

MINIMALIZACE RIZIK PŘI PROVOZU AKUMULACÍ S PITNOU VODOU

**doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.¹⁾, Ing. Jana Hubáčková, CSc.²⁾,
doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.³⁾, Jaroslav Říha⁴⁾**

¹⁾ VŠCHT Praha, FTOP, Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6, tel.: 220 445 123, e-mail: jana.ambrozova@vscht.cz

²⁾ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M. v.v.i., Podbabská 30, 160 62 Praha 6

³⁾ ČVUT Praha, Fakulta stavební, KZI, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

⁴⁾ Severočeské vodovody a kanalizace a.s., Školní 14, Teplice 415 54

ZÁSADY BEZPEČNÉHO ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU

Doporučení pro kvalitu pitné vody, vydané Světovou zdravotnickou organizací (WHO) a *Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu* (z roku 2004) jsou v současné době zásadními dokumenty ve vodárenství, které jsou postupně uplatňovány ve vodárenských společnostech. Cílem dokumentů je bezproblémového zásobování obyvatel vodou od samotného zdroje. Koncepte dokumentů zahrnuje systém zajišťování nezávadné pitné vody, tj. jedná se zejména o zdravotní kritéria, plány pro zajištění bezpečné pitné vody a nezávislou regulaci. *Plány bezpečného zásobování vodou* se významně opírají o:

- (i) hodnocení rizik v rámci celého systému (od zdroje až ke kohoutku spotřebitele);
- (ii) identifikaci a sledování kontrolních bodů nejúčinnějších pro snížení zjištěných rizik a
- (iii) vytvoření efektivních kontrolních systémů managementu a provozních plánů (tyto se zabývají rutinními i neobvyklými provozními podmínkami).

V tomto systému lze uplatnit rizikovou analýzu (HACCP), která by měla zohlednit celou zásobovanou oblast včetně zdroje surové vody, jímacích objektů, úpravy vody (technologie), distribuční sítě spolu s na ní umístěnými objekty (čerpací stanice, akumulace, vodojemy) a koncová místa na síti u spotřebitele. Zjištěním rizikových míst se pak vypracuje patřičný plán pro zajištění bezpečného zásobování vodou. Plán slouží nejen pro řešení havárií, ale i nápravných opatření, preventivních opatření, pro běžnou kontrolu a popř. i pro potřeby průběžného sledování a ověřování (např. audit, který většinou provádí nezávislý subjekt) [1, 2].

Bezpečná pitná voda v celém systému zásobování bude jediné tehdy, pokud se zabrání kontaminaci zdrojů vody, pokud se voda dostatečně upraví (přítomné znečišťující látky jsou úplně, popř. částečně odstraněny a limity splňují požadavky na jakost a nezávadnost pitné vody) a pokud se zabrání sekundární kontaminaci během akumulace, distribuce a manipulace s pitnou vodou [2, 3].

Pokud jde o prověření kvality pitné vody, lze pro potřeby těchto plánů využít metody, postupy a testy, doplňující běžné postupy operativního monitoringu. Jedná se většinou o metody, kterými se zjistí, zda je zásobování pitnou vodou v souladu se stanovenými parametry vyhl. MZd. č.252/2004 Sb., popř. zda je nutné přehodnocení celého systému. Z biologického hlediska se sleduje mikrobiální kvalita vody, založená na mikrobiologickém testování, zahrnující většinou stanovení přítomnosti fekálních indikátorových mikroorganismů (popř. přímé stanovení specifického patogenního, podmíněně patogenního či hygienicky významného mikroorganismu). Podle zkušeností při provádění komplexních auditů vodárenských soustav má podstatný význam i

zařazení sledování mikroskopického obrazu, postihující přítomnost organismů, které nejsou postiženy při mikrobiologickém testování, a dále je potřeba dodat, že mikroskopický nálezn (potvrzení, zjištění, stanovení) lze uskutečnit v podstatně v kratším časovém intervalu [4].

VODOJEMY JAKO RIZIKOVÝ BOD SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

Každá stavba představuje prvek rizika pro účel, ke kterému byla zřízena. Vodojemy jsou prvkem akumulace vody a prvkem, který zajišťuje tlakovou stabilitu zásobovaného území. Vodojemy, jako stavby, mají nezastupitelné místo v systému zásobování vodou a významně se podílí na spolehlivosti celku, jeho udržitelnosti i zranitelnosti. Jako stavby jsou strategicky významné, mají možnost ovlivnit jakost vody a jejich poloha se významně podílí na ekonomických nákladech provozování celého vodovodu. Z hlediska provozování objektu vodojemu je stavbu třeba rozdělit na část stavební a technologickou. Pro analýzu možných rizik a jejich omezení (či zmírnění) je nutné je vytipovat [5].

V plánech bezpečného zásobování vodou je hodnocena distribuční síť jako celek, sledování vodojemů je již méně propracováno. Pro potřeby hodnocení vodojemů, je pouze v tomto dokumentu uvedeno, např.:

- *regulační opatření* - zajištění nepřístupnosti a vodotěsnosti vodojemu,
- *kritické limity* - všechny větrací otvory a kontrolní dvířka jsou udržovány podle kritických limitů,
- *nápravná opatření* - pokud větrací otvory jeví známky poškození, ihned je opravit, veškerý provozní personál poučit, aby dbal na uzavírání dvířek kontrolních otvorů, chybějící hned nahradit.

Obdobně je zde zhodnocen obecní vodojem:

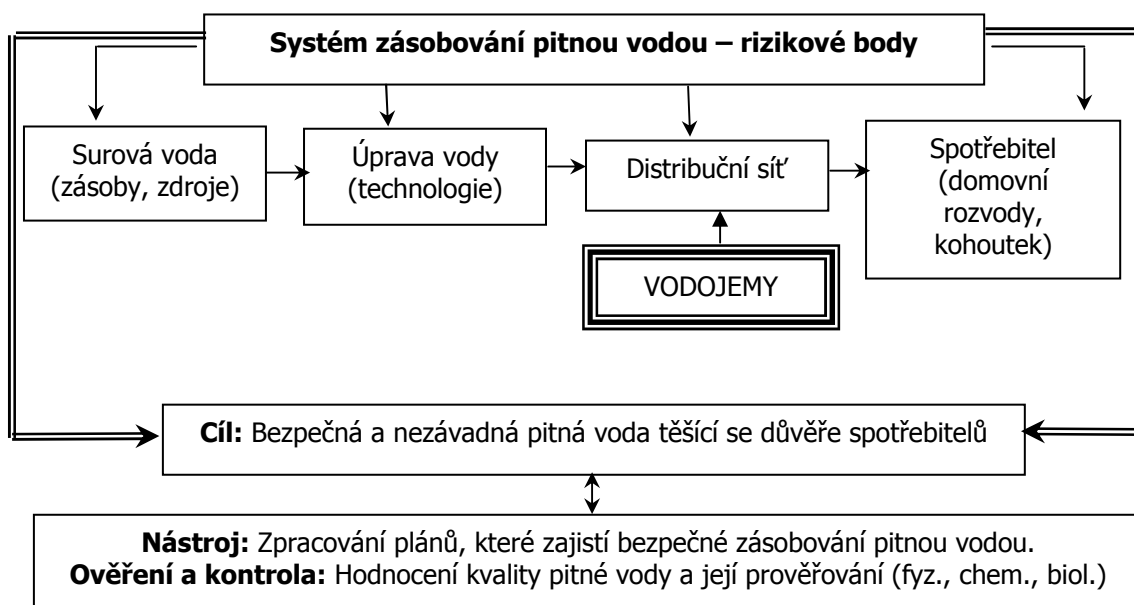
- *regulační opatření* - udržování obecních vodojemů v čistotě,
- *kritické limity* - vodojemy jsou čisté a v dobrém stavu, žádný nárůst zákalu nebo změna vzhledu vody, žádná ztráta zbytkového množství chloru, žádné stížnosti ze strany obce,
- *nápravná opatření* - vyčištění vodojemů obcí.

Další specifikace a detailnější propracování dokument neobsahuje ani v řešených případových studiích [2]. Daleko lépe a erudovaněji jsou zpracované případové studie v rámci projektu *WaterRisk*, kde jsou vodojemy považovány za jednu z hlavních částí subsystému distribuce vody [6].

Pakliže má být zásobování vodou od zdroje ke spotřebiteli účelovým systémem, vodojem je pak nutně funkčně nezbytnou a nedílnou součástí tohoto systému (obr. 1). Pokud je hodnocena vodárenská soustava jako celek, mělo by být zahrnuto i sledování objektů vodojemů [7].

Aspekty komplexního hodnocení vlivu vodojemu na jakost akumulované a případně dále dopravované vody byly řešeny projektem 1G58052 podporovaném NAZV „*Výzkum řešení degradace jakosti pitné vody při její akumulaci*“ ve spolupráci s provozovatelskými organizacemi. Během tří let sledování objektů vodojemů, různých stavebních a provozních parametrů a vlastností, byla vypracována koncepce stavebně-technického auditu. Tento typ auditu se zaměřuje na situování vtoků do vodojemu a odběrů do spotřebiště, manipulace při plnění a prázdnění nádrží a vypouštění, hydrauliku průtoku vody a její výměny a otázky ztrát vody, popř. jejich minimalizace, řešení větrání, zavzdušnění a vysoušení vzduchu, popř. temperování a odvlhčování armaturní komory. Současně byl zpracován návrh na mikrobiologický a hydrobiologický

monitoring akumulované vody přímo v nádržích a stěrů (biofilmů, nárostů, sedimentů) s použitím rutinních a modifikovaných nástrojů odběru a zpracování vzorků za provozu objektu a v době před jeho čištěním [8].



Obr. 1. Rizikové body systému zásobování pitnou vodou [upraveno dle 2]

VÝSTUPY ZE STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO A BIOLOGICKÉHO AUDITU

Při návštěvě objektů, většinou v době před jejich čištěním (stav vypuštěných akumulačních nádrží) se pořizovala fotodokumentace jejich současného stavu, posuzovala se konstrukce a použité materiály, hydraulika proudění, doba zdržení a v neposlední řadě i pokyny k provozování vodojemů. Aspekty hodnocení vlivu vodojemu na jakost dopravované vody byly řešeny tak, aby byly definovány vnější i vnitřní faktory, které mají zásadní a klíčový vliv na udržení jakosti vody v akumulačních nádržích a dále pak v distribuční síti. Vymezila se i závažnost jednotlivých dílčích příčin změn jakosti upravené, akumulované a dopravované pitné vody, potřebné k zaměření se na účinné způsoby minimalizace tvorby biofilmů, přítomného biologického oživení ve vodojemech, bezpečnou výměnu vzduchu a na zásady zajištění výměny vody v akumulačních nádržích.

U sledovaných zemních a věžových vodojemů byly zjištěny zásadní závady stavebně-technické povahy, které by měly být zohledněny při hodnocení rizik ve smyslu plánů bezpečného zásobování vodou.

Závady lze definovat v několika bodech:

- (i) nevhodné uspořádání a zajištění ohraničení objektu od okolí;
- (ii) nevhodné konstrukční a stavební uspořádání objektu;
- (iii) nevhodně uspořádané manipulační prostory;
- (iv) nevhodně uspořádaný prostor s akumulačními nádržemi;
- (v) neoddělené prostory akumulační od manipulačních;
- (vi) sekundární kontaminace vzduchem (větrání, bezpečnostní přepady);
- (vii) nepoučený personál.

Při biologických auditech se jako zásadní, na zhoršování jakosti akumulované vody a tvorbě biofilmů, projevila nevhodnost řešení přítoku a odtoku v jednom místě, použití nevhodných stavebních materiálů, nevyhovující povrchová úprava podlah, volný a ničím nekrytý průnik vzduchu do akumulčních nádrží, čirá okna a výplně dveří přímo v akumulčních nádržích, popřípadě zcela chybějící dveře a zábrany oddělující akumulční prostor od armaturní komory a sekundární kontaminace vzduchem (opakovaný výskyt mikromycet v biofilmech a předpoklad negativního působení na nezávadnost pitné vody). Z testování úrovně vzdušné kontaminace v objektu vodojemu vyplývá nutnost řešení sekundární kontaminace vzduchem proudícího průduchy do objektu tím, že se osadí vhodné filtry. Biologické rozborů v některých případech poukazují na potřebu zvážení podstatně kratšího časového intervalu mezi čištěními vodojemu, než je období jednoho roku, popř. neúčinnost provedení tohoto zákroku. Tento argument lze podložit mnoha výsledky z provedených auditů.

V technickém doporučení I-D-48 *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů* jsou uvedena některá doporučení, která jsou ve zkrácené podobě uvedena v textu dále [8]. Tato doporučení specifikují blíže rizikové body a uvádějí i doporučení pro provozovatele objektu.

(i) Co se týče **zajištění objektu**, je nutné dodržovat požadavky na ochranné pásmo okolo objektu vodojemu se zákazem vstupu a opatřeními k jeho vymáhání. Řešením je zajištění oplocení kolem každého vodojemu, popř. vyžití kamerového či jiného výstražného systému. Toto zahrnuje také pravidelnou kontrolu a údržbu bezprostředního okolí vodojemu. Vegetace se zásadně nevysazuje a náletová vegetace se odstraňuje. Nutné je i zamezit nevhodnému využívání vodojemu (a zejména pak armaturních komor), protože z praxe se problematcky jeví jejich úklid a v některých případech i nekázeň obsluhy.

(ii) Stanovit **pravidelné kontroly stavu vodojemu** (vyjma běžných návštěv při odběru vzorků vody) a podle současného stavu vodojemu ponechat nebo navýšit počet pravidelných kontrol stavu objektu. Samozřejmě toto rozhodnutí je individuální a záleží na zvážení provozovatele. Při těchto kontrolách je důležité zaznamenávat stav a charakter stavebních částí objektu, tj. spodní stavba, nosná konstrukce, zastřešení, vstupy, schody, žebříky, podlahy, dveře, vrata, dešťové svody. Dalším příkladem kontrol je nezávisle provedený biologický audit, který postihne některé aspekty (akumulovaná voda přímo v nádrži, stěry ze smáčených stěn nádrží), které nepostihnou běžně prováděné rozborů vody na přítoku/odtoku do/z nádrže. Zaměstnanci (popř. další oprávněné osoby pro vstup do objektu) by měli být vybaveni pro vstup do akumulčních nádrží vodojemu v souladu s Hygienickým minimem pro pracovníky ve vodárenství [9].

(iii) Důležité je stanovit **požadavky na provozování vodojemu**, v souladu s metodikou WSP, HACCP [1, 2] a Hygienickým minimem pro pracovníky ve vodárenství [9]. Zde se jedná o úpravu podlah, které se drolí a je nutné je ošetřit tak, aby byly bezprašné. Úprava povrchů podlah je podstatná nejen kvůli eliminaci prachu v prostorách, ale také i z důvodu umožnění snazšího úklidu (podlahy, které by bylo možné uklízet hadrem a vodou, např. keramické dlaždice, stěrka apod.).

(iv) Zkontrolovat a upravit **vstupy**, okna a větrání staveb vodojemů, zajistit opravu rozbitých oken, zajistit větrací otvory proti cizím látkám a vniknutí hmyzu, opatřit těsnící dveře, kolem kterých nebude do vstupního prostoru nebo manipulační komory vnikat prach a vzdušný spad z okolí vodojemu. Speciálně pak zkontrolovat a upravit okna a větrání manipulačních komor a vlastních akumulčních nádrží.

(v) Nutnost řešení **sekundární kontaminace vzduchem** (vzdušný a prašný spad) v manipulačních a akumulčních prostorách. V případě jejich vzájemného propojení zamezit nepřímému znečištění akumulčních nádrží. Řešením je zajištění bezprašnosti v manipulační komoře a současně zamezení zvyšování vlhkosti v manipulační komoře (zvyšuje korozi). Dále pak se doporučuje osadit větrací otvory nejen mřížkami proti sněhu a dešti, ale současně předsadit jednoduchá zařízení (rámečky s filtrační tkaninou), která jsou snadno vyměnitelná nebo filtry s filtrační tkaninou doplněnou uhlíkovými filtry či sycené aktivním uhlím. Výběr zabezpečení je dán významem vodojemu a možnostmi provozních organizací. Při řešení projektu byla navržena filtrační jednotka (*Eco-Aer*[®]) uzpůsobena tak, aby byla jednoduše aplikovatelná do libovolného průměru a prostoru ve stěně objektu. Filtrační jednotka se skládá ze šesti samostatně osazených filtračních jednotek o známé filtrační ploše, krytých dvěma mřížkami a osazených rámečkem do stěny zdiva. Z důvodů minimalizace vletu hmyzu a přísunu větších partikulí vzduchem je vnější část filtrační jednotky osazena mřížkou se sítkou a vnitřní část je osazena ochrannou mřížkou (tato mřížka umožňuje uchycení dalších filtračních vrstev, lepší manipulaci při jejich výměně a osazení). Osazením této jednotky je minimalizována míra vzdušné kontaminace akumulční (popř. i manipulační) nádrže. (Účinnost filtrační jednotky eliminovat prachové částice, pylová zrna, škrob, rostlinná vlákna a další částice abiosestonu byla zkoušena přímo v objektu. Nezanedbatelný je její význam v eliminaci počtu mikromycet v ovzduší nad hladinou akumulované pitné vody. Tím lze přispět k eliminaci hyf a konidií mikromycet z biofilmů a sedimentů. V některých případech vymizel i typický plísňovitý zápach z prostoru. Zřejmá je i eliminace patogenních plísní. Namátkovými mikroskopickými rozbory stěrů ze stěny pravé i levé akumulční nádrže za provozu, po určité době od osazení filtrační sestavy, nebyl potvrzen nálezy hyf a konidií mikromycet, z abiosestonu se vyskytovaly korozní produkty a sraženiny železa, písek, rostlinná vlákna a schránky rozsivek.) [10].

(vi) Stanoví se **harmonogram čištění vodojemů** dle jeho stavu, tj. různých pevných nánosů např. usazenin a inkrustací z potrubí, z oprav případných poruch potrubí, z vysrážených a usazených látek z vody apod. To znamená, že se v praxi individuálně posoudí stav vodojemu, jakost přiváděné vody, zabezpečení vstupů a otvorů, posouzení charakteru biofilmů, vytvořených na stěnách (použitím rychlých screeningových metod, pádlových testerů, testů biologické aktivity, testy ATP, apod.). Provozovatel si dále stanoví i postup pro čištění a dezinfekci vodojemů.

REVIZE NORMY PRO VODOJEMY

Technické doporučení I-D-48, které bylo při řešení projektu 1G58052 zpracováno, se stalo podkladem k prověření účelnosti normy ČSN 73 6650 *Vodojemy*, která platí pro navrhování a provoz vodojemů (zemních i věžových, jenž jsou součástí veřejných vodovodů pro zásobování pitnou vodou). Vzhledem k tomu, že je norma již zastaralá a v některých případech byla i nesprávně uplatňovaná, byla doporučena její revize. Náplň stávající, v praxi ověřené normy, zůstává zachována, vlastní revize se zaměřuje na upřesnění některých článků normy, na doplnění o nové metody a způsoby zajištění objektů vodojemů a jejich správné provozování. Změny či dodatky jsou provedeny ve smyslu praktických výsledků z řešeného projektu a prováděných auditů vodárenských společností [11].

Úpravy a doplňky stávající normy se projeví v menších úpravách a doplňcích stávající normy a v zařazení nových článků, které budou zaměřeny na problematiku rekonstrukcí a modernizací stávajících objektů vodojemů (akumulací, čerpacích stanic, apod.). K tomu budou použity především zkušenosti z řešených projektů a

prováděných stavebně-technických a biologických auditů mnoha vodárenských společností.

Jako zásadní pro řešení revize normy bude řešení bezpečnostních případů a jejich zabezpečení, utěsnění komor (vyvločkování dveří, oddělení armaturního prostoru od akumulárního), doporučení vhodné povrchové úpravy podlah a doplnění ochranných opatření (v případě ventilace, oken). Doplněn bude i přehled zásad při výběru okenních fólií, které jsou účinné v eliminaci podílu procházející světlené energie a viditelného záření. Významné bude řešení problematiky vzdušné kontaminace (významně ovlivňuje biologickou stabilitu pitné vody), která není na objektech zajištěna zábranami, ve smyslu využití filtrů a filtračních vložek. Projektanti i provozovatelé vodohospodářských zařízení by měli obdržet jednoduchý a v praxi použitelný návod na vybavení ventilace (větracích průduchů) nádrží vodojemů včetně pokynů pro jejich osazení (typ filtračního materiálu, velikost zachycovaných částic) a doporučení intervalů jejich výměny.

ZÁVĚR

Systému výroby, dopravy a akumulace pitné vody je potřeba věnovat zvýšenou pozornost. Kvalita vody může být ovlivněna zevnitř i zvenčí v jakémkoliv bodě kontinuálního systému zásobování vodou. Rizikovými body jsou objekty vodojemů, u kterých se projevuje negativně vliv charakteru stavby a nevhodný provoz objektu (včetně zajištění). Vodojemy by měly být oázami s osvěžující vodou s detoxikačními a regenerujícími účinky. Vodu je potřeba hýčkat, protože i voda má svou vlastní paměť. Zintenzivnění výzkumu, výchova odborníků a vypracování funkčního systému kontroly ve vodárenství je dobrou reklamou pro výsledný produkt – pitnou vodu. A na nás je, jak budeme informovat veřejnost o kvalitě a nezávadnosti této tekutiny, byť je to „jen voda“.

Vypracováno v rámci grantového projektu MŠM 6046137308.

Literatura

1. International Water Association: The Bonn Charter for Safe Drinking Water. September 2004. In Czech: Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu, SOVAK č. 7-8/2005, 20-23.
2. Davison A., Howard G., Stevens M., Allan P., Fewtrell L., Deere D., Bartram J., 2005. Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer (WHO/SDE/WSH/05.06), © World Health Organisation 2005, Plány pro zajištění bezpečnosti vody. Řízení kvality pitné vody od povodí k odběrateli. Česky vyšlo zásluhou VAS, a.s. na CD jako příloha ke sborníku konference Pitná voda Tábor 2006.
3. Říhová Ambrožová J., 2009: Zajištění zdravotně nezávadné a bezpečné pitné vody v distribuční síti. *Chemické Listy*, 103 (12), 1041-1046, ISSN 0009-2770.
4. Hubáčková J., Slavičková K., Říhová Ambrožová J. 2006. Změny jakosti při její dopravě.- *Práce a sešit 53, VÚV T.G.M. Praha*, 96 s. + příloha na CD.
5. Čiháková I., Hubáčková J., Říhová Ambrožová J. 2010. Vodojem – objekt představující riziko pro kvalitu vody i možnosti zásobování spotřebiště pitnou vodou. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2010*, Praha 3.-4.2. 2010.
6. Tuhovčák L., Ručka J., Papírník V. 2009. Analýza rizik vodojemů. Sborník semináře *Vodojemy 2009*, konaného dne 24.11.2009, Praha ČSVTS, SOVAK ČR, 5 s.
7. Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2009. Drinking water quality in Czech Republic. *Czech J. Food Sci.*, 27 (2), 80-87, ISSN 1212-1800.
8. Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2008. Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů. *Technické doporučení (I-D-48)*, Hydroprojekt CZ, a.s.: 60 s., AA 4,8
9. Kožíšek, F., Kos, J., Pumann, P. 2006. Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství, SOVAK Praha 2006, 74 s.
10. Říhová Ambrožová J., Říha J. 2008. Provozně odzkoušené filtrační jednotky – řešení eliminace sekundární kontaminace vzduchem. *SOVAK*, 17 (9), 14-17.
11. Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2010: Revize normy pro vodojemy ČSN 73 6650. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2010*, Praha 3.-4.2. 2010.