cloudové aplikace, které odstraní jednu z velkých nevýhod pokročilejších výpočetních a modelovacích SW, a to vysokou cenu např. pro malé ČOV. Cloudové řešení umožní i malému provozovateli pronajmout si např. část kapacity online modelu ČOV nebo srážkově-odtokového modelu. Dostupnost modelování se bude dále zvyšovat také dostupností stále většího množství veřejných dat, kdy nebude problém do systému integrovat data o hydrologické situaci, srážkách, teplotě apod. V oblasti měření srážek se díky možnosti využít údaje o útlumu mikrovlnných spojů k odhadu intenzity srážek kruh uzavírá [Fencl et al, 2015].

Velkými změnami projde patrně i způsob zpracování naměřených dat. Zatímco dnes je často údaj z automatického analyzátoru nebo sondy pouze zobrazen na displeji, v budoucnu bude nutný jeho přenos a zapojení do řízení ČOV. Zapojení do řízení nemusí nutně být a v průběhu 10 let ani nebude vždy nutně reprezentováno přímým nastavením parametrů automatizovaným systémem, ale může se jednat také o systém pro podporu rozhodování [Torregrossa, et al., 2017], kdy SW po zadání vstupů ukazuje operátorovi možné řešení situace, ale rozhodnutí a vykonání příkazu je na lidském faktoru. Zvýšení dostupného výpočetního výkonu ale umožní i rozvoj systémů s přímým řízením technologických parametrů ze strany SW. Prudký rozvoj algoritmů se schopností samoučení pak umožní nespolehat se



**PFT, s. r. o.**  
**Prostředí a fluidní technika**

Nad Bezednou 201, 252 61 Dobrovíz  
Tel.: +420 233 311 389  
Fax: +420 233 311 290  
e-mail: pft@pft-uft.cz, www.pft-uft.cz

Dodavatel vystrojení kanalizačních objektů

- regulace odtoku z odlehčovacích komor
- automaticky stírané česle GIWA
- řídicí kanalizační systémy AQASYS
- pneumatická ČSOV GULLIVER

Vírový ventil v regulační šachtě FluidCon





**Diskové filtry**  
... pro vylepšení vašich odtokových parametrů

[www.in-eko.cz](http://www.in-eko.cz)

jen na klasické modely založené na hmotnostní bilanci a kinetických rovnicích jako jsou modely ASM, ale využít také algoritmy založené na fuzzy-logic, multiparametrové analýze a řízení neuronových sítí [příklady Mulas, et al., 2016 a Qiao, et al., 2018]. Výhodou těchto systémů je menší závislost na precizní kalibraci modelu založené na stanovení kinetických konstant a schopnost automatické kalibrace pomocí strojového učení. Nevýhodou pak můžeme spatřovat ve složitosti a nepředvídatelnosti modelu, který již není možno rozložit na jednoduché rovnice jako u modelů typu ASM.

Proměnu je třeba očekávat i u prezentace naměřených dat a výsledků modelu. Zájem veřejnosti o transparentní provozování veřejné infrastruktury, ať už dopravní nebo třeba vodohospodářské, je zjevný. Tak jako se dnes stává standardem možnost dohledat polohu libovolného vozidla MHD v reálném čase, můžeme během 10 let jistě očekávat zájem veřejnosti sledovat v reálném čase výsledky měření na odtoku z ČOV. Trend je jistě předvídatelný a je třeba si přát, aby jeho realizace vedla skutečně k dalšímu zvyšování profesionality a obecné hodnoty našeho oboru, nikoli k jeho laciné skandalizaci.

### Využití molekulárně-biologických metod

Dříve byly využívány pro kvantifikaci bakterií ve vzorcích odpadních vod či aktivovaného kalu pouze kultivační techniky. Nevýhodou těchto postupů je, že výsledek nemusí odpovídat reálnému složení sledované biocenózy. Kultivační médium a podmínky kultivace nemusí vyhovovat majoritní složce společenstva a může tak dojít k nárůstu společenstva, které nebylo klíčové ve sledovaných procesech. Tento jev je v literatuře označován jako anomálie kultivační plotny. Další nevýhodou kultivačních technik je, že výsledek je znám až za několik dnů. K určování mikroorganismů s výraznými morfologickými znaky se používá mikroskopická analýza pracující jak s nativními, tak barvenými preparáty. Výsledky takové analýzy však nejsou vždy úplně specifické a pod jedním morfotypem se může skrývat více genotypů s odlišnými růstovými a metabolickými vlastnostmi. Pro operativní řízení složitějších aktivčních systémů bude nutné, zejména při řešení provozních problémů, využívat přesnější a rychlejší metody k určování rozhodujících mikroorganismů. Jde zejména o:

- i) mikroorganismy ovlivňující separační vlastnosti aktivovaných kalů,
- ii) fyziologické skupiny mikroorganismů spojených s odstraňováním sloučenin dusíku a fosforu, tj. zejména nitrifikační (AOB, NOB) a polyfosfát-akumulující organismy (PAO).

Pro detekci klíčových mikroorganismů důležitých při čištění odpadních vod jsou proto vhodné molekulárně-biologické metody nezávislé na kultivaci. Tyto metody umožňují detekci mikroorganismů a sledování jejich distribuce nejenom při výskytu ve volné disperzi, ale rovněž mikroorganismů vázaných ve vločkách kalu nebo v biofilmech. Mezi nejčastěji používané molekulárně-biologické metody pro detekci mikroorganismů v rozličných prostředích patří fluorescenční in situ hybridizace (FISH). Metoda FISH umožňuje detekovat mikrobiální skupiny v komplexním prostředí bez potřeby kultivace a izolace mikroorganismů, a to až na úrovni kmene či druhu nebo umožňuje detekovat skupinu bakterií na základě metabolické vlastnosti (např. amoniak-oxidující bakterie AOB). Metodou FISH je možné postihnout změny sledovaných společenstev v čase a prostoru. Další výhodou je, že je výsledek k dispozici do 24 h po odběru vzorků. Pro fyziologické studie lze metodu FISH kombinovat s mikroautoradiografií s použitím radioaktivně značených substrátů.

Další metoda vhodná pro detekci důležitých mikroorganismů uplatňujících se při čištění odpadních vod je polymerázová řetězová reakce (PCR) a její modifikace s detekcí produktů pomocí denaturační gradientové gelové elektroforézy (DGGE). Často se jedná o detekci genů kódujících enzymy účastnící se klíčové

biochemické reakce. Dají se tak např. detekovat nitrifikační bakterie oxidující amoniak či dusitany (AOB, NOB). Metody molekulární biologie lze využít i pro detekci virů přítomných v odpadních vodách. Např. na VŠCHT Praha byla v letech 2020 až 2021 vyvinuta a ověřena metoda izolace a detekce RNA koronaviru SARS-CoV-2 v odpadních vodách, která přináší několik zásadních výhod – je zcela nezávislá na ochotě nakažených podstoupit klinické testování, získává data s předstihem, je výrazně levnější, lze díky ní odhalovat ohniska epidemie a sledovat šíření nových mutací ([www.vscht.cz/popularizace/media/tiskove-zpravy/2021/nova-zbran-proti-covidu-19-vedci-zadaji-o-pomoc](http://www.vscht.cz/popularizace/media/tiskove-zpravy/2021/nova-zbran-proti-covidu-19-vedci-zadaji-o-pomoc)).

Metody molekulární biologie jsou náročné na přístrojové vybavení, chemikálie (genové sondy, aj.) i na kvalifikovaný personál laboratoře. I přes tyto nevýhody lze očekávat jejich stále častější použití i v čistírenské praxi. Proto byly tyto metody zařazeny i do nového vydání příručky SOVAK ČR Biologická kontrola čistíren odpadních vod [Wanner, et al., 2019].

### Závěr

Článek uvádí řadu trendů, které naše čistírenství čekají v příštích 10 letech a není asi možné všechny stručně shrnout v závěru. Využijme tedy tento prostor spíše pro obecné doporučení, co bude příštích 10 let vyžadovat od všech, kteří se budou čistěním odpadních vod zabývat:

1. Čistá hlava a nepředpojatý přístup k tradičním i moderním technologiím, IT technologiím, techniky molekulární biologie a sdílení dat.
2. Aktivní přístup k celoživotnímu vzdělávání, kdy výzvy dalších let budou vyžadovat hlubší odbornost nejen přímo v technologii čištění odpadních vod, ale i v dalších oborech.
3. Multioborovou komunikaci mezi lidmi, kteří se zabývají různými aspekty vodního hospodářství, techniky, ekonomy, sociologie, bezpečnostními a IT experty a dalšími odborníky.
4. Flexibilní uvažování nad požadavky na kvalitu vycištěné vody, kdy v budoucnu patrně nevystačíme s jakousi „univerzální“ tabulkou limitů, ale kvalitu budeme muset přizpůsobit dalšímu využití vycištěné odpadní vody.
5. Aktivní participaci veřejnosti na dalším směřování oboru s tím, že bez podpory veřejnosti jak na straně tlaku na politická rozhodnutí, tak ochoty investovat do kvalitního životního prostředí nebude rozvoj oboru možný.

Pozn.: (1) Sborník přednášek z webináře Nové metody a postupy při provozování ČOV 2021 je ke stažení na [www.vhos.cz/cs/novinky/seminar-2020-1-1-1-10227](http://www.vhos.cz/cs/novinky/seminar-2020-1-1-1-10227).

### Literatura

1. Beneš O, Rosenbergová R, Chudoba P. Moderní řešení kalového hospodářství čištění odpadních vod. *Vodní hospodářství* 2014;64(6): 1–4.
2. European waters – Assessment of status and pressures. European Environment Agency, 2018. ISSN 1977-8449.
3. Fencl M, Rieckermann J, Sýkora P, Stránský D, Bareš V. Commercial microwave links instead of rain gauges: fiction or reality? *Water Science and Technology* 2015;71(1):31–37.
4. Ganora D, Hospido A, Husemann J, Krampe J, Loderer Ch, Longo S, Bouyat L, Obermaier N, Piraccini E, Stanev S, Váci L, Pistocchi A. Opportunities to improve energy use in urban wastewater treatment: a European-scale analysis. *Environ. Res. Lett.* 2019;14(4):044028. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab0b54/pdf>.
5. Hartig J, Kelbich P, Rýznarová I, Holanová A, Nábělková J, Sýkora P. Pilotní provoz stanice pro komplexní havarijní monitoring přítoku odpadních vod na ÚČOV Praha. Zborník prednášok 9. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou Odpadové vody 2016, Štrbské Pleso, 2016.



6. Hendriks ATWM, Langeveld JG. Rethinking Wastewater Treatment Plant Effluent Standards: Nutrient Reduction or Nutrient Control? Environ. Sci. Technol. 2017;51(9):4735–4737.
7. <https://cz.hach.com/ez-series-analysers/ez-series-cod-analysers/family?productCategoryId=55068986985>. Staženo 6. 2. 2020.
8. [www.cz.endress.com/cs/Polni-instrumentace-sita-na-miru/analyza-kapalin/CA80COD](http://www.cz.endress.com/cs/Polni-instrumentace-sita-na-miru/analyza-kapalin/CA80COD). Staženo 6. 2. 2020.
9. [www.energie21.cz/ceska-verejnost-podporuje-narocnejsi-cile/](http://www.energie21.cz/ceska-verejnost-podporuje-narocnejsi-cile/). Staženo 27. 1. 2020.
10. [www.eureau.org/resources/publications/4309-deloitte-eureau-report-extended-producer-responsibility-module-3/file](http://www.eureau.org/resources/publications/4309-deloitte-eureau-report-extended-producer-responsibility-module-3/file). Staženo 14. 5. 2021.
11. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_cs](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs). Staženo 14. 5. 2021.
12. Chudoba P, Beneš O, Rosenbergová R. Benchmarking velkých ČOV – II. část. Vodní hospodářství 2010;60(6):157–161.
13. IGB Report – Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries. Agricultural Non-Point Source Pollution by Nitrogen and Phosphorus in the Danube River Catchment. Report of Danube Regional Project – Project RER/01/G32. Revised Version, Berlin, January 2004.
14. Krajhanzl J, Chabada T, Sbodová R. Vztah české veřejnosti k přírodě a životnímu prostředí Reprezentativní studie veřejného mínění, muniPRESS, 2018. Dostupné on-line <https://munispace.muni.cz/library/catalog/view/1001/3110/767-2/>.
15. Krampe J. Energy efficiency in wastewater treatment, přednáška na VŠCHT Praha, 26. 11. 2019.
16. Mulas M, Corona F, Sirviö J, Hyvönen S, Vahala R. Full-scale implementation of an advanced control system on a biological wastewater treatment plant, IFAC-PapersOnLine 2016;49(7):1163–1168. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.360>.
17. Poikane S, Várbiro G, Kelly MG, Birk S, Phillips G. Estimating river nutrient concentrations consistent with good ecological condition: More stringent nutrient thresholds needed. Ecological Indicators 2021;121:107017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107017>.
18. Qiao J-F, Hou Y, Zhang L, Han H-G. Adaptive fuzzy neural network control of wastewater treatment process with multi-objective operation, Neurocomputing 2018;275:383–393. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.08.059>.
19. Sánchez-Polo M, et al. Combination of ozone with activated carbon as an alternative to conventional advanced oxidation processes. Ozone: Science and Engineering, 2006;28(4):237–245.
20. Schreiber H, et al. Harmonised inventory of point and diffuse emissions of nitrogen and phosphorus for a transboundary river basin. Final Report, Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, 2003.
21. Torregrossa D, Hernández-Sancho F, Hansen A, Cornelissen A, Popov T, Schutz G. Energy saving in wastewater treatment plants: A plant-generic cooperative decision support system, Journal of Cleaner Production 2017;167:601–609. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.181>.
22. Trepel M. Überregionales Nährstoffmanagement im deutschen Teil des Elbe-Einzugsgebiets. Přednáška na Mezinárodním labském fóru, 21. dubna 2015. Ústí nad Labem, 2015.
23. Von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. Water Research 2003;37(7):1443–1467.
24. Wanner J, Novák L, Kos M. Nový pohled na čištění odpadních vod jako nástroje k dosažení dobrého stavu vod. Sovak 2019a;28(1):16–19.
25. Wanner J. Problematika bodových a plošných zdrojů znečištění a legislativa ochrany vod. Sb. předn. a posterových sdělení z 11. bienální konference a výstavy, VODA 2015, 16. 9. 2015. Poděbrady 2015a; str. 17–24. ISBN 978-80-263-0971-0.
26. Wanner J. Druhé století aktivačního procesu: dosažená úroveň poznání a budoucnost procesu. Sb. předn. semináře Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod, 14. 04. 2015. Moravská Třebová 2015b; str. 20–29. ISBN 978-80-86020-69-3.
27. Wanner J. Terciární srážení fosforu v odtocích městských ČOV. Sb. předn. konf. Provoz vodovodů a kanalizací SOVAK ČR, 5.–6. 11. 2019. Plzeň 2019; str. 179–185. ISBN 978-80-907303-2-8.
28. Wanner J, Růžičková I, Benáková A. Biologická kontrola čistíren odpadních vod. Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s. (SOVAK ČR). 2019b; 106 str. ISBN 978-80-907303-3-5.
29. Yang W, Zhou H, Cicek N. Treatment of organic micropollutants in water and wastewater by UV-based processes: a literature review. Critical reviews in environmental science and technology 2014; 44(13):1443–1476.
30. Zawartka P, Burchart-Korol B, Blaut A. Model of Carbon Footprint Assessment for the Life Cycle of the System of Wastewater Collection, Transport and Treatment. Sci Rep 2020;10:5799.

Ing. Bc. Martin Srb, Ph. D.

Pražské vodovody a kanalizace, a. s.

Ing. Ondřej Beneš, Ph. D., MBA, LL. M.  
SOVAK ČR

prof. Ing. Jiří Wanner, DrSc.

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

## ATER

Dodavatel strojů a zařízení pro vodní hospodářství

ATAIR® - aerační systém

Aerační systémy, vlastní projekce, návrh, dodávka a montáž.

Rotační objemová dmychadla, kompletní jednotky ROBOX, vývěvy.

**caprari**  
pumping power

Ponorná a suchá kalová čerpadla, ponorná rychloběžná a pomaloběžná míchadla, ponorná čerpadla do vrtů, drenážní čerpadla, čerpadla na pitnou vodu, vysokotlaká a vysokooobjemová čerpadla pro vodohospodářství, energetiku atd.

**WAPPO**

Přímé zpětné klapky, klapky určené i proti zápachu a hlodavcům.

**mixel**  
mixers

Pomaloběžná vertikální míchadla se suchým motorem. Určená pro vyhnivací nádrže a další čistírenské a průmyslové aplikace.

**ATER s.r.o. dále nabízí:**

- ◆ Návrhy všech dodávaných zařízení
- ◆ Dodávky technologických celků ČOV a ÚV
- ◆ Doprava a odvoďování čistírenských kalů
- ◆ Poradenská činnost v oblasti vodohospodářství
- ◆ Realizace instalací dodávaných zařízení v návaznosti na stávající technologii
- ◆ Vyhodnocení energetické náročnosti
- ◆ Zajištění provozování, záručního i pozáručního servisu
- ◆ Chemické čištění aeračních systémů

Jsme tu pro Vás již více jak 25 let !!!

ATER s.r.o.  
Strakonická 1134/13  
150 00 Praha 5

Telefon: +420 606 636 899  
E-mail: [ater@ater.cz](mailto:ater@ater.cz)  
[www.ater.cz](http://www.ater.cz)



zde mohla být  
vaše vizitková inzerce

ceník inzerce v časopise Sovak je ve formátu PDF ke stažení na [www.sovak.cz](http://www.sovak.cz)

## AQUATIS

INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

**AQUATIS a. s.**

Botanická 834/56, 602 00 Brno,  
tel.: 541 554 111, fax: 541 211 205, e-mail: [info@aquatis.cz](mailto:info@aquatis.cz), [www.aquatis.cz](http://www.aquatis.cz)

Pobočka: Praha, Třebohostická 14, 100 31 Praha 10, tel.: +420 602 612 153  
Organizační složka: Trenčín, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín, tel.: +421 326 522 600

# Hydroizolace nádrží v čistírnách odpadních vod

**V praxi se ukazuje, že běžně používané cementové hydroizolační stěrky, aplikované v rámci sanačního systému při opravách železobetonových nádrží ČOV, mají ze všech dostupných řešení nejmenší odolnost. Nedostatečně chráněný betonový podklad je tak vystaven zvýšenému namáhání, a to v konečném důsledku vede ke zkrácení intervalu další opravy. Využití moderních materiálů s dlouhodobou životností proto pomáhá snížit náklady na opravy nádrží v rámci jejich životního cyklu.**

## Základní funkce hydroizolačních systémů

Hydroizolační systémy v nádržích ČOV mají dvě základní funkce. Tou první je sekundární ochrana proti průsakům vody a chemikálií do betonové konstrukce a proti průsakům pracovními spárami, trhlinami a prostupy. Druhou, neméně důležitou funkcí, je ochrana samotné betonové konstrukce. Hydroizolační membrána zvyšuje odolnost proti působení vody, chemikálií, abrazi, erozi, a tím prodlužuje životnost betonu.

Co se týče materiálových vlastností membrán, tak nejdůležitější jsou především chemická odolnost vůči agresivní odpadní vodě a schopnost přemostování dodatečně vzniklých trhlin.

## Selhávání konvenčních hydroizolačních systémů

Při sanacích nádrží ČOV se setkáváme s typickými poruchami způsobenými malou chemickou odolností a absencí schopnosti přemostit trhliny. To má za následek ztrátu jak hydroizolační, tak ochranné funkce a vedou k zrychlené degradaci podkladního betonu. Často se také stává, že i nedávno sanované konstrukce trpí významnými poruchami již po několika letech provozu. Cementové stěrky bývají nejčastěji poškozeny v oblastech kolísání vodní hladiny z důvodů vyluhování, celoplošně jsou také namáhány síranovou korozi. V případě krytých, nedostatečně ventilovaných nádrží, jsou paradoxně nejvíce poškozeny plochy v nadvodní části. V případě chemicky odolných systémů na bázi syntetických pryskyřic často dochází ke vzniku puchýřů, trhlinek propásaných z podkladu a také k odlupování membrány od penetračního nátěru. Na vině je především aplikační náročnost, kdy je třeba respektovat intervaly pro další vrstvy, maximální vlhkost podkladu, teplotní a vlhkostní podmínky vzduchu, rosný bod apod. Nelze ovšem vinit pouze zhotovitele izolačních prací, protože ti jsou nezdůvodnitelně tlačeni k provádění prací i za nevhodných podmínek.

## Řešení pro agresivní prostředí

Společnost Master Builders Solutions uvedla v roce 2017 unikátní ochranný a hydroizolační systém **MasterSeal 7000 CR**, který je založen na jedinečné technologii **Xolutec®**.

Materiálová báze **Xolutec®** je výsledkem vývoje pokročilých polyuretanových (PU) a polyurea (PUA) materiálů. Cílem vývoje bylo vyřešit problém nízké životnosti hydroizolačních systémů v náročných podmínkách.

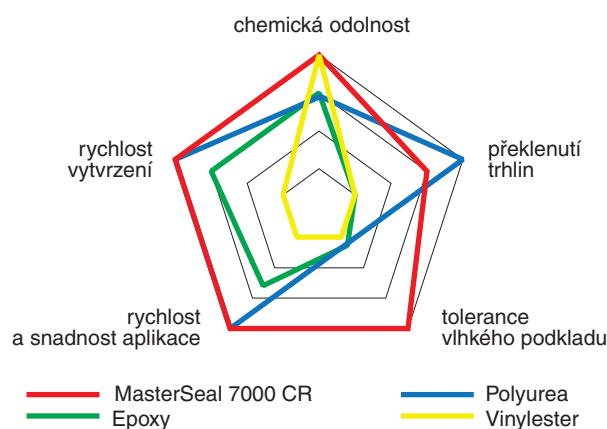
**Xolutec®** kombinuje jedinečným způsobem pojiva a doplňkové chemické látky. Optimalizací mezifázových interakcí mezi vysoce zesíťovanými bloky pojiva a samostatně tuhneými minerálními částmi vzniká organicko-minerální materiál o vysoké hustotě s mimořádnými vlastnostmi. Takto zesíťovaná kompozice umožňuje vylepšení různých materiálových vlastností.

**Xolutec®** je jako jediný pryskyřičný systém tolerantní k vlhkosti a k proměnlivým podmínkám na stavbě, čímž značně rozšiřuje rozsah aplikace a snižuje potenciál pro prodlevy a poruchy.

## Vlastnosti systému

Vysoká odolnost systému **MasterSeal 7000 CR** vůči oděru a biogenní síranové korozi jej předurčuje pro použití do náročných podmínek v nádržích ČOV, vyhnívacích nádrží nebo kana-

lizací. Schopnost systému přemostovat statické a dynamické trhliny i při velmi nízkých teplotách chrání beton před průsakem agresivních chemikálií trhlinami. Systém je schopný přemostit dodatečně vzniklé trhliny až do šíře 0,7 mm, čímž je zajištěna hydroizolace a ochrana betonu i v případě rozvoje trhlin v průběhu provozu konstrukce.



Srovnání vlastností různých typů nátěrů do náročných podmínek

## Skladba systému MasterSeal 7000 CR:

1. Základní nátěr na bázi **Xolutec®** – **MasterSeal P 770**, tloušťka 0,25 mm, spotřeba 0,3 kg/m<sup>2</sup>.
2. Membrána na bázi **Xolutec®** – **MasterSeal M 790**, tloušťka 0,7 až 0,8 mm, spotřeba 0,8–1 kg/m<sup>2</sup>.

**MasterSeal 7000 CR** výborně zakotvuje na oceli a betonu prostřednictvím základního nátěru **MasterSeal P 770**, který je tolerantní vůči vysoké vlhkosti betonu. Dva odstíny membrány **MasterSeal M 790**, červená a šedá, umožňují bezpečnou dvouvrstvou aplikaci i v prostředích se špatnou viditelností. **MasterSeal 7000 CR** je vhodný pro vodorovnou, svislou a stropní aplikaci ve vnitřním i venkovním prostředí. Nanáší se ručně válečkem nebo strojním nástřikem.

## Oblasti použití

Systém **MasterSeal 7000 CR** nachází díky svým jedinečným vlastnostem uplatnění v různých průmyslových oblastech, především při čištění odpadních vod a nakládání s chemikáliemi. V rámci ČOV je možné jej použít pro:

- Vyrovnávací a neutralizační nádrže.
- Mechanické předčištění, usazovací nádrže.
- Aktivační a dosazovací nádrže.
- Nádrže terciárního čištění.
- Kalojemý a vyhnívací nádrže.
- Kanalizace, šachty.
- Záchytné jímky na chemikálie.

Od uvedení na trh v roce 2017 byl tento systém úspěšně aplikován na více než 60 čistírnách odpadních vod po celé Evropě. Mezi zdařilé aplikace v Česku lze zařadit např. průmyslo-





Aktivační nádrž v ČOV Tanvald před rekonstrukcí (2019). Zdroj: Severočeská servisní a. s.



Aktivační nádrž v ČOV Tanvald po aplikaci systému MasterSeal 7000 CR (2019). Zdroj: Severočeská servisní a. s.

vou ČOV v Unipetrolu Litvínov a komunální ČOV v Brně-Modřicích, Obříství a Tanvaldu. V současné době probíhá aplikace systému v ČOV v Liberci a Smržovce.

#### Rekonstrukce aktivační nádrže ČOV v Tanvaldu

V roce 2019 byla dokončena rekonstrukce kruhové aktivační nádrže v rámci areálu ČOV Tanvald. Povrch železobetonové konstrukce byl sanován cementovou reprofilační maltou, která byla aplikována nástřikem do bazaltových výztužných sítí. Na základě požadavku dlouhého intervalu následné opravy byl jako hydroizolační systém zvolen **MasterSeal 7000 CR**. Aplikace probíhala za klimaticky nepříznivých podzemních podmínek. Přesto se podařilo celý systém aplikovat bez poruch. V rámci údržby v roce 2020 byla nádrž vypuštěna, opláchnuta tlakovou vodou a ověřen stav sanované konstrukce po roce provozu. Další kontrola proběhla v letošním roce a nebyly zjištěny žádné po-

ruchy typické pro pryskyřičné membrány (trhliny, puchýřky, loupání, sprášování apod.).

#### Závěr

Uplatňování pokročilých vysoce odolných systémů je v západních evropských státech již standardem. Také v Česku se čím dál tím častěji posuzují investiční náklady na opravy nádrží v ČOV s přihlédnutím k nákladům celého životního cyklu. Klíčem k omezení plýtvání prostředky je výběr spolehlivého dodavatele prací a volba vhodného sanačního a hydroizolačního systému.

Ing. Petr Martínek

Master Builders Solutions CZ s. r. o.

Sanace, ochrana a hydroizolace betonových konstrukcí  
tel.: 723 420 851, petr.martinek@mbcc-group.com

(komerční článek)





## Prodloužení životnosti nádrží v čistírnách odpadních vod

MasterSeal 7000 CR: Unikátní hydroizolační  
a ochranný systém pro extrémní podmínky

[masterseal-7000cr.master-builders-solutions.com/cs](https://masterseal-7000cr.master-builders-solutions.com/cs)



A brand of  
**MBCC GROUP**

# Přínosy využití hydraulického simulačního modelu v praxi

Tomáš Sucháček, Eva Náplavová

**Článek se zabývá praktickým příkladem optimalizace způsobu propojení dvou skupinových vodovodů z pohledu investičních nákladů s využitím hydraulického simulačního modelu. Jedná se o využití tohoto postupu na konkrétní případové studii vodovodu v rámci Slovenské republiky. Článek poskytuje přehled a zjednodušený popis použitých postupů, tj. nezbytné vstupní podklady, proces sestavení a kalibrace hydraulického simulačního modelu, návrh variantních technických řešení, posouzení splnění okrajových podmínek a ohodnocení z hlediska investičních nákladů. Dosažené výsledky prezentované v tomto článku pak podtrhují velký význam fáze předprojektové přípravy a vysokou rentabilitu prostředků a usílí do ní vlastníky či provozovateli vložené.**

## Úvod

Každá významnější stavba v zásobování vodou vyžaduje finanční prostředky v řádu jednotek milionů korun a více, a proto je žádoucí důsledně analyzovat všechna dostupná řešení. Jinak řečeno, jak dosáhnout stanoveného cíle při maximálně efektivním vynaložení omezených finančních prostředků. V rámci těchto úvah je vyvinuto velké množství (zejména zahraničních) optimalizačních postupů návrhu, ať už vodovodního potrubí, úpravny vody, čerpacích stanic nebo mnoha dalších vodohospodářských objektů, například [1,2]. Základem těchto postupů je definice účelové funkce a její optimalizace. To obvykle znamená účelovou funkci maximalizovat, či minimalizovat, nebo dosáhnout předem definované konkrétní hodnoty. Součástí je také matematický aparát nutný k řešení dané optimalizační úlohy. V úlohách zabývajících se distribucí vody je velmi často nutné propojení s hydraulickým simulačním modelem, aby se ověřila přípustnost daného řešení. Toto je možné vysvětlit na jednoduchém příkladu. Například je-li budována distribuční síť pro dosud nepřipojené spotřebiště, je obvykle snaha minimalizovat nutné investice snížením dimenze potrubí. Postupuje se tedy tak, že se vygeneruje řešení (jedna kombinace dimenzí jednotlivých úseků potrubí), provede se hydraulická simulace a ověří se, že budou dodrženy okrajové podmínky (dodržení legislativních požadavků na minimální tlak). Zároveň se u jednotlivých řešení (kombinací dimenzí potrubí) sledují hodnoty účelové funkce (investiční náklady), následně se vybere optimální nalezené řešení (kombinace dimenzí potrubí s nejnižšími investičními náklady). Rozměr optimalizační úlohy pak nabývá na složitosti v případě, že se zvyšuje počet optimalizačních kritérií, což je poté běžně označováno jako multikriteriální optimalizace (například náklady na provoz, stáří vody v síti atd.).

Tento článek se zabývá optimalizací způsobu propojení dvou skupinových vodovodů (dále jen SV). Pro lepší náhled na situaci je vhodné uvést právní rámec této situace, který vytváří zákon NR SR č. 442/2002 Z. z., o veřejných vodovodech a veřejných kanalizacích a o změně a doplnění zákona č. 276/2001 Z. z., o regulácii v sietových odvetviach. Tato situace je řešena v § 22 následovně:

(1) ... Vlastník veřejného vodovodu alebo vlastník časti verejného vodovodu, ktorý žiada o pripojenie na iný verejný vodovod, ktorého nie je vlastníkom, môže sa pripojiť na verejný vodovod prevádzkovo súvisiaci len na základe písomnej zmluvy podľa § 15 ods. 5.

(2) Vlastník veřejného vodovodu uzatvorí zmluvu, ak:

- žadateľ o pripojenie na verejný vodovod **spĺňa technické podmienky určené prevádzkovateľom** verejného vodovodu týkajúce sa najmä miesta a spôsobu pripojenia na verejný vodovod a
- kapacita** verejného vodovodu **to umožňuje**.

Pro srovnání je možné uvést, jaká práva či povinnosti udává legislativa v ČR. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) říká v § 8 následující:

„Vlastníci vodovodů nebo kanalizací, jakož i vlastníci vodovodních řadů, vodárenských objektů, kanalizačních stok a kanalizačních objektů provozně souvisejících, jsou **povinni umožnit** napojení vodovodu nebo kanalizace jiného vlastníka, pokud to umožňují **kapacitní a technické možnosti**. Současně uzavřou vlastníci těchto vodovodů a kanalizací písemnou dohodu podle odstavce 3. Možnost napojení k zabezpečení dodávek pitné vody nebo odvádění odpadních vod nesmí být podmiňována vyžadováním finančních nebo jiných plnění.“

V rámci celého procesu byla nejprve navržena formou investičního záměru bezpečná varianta (na obrázku 1 zeleně). Označení bezpečná je použito proto, že dopravou vody do nově připojeného SV nedojde k ovlivnění stávající distribuční sítě. Na druhou stranu však tato varianta oproti variantě optimalizované (na obr. 1 červeně) neuvažuje s efektivnějším využitím stávající infrastruktury. S tímto využitím nemohlo být v bezpečné variantě počítáno, jelikož při jejím návrhu nebyly využity nástroje zahrnující použití hydraulického simulačního modelu. Nutno říci, že bez znalostí, které poskytuje hydraulický simulační model, by bylo nutné usuzovat, zda dopravované množství vody do nově připojeného SV ovlivní stávající a výhledový stav distribuční sítě (tj. že budou zajištěny dostatečné tlakové poměry), pouze na základě odborného úsudku a empirie. Takový postup by nebyl exaktní, ani příliš zodpovědný.

Původně měla být fáze předprojektové přípravy ukončena po návrhu bezpečné varianty a na jejím základě zpracována projektová dokumentace a provedena výstavba. Investiční náročnost bezpečné varianty však byla na hraně finančních možností investora, a tak bylo investorem iniciováno zpracování alternativního řešení za použití hydraulického modelování. Finální návrh tohoto alternativního řešení je dále nazýván jako optimalizovaná varianta.



## Použité postupy

Jak je patrné již z obrázku 1, základem je maximálně efektivní využití stávající infrastruktury (distribuční sítě) tak, aby byla plně využita její přenosová schopnost, tj. že v současnosti je stávající hydraulická kapacita distribuční sítě využita například pouze z 30 %. U řešené případové studie se jednalo o dopravu vody přes distribuční síť, která není ve vlastnictví investora. Nejprve tedy byly u provozovatele distribuční sítě prověřeny možnosti napojení a stanoveny technické požadavky, které nesmí být ve stávajícím, ani výhledovém stavu porušeny. Výhledovým stavem je myšlen stav dlouhodobého rozvoje sítě do všech rozvojových ploch daných platným územním plánem. Tímto byly definovány okrajové podmínky pro návrh optimalizované varianty. Následující text ve zkratce vystihuje logické posloupnosti nezbytné pro dosažení finálního návrhu.

1. Stanovení okrajových podmínek vlastníkem a provozovatelem stávající distribuční sítě:
  - a) při maximálním zatížení sítě a současném odběru pro nově napojený SV musí být minimální hydrodynamický tlak v síti v oblasti přípojek 0,25 MPa (respektive 0,15 MPa pro maximálně dvoupodlažní zástavbu);
  - b) při maximálním zatížení sítě a současném odběru pro nově napojený SV musí být v každém místě sítě rozdíl hydrodynamického a hydrostatického tlaku maximálně 10 m. v. sl.;
  - c) při náběhu čerpadel pro dopravu vody do nově připojeného SV nesmí docházet ke vzniku zákalových událostí.
2. Analýza stávajícího stavu:
  - a) analýza spotřeby vody – stanovení stávajícího maximálního zatížení sítě,
  - b) dynamické zkoušky – vyvolání dostatečně vysokých rychlostí proudění v distribuční síti, které budou reprezentovat výhledový stav; zároveň ověření bodu 1. c,
  - c) stavba a kalibrace hydraulického simulačního modelu – kalibrace na základě naměřených dat při vysokých rychlostech – vysoká spolehlivost a detailní znalost hydraulických vlastností potrubí.
3. Analýza potřeb.
4. Posouzení vlivu odběru nově připojeného SV vzhledem k výhledovému stavu:
  - a) simulace a posouzení maximálního zatížení sítě stanoveného dle bodu 3. a současného odběru pro nově napojený SV dle bodu 1. a a 1. b,
  - b) optimalizace – definice trubních úseků pro optimalizaci, vzhledem k rozměrnosti byla úloha programována pro posouzení všech kombinací, viz předcházející bod, ohodnocení variant.
5. Vyhodnocení a výběr finální varianty.

## Dosažené výsledky

Na obrázku 1 je schematické znázornění celé situace. Cílem je doprava vody z dostatečně kapacitního zdroje (SV) do Vododjemu B nově připojeného SV. K této dopravě je zapotřebí kromě trubního propojení také vybudování čerpací stanice. V rámci bezpečné varianty je čerpací stanice (dále jen „ČS“) umístěna ve Vododjemu A a v případě optimalizované varianty se jedná o ČS bez předřazené akumulace, umístěné na okraj spotřebiště tak, aby neohrozila budoucí rozvoj sítě. Oranžová část na obrázku 1 je společná pro obě varianty. Jelikož není možné prezentovat zde všechny výsledky dle výše uvedeného postupu, jsou zde uvedeny pouze vybrané nejzajímavější výsledky.

Během dynamických testů bylo zapotřebí ověřit, zda nebude docházet ke vzniku zákalových událostí odběrem vody do nově připojeného SV. Přestože nebyla stávající distribuční síť nikdy řízeně propláchnuta a vypouštění množství vody převyšovalo budoucí odběr nově připojeného SV o 70 %, nebylo zaznamenáno zvýšení zákalu vypouštěné vody nad legislativně povolenou

hodnotu (patrně z obr. 2). Stejně tak nebyly zaznamenány žádné stížnosti odběratelů na kvalitu vody.

Po kalibraci modelu stávajícího stavu, provedení analýzy potřeb a dopracování hydraulického modelu výhledového stavu byla provedena optimalizace – jednalo se o úseky označené na obrázku 1 jako část 1, část 2 a část 3. Pro každý úsek se obor hodnot skládal z plastového potrubí SDR 11 {d63; d75; d90; d110; d125; d140; d160; uzavřeno}. Hodnota uzavřeno nebyla uvažována pro část 1, jelikož by nebylo možné dopravovat vodu do nově připojeného SV. Celkem se jednalo o 448 kombinací, přičemž cílem bylo minimalizovat investiční náklady, což v tomto případě znamenalo vybrat investičně nejméně náročnou variantu, která splní okrajové podmínky dle bodu 1. a a 1. b.

Na obrázku 3 je pak patrné, že i ve výhledovém stavu jsou zabezpečeny požadované tlakové poměry v celé síti i v hydraulicky nejneprůzračnějších (respektive nejvyšších) místech nově připojovaných ploch. Obdobně je patrné na obrázku 4, že i ve výhledovém stavu není překročena hodnota maximálního rozdílu tlaku 10 m v. sl.

Výsledná optimalizovaná kombinace dimenzí z pohledu investičních nákladů je pro část 1 – d125, část 2 – d90 a část 3 – d90. Porovnání investičních nákladů na bezpečnou variantu a optimalizovanou variantu jsou v tabulce 1. Porovnání je zde uvede-



Obr. 1: Schéma řešeného propojení SV



Obr. 2: Ukázka jakostního parametru – zákalu vypouštěné vody během dynamického testu

Tabulka 1: Porovnání investičních nákladů jednotlivých variant – výhledový stav

Položka	Počet MJ	MJ	Asfalt	Nezpevněno	Cena MJ [Kč · MJ <sup>-1</sup> ]	Potrubí	Cena [Kč]
bezpečná varianta							
výtlačné potrubí	2 290	m	15 %	85 %	3 939	PE d125	9 019 165
ČS ve Vodojem A	1	ks	–	–	650 000	–	650 000
celkem							9 669 165
optimalizovaná varianta							
výtlačné potrubí	500	m	5 %	95 %	4 032	PE d125	2 016 000
část 1	130	m	20 %	80 %	4 148	PE d160	539 240
část 2	35	m	95 %	5 %	6 803	PE d90	238 088
část 3	45	m	90 %	10 %	6 595	PE d90	296 775
ČS včetně stavebního objektu	1	ks	–	–	1 650 000	–	1 650 000
celkem							4 740 103



Obr. 3: Minimální hydrodynamické tlaky – výhledový stav



Obr. 4: Rozdíl mezi hydrostatickým a minimálním hydrodynamickým tlakem – výhledový stav

no pouze pro odlišné části celkového řešení (oranžová část na obr. 1 je společná a náklady na tuto část jsou stejné pro obě varianty).

Pro úplnost je korektní doplnit, že ceny jsou uvedeny bez DPH. Pro lepší přehlednost jsou částky uvedeny v Kč a jsou použity jednotkové ceny dle [3]. Ceny konkrétních částí jsou stanoveny jako vážený průměr jednotkových cen dle délky potrubí s odpovídajícím povrchem terénu. Aktuální cenová hladina se již může oproti použitým cenám lišit, avšak cílem je poukázat zejména na rozdíl mezi variantami, který se nebude ani při změně cenové hladiny příliš lišit.

**Závěr**

Tento článek se zabýval přínosem použití optimalizačních postupů s využitím hydraulického simulačního modelu na konkrétním příkladu. Tím bylo propojení dvou skupinových vodovodů. Cílem optimalizace bylo minimalizovat investiční náklady,

avšak s tím, že navržené řešení nesmí negativně ovlivnit nebo omezit stávající nebo výhledový stav vodovodu, ani omezit jeho rozvoj. Tyto podmínky byly dodrženy, což bylo prokázáno za pomoci nástroje hydraulického simulačního modelu. Samotná optimalizace zahrnovala výběr z 448 možných kombinací dimenzí jednotlivých částí. Jejich ohodnocení a hydraulická simulace byla po naprogramování provedena automaticky. K tomuto účelu byly využity pouze volně použitelné softwarové prostředky – EPANET 2.0 a jeho optimalizační doplňkové nástroje. Ke grafickému zpracování byl použit volně použitelný software QGIS.

Výsledkem celého procesu je finální návrh dimenzí potrubí (viz výše). Tento návrh splňuje požadavky dané zákonem – splnění podmínek stanovených provozovatelem (dle bodu 1) a byla ověřena dostatečná kapacita vodovodu. Investiční nároky na tuto optimalizovanou variantu jsou přibližně o **5 milionů Kč** (bez DPH) nižší než na bezpečnou variantu navrženou konvenčním způsobem, tj. bez použití hydraulického simulačního modelu



a optimalizačních postupů. Zároveň je třeba připomenout, že tato úspora se projeví také kontinuálně každý rok v nižších generovaných prostředcích na obnovu. Například při životnosti 80 let je zjednodušeně možno vyčíslit úsporu jako  $62\,500 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$  (IN : životnost). Jak je patrné na tomto konkrétním příkladu, fázi předprojektové přípravy je velice žádoucí věnovat velkou pozornost. Je zřejmé, že při použití optimalizačního přístupu jsou prostředky a úsilí do této fáze vloženy vysoce rentabilní.

## Literatura

1. Bolognesi A, Bragalli C, Lenzi C, Artina S. Energy Efficiency Optimization in Water Distribution Systems. Procedia Engineering [online]. 2014;70:181–190 [cit. 2021-03-15]. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2014.02.021

2. Marques J, Cunha C, Savic DA. Decision Support for Optimal Design of Water Distribution Networks: A Real Options Approach. Procedia Engineering [online]. 2014;70:1074–1083 [cit. 2021-03-15]. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2014.02.119
3. Ministerstvo pro místní rozvoj. Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí: Aktualizace 2019 [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-03-18]. ISBN 978-80-87318-79-9. Dostupné z: www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerny-ceny-TI/2019/ceny-ti-2019-celek.pdf

Ing. Tomáš Sucháček, Ing. Eva Náplavová  
AquaSmart Solutions s. r. o.



## GDF spol. s r. o., Mostkov 28, 788 01 Oskava

### www.gdf.cz



- Dispečerský systém pro vodárenství
- Kompletní dodávka řídicího systému

- Zpracování projektové dokumentace
- Dodávka motorické elektroinstalace

- Realizace na více než 4000 objektech
- Centrální dispečerské systémy







## AVK ŠOUPATA

- Konstrukční řešení prověřené desítkami let zkušeností.
- Pevná integrovaná klínová matka eliminující vibrace klínu a oděr pryže.
- Kompletně vulkanizované srdce s pevným kluzným vedením po celé délce.
- Trojnásobná ucpávka vřetene s EPDM manžetou, čtyřmi O kroužky a NBR prachovkou.



**AVK VOD-KA**  
Labská 233/11,  
Litoměřice Předměstí  
412 01

Tel.: 416 734 980  
www.avkvodka.cz  
obchod@avkvodka.cz

# Věnujte se práci – monitoring teplot v laboratoři probíhá automaticky

- Přenos dat pomocí WiFi (WLAN).
- Všechna naměřená data jsou k dispozici kdykoliv, kdekoliv a na každém přístroji.
- Spuštění alarmu při překročení hraničních hodnot.
- Bezplatné úložiště dat online (Testo-Cloud).

Systém WiFi záznamníků dat testo Saveris 2 je nejmodernějším řešením pro monitorování teplot v zařízeních jako jsou lednice, mrazáky (ultra-nízkoteplotní mrazničky), termostaty a pracovní prostory laboratoří stejně jako prostory skladů. Systém se snadno instaluje a lze jej implementovat pomocí internetového prohlížeče z jakéhokoli koncového zařízení. WiFi záznamníky spolehlivě ukládají teplotní a vlhkostní hodnoty v nastavitelných intervalech a přenášejí je pomocí WiFi sítě do cloudu Testo. Pro zaručení neporušenosti a integrity Vašich osobních dat a naměřených hodnot při používání záznamníků splňují firma Testo a její IT partneři nejenom nejvyšší bezpečnostní standardy, předpisy a směrnice, ale záznamníky také vycházejí z nejmodernější koncepce bezpečnosti. Je ukládáno co nejvíce potřebného a co nejméně možného, aby byl Váš systém zachován jako efektivní a bezpečný.

Uložené hodnoty je možné kdykoliv a kdekoliv analyzovat pomocí chytrého telefonu, tabletu nebo počítače s připojením na internet. Překročení mezních hodnot je okamžitě hlášeno e-mailem nebo volitelně prostřednictvím SMS. To Vám umožnu-



Struktura systému testo Saveris 2

je mít kritické procesy vždy pod kontrolou, i když nejste právě na místě měření. Dlouhá životnost baterie navíc zajišťuje, aby systém testo Saveris 2 potřeboval servis jen jednou za čas. Díky využití Vaší WiFi sítě a bezplatnému zřízení účtu na cloudovém úložišti (licence Basic) jsou minimalizovány náklady na monitorování jen na cenu záznamníku.

Nabízíme Vám nejen systém monitorování, ale i pomoc při individuálním návrhu pro Vaši laboratoř, technickou podporu při instalaci a kalibraci všech komponent.

Více informací na:

[www.testo.com/cz-CZ/products/wifi-zaznamniky-testo](http://www.testo.com/cz-CZ/products/wifi-zaznamniky-testo)

(komerční článek)

## Profesionální měřicí technika testo pro monitorování zařízení a prostředí v laboratořích.

- Monitorování prostředí systémem Saveris 2.
- Přenos naměřených dat pomocí Vaší WiFi (WLAN) na cloud a sledování přes chytrý telefon, PC, nebo tablet.
- Spuštění alarmu při překročení hraničních hodnot.
- Bezplatné úložiště dat online (Testo-Cloud).

Rádi Vám připravíme nezávazný návrh systému měření, jeho instalace a kalibrace.

Neváhejte nás kontaktovat!



Testo, s.r.o.

Jinonická 80, 158 00 Praha 5

tel.: 222 266 700

e-mail: info@testo.cz

[www.testo.cz](http://www.testo.cz)



## Z REGIONŮ

### Investice, stavby, rekonstrukce

- **Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a. s.**

Závěrem roku se dokončí výstavba nové komory vodojemu Hřbitovní, která zajistí pro celé území města Karlovy Vary na pravém břehu Teplé dostatečnou rezervu pro zabezpečení plynulého zásobování pitnou vodou i v případě mimořádné situace. Investice je financovaná z prostředků Vodohospodářského sdružení obcí západních Čech. Karlovy Vary, stejně jako dalších 30 měst a obcí Karlovarského kraje, jsou zásobeny pitnou vodou z rozsáhlého oblastního vodovodu. Pitnou vodu do tohoto systému dodává úpravná Březová, která využívá jako zdroj nádrží Stanovice. Úpravná prošla v minulých letech rekonstrukcí, dnes je plně automatizovaná a vybavená moderní technologií ultrafiltrace, která spolehlivě zachytí všechny nerozpuštěné látky



do velikosti bakterií a virů, včetně mikroplastů. V Karlových Varech je rozvod pitné vody řízen pomocí dvanácti vodojemů, které slouží k vyrovnání rozdílů mezi přítokem a odběrem pitné vody, zajištění dostatečného tlaku v síti a také jako rezervní zásoba vody pro případ požáru nebo poruchy. Zásobování jednotlivých částí města lze rozdělit do tří oblastí, vymezených řekami Teplá a Ohře. Centrum města, levý břeh Teplé a pravý břeh Ohře jsou zásobeny převážně gravitačně přes vodojem na Sokolském Vrchu, kam voda natéká přímo z úpravny Březová. Distribuce vody na levém břehu Ohře se řídí přes dva hlavní vodojemy, jeden se nachází na Růžovém Vrchu a druhý ve Staré Roli. Dodávka pitné vody do Hůrek a Olšových Vrat je řešena samostatně. Pro zásobování zbývajících částí města na pravém břehu Teplé (především Drahovice, dále oblast Na Vyhlídce a další související části lázeňského centra) se využívají vodojemy Slavia, Hřbitovní či Vyhlídka. Vodojem Hřbitovní, umístěný v lesoparku pod vyhlídkou Tři kříže, je z nich nejvyšší položený (490 m n. m.), přitom je objemově nejmenší a zásobuje rozsáhlé spotřebišť. Proto bylo rozhodnuto rozšířit tento vodojem o novou komoru a zvýšit tak zabezpečení zásobování celé této části města. Výstavba nové komory se zahájila v loňském roce. Komora pojme až 900 m<sup>3</sup> vody, současná kapacita vodojemu se tak více než zdvojnásobí. Jedná se o podzemní obdélníkovou stavbu s přisazenou manipulační komorou. Nová komora bude propojena s původním vodojemem Hřbitovní, kam se voda dopravuje přečerpáním z vodojemu Slavia zá-

sobeného přívodem z úpravny Březová. Stav hladiny i odtok bude, stejně jako v ostatních vodojemech, nepřetržitě sledován a regulován z dispečinku Vodakvy.

- **Vodovody a kanalizace Beroun, a. s.**

Z Prahy na Berounsko a Hořovicko přivádí pitnou vodu 44 km dlouhý ocelový přivaděč. Byl stavěn v sedmdesátých letech minulého století, a tak jej jeho vlastník Vodovody a kanalizace Beroun, a. s., (VAK Beroun) začal postupně obnovovat. Je dokončována druhá etapa, která spočívá ve vložkování potrubí pod tělesem dálnice D5 nedaleko sjezdu na Zdice a Bavoryni. „Přivaděčem je dodávána voda pro téměř 70 000 obyvatel západní části Středních Čech, denně jím proteče na 10 000 metrů krychlových pitné vody. Je to naše nejdůležitější část infrastruktury,“ říká Roman Badin, technický ředitel VAK Beroun. „Téměř deset let probíhala detailní diagnostika potrubí, abychom mohli dobře naplánovat postup obnovy. Sanovat potrubí musíme po částech, abychom zachovali dodávku vody a také z důvodu zajištění peněz na obnovu,“ dodává. Výměna celé trasy potrubí bude stát více než půl miliardy. V první etapě bylo rekonstruováno zhruba 1 200 metrů, nyní se jedná o úsek přes 300 metrů. Součástí je podchod pod dálnicí, kde je potrubí zdvojené, takže celková délka vyměněného potrubí bude téměř půl kilometru. Tato etapa vyjde vodohospodáře na 21 milionů korun. Nedílnou součástí soustavy jsou vodojemy. VAK Beroun v uplynulých 10 letech rekonstruoval vodojemy Jinočany, Loděnice, Vráž, Beroun, Králův Dvůr, Zdice a přečerpávací stanici s vodojemem v Praskolesích. Celá stavba probíhá za plného provozu. Než byl sanován první průchod tělesem dálnice, bylo zde nataženo provizorní potrubí, kterým se dopravovala voda za místo stavby. Nedošlo tak k žádným odstávkám vody. Reportáž portálu iVodárenství můžete zhlédnout na <https://youtu.be/LeWw47mNXUQ>.

- **ČEVAK a. s.**

Únik vody, prasklinu na přívodním vodovodním řádu o průměru DN 1 000 mm museli řešit vodohospodáři ze společnosti



ČEVAK a. s. „Jde o výjimečnou záležitost, protože opravu potrubí podobného průměru neděláme našťastí příliš často, naposledy to bylo před 15 lety. O to více jsme rádi, že se vše obešlo bez dopadu na odběratele,“ vysvětluje vedoucí provozního střediska České Budějovice Ondřej Koupal. Nejprve bylo nutné přesně lokalizovat místo praskliny a odkrýt povrch. Naštěstí se nejednalo o rušnou silnici, ale o odstavné parkoviště pro kamiony

## Z REGIONŮ

na Dlouhé louce. Poté bylo nutné provizorně utěsnit prasklinu dubových kolíkem. „Jedná se o metodu, kterou používali naši předci. Mezitím bylo nutné rychle objednat a během noci vyrobit speciální třmenový pas s obvodem 3 200 mm. Tím jsme pak utěsnili poškozenou část potrubí,“ doplnil Ondřej Koupal.

- **Energie AG Kolín a. s.**

Ve dnech 18.–20. 8. 2021 proběhla oprava havarijního stavu kanalizační přípojky zimního stadionu v Kolíně, při které bylo vyměněno cca 15 metrů potrubí kanalizační přípojky a vykopáno 80 m<sup>3</sup> zeminy. Na parkovišti před zimním stadionem se



objevil propad a po jeho odkrytí byla zjištěna havárie – zborcení kanalizační přípojky. Celou rekonstrukci provedla společnost Energie AG Kolín a. s.

- **Severočeská vodárenská společnost a. s.**

V září minulého roku zahájila Severočeská vodárenská společnost a. s. (SVS) rozsáhlý projekt, který řeší odvádění a likvidaci odpadních vod z městské části Jablonec nad Nisou-Kokonín a části Maršovic. Projekt zahrnuje výstavbu kanalizace v městské části, vybudování kanalizačního přivaděče do Rychnova a intenzifikaci čistírny odpadních vod v Rychnově u Jablonce nad Nisou. Projektová dokumentace řeší odstranění stávajících kanalizačních výústí z vodoteče Mohelky a jejich přepojení na nově navržený páteřní kanalizační sběrač v ulici Rychnovská. Tento soubor opatření je spolufinancován Evropskou unií, Fondem soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí. Součástí stavby je kromě odvedení a likvidace odpadních vod také rekonstrukce vodovodu v Kokoníně. Stavba je koordinována s Libereckým krajem a KSS LK k přípravě a realizaci obnovy komunikace Kokonín–Rychnov. Město Jablonec nad Nisou se zároveň podílí finančním příspěvkem na spoluúčasti dotace. Byla úspěšně dokončena část projektu Kokonín, a to skupina opatření č. 2 JN008360 Jablonec nad Nisou, Kokonín: převedení odpadních vod na ČOV Rychnov. Vlastní stavební práce probíhaly ve dnech 1. 9. 2020 až 30. 6. 2021. Vyklizení staveniště bylo dokončeno k 31. 7. 2021. Byla vybudována nová kanalizační stoka v úseku mezi křižovatkou Rychnov/Pu-

lečný/Kokonín a prostorem autobusové zastávky v dolní části obce Kokonín před firmou IMP. Pro novou kanalizační stoku bylo dle projektové dokumentace použito potrubí z kameninových trub hrdlových DN 300 mm v celkové délce 2 458,2 metrů a 83 ks kanalizačních šachet DN 1 000 mm. Dále byla provedena příprava budoucích stok do ulice Boční a Tyršova stezka, a to pokládkou potrubí DN 300 mm v délce 9,9 metrů a provedeny finální kryty vozovky nad rýhou. Celkové náklady za dokončené dílo jsou ve výši 32,2 milionů Kč bez DPH. V rámci spolupráce s magistrátem města Jablonec nad Nisou bylo v rámci stavby provedeno odbočení na hranici pozemku KSS LK pro 14 kanalizačních přípojek. Město zajistilo projektovou dokumentaci a zaplatilo tyto práce na budoucích přípojkách. V realizaci pokračují zbývající skupiny opatření: skupina opatření č. 1: Jablonec nad Nisou, Kokonín, odstranění kanalizačních výústí a rekonstrukce vodovodu (termín dokončení 31. 3. 2023), skupina opatření č. 3: Rychnov u Jablonce nad Nisou, rozšíření ČOV (termín dokončení 31. 8. 2022).

## Akce, nové technologie

- **Pražské vodovody a kanalizace, a. s.**

Pražské vodovody a kanalizace, a. s., (PVK) se jako již tradičně zúčastnily Festivalu vědy v pražských Dejvicích konaného v září. Jedná se o největší venkovní populární naučnou akci v České republice pro děti a mládež. „Dětem jsme se formou soutěže snažili vysvětlit, jaké látky či předměty do kanalizace nepatří. Vysvětlovali jsme jim, kolik vody je potřeba k různým lidským činnostem či na domácí čistírně odpadních vod demonstrovali průběh čištění odpadní vody,“ přiblížila prezentaci PVK



Jana Mendlová z útvaru komunikace a marketingu. Festival vědy pořádá Dům dětí a mládeže hl. m. Prahy, České vysoké učení technické v Praze a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze za podpory Městské části Praha 6 a České společnosti pro biochemii a molekulární biologii. Více se dozvíte v reportáži na <https://youtu.be/2X3UyX2p1-8>.

Zdroje rubriky Z regionů: internet a tiskové zprávy uvedených vodárenských společností.

Rádi uveřejníme informace i o vašich akcích či projektech. Napište nám o nich do redakce.



# V pražských Radlicích byly instalovány moderní kanalizační trouby POLYCRETE® z polymerbetonu

V rámci stavby Přeložka kanalizace při ulici Radlická, Praha 5, byly v lednu 2021 jako pilotní projekt Společné materiálové komise Pražské vodohospodářské společnosti a. s. (dále jen správce) a Pražských vodovodů a kanalizací, a. s., (dále jen provozovatel) použity mechanicky a chemicky odolné kanalizační trouby POLYCRETE® výrobce meyer-POLYCRETE.



Kanalizační stoka J1 se sklonem 33,6 ‰ byla navržena v profilu DN 1 000. Pokládka trub byla rozdělena do dvou úseků. Dne 6. a 7. ledna 2021 byl položen první úsek mezi šachtami ŠJ1\_4 a ŠJ1\_5. Druhý úsek mezi ŠJ1\_5 a ŠJ1\_6 byl položen 13. ledna 2021 téměř celý, vyjma jedné trouby a jednoho šachtového dílu, které se pokládaly v následujících dnech.

Na základě jednání investora, společnosti Investiční Delta, a. s., a dodavatele, společnosti HECKL s. r. o., se správcem a provozovatelem kanalizační stoky bylo v rámci Společné materiálové komise správce a provozovatele rozhodnuto, že v rámci stavby veřejné gravitační kanalizace bude vyzkoušen v zahraničí tradiční, avšak v České republice stále ještě ne příliš rozšířený typ materiálu. Na stavbu bylo dne 19. a 20. listopadu 2020 společ-



ností HECKL s. r. o. dodáno 21 kusů kruhových, tři metry dlouhých polymerbetonových trub POLYCRETE® PRC-OC DN 1 000 o vnějším profilu DA 1 185 mm a pevnostní třídě 121, vyrobené dle DIN EN 14 636-1 (ČSN EN 14 636-1), a čtyři šachtové díly DN 1 000 o půlmetrové délce. Minimální hodnota mezní únosnosti ve vrcholovém zatížení pro trouby POLYCRETE® u profilu DN 1 000 je 121 kN/m. Trouby byly jednostranně osazeny zásuvnými spojkami z nerez oceli V4 se symetrickým dvojitým těsněním. Šachty, do kterých se napojovaly polymerbetonové šachtové díly PRC-OC, byly vyrobeny ze železobetonu.



Instalace moderních trub POLYCRETE® z polyesterových pryskyřic s tlakově odolnými kvarcity ukázala výhody tohoto materiálu již během pokládky. Díky nižší hmotnosti trub nemusela být na stavbě nasazena těžká technika a usazování trub bylo rychlejší, než v případě jiných tuhých trubních materiálů. Stačilo rypadlo a šikový bagrista, který si na nový systém pokládky rychle zvykl. Hlavními výhodami polymerbetonových trub POLYCRETE® jsou dlouhá životnost, stabilita, tvarová stálost, garance kruhového tvaru, rychlé spojování trub a odolnost vůči agresivním zeminám, odpadním vodám a plynům (pH 1 až 13). Trouby a spojky jsou absolutně vodotěsné, neboť jsou vyrobeny s velkou přesností. Lze je zkoušet až na hodnotu 2,4 baru při normovém vychýlení ve směru. Trouby z polymerbetonu POLYCRETE® jsou nenasákové a nejsou náchylné k vytváření střepin například při dodatečném vrtání pro napojení kanalizačních přípojek.

(komerční článek)

# Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., mezi oceněnými organizacemi v České republice pro oblast bezpečnosti

**Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., (SOVAK ČR) dne 5. 10. 2021 obdržel pro oblast bezpečnosti ocenění pod názvem Bezpečná organizace.**

Ocenění je určeno nejen pro významné oborové organizace, ale také pro malé, střední i velké podniky. Certifikát **Bezpečná organizace** převzal z rukou garanta projektu Bc. Radka Kubíčka, MBA, ředitel a člen představenstva SOVAK ČR Ing. Vilém Žák.

Projekt pod názvem Bezpečná organizace, který se zaměřuje na řešení bezpečnostní problematiky a aktivní řešení bezpečnostní politiky v organizacích, byl spuštěn v průběhu roku 2020. Projekt, který je velmi pozitivně vnímán ze strany dozorových orgánů, realizuje auditní a poradenská společnost 2KConsulting s.r.o. Výsledkem dlouhodobé spolupráce je zjištění, že SOVAK ČR splňuje výstupy pro kontrolní a dozorové orgány, které jsou pro tento rok u této organizace zaměřeny na oblast zpracování a ochrany osobních údajů (GDPR). Audit byl složen z místního šetření a revize provozně-bezpečnostní dokumentace, včetně směrnic a přijatých opatření, souladu s národní legislativou a s legislativou EU. Zároveň byli všichni zaměstnanci proškoleni v otázkách problematiky ochrany osobních údajů, především se zaměřením na řešení bezpečnostních incidentů a praktických problémů při výkonu činnosti. Výstupy z projektu jsou návrhy opatření, jak eliminovat různá rizika i hrozby ve spojitosti s kybernetickou bezpečností, která jsou aktuálním tématem bezpečnosti v různých organizacích.

Garant projektu Bc. Radek Kubíček, MBA, dále doplnil, že v rámci projektu Bezpečná organizace uvítají další účastníky z oboru vodovodů a kanalizací, aby tak jako příklady dobré praxe mohly být představeny i vodárenské společnosti.

Ing. Ivana Weinzettlová Jungová  
SOVAK ČR



## Vodohospodářské inženýrské služby, a. s.

Křížová 472/47, 150 00 Praha 5  
IČO: 6019 3689, tel. 257 182 411

- laboratoře pitných a odpadních vod
- akreditace ČIA 1213, tel. 602 389 347
- akreditace ČIA 1453, tel. 737 846 403
- projektové práce, IČ, tel. 606 644 463
- geodetické práce, GIS, tel. 602 877 542
- inspekční prohlídky kamerou, tel. 724 151 191



Aqua Global

INTELEKTUÁLNÍ ŘEŠENÍ  
FILTRACE A ÚPRAVY VODY

**VYRÁBÍME  
DODÁVÁME  
INSTALUJEME**

Tlakové multi-média filtry  
GAU filtry  
Separátory písku  
Automatické samočistící filtry  
Automatické a manuální filtrační koše...

www.aquaglobal.cz



Sleva pro členy SOVAK ČR u vizitkové inzercí:  
**barevná vizitka za cenu černobílé**





**VAE CONTROLS**  
 Nám. J. Gagarina 233/1, 710 00 OSTRAVA IO  
 tel.: 556 204 111, fax: 596 242 153  
 email: info@vaecontrols.cz

VAE CONTROLS dodává a instaluje

- řídicí systémy vodárenských dispečinků
- lokální řízení úpraven a čistíren
- dodávky měření a regulace, silnoproudu
- rádiové přenosy ...

[www.vaecontrols.cz](http://www.vaecontrols.cz)



**Jako, s. r. o.**

**aktivní uhlí, aktivní koks, antracit  
 PVD, filtrační materiály**

tel: 283 980 128, 603 416 043  
[www.jako.cz](http://www.jako.cz) e-mail: jako@jako.cz

- Úprava pitné vody
- Předúprava vody
- Ionexové technologie
- Membránová separace
- Filtrační postupy
- Čistírny odpadních vod
- Neutralizační stanice



- Úprava chladicí vody
- Tepelné úpravy vody
- Odvodňování kalů

**VA TECH WABAG Brno spol. s r. o.**

Železná 492/16, 619 00 Brno  
[www.wabag.cz](http://www.wabag.cz); [www.wabag.com](http://www.wabag.com)

Tel.: +420 545 427 711  
 E-mail: wabag@wabag.cz

Při zpracování osobních údajů dbá Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., na dodržování nejprísnejších norem zabezpečení a důvěrnosti, zaručující soulad s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 (GDPR) a dále se zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, ve znění pozdějších předpisů. Podrobnější informace a Zásady zpracování osobních údajů SOVAK ČR naleznete na [www.sovak.cz](http://www.sovak.cz).

## SOVAK • VOLUME 30 • NUMBER 10 • 2021

### CONTENTS

Hynek Kloboučník Rakovník water utility company, an innovator in the development of information systems .....	1
Ondřej Sklenář, Martin Beneš Modern method for inspection of sewer manholes .....	3
Michal Žahour, Roman Badin, Petra Fritschová, Jiří Paul Wastewater treatment plant upgrade and refurbishment or decommissioning? When to take into consideration future operating costs and depreciation of assets .....	7
Martin Srb, Ondřej Beneš, Jiří Wanner Future trends in wastewater treatment technologies: needs, current research .....	12
Waterproofing of tanks in wastewater treatment plants .....	20
Tomáš Sucháček, Eva Náplavová Benefits of using a hydraulic simulation model in practice .....	22
Get to work – temperature monitoring in the laboratory takes place automatically .....	26
Regional news .....	28
They were installed in Prague's Radlice modern POLYCRETE® sewer pipes of polymer concrete .....	30
Ivana Weinzettlová Jungová The Water Supply and Sewerage Association of the Czech Republic among the awarded organizations in the field of safety in the Czech Republic .....	31

Cover page: Jesenice water tank near Rakovník (200 m<sup>3</sup> tank  
constructed in 1905 with a membrane water treatment plant  
installed in 2015)

#### Redakce (Editorial Office):

Redaktorka (Editor): Ing. Ivana Weinzettlová Jungová, tel.: 221 082 661, 727 915 184

e-mail: [redakce@sovak.cz](mailto:redakce@sovak.cz)

Adresa (Address): Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1

#### Redakční rada (Editorial Board):

Ing. Ladislav Bartoš, Ph.D., prof. Ing. Michal Dohányos, CSc., Ing. Karel Frank, Ing. Milan Hruša, Ing. Radka Hušková, Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA (předseda – Chairman), Ing. Jakub Kovařík, Ing. Jan Kretek, prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl (místopředseda – Vicechairman), JUDr. Josef Nepovím, Ing. Jiří Novák, Ing. Jan Plechatý, RNDr. Pavel Punčochář, CSc., Ing. Josef Reidinger, Ing. Bohdan Soukup, Ph.D., MBA, Ing. Petr Šváb, MSc., Ing. Bohdana Tláškalová, Ing. Filip Wanner, Ph.D.

Fotografie: archiv časopisu Sovak.

Sovak vydává Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z. s., (SOVAK ČR) Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1 (IČO: 6045 6116; DIČ: 001-6045 6116), v nakladatelství a vydavatelství Mgr. Pavel Fučík, Čs. armády 488, 254 01 Jílové u Prahy, e-mail: [pfck@bon.cz](mailto:pfck@bon.cz). Sazba a grafická úprava SILVA, s. r. o., tel.: 737 836 825, e-mail: [pfck@bon.cz](mailto:pfck@bon.cz). Tisk Studiopress, s. r. o. Časopis je registrován Ministerstvem kultury ČR (MK ČR E 6000, MIČ 47 520). Nevyžádané rukopisy a fotografie se nevracejí. Časopis Sovak je zařazen v seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik. Číslo 10/2021 bylo dáno do tisku 11. 10. 2021.

Sovak is issued by the Water Supply and Sewerage Association of the Czech Republic (SOVAK CR), Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1 (IČO: 6045 6116; DIČ: CZ60456116). Publisher Mgr. Pavel Fučík, Čs. armády 488, 254 01 Jílové u Prahy, e-mail: [pfck@bon.cz](mailto:pfck@bon.cz). Design: SILVA Ltd, tel.: 737 836 825, e-mail: [pfck@bon.cz](mailto:pfck@bon.cz). Printed by Studiopress, s. r. o. Magazin is registered by the Ministry of Culture under MK ČR E 6000, MIČ 47 520. All not ordered materials will not be returned. This journal is included in the list of peer reviewed periodicals without an impact factor published in the Czech Republic. Number 10/2021 was ordered to print 11. 10. 2021.

ISSN 1210-3039