

# INOVAČNÍ POTENCIÁL VODÁRENSKÝCH OBJEKTŮ Z HLEDISKA PRAXE

**Doc. Ing. Jaroslav Hlaváč, CSc., Doc. Ing. Milan Látal, CSc.**

Vodárenská akciová společnost, a.s., Soběšická 156, 638 01 Brno,  
[hlavac@vasgr.cz](mailto:hlavac@vasgr.cz), [latal@vasgr.cz](mailto:latal@vasgr.cz)

## ANOTACE

Praktické vodárenství klade na inovace vodárenských objektů zejména požadavky spolehlivosti, kvality, odolnosti proti extrémním stavům, energetické úspornosti a provozní jednoduchosti. Příspěvek by chtěl nastínit koncepci přístupu k inovacím vodárenských objektů podle těchto hledisek a uvést možnosti, jak tyto požadavky splnit. Týká se jímacích objektů, úpraven vody a vybraných objektů na distribuční síti. Dlouhý reprodukční cyklus ve vodárenství způsobuje, že se nelze vyhnout tomu, aby byla provozována zařízení (objekty, sítě, technologie), která jsou již do značné míry překonána technickým pokrokem, ale nevyčerpala svou životnost, případně i po skončení životnosti splňují požadavky kladené na ně z hlediska aktuálních norem. Taková zařízení jsou dobře využitelná, kladou však odlišné požadavky na provoz, než zařízení moderní. Na druhé straně jde často o zařízení osvědčená v dlouhodobém provozu a skýtající odolnost, robustnost a kapacitní rezervy.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Inovace, studny, rychlé a pomalé míchání, sedimentace, čističe, filtry, flotace, čerpací technika, vodojemy, inovace vyššího řádu.

## ÚVOD

Na úvod vyvstává otázka, které objekty lze již považovat za historické. Na jedné straně jsou zde několik staletí fungující úctyhodné stavby, na druhé straně nelze pominout zrychlování technického pokroku, takže z dnešní perspektivy je morálně oprávněné, aby za historické byly považovány již i objekty a technologie staré cca 50 let.

## SPOLEČNÉ ZÁSADY

Uvažujeme-li o možností případných technických a technologických inovací ve vodárenství je vhodné se držet některých obecnějších zásad tak, aby byly respektovány aktuálně platné normy a předpisy a zároveň aby splněny požadavky na provozní efektivnost a spolehlivost. Jsou to zejména:

- Požadavky na kvalitu stavebních materiálů a strojně-technologických zařízení přicházejících do styku s pitnou vodou.
- Používání moderních, účinných a hygienicky bezpečných chemikálií, které často mohou dobře nahradit původně používané látky.
- Bezpečnost proti kontaminaci, neoprávněné manipulaci i proti lidským chybám.

- Komplexní přístup, t.j. zhodnocení celého systému v souvislostech, nejlépe technickým nebo technologickým auditem a analýzou rizik, postupovat uváženě a přípravě věnovat pozornost a dostatečný čas.

## JÍMACÍ OBJEKTY

Jímací objekty (též odběrné objekty) zajišťují odběr vody z přírodního prostředí do vodárenského systému. Při hodnocení využitelnosti jímacích objektů je nutno mít na paměti, že součástí vodního zdroje je i celé jeho povodí, takže nemá valný smysl se zabývat pouze jímacím objektem izolovaně. Nejčastějším jímacím objektem jsou studny, které se používaly pro zásobování vodou již ve starověku, ve střeoevropských podmínkách v ranném středověku. Kopané (později i spouštěné) studny byly sice postupně vytlačovány studnami vrtanými, ale stále zůstávají významným typem jímacích objektů. Nové kopané či spouštěné studny pro vodárenské účely jsou v současné době spíše výjimkou, ale to nikterak nesnižuje jejich výhody, zejména možnost akumulace vody, lepší přístupnost pro opravy a údržbu a možnost inovací. K těm patří zejména relativně snadné prohloubení studny, doplnění radiálních vrtaných nebo vtačovaných jímacích drénů, případně obnovení nebo rekonstrukce obezdívky. Radiální drény přicházejí v úvahu při profilech studny zpravidla nad jeden metr, a to až do vzdálenosti 50 m. Další možností inovace je eventualita s doplněním o vnitřní filtry a tím pojistit filtrační účinnost původních venkovních poškozených filtrů. Vrtané studny byly ve větší míře používány od přelomu 19. a 20. století. Nemají takový inovační potenciál, jako studny hloubené, ale vzhledem k nižší pořizovací ceně je snadné jejich nahrazení (v případě snížené vydatnosti) vrtem do stejné zvodně. Dále uvedené zásady jsou společné jak pro hloubené, tak i vrtané studny. U historických studní je nutno dbát na to, aby byly (třeba i dodatečně) zajištěny zásady elementární ochrany jakosti vody, zejména utěsnění stykové spáry mezi konstrukcí zdiva studny a horninou na potřebnou hloubku, nejlépe k hranici zvodně, nejméně však 1,5 m. Dále je nutné zajistit, aby terén v okolí studny byl zpevněn a vyspádován směrem od studny. Mimořádně důležité je, aby konstrukce studny byla vybudována do postačující výšky nad terén a opatřena tak, aby neumožňovala padání nebo vhazování předmětů. Zvláště v údolních nivách je nezbytné, aby zhlaví studny bylo nad úroveň obvyklých inundačních hladin. To umožní, aby studna mohla zůstat v provozu i za mírných povodní za podmínky zvýšené kontroly kvality vody. Podceňovat nelze ani oplocení nebo jiné vhodné zabezpečení proti vandalizmu a pečlivé a včasné udržování nejen studny, ale i okolního terénu, resp. ochranného pásma. Mohlo by se zdát, že uvedené zásady jsou samozřejmostí – a skutečně zpravidla jsou respektovány u nových zařízení, avšak historické objekty bývají z tohoto hlediska opomíjeny. Dbáme-li však těchto jednoduchých pravidel, mohou historické studny dobře sloužit i v budoucnosti, pakliže mají vyhovující podmínky ve svém povodí. Pro běžné provozování pak je malý rozdíl mezi moderními a historickými studnami, zásady jejich provozu a údržby se neliší, je nutno však přihlížet k tomu, zda použité stavební materiály při případné obnově nenahradit modernějšími. Zpravidla lze ponechat kamenné obezdívky, ostatní materiály (beton, cihelné zdivo, ocel, litina, plasty apod.) je nutno posuzovat individuálně podle jejich skutečného stavu a s ohledem na moderní předpisy pro styk materiálů s pitnou vodou.

Na dalším obrázku je fotografie přes 50 let starého prameniště, kde při povodni nebyl zastaven provoz díky tomu, že zhlaví studní je dobře utěsněno a vybudováno do dostatečné výšky nad terén.



U jímacích zářezů patří k inovačním řešením v posledním období doplnění těchto zářezů o regulační prvky, které pomáhají regulovat (snižovat) odtok jímané vody z prameniště zvláště při povodních a tím zabránit především jejich špatné funkci a také k jejich poškození (destrukce jímacích potrubí vlivem vysokých průtoků).

K jímacím objektům povrchových vod lze poznamenat pouze tolik, že ve většině případů není třeba se zabývat jejich přemístěním, naši předkové již od středověku velmi dobře znali zásady umístění břehových objektů na vnější straně oblouku, za jeho vrcholem směrem po toku. Jednotlivé případy je nutno posuzovat převážně z hlediska hydraulického řešení, druhu a stavu použitých materiálů a moderních konstrukcí. Zpravidla se projevuje potřeba instalace moderních česlí. Zajištění bezpečnosti povrchového jímání je daleko obtížnější, než je tomu u jímání podzemních vod, ale ani zde není možno na tyto aspekty zcela rezignovat, spíše je vhodné věnovat pozornost analýze rizik.

## **RYCHLÉ A POMALÉ MÍCHÁNÍ**

Rychlé míchání slouží k tomu, aby připravený roztok koagulantu byl rovnoměrně rozmíchán do upravované vody. Naproti tomu pomalé míchání umožňuje tvorbu separovatelných vloček. V podstatě existují dva základní způsoby, jak toho dosáhnout, a to buď cestou hydraulickou, nebo mechanickou. Oba způsoby mají svoje přednosti i slabiny, stejně jako oba mají svoje zastánce a odpůrce. Pokud jde o historické aspekty, vyskytují se oba v našich končinách zhruba od 30. let 20. století a je tedy s nimi dostatek zkušeností. Jsou-li v zachovalém stavu a funkční, není nezbytné uvažovat o jejich inovaci, leda by k tomu byl zvláštní důvod. Hydraulické systémy jsou konstrukčně jednodušší, nemají žádné nebo jen minimální pohyblivé části, jsou však citlivější na změny průtoků. Vykazují-li funkční závady (např. sedimenty,

ucpávání, zhoršená účinnost), lze doporučit jejich kontrolu z hlediska správného dávkování, hydraulických podmínek (zejména gradientu rychlosti) a ostatních návrhových parametrů, než se odhodláme k jejich náhradě, neboť ta by nemusela přinést očekávaný výsledek.

V osmdesátých letech minulého století docházelo u vložkových nádrží k inovaci v tom smyslu, že vložkové nádrže s mechanickými pádly byly nahrazovány nádržemi s hydraulickým mícháním systémem nejruznějších norných stěn se stabilními nebo regulovatelnými otvory. Tato inovace byla prováděna za účelem snížení energetické náročnosti vložkových nádrží.

V současné době probíhají inovace vložkových nádrží v duchu plynulého snižování středního gradientu rychlosti ve směru průtoku nádrží. Plynulé snižování středního gradientu rychlosti se nejvíce daří deflektorovými, přepážkovými stěnami s postupně se rozšiřujícím průtočným profilem. Z důvodu vysoké tvorby vloček již ve vložkové nádrži se tyto deflektorové stěny doplňují řetězovými shrabovákami, které spolehlivě stírají vložkové nádrže do kalových prostorů. Toto řešení tj. odkalování pomocí řetězových shrabováků je dalším inovačním řešením u těchto zařízení.

## **PRVNÍ SEPARAČNÍ STUPNĚ**

Jako první separační stupně se v klasické úpravě vody používají nejčastěji sedimentační nádrže nebo čičice nejruznějších typů. Klasické sedimentační nádrže (horizontální, podélné) se ve vodárenství používají od počátku moderních technologií, t.j. více než sto let. Původně byly předstupně pro pomalou filtraci, později se jejich konstrukce a parametry víceméně standardizovaly, navíc se začaly používat i vertikální a radiální systémy. Podélné horizontální sedimentační nádrže jsou však nejrozšířenější. Zpravidla jsou funkční, z provozního hlediska robustní, pokud jde o možnosti inovace, často se používají lamelové vestavby různých systémů, jejichž teorie je propracovaná již od 60. let minulého století. V posledních dvou desetiletích se při inovacích klade důraz na shrabování kalů, kde se vývoj ubírá od klasických radlic přes řetězové k plastovým dnovým shrabovákům. Řetězové shrabovákky jsou schopny mimo jiné stírat i těžko přístupné prostory pod odběrnými žlaby a zpětným chodem jsou schopny řetězové shrabovákky stírat hladinu. U kruhových nádrží se snažíme konstrukčními úpravami zvyšovat účinnost stíracích mechanismů včetně odstraňování tvorby pěny. Osvědčují se též podélné vestavby za účelem zlepšení hydraulických poměrů.

Čičice jsou běžnou součástí vodárenských technologií již od 50. let minulého století. Variant jejich technických řešení je již přes 80, takže případné inovační možnosti je nutno zvažovat vždy individuálně. V některých případech se osvědčily lamelové vestavby, v jiných však nikoliv, zpravidla z důvodů narušení hydraulických poměrů. Velmi důležité je, zda čičice v konkrétním případě zahrnují i flokulační prostor, nebo zda se do čičice přivádí již voda s vločkami z klasického pomalého míchání. Pak se inovace omezují na případné zlepšení hydrauliky za účelem stabilizace vložkového mraku. Hydraulické i procesně – technologické aspekty funkce čičic jsou poměrně složité, proto je nutné, aby přípravě změn byla věnována při přípravě dostatečná pozornost a řešení aby bylo svěřeno renomovanému specialistovi. Inovační procesy a konstrukční návrhy rekonstruovaných nebo nově budovaných čičic provádíme nejčastěji v současnosti tak, že využíváme kombinace obou způsobů

funkce čířičů v jednom technologickém zařízení tj. navrhujeme provoz a konstrukci čířičů tak, aby při nízkých průtocích čířičem pracovaly na principu mechanického vznosu vločkovité suspenze a při vyšších průtocích na hydraulickém principu vznosu vločkového mraku. Tímto konstrukčním návrhem dosahujeme minimální energetické náročnosti při dosažení maximální separační účinnosti v tomto separačním stupni.

## FILTRY

Filtry jsou hned vedle studní nejčastějším objektem používaným při úpravě vody. Historicky nejstarším typem filtrů jsou pomalé (anglické) filtry používané už od 19. století. V optimálních podmínkách jsou funkční (jsou použitelné pro úpravu povrchových vod obsahujících potřebné množství živin a kyslíku, jsou-li k dispozici potřebné plochy a není-li na překážku relativně větší objem ručních prací). Jejich inovační potenciál je diskutabilní, je možno se ubírat buď cestou mechanizace ručních úkonů nebo cestou změny technologie – přechodem na modernější a výkonnější rychlofiltry. Z hlediska ploch a objemů to nebývá problém, protože pomalé filtry stejného výkonu jsou značně větší, než rychlofiltry. Rozhodující pak bude stavební stav objektu. Při posuzování případné inovace historických pomalých filtrů se doporučuje uvážlivost, je to technologie, která má i v moderním vodárenství svoje místo a doposud se ojedinele budují.

Rychlofiltry naproti tomu jsou běžně používány cca od 20. let 20. století ve dvou variantách – evropské (s mezidnem) a americké (bez mezidna). Rozšířenější jsou evropské, vývojově starší americké. Obě konstrukce mají svoje přednosti i slabiny, ale i významné možnosti inovací. Pokud jsou nádrže v dobrém stavebním stavu (na myslí máme klasické otevřené filtry), nabízí se zavedení vícevrstvé filtrace, která může zvýšit kalovou kapacitu filtru a prodloužit filtrační cyklus. Vrstev může být několik, ale již 2 vrstvy dokáží výrazně zlepšit účinnost filtru. V úvahu přichází též zavedení jiného materiálu než je klasický křemičitý písek do filtrační náplně. Vedle osvědčeného antracitu, který se hodí jako horní vrstva, je možno zvážit použití zrněného aktivního uhlí s tvrzeným povrchem, čímž se dosáhne nejen filtračního, ale i sorpčního účinku. Je však třeba počítat s tím, že provoz filtru s aktivním uhlím je výrazně dražší z důvodu nutnosti obměny náplně po poklesu jejího sorpčního efektu, k němuž dochází v závislosti na kvalitě filtrované vody po několika letech. Hospodárnější variantou může být v některých situacích použití zeolitů. Vedle nahrazení nebo doplnění filtračních náplní je vhodné uvažovat i o konstrukčních zlepšeních, a to směrem ke konstrukcím bez mezidna, avšak se zachováním principu používání pracího vzduchu (obvyklého u evropských filtrů), což umožňuje nižší potřebu prací vody. V úvahu přichází některý z osvědčených systémů (např. Novák nebo Leopold). Další významná inovace spočívá v modernizaci regenerace rychlofiltrů – tj. optimalizuje délku a intenzitu jednotlivých fází regenerace, kde dochází k významným úsporám elektrické energie a množství regeneračních médií. Významné zlepšení spolehlivosti provozu filtrů (ale i celé úpravny vody) je zavedení, případně modernizace automatických řídicích systémů. Těch je na trhu řada, při jejich volbě je nutno mít na paměti jednak zamýšlenou míru automatizace, dále skutečnost, zda bude nutný přenos signálů do vzdáleného dispečinku nebo zda bude zvoleno řízení přímo v lokalitě. Také množství sledovaných veličin, nakládání s daty a reference z hlediska spolehlivosti a hospodárnosti jsou pro výběr řešení významné. Jako zajímavá inovace u filtrů se jeví provoz s proměnlivou

filtrační rychlostí.

## **ČERPACÍ TECHNIKA**

Čerpadla, jakožto strojně – technologický prvek podléhají rychlejšímu jak morálnímu, tak technickému zastarávání než stavební konstrukce. Čerpání vody se významně podílí na nákladech na výrobu a s ohledem na předpokládaný vývoj cen energií se tento podíl bude pravděpodobně dále zvyšovat. Uvědomíme-li si, že v historických systémech v převážné většině pracují čerpadla, která byla řešena na vyšší výrobu a dopravu vody, než je tomu nyní, je jasné, že jejich návrhové parametry nebývají v souladu s dnes reálným optimumem. Pracují pak často v nevýhodném úseku QH křivky a jejich účinnost se tím pádem liší od dosažitelné úrovně. Je několik možností, jak tento stav zlepšit. K tomu, aby se našlo nejlépe vyhovující řešení, je zapotřebí znát reálné podmínky provozu a porovnat je s původní dokumentací čerpadla. Nejvhodnější cestou je měření hlavních parametrů čerpání (tlak, průtok, příkon), a to po reprezentativní dobu (nejméně 1 až 2 týdny v době nejčastěji se vyskytujícího režimu čerpání), což poskytne podklady pro další provozní nebo investiční opatření. Nejčastěji se zjistí, že výkon čerpadel je nevyužíván. Zpravidla je doporučeno zavést frekvenční měniče, případně vyměnit čerpadlo za typ, který lépe odpovídá změřeným hodnotám. Takto formulované zásady vzbuzují dojem, že jde o jednoduchý problém, avšak je třeba si uvědomit, že měření potřebných veličin by mělo být kontinuální a spolehlivě evidované, a že je potřeba čerpací jednotku posuzovat v souvislostech s trubními systémy, případně akumulacemi a s aktuálním i perspektivním režimem spotřebiště. Vyžaduje tedy nejen přístrojové vybavení, ale i práci kvalifikovaného specialisty. Pokud vlastník nebo provozovatel nemá tyto kapacity sám, může si potřebné práce zadat. Nabídka těchto měření a posudků existuje již i na straně dodavatelů čerpadel.

## **VODOJEMY**

Řada historických vodojemů dobře slouží, z hlediska současných požadavků na provozování je potřebné, aby měly optimální velikost akumulace, hygienicky nezávadnou a dobře udržovatelnou úpravu vnitřního povrchu a aby byly vhodně zabezpečeny před kontaminací, a to zejména z ovzduší. Na úpravu povrchů vnitřku (i starších) vodojemů se úspěšně používají m.j. moderní šlechtěné cementové omítky s hygienickým atestem. K zabezpečení před vzdušnou kontaminací je nutné, aby větrací průduchy byly vybaveny alespoň jemnou sítí, lépe však rounovou textilií a aby tyto zábrany byly pravidelně obměňovány. Nezanedbatelným a potřebným krokem je posouzení správné hydrauliky vodojemu a možností jeho přeplavování a odkalování, jakož i automatického hlídání extrémních hladin. Neměly by již být tolerovány dřevěné konstrukce (lávky, stavítka a pod.), které byly na historických objektech poměrně časté, stejně jako ocelové konstrukce s potřebou nátěrů (zábradlí a pod.). Moderní materiály, např. nerez ocel nebo moderní hygienicky nezávadné plasty a kompozity skýtají lepší hygienické prostředí.

## **INOVACE VYŠŠÍHO ŘÁDU**

Možností zásadnějších inovací, které mění použitá technická zařízení na

odlišná, případně nasazují se zcela nové technologie je řada a stále se objevují další. Zde připomenene jako příklad dvě možnosti, jak se na historických objektech vyrovnat s podstatnými inovačními aktivitami. V prvním separačním stupni přichází v úvahu použití flotace. Je to technologie běžněji používaná v průmyslu, ve vodárenství je její použití zatím sporadické, i když technické řešení je již dobře propracované. Je to navíc technologie prostorově úsporná, takže nemusí činit potíže využití stávajících historických objektů, zejména budov. Je velmi účinná při odstraňování hlavně lehkých suspendovaných látek, jaké vznikají např. při eutrofizaci na vodních zdrojích. Poněkud náročnější je separace těžkých suspenzí, např. při okalových stavech, kdy může část suspenzí sedimentovat, takže je žádoucí pamatovat na možnosti provozně přijatelného odkalování, nejlépe bez nutnosti vypouštění flotační nádrže.

Na dalším obrázku je ukázka vestavby flotační nádrže z nerez oceli do stávajícího objektu úpravy vody. Tento technologický prvek je již několik měsíců v provozu a vyrovnává se přijatelným způsobem jak s běžnými, tak i s extrémními stavy na zdroji surové vody.



**Tabulka 1. Účinky jednotlivých druhů membránových technologií (dle Dolejše a kol., 2002)**

<b>Odstraňované látky / Druh filtrace</b>	<b>MF</b>	<b>UF</b>	<b>NF</b>	<b>RO</b>
Suspendované látky	C	C	C	C
Prvoci	C	C	C	C
Bakterie	C	C	C	C
Viry	P	C	C	C
Železo, mangan	D	D	C	C
Huminové látky (NOM)	-	P	C	C
CHSK	-	-	P	C
Syntetické org. látky – pesticidy	-	-	P	C
Ca + Mg	-	-	P	C
Dusičnany	-	-	-	C
Amoniak	-	-	-	C

C–kompletní odstranění

MF-mikrofiltrace

D–v závislosti na chemické formě  
P–částečné odstranění

UF-ultrafiltrace  
NF–nanofiltrace  
RO–reversní osmóza

Další zásadní inovaci (u druhého nebo dalšího separačního stupně) představuje membránová filtrace. Tento velmi účinný způsob úpravy je již zdokonalen natolik, že je přijatelný i z hlediska pořizovacích nákladů, zejména pro nižší výkony. Pro orientaci uvádíme obvyklé účinky jednotlivých druhů membránových technologií (viz Tab.1):

## ZÁVĚR

Omezený rozsah pro tento článek neumožnil zahrnout sem veškeré v úvahu přicházející možnosti inovací vodárenských systémů a objektů. Bylo nutno pominout např. trubní systémy (rozvodné sítě), přípojky, chemické a kalové hospodářství upraven vod atd. Některá další témata, např. ochranná pásma vodních zdrojů byla jen letmo zmíněna ačkoliv by si zasloužila podrobnější rozbor. To neznamená, že by tyto oblasti vodárenství byly méně významné nebo neumožňovaly inovativní aktivity. Tento text je tedy třeba vnímat jako inspiraci, příklady řešení, která jsou již v praxi ověřena.

## LITERATURA

- Jásek J. a kol. :Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. MILPO MEDIA s.r.o., Praha, 2000, 239 s., ISBN 80-86098-15-X.
- Dvořák V. a kol. : Vodovody jihozápadní Moravy, VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Brno, 2005, 136 s.
- SOVAK: Příručka provozovatele úpravní pitné vody. Praha, SOVAK, 2005, 202 s.
- Hlaváč J., Biela R., Cicvářková L., Dolejš P., Mergl V., Novák J., Žáček L.: Učebnice vodárenství, jímání, úprava, procesy, konstrukce, výpočty. VAS, a.s. Brno, 2005, CD 32 MB, 527 s.
- Dolejš P., Kalousková N., Nogová Z.: Využití membránových procesů při úpravě pitné vody, VaK Zlín, Sborník VI. mezinárodní konference Voda Zlín 2002, s. 109-114.
- Dolejš P.: Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) pro úpravu pitné vody a její první provozní realizace v ČR. Vodní hospodářství 4/2006, s 99 – 101.
- Kriš J., Božíková J., Čermák O., Čermáková M., Škultétyová I., Tóthová K.: Vodárenstvo I, STU Bratislava, 2006,793 s.
- Hlaváč J., Látal M. : Technický rozvoj v oboru vodovodů a kanalizací, IWMD, BIG Praha 2008, 12 s.