

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Stanislav Říha

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Stanislav Říha

**Manažersko ekonomické zhodnocení rekonstrukce objektu**

**vodojemu Bártlův vrch**

Management and Economic Evaluation of Waterreservoir

Reconstruction Bartluv vrch

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené  
informační zdroje.

Olomouc 30. 3 .2011

.....

Děkuji všem, kteří mi s pochopením a bez ohledu na své časové zaneprázdnění vyšli vstříc a všestranně pomohli při vypracování mé bakalářské práce. Především Doc. Ing. Nině Strnadové, CSc. Za odborné vedení, poskytnutí materiálů, cenných rad, připomínek a hlavně velké trpělivosti při psaní této práce.

V neposlední řadě děkuji své rodině, bez jejíž opory bych nemohl studovat a napsat tuto práci.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Teoretická část</b> .....	<b>7</b>
1.1 Historie vodárenství .....	7
1.2 Mezinárodní a národní předpisy pro pitnou vodu .....	9
1.3 Jakost vody a systém zásobování pitnou vodou .....	13
1.4 Systém akumulace pitné vody .....	16
<b>2 Praktická část</b> .....	<b>19</b>
2.1 Provoz a údržba objektu vodojemů .....	19
2.2 Podklady pro rekonstrukci objektu VDJ Bártlův vrch .....	20
2.2.1 Technický audit objektu .....	23
2.2.2 Biologický audit objektu .....	26
<b>3 Ekonomická část</b> .....	<b>35</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>40</b>
<b>ANOTACE</b> .....	<b>41</b>
<b>LITERATURA A PRAMENY</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>47</b>
<b>PŘÍLOHA</b> .....	<b>48</b>

# ÚVOD

Pitná voda je neoddělitelnou součástí našeho života a ve všech obdobích je jí věnovaná velká pozornost. Světová zdravotnická organizace (*World Health Organization*, zkráceně WHO) se dlouhodobě zabývá bezpečnou úpravou, dodávkou a zásobováním pitnou vodou. Výsledkem bylo uveřejnění obsáhlého dokumentu, známého pod názvem Plány pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou a řízení kvality pitné vody od povodí ke spotřebiteli (*Water Safety Plans; Managing drinking-water quality from catchment to consumer*), které vedou ke změně pohledu na zabezpečení nezávadnosti pitné vody kontrolované u spotřebitele na kohoutku.

Kvalita upravené pitné vody se po čase její dopravou a akumulací mění a výsledkem může být, že voda opouštějící úpravnu vody může mít jinou kvalitu než voda dodávaná spotřebiteli. Pitná voda je dopravována ke spotřebiteli soustavou přívadčích řadů, vodojemů a distribuční vodovodní sítí a v každém bodě systému zásobování může docházet ke změně kvality pitné vody. Při dlouhodobém zdržení vody v rozvodné síti a akumulací ve vodojemech může docházet ke změně kvality pitné vody. Např. vlivem snížené koncentrace dezinfekčního činidla může docházet k pomnožení nežádoucích mikroorganismů a tvorbě biofilmů, navíc metabolická činnost mikroorganismů se podílí na biokorozi vodou smáčených povrchů vodárenských zařízení.

Náklady na úpravu kvalitní pitné vody mohou být vynaložené zbytečně, pokud se nevěnuje dostatečná pozornost distribučnímu systému.

Dalším, velmi důležitým faktorem ovlivňujícím jakost vody, je stavební a konstrukční zabezpečení objektů, které se nachází na vodovodní síti. Zde se velmi často setkáváme se stavebními nedostatky spočívajícími v chybných a nevhodných řešeních. Jedná se zejména o odvětrání objektů, řešení povrchů stěn, zvoleného materiálu pro styk s pitnou vodou, zastřešení, zateplení apod. Tyto uvedené aspekty negativně ovlivňují kvalitu distribuované pitné vody.

Cílem Bakalářské práce bylo zaměření se na rekonstrukci hlavního vodojemu (VDJ) pro město Jablonec nad Nisou VDJ Bártlův vrch. V předložené práci je srovnání stavu objektu před a po rekonstrukci (posouzena je stavební a technická část objektu, armaturní a akumulační komory) podle zásad technického doporučení I–D–48, vliv

závad technického charakteru na jakost pitné vody. Provoz objektu je doložen biologickými rozbory. Nedílnou součástí práce je ekonomické zhodnocení celé rekonstrukce vodojemu.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Historie vodárenství

Dostatek vody vždy rozhodoval o rozvoji osídlení krajiny a České země nebyly výjimkou. K prvotnímu zásobování sloužily zejména studny a jímky, voda se roznášela či rozvážela z řek a potoků. Nebylo-li dostatečné množství vody k dispozici, bylo nutné ji přivést z míst vzdálenějších. Soukromé gravitační přivaděče se objevily na našem území již ve 12. století.

Polovinu 14. století můžeme považovat za počátek zásobování obyvatelstva z veřejných vodovodů, ale svůj význam neztrácely ani četné studny. Období renesance přineslo pokrok také v distribuci vody. Rozvoj technického myšlení, větší nároky na hygienu a stále se zvyšující potřeba vody si vynutily rozmach vodárenství a na výsluní se dostalo i vodárenské stavitelství. Vyrůstaly nové vodní věže, jinde se využíly pro umístění nadzemních nádrží části opevnění, častá byla i výstavba dokonalejších gravitačních vodovodů. Většina těchto staveb sloužila až do 19. století. Vodárenská technologie se sice často obnovovala, ale technicky ustrnula na počátku 17. století. Právě až s dalším pokrokem techniky na konci 19. století vznikla většina moderních vodárenských systémů, z nichž valná část funguje dodnes.

Významu „čisté vody“ a jejího bezprostředního vlivu na lidské zdraví si byli vědomi již starověcí lékaři a nepochybně i jejich předchůdci v medicíně dávných civilizací. S vývojem chemie a dalších přírodních věd se během staletí prohlubovaly znalosti o kvalitách vod a jejich souvislosti se zdravím a nemocemi, zásadní zlom však přinesly až objevy v oblasti mikrobiologie a bakteriologie ve druhé polovině 19. století. Zvláště naléhavě se projevovala souvislost nezávadné pitné vody se smrtícími epidemiemi cholery, která se rozšířila po Evropě na počátku třicátých let 19. století z Asie.

„Studiem původce cholery a tyfu se zabýval od poloviny padesátých let 19. století experimentální hygienik, německý lékař a lékárník M. Pettenkofer, který v Mnichově v roce 1873 založil jako profesor hygieny pro svůj obor první ústav na světě. Nezávadná pitná voda pro něho byla po celý život nejdůležitější podmínkou



v boji proti epidemiím i v úsilí o zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva. M. Petterkofer už v té době tvrdil, že mezi všemi okolnostmi musí být v zájmu veřejného zdraví především péče o co nejvyšší čistotu pitné vody, nikoliv jen při epidemiích, které jsou přechodné a pominou, ale obecně po všechny časy.<sup>1</sup>

V roce 1968 byl založen Český svaz vodovodů a kanalizací, a to na základě vlastních potřeb, s cílem pomoci svému oboru. Jeho činnost ale trvala pouze dva roky a v roce 1970 byl tento svaz rozpuštěn.

Na další snahy po koordinaci činností vodovodů a kanalizací museli vodohospodáři čekat dvacet let. Dne 23. listopadu 1989 bylo založeno Sdružení oborů vodovodů a kanalizací (SOVAK), které se stalo kolektivním partnerem státním a odborným institucím s cílem prosazovat zájmy podniků vodovodů a kanalizací na území Českých zemí.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> JÁSEK, J. a kol., *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*, s. 4.

<sup>2</sup> NOVÁK, J. a kol., *Příručka provozovatele vodovodní sítě*, s. 6-35.

## 1.2 Mezinárodní a národní předpisy pro pitnou vodu

Na základě společné iniciativy Evropské hospodářské komise, Organizace spojených národů (UN–ECE) a Regionální úřadovny Světové zdravotnické organizace pro Evropu (WHO) byl přijat na Třetí ministerské konferenci o životním prostředí a zdraví (Londýn, červen 1999) „Protokol o vodě a zdraví“. Jeho hlavním cílem je podpořit ochranu lidského zdraví a duševní pohody, na všech úrovních rozhodování individuálně i kolektivně, v rámci trvale udržitelného rozvoje. A to prostřednictvím zlepšeného hospodaření s vodou, ochranou vodních ekosystémů, ochranou jakosti a množství vody a kontrolou a potlačováním chorob souvisejících s vodou. Dnem 4. srpna 2005 se Protokol stal právně závazným.

„Při plnění Protokolu jde o přijetí legislativních a účelových opatření, vedoucích k:

a) k dostatečnému zásobování obyvatelstva nezávadnou pitnou vodou, vyhovující současným vědeckým poznatkům o ochraně zdraví, včetně ochrany všech zdrojů sloužících pro úpravu na vodu pitnou;

b) k efektivnímu způsobu odvádění, čištění a likvidaci odpadních městských vod tak, aby nebylo ohroženo lidské zdraví a nedocházelo ke znehodnocování povrchových a podzemních zdrojů vod;

c) k efektivní ochraně všech zdrojů vod a vodních ekosystémů před znečištěním způsobeným z jiných příčin, tedy zemědělstvím, průmyslem, vypouštěním nebezpečných látek z ostatních druhů lidské činnosti atd.;

d) k bezpečnostním opatřením na ochranu před chorobami souvisejícími s vodou při využívání vody k rekreačním účelům, k hospodářským účelům – jako je chov ryb, korýšů či dalších pěstovaných vodních organismů, při využívání vody k závlahám, nebo při využívání čistírenských a vodárenských kalů v zemědělství či vodním hospodářství;

e) k vybudování efektivního systému pro sledování jakosti pitných, rekreačních a ostatních vod, k vybudování systémů preventivního hlášení v případě nebezpečí vzniku chorob souvisejících s vodou;

f) k dostatečné informovanosti obyvatelstva o jakosti a kvalitě vod a k zainteresování široké veřejnosti na přijetí nápravných opatření, zaměřených ke komplexní ochraně povodí, a to bez ohledu na hranice států.“<sup>3</sup>

Výše uvedené body byly zapracovány do směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice) a následně v září 2004 vydala Světová zdravotnická organizace (WHO) v rámci svých doporučení *Guidelines for drinking quality (Chapter 4: Water Safety Plans)* a také mezinárodní organizace pro vodu IWA Bonnskou chartu o bezpečné vodě.

Doporučení pro kvalitu pitné vody zahrnují také určitou koncepci pro systém zajišťování nezávadné pitné vody. Obsahují zdravotní kritéria, plány pro zajištění bezpečné pitné vody a pro nezávislou regulaci. Smyslem je pomoci zákonodárcům a provozovatelům služeb na celém světě kontrolovat a zlepšovat kvalitu pitné vody. Nové pokyny mají umožnit, aby se péče o zdraví lidí zaměřila na prevenci mikrobiální a chemické kontaminace dodávek pitné vody. Pokyny mají široké uplatnění, počínaje městskými vodovody ve vyspělé Severní Americe a konče chráněnými studnami v rozvojových zemích. Úkolem provozovatelských společností musí být, podle výše uvedených mezinárodních protokolů a doporučení a současně podle našich zákonů o ochraně veřejného zdraví, dodávat spotřebitelům bezpečnou pitnou vodu.<sup>4</sup>

Jak bylo výše uvedeno, ve stejný den, jako doporučení WHO, byla vyhlášena Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu. Tento vysoce kvalitní dokument, vypracovaný Mezinárodním vodohospodářským sdružením IWA (*International Water Association*), zahrnuje nezbytné provozní a institucionální požadavky pro hospodaření s pitnou vodou, což představuje celý systém výroby a distribuce pitné vody. To znamená i celého koloběhu vody v přírodě. Doporučení WHO a Bonnská charta jsou vzájemně propojené, doplňující se dokumenty. Charta je založena na identifikaci klíčových principů, které jsou považovány za základní při vytváření rámce pro spolehlivé zásobování dobrou nezávadnou pitnou vodou. Následně systémy řízení kontroly by měly být zaváděny tak, aby na všech stupních zásobování vodou byla rizika vyhodnocována. Úloha a odpovědnost různých institucí, podílejících se na dodávkách nezávadné a pitné vody, by měla pokrýt systém celý, od zdroje až ke

---

<sup>3</sup> IWA: *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*, s. 20-23.

<sup>4</sup> DAVISON, A., HOWARD, G., STEVENS, M., ALLAN, P., FEWTRELL, L., DEERE, D., BARTRAM, J.: *Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer*, CD WHO/SDE/WSH/05.06

spotřebiteli. Charta má široké pole využití a s přihlédnutím k místním podmínkám je cenným přínosem pro všechny subjekty zodpovědné za zásobování dobrou nezávadnou pitnou vodou. Cílem Bonnské charty je „dobrá nezávadná pitná voda, která se těší důvěře spotřebitelů“.

V roce 2005 vydala Světová zdravotnická organizace Plány pro zajištění bezpečnosti vody; Řízení kvality pitné vody od povodí ke spotřebiteli (*Water Safety Plans; Managing drinking-water quality from catchment to consumer*). Vedou ke změně pohledu na zabezpečení nezávadnosti pitné vody kontrolované u spotřebitele na kohoutku. Odebereme-li vzorek na kohoutku podle plánu kontrolních odběrů, zajistíme jeho zpracování v laboratoři, pak získáme výsledek dobrý nebo špatný. V případě dobrého by bylo vše v pořádku, i když nejde o stálou kontrolu. V případě špatného, by mohl nastat problém, protože spotřebitel již tuto vodu vypil, vařil v ní nebo ji použil ke své hygieně ap. Naše zjištění by přišlo pozdě. Proto WHO v Plánech pro zajištění bezpečnosti vody a v Řízení kvality pitné vody od povodí ke spotřebiteli doporučuje přenést kontrolu konečného produktu (pitné vody) na kontrolu celého procesu výroby pitné vody viz obr. 1, s. 11.



Obr. 1 – Schéma rizikové analýzy v plánech pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou<sup>5</sup>

Voda je zařazena mezi potraviny, proto WHO doporučuje i na výrobu pitné vody používat systém známý v potravinářství a to Rizikovou analýzu a kritické kontrolní body při výrobě (*Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP*). Některé prvky tohoto systému se sice v našich provozovatelských organizacích již dávno používají, ale pouze nahodile, nikoli systematicky. S novým přístupem

<sup>5</sup> DAVISON, A., HOWARD, G., STEVENS, M., ALLAN, P., FEWTRELL, L., DEERE, D., BARTRAM, J.: *Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer*, CD-rom.

doporučeným WHO se ztotožnila Evropská komise a spolu s WHO hledá způsob jak tento systém zohlednit v připravované novele SR 98/83/EHS.

Jakost dodávané pitné vody z veřejného zásobování spotřebitelům je stále v zorném poli pozornosti světových odborníků.

Zásady a požadavky uvedených mezinárodních zákonů, směrnic a doporučení jsou postupně zpracovávány do zákonů České republiky a jejich prováděcích vyhlášek.

Požadavky na pitnou vodu dodávanou spotřebiteli jsou uvedeny v zákonu Ministerstva zdravotnictví č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví (ve znění pozdějších předpisů), který prodělal téměř dvě desítky změn, poslední z nich viz zákon č. 471/2005 Sb. (prosinec 2005), kdy bylo publikováno úplné platné znění zákona. Zákon má dvě prováděcí vyhlášky, vztahující se k pitné vodě dodávané veřejným zásobováním, a to vyhlášku č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (ve znění pozdějších předpisů) a zároveň i vyhlášku č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody (v platném znění).

K pitné vodě, její výrobě a všemu co s ní souvisí, se vztahuje zákon Ministerstva zemědělství č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. Tento zákon též prošel několika novelami, z nichž poslední je uvedena v zákonu č. 76/2006 Sb. Prováděcí vyhláškou zákona č. 274/2001 Sb. je vyhláška č. 428/2001 Sb., která reagovala na změny v zákoně a její poslední novela je č. 515/2006 Sb. Do vyhlášky č. 428/2001 Sb. byla implementována SR 75/440/EHS, která řešila kategorizaci povrchových zdrojů určených k odběru pro pitnou vodu a návaznost technologií pro jednotlivé kategorie. Platnost této směrnice skončila v prosinci 2007. V rámcové směrnici 2000/60/ES, ustavující rámec v oblasti vodní politiky, jsou výrobě pitné vody věnovány články č. 1, č. 7, a č. 16, které zmiňují výrobu pitné vody jako jeden z prioritních důvodů ochrany vod. Nicméně požadavky, týkající se výroby pitné vody, uvedené ve směrnici, jsou naplňovány jen okrajově, zjm. ve smyslu dosažení tzv. dobrého ekologického stavu všech vod. Samotné kvalitativní cíle nejsou ve směrnici jednoznačně definovány, navíc chybí limity, směrnice je doplněna pouze seznamem prioritních látek. Z rámcové směrnice vyplynula povinnost vypracování Plánů povodí a v roce 2006 byl Plán hlavních povodí

ČR schválen. Při schvalování však byli provozovatelé vodovodů a kanalizací pouze v roli odborné veřejnosti.

Ministerstvo zemědělství vydalo zákon č. 254/2001 Sb., ve znění zákona 20/2004 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Ministerstvo životního prostředí vydalo v souvislosti s vodním zákonem Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Tabulka č. 3, ve které jsou uvedeny imisní standardy, ukazatele a cílové přípustné hodnoty znečištění povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody je implementací tabulky č. 1, přílohy č. 13 z vyhlášky č. 428/2001 Sb. Pokud jde o „cílové“ imisní standardy pro povrchové vody využívané příslušnou kategorií úpravy surové vody na vodu pitnou bylo uvedeno, že jich musí být dosaženo do 22. 12. 2012. V Nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., jsou imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod uvedeny v příloze č. 3. Místa užívání vody pro vodárenské účely, pro koupání osob a pro lososové a kaprové vody jsou definovány tak, že se vztahují k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda.

### **1.3 Jakost vody a systém zásobování pitnou vodou**

Jakost pitné vody je závislá na kvalitě zdroje, použitém technologickém postupu úpravy vody a na rozvodném systému (materiál, délka a hydraulické podmínky). Voda dodávaná veřejnými vodovody by měla odpovídat svojí kvalitou již zmíněné legislativě, resp. by měla splňovat vymezené legislativní požadavky, včetně celé vodovodní sítě a vodojemů.

Vodovodní sítě umožňují zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Rozeznáváme vnější a vnitřní vodovodní síť. Mezi vnější vodovodní síť patří přivaděče a zásobovací řady, které vytvářejí soubor nadzemních a podzemních potrubí a zabezpečují zásobování vodou určitých územních celků, oblastí a obcí. Jedná se o oblastní a

skupinové vodovody, při kterých potrubní vedení vytváří složitý celek. Dopravu a distribuci pitné vody ke spotřebiteli zabezpečují převáděcí řady a rozvodná vodovodní síť. Převáděcím řadem se dopravuje voda z vodního zdroje nebo z úpravny vody do vodojemu a zásobovacím řadem voda z vodojemu do spotřebiště. Patří sem i akumulace vody do vodojemů.<sup>6</sup>

V době dopravy vyrobené vody ke spotřebiteli probíhá řada procesů, které nepříznivě ovlivňují jakost distribuované vody. Proto se monitorováním změn kvality vody při její dopravě a akumulaci věnuje zvýšená pozornost. Voda vstupující do distribučního systému musí být mikrobiologicky bezpečná a ideálně by měla být biologicky stabilní. Když je voda transportována k uživateli, distribuční systém musí poskytovat bezpečnou bariéru proti kontaminaci. Zbytková dezinfekce bude poskytovat částečnou ochranu proti rekontaminaci, ale může též působit jako „zamaskování“ přítomnosti takovéto kontaminace. Avšak v globální škále je špatné zacházení v domácnosti pravděpodobně nejpodstatnějším zdrojem znečištění.

Významné místo při změnách jakosti pitné vody dopravované ke spotřebiteli, především ve zdravotních a senzorických ukazatelích, zaujímá koroze.

Koroze potrubí se především projeví zvýšením zákalu dopravované vody, její změnou rychlosti proudění ve vodovodních řadech. V koncových místech distribučního systému může docházet k ucpání potrubí malých průměrů v důsledku unášení korozních produktů z míst s větší rychlostí proudění a do míst s rychlostí menší. Korozi se zkracuje životnost potrubí (slábnutí) a zvyšují se ztráty vody v distribučním systému. Nežádané změny kvality distribuované vody ke spotřebiteli je možné omezit používáním potrubí s dokonalou izolací vnitřních stěn nebo nekorodujícího materiálu, dále využíváním vhodných úpravárenských technologií (optimální dávkování provozních chemikálií, úpravu vody do vápenatouhličitanové rovnováhy, dokonalé separační procesy), průběžnou kontrolou kvality vody v síti, v několika vybraných profilech sítě a v neposlední řadě čištěním a odkalováním vodovodního řadu v častějších intervalech než 1x za rok.<sup>7</sup>

Prodlužující se doba zdržení vody v průběhu dopravy a rozvodu ke spotřebiteli se kvalita pitné vody nepříznivě mění, tzn., že kvalita pitné vody, která opouští úpravnu, nemusí být totožná s kvalitou vody u spotřebitele. Na změnách se může

---

<sup>6</sup> STRNADOVÁ, N., JANDA, V.: *Technologie vody I.*, s. 27 - 55

<sup>7</sup> HUBÁČKOVÁ, J., SLAVÍČKOVÁ, K., a AMBROŽOVÁ J.: *Změny jakosti pitné vody při dopravě*, s. 11-52

podílet původ vodního zdroje, teplota zdroje, roční období, způsob úpravy, metoda dezinfekce a technický stav distribučního systému. Co se týká změn probíhajících v distribučním systému, hlavní příčinou jsou chemické, fyzikálně–chemické a biologické procesy. Na biologických procesech se podílí jak bakterie v suspenzi, volně unášené proudící vodou, tak především bakterie fixované na stěnách potrubí ve formě biofilmu.

Bakterie v přírodních populacích jeví zřetelnou tendenci přisedat k nejrůznějším povrchům, kde vytvářejí rozmanité agregáty a biofilmová společenství. Za biofilm je zpravidla označována aktivní biologická vrstva složená z mikroorganismů a jejich extracelulárních polymerových produktů, která je přichycená na povrchu nejrůznějších podkladů, které jsou v kontaktu s vodou. Tvorba biofilmů na vnitřním povrchu potrubí, na stěnách komor vodojemů a dalších vodárenských rozvodných sítí je považována za projevy nedostatečné biologické stability vody v celém procesu vodárenské úpravy vody. Stěny rozvodného potrubí poskytují ideální povrch pro mikrobiální kolonizaci, podle některých odhadů minimálně 95 % veškeré biomasy přepravované pitné vody se nachází na stěnách distribučního systému. Biofilmové vrstvy se vyskytují prakticky všude, kde jsou přítomné mikroorganismy. Podobně jako v mnohých průmyslových systémech i ve vodárenských zařízeních se většina bakteriální biomasy vyskytuje ve formě biofilmů přisedlých na povrchu stěn různých nádrží, filtrů a rozvodných potrubí. Zde způsobuje mnohé problémy, neboť znečišťuje povrchy, na kterých se tvoří, případně ho poškozují korozi, snižuje estetickou kvalitu upravené vody a může být též zdrojem některých patogenních infekcí. Závažnost mikrobiálních biofilmů ve vodárnách spočívá zejména v možném výskytu patogenních organismů, např. *Legionella*, *Mycobacterium* a *Aeromonas*, či přemnožení koliformních bakterií. Běžně používané způsoby hygienického zabezpečení jsou vůči bakteriím biofilmu neúčinné.<sup>8</sup>

„Ve vodojemech vzdálenějších od úpravny, jako i ve vodovodních systémech s delší dobou zdržení vody dochází vlivem nedostatečné koncentrace zbytkového chlóru při jeho úplné absenci k sekundárnímu přemnožení a k částečnému výskytu mikroorganismů. Sekundární rozvoj mikroorganismů ovlivňuje hygienickou nezávadnost dodávané pitné vody, její organoleptické vlastnosti (chut', pách, barva, zákal) a korozní agresivitu. Jde hlavně o spory mikromycet, cysty prvoků či jiných

---

<sup>8</sup> AMBROŽOVÁ, J.: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*, s. 91-140



organismů, dále o vzdušnou kontaminaci a popřípadě i o rezistentní druhy vůči chloraci. Velmi častým případem ve vodárenských zařízeních je přemnožení fotolitotrofních organismů (řasové nárosty), v nich se dále pomnožují bakterie, houby, prvoci, vyšší živočichové, které se vodárenskou úpravou prakticky nezachytí a tvoří základ pro sekundární oživení pitné vody. Primárním substrátem jsou rostlinné a živočišné zbytky, úlomky vláken a vzdušný spad.<sup>9</sup>

## 1.4 Systém akumulace pitné vody

K akumulaci pitné vody slouží vodojemy, nádrže a zásobníky situované v objektech úpravny vody a dále po trase. K nejvýznamnějším funkcím akumulacích nádrží, vodojemů, patří schopnost vyrovnávat přítok vody do vodojemu a odběr vody z vodojemu. Jejich zařazení do vodárenských soustav umožňuje rovnoměrný, nepřetržitý odběr u spotřebitele.

Vodojem je samostatný objekt pro akumulaci vody skládající se ze dvou nebo více nádrží a z jedné nebo více manipulačních komor. Podle stavebního uspořádání a začlenění do území se vodojemy dělí na zemní a věžové. Zemní vodojem je vodojem se dnem obvykle pod přirozenou nebo plánovanou kótou terénu. Zpravidla má zasypané nádrže a manipulační komora má částečný obsyp. Věžový vodojem je vodojem, jehož nádrže jsou umístěny nad terénem na nosné konstrukci. Zásady pro navrhování a provoz vodojemů (zemních a věžových), které jsou součástí vodovodů pro veřejnou potřebu a slouží k zásobování pitnou vodou, jsou řízeny normou ČSN 73 6650 Vodojemy (v současné době revidována).

Vodojemy jsou nedílnou součástí systému zásobování pitnou vodou. Vodojem je funkčně nenahraditelnou a neoddělitelnou součástí systému zásobování vodou. Ve vodovodní soustavě slouží k těmto uvedeným účelům:

- vyrovnání rozdílů mezi přítokem vody do vodojemu a odběrem vody z něho. Odběr vody z vodojemu se přizpůsobuje okamžité spotřebě ve spotřebišti;
- zajištění zásoby vody při krátkodobých poruchách na přiváděcích výtlačných řadech;

---

<sup>9</sup> HUBÁČKOVÁ J., AMBROŽOVÁ J., ČIHÁKOVÁ I.: *Zabezpečení jakosti pitné vody, dopravované spotřebiteli*, s. 89-94.

- zajištění stálého potřebného množství vody pro případ požáru (požární vodojemy);
- zajištění stálého potřebného (požadovaného) tlaku ve vodovodní síti v celém spotřebišti vhodným výškovým umístěním vodojemu;
- vyrovnání hydraulických tlaků ve vodovodní síti v případech, kdy se voda přímo čerpá do trubní sítě a vodojem je umístěn za spotřebištem;
- ovládání složitých systémů skupinových a oblastních vodovodů, kde se navrhuje čelní čili hlavní vodojemy. Z těchto vodojemů je pak řízen systémem přiváděcích řadů přítok do vodojemů spotřebních (vedlejších), určených pro spotřebu jednotlivých spotřebišť (měst, obcí, závodů);
- zajištění různého požadovaného tlaku v jednotlivých výškových pásmech.

Hlavní druhy vodojemů z hlediska účelu a funkce ve vodovodním systému a z hlediska jejich dimenzování jsou:

- vodojem zásobní, vodojem tlakového pásma, který zajišťuje zásobování vodou rozvodné sítě určitého tlakového pásma a současně udržuje výchozí výšku tlaku pro rozvodnou vodovodní síť,
- vodojem přerušovací, který slouží pro přerušení tlaku,
- vodojem prací vody, který je u úpraven vody samostatným objektem, ve kterém se akumuluje voda pro praní filtrů,
- vodojem provozní, který zajišťuje akumulaci vody pro provoz vodovodních objektů, zejména úpraven vody,
- vodojem regulační pro zajištění hydraulické funkce navazujícího odtokového potrubí u gravitační rozvodné vodovodní sítě.<sup>10</sup>

Vodojemy se budovaly pro zásobování pitnou vodou jednotlivých sídel (obcí a měst) samostatně, nebo jako součásti skupinových či oblastních vodovodů. Byly navrhovány podle tehdejších předpokladů neustálého růstu potřeby vody. Nyní, v důsledku jejich velkých akumulačních objemů, dochází k velkému zdržení vody mezi úpravou vody a spotřebištem. Dalším faktorem ovlivňujícím jakost dopravované vody, právě v průběhu akumulace pitné vody, je vzdušný spad, který se do vodojemu dostává přes nedostatečně zabezpečenou ventilaci, odpady přelivů a manipulační vstupy. Při distribuci vody je vodojem jedním z klíčových prvků, které mají

<sup>10</sup> ŠTÍCHA, V., CUREV, A., a kol.: *Vodárenství: Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou*, s.174-190

potenciální vliv na sekundární kontaminaci pitné vody dodávané spotřebiteli. Vlivem nižší spotřeby pitné vody a delší doby zdržení, vlivem vzdušné kontaminace a tvorby bakteriálních nárostů na smáčených stěnách v místě kulminace (pohybu) hladiny v akumulacích vodojemů, dochází zejména ke zhoršení biologických ukazatelů jakosti pitné vody (hygienické mikrobiologické ukazatele dle vyhlášky MZd. č. 252/2004 Sb. v platném znění).<sup>11</sup>

Na zhoršování jakosti akumulované vody s následnou tvorbou biofilmů se uplatňuje také nevhodné řešení přítoku a odtoku v jednom místě, použití nevhodných stavebních materiálů, nevyhovující povrchová úprava podlah, volný a ničím nekrytý průnik vzduchu do akumulacích nádrží, čirá okna a výplně dveří přímo v akumulacích nádržích, popřípadě zcela chybějící dveře a zábrany oddělující akumulacní prostor od armaturní komory.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> SUKOVITÝ, A., a VIŠŇOVSKÝ, P.: *Vodárenství II: Úprava a akumulace vody, zásobování průmyslu a zemědělství vodou*, s. 193-198

<sup>12</sup> TUHOVČÁK, L., RUČKA, J. a PAPÍRNÍK, V.: *Analýza rizik vodojemů*, s. 1-5

## 2 PRAKTICKÁ ČÁST

### 2.1 Provoz a údržba objektu vodojemů

Plán systematické kontroly objektů sloužících k akumulaci vody pomáhá zabezpečit kvalitní pitnou vodu pro zásobování obyvatelstva. Tento plán je v souladu s principy WSP (*Water Safety Plans*), přispívá k efektivnímu plánování obnovy sítě, napomáhá k optimálnímu hygienickému zabezpečení jakosti vody a pozitivně ovlivňuje ekonomiku provozu. Provozování vodojemů patří do stejně náročné kategorie, jako je provoz úpravny vody. Pro dopravu vysoce jakostní pitné vody až ke spotřebiteli, je proto nutné postupovat v souladu s metodikou WSP, HACCP a Hygienickým minimem pro pracovníky vodárenství.

Na základě §4 zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích vznikla povinnost zpracovávat plány rozvoje vodovodů a kanalizací, jehož zpracování zajišťoval a následně schvaloval kraj. V roce 2006 novelizací zákona o vodovodech a kanalizacích, pod č. 76/2006 Sb., došlo k zásadní změně. §8 ukládá vlastníkům vodovodů zcela jiné povinnosti, zjm. odst. 11, kdy jsou vlastníci vodovodů a kanalizací povinni zpracovávat a realizovat plán financování obnovy, a to na dobu nejméně 10 let (termín zpracování je určen na 31. 12. 2008). Plán financování a obnovy vodovodů a kanalizací je založen na vytvoření vlastních zdrojů financování vlastníkem takových opatření, kterými je péče o stavební a technický stav vodovodů a kanalizací. Nadto §8 odst. 12 ukládá povinnost poskytnout, na vyžádání ve lhůtě určené ministerstvem, dokumentaci o technickém stavu vodovodů a kanalizací. Údaje o vynaložených nákladech provozovatel poskytuje dle §9 odst. 12.

Řada objektů vodojemů, postavených v průběhu 20. století, je nyní před rekonstrukcí. Již v dřívějších letech došlo ke sledování objektů pro akumulaci vody. Z těchto poznatků vzešly doporučení pro vyhodnocení stavu objektu a jeho následnou rekonstrukci. Je proto nutné upozornit na ty materiály, stavební provedení, uspořádání a technologie, které jsou pro tyto vodárenské objekty vhodné a současně poukázat na skutečnosti, které se neosvědčily.

Při kontrole objektu je vhodné zaměřit se na stavební části, tj. spodní stavby, nosné konstrukce, zastřešení, vstupů, schodů, žebříků, podlah, dveří, vrat atd. Vhodná je úprava podlah, které jsou většinou z prostého drolícího se betonu, tzn. prашné a podílející se na sekundárním spadu. Je potřeba zajistit opravu rozbitých oken (luxfer), 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. Do větracích otvorů je vhodné osadit nebo předsadit jednoduchá zařízení nebo filtry s filtrační tkaninou. Důležité je zamezit vzdušnému a prашnému spadu do manipulačních komor a v případě jejich propojení s akumulací nádržemi zamezit nepřímému znečištění akumulacích nádrží. V tomto případě se doporučuje osadit větrací otvory nejen mřížkami proti sněhu a dešti, ale osadit nebo předsadit jednoduchá filtrační zařízení.

Dále je nutné dodržovat požadavky na ochranné pásmo okolo objektu vodojemu se zákazem vstupu a opatřeními k jeho vymáhání. Kolem každého vodojemu je vhodné zajistit oplocení nebo kamerovým a jiným výstražným systémem zabezpečit ochranné pásmo. Kontrolovat a udržovat bezprostřední okolí vodojemu, vegetaci nevysazovat a náletovou vegetaci odstraňovat.

Podle 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. se doporučuje stanovit harmonogram čištění vodojemů. Důležité je zamezit nevhodnému využívání vodojemu a armaturních komor. Problematický je jejich úklid i nekázeň obsluhy.<sup>13</sup>

## 2.2 Podklady pro rekonstrukci objektu VDJ Bártlův vrch

Obyvatelé města Jablonec nad Nisou a částečně města Liberec jsou zásobováni pitnou vodou z úpravny vody Souš. Na úpravně vody je upravována voda z přehradní nádrže Souš v Jizerských horách jednostupňovou úpravou s dávkováním síranu hlinitého. Pro zvýšení hodnoty pH a úpravy vápenatouličitanové rovnováhy je

---

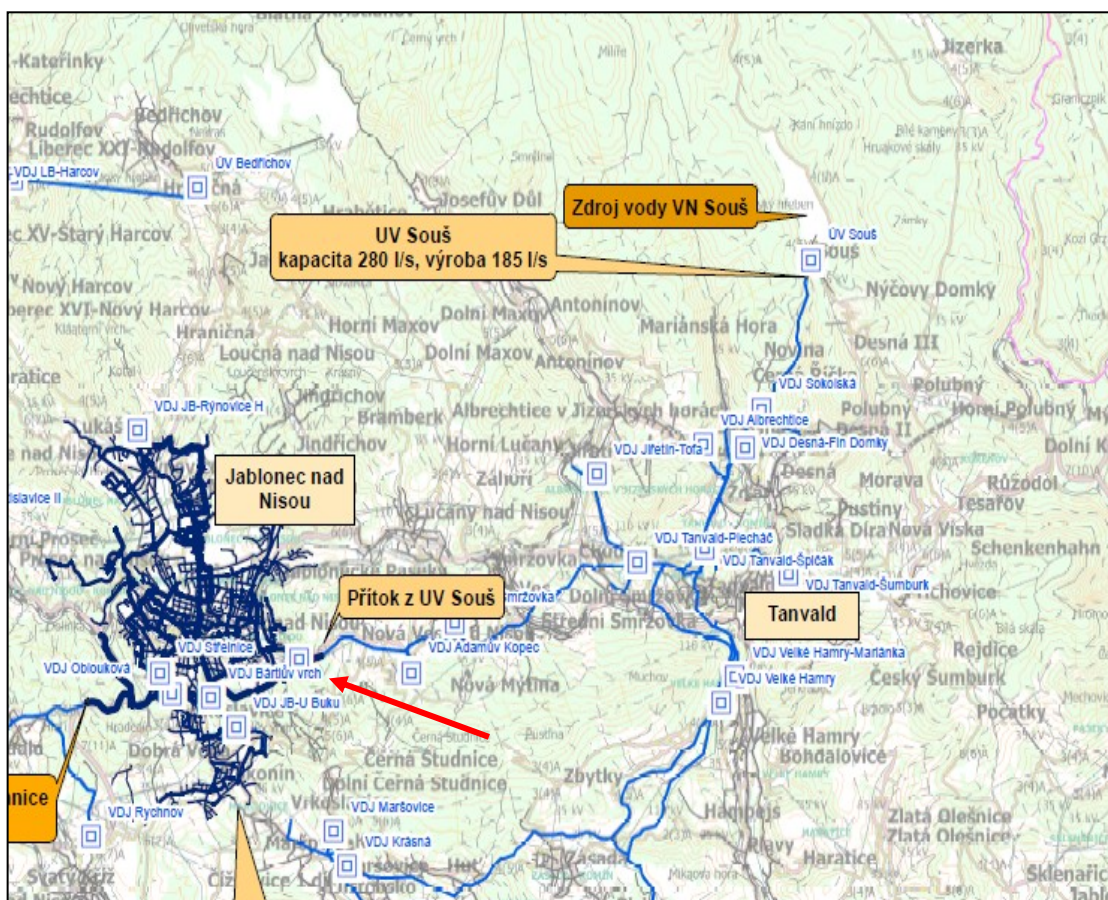
<sup>13</sup> KOŽÍŠEK, F., KOS, J., a PUMANN, P.: *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*, s. 1-74

dávkována vápenná voda. Hygienické zabezpečení je UV zářením a chlorací. Hlavní přívodní řad vede do vodojemu Bártlův vrch, ze kterého je veden rozváděcí řad do vodovodní sítě horního tlakového pásma Jablonce nad Nisou. Vodojem je současně i akumulací pro vodojemy středního tlakového pásma (vodojem Novoveský) a vodojemy dolního tlakového pásma (vodojem Střelnice), dále zásobuje městské části Jablonce nad Nisou se svými místními vodojemy (Rýnovice, Proseč, Kokonín, Rychnov, Rádlo), viz obr. 2, s. 22.

Pro navrhovanou rekonstrukci byl vybrán hlavní vodojem pro město Jablonec nad Nisou s možností zásobování částečně i město Liberec. Jedná se o vodojem Bártlův vrch o objemu akumulace 4 000 m<sup>3</sup> ležící v nadmořské výšce 590 m.n.m. Vodojem Bártlův vrch byl postaven v roce 1982 současně při budování úpravny vody Souš a přivaděče do Jablonce nad Nisou DN500 v délce 15 700 m jako hlavní zdroj pitné vody viz obr. 3, s. 23. Je to zemní vodojem se dvěma akumulačními nádržemi, každá o objemu 2 000 m<sup>3</sup> vody.

Jelikož se jedná o poměrně mladý vodojem, bylo významné prokázat důležitost vodojemu pro zásobování města Jablonec nad Nisou a jeho nevhodné stavební řešení pro tuto horskou oblast. Pro posouzení rozsahu rekonstrukce bylo nutné uskutečnit technický a biologický audit vodojemu.

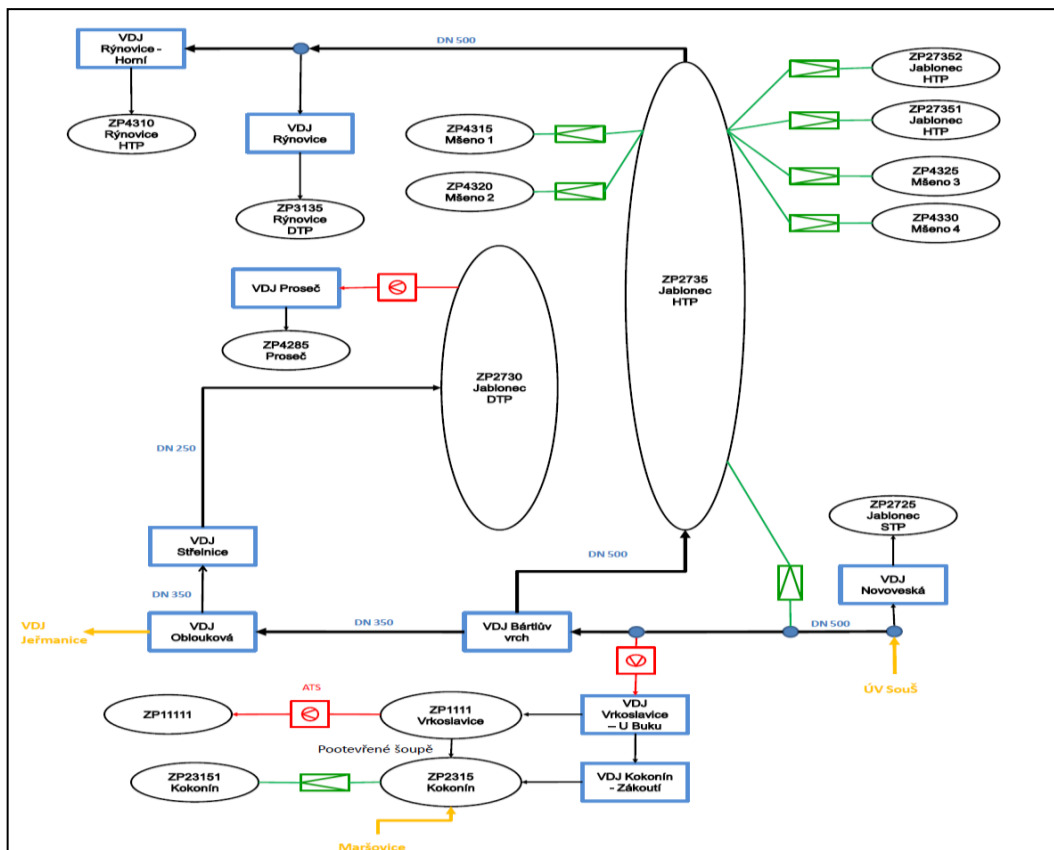
Cíleně zaměřený biologický audit postihuje některé aspekty (akumulovaná voda přímo v nádrži, stěry ze smáčených stěn nádrží), které nepostihnou běžně prováděné rozборы vody na přítoku/odtoku do/z nádrže.



Obr. 2 – Přehledná mapa širších vztahů GZV Jablonec nad Nisou. Červenou šipkou je označen sledovaný objekt vodojemu<sup>14</sup>

<sup>14</sup> DHI: *Generel zásobování vodou Jablonec nad Nisou*, s.67

Technický a biologický audit objektu vodojemu byl uskutečněn podle pokynů, uvedených v Technickém doporučení I–D–48 „Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů“.<sup>15</sup>



Obr. 3 – Provoz současného stavu města Jablonec nad Nisou<sup>16</sup>

## 2.2.1 Technický audit objektu

Pro navrhování a provoz vodojemů (zemních i věžových), které jsou součástí veřejných vodovodů pro zásobování pitnou vodou, platí v plné míře ČSN 73 6650<sup>17</sup> a všechny materiály přicházející do styku s pitnou vodou musí vyhovovat vyhlášce č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Na základě poznatků, viz kap. 2.1, byly stanoveny potřebné požadavky na rekonstrukci.

<sup>15</sup> ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ J., HUBÁČKOVÁ J., a ČIHÁKOVÁ I.: *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů*, s.1-60

<sup>16</sup> DHI: *Generel zásobování vodou Jablonec nad Nisou*, s.67

<sup>17</sup> ČSN 73 6650 *Vodojemy*



Hlavními výstupy technického auditu objektu vodojemu Bártlův vrch, po stránce stavební viz obr. 4, s. 24, bylo zjištění především nevhodnosti rovné střechy v horské oblasti, jejíž konstrukce umožňuje zatékání vody. Aby se zabránilo přímému slunečnímu záření, které podporuje růst sinic a řas, bylo nutné zazdít okna. Dále se doporučila výměna dveří vstupních a dveří do obou akumulčních nádrží. Jako zásadní bylo nutné se zaměřit na prašný povrch podlah, dále pak zateplení stropu armaturní komory a sanaci akumulčních nádrží na bázi krystalizace betonu. V okolí vodojemu, především na akumulčních nádržích pak odstranit vzrostlou vegetaci a náletové rostliny a oplotit ochranné pásmo v okolí objektu. Po stránce technické a strojní bylo nutné přistoupit k výměně ovládacích armatur a osazení měřidel. Odvětrání akumulční a armaturní komory bylo nefunkční, bylo nutné přistoupit k jeho rekonstrukci.



*Obr. 4 – Vzhled stavu objektu před uskutečněnou rekonstrukcí (obrázek nahoře) a po uskutečněné rekonstrukci (obrázek dole) ©foto Stanislav Říha*

Detailní popis zjištění technického auditu objektu vodojemu Bártlův vrch je uveden v následujícím textu. Při kontrole **stavební části** byly zjištěny závady s následnými doporučeními:

- zhotovit sedlovou střechu s nestejnými rameny s krytinou z kanadského šindele, hromosvod;
- provést okapové svody z pozinkovaného plechu;
- zazdít prostupy okenní, větrací;
- provést tepelnou izolaci stropu;
- sjednotit fasádu;
- vyměnit vstupní dveře plechové za plastové s tepelnou izolací.

Při kontrole **akumulační nádrže** byly zjištěny závady s následnými doporučeními:

- Povrch vnitřních stěn nádrží (akumulací) by měl být dostatečně hladký a pevný pro možnost čištění a z důvodů zabránění uchycení kolonií mikroorganismů a jejich rozvoji a růstu. Vyspravení vnitřních stěn akumulací a následné použití materiálů na bázi krystalizace betonu.
- Podesty by měli být opatřeny betonovou stěrkou a nátěrem barvou pro povrchovou úpravu betonu.
- Pro sestup do nádrží by měly být zhotoveny žebříky z nerez.
- Vstup do akumulace by měl být proveden z plastových dveří se zajištěním bezprašnosti.
- Podesty uvnitř akumulačních nádrží by měly být upraveny tak, aby na krajích byla hrana, která umožní setření podlahy nad hladinou s akumulovanou vodou a zaručí, že obsah nebude smeten či setřen přímo do akumulace.
- Přirozené osvětlení akumulací vodojemu není přípustné. Přirozené osvětlení ostatních prostor vodojemu je žádoucí omezit, či zcela vyloučit, proto rekonstrukcí vodojemu by mělo být všechny okenní otvory zazdít.
- Každá akumulace vodojemu by měla být osazena kompaktním filtračním zařízením s předsazenou mřížkou proti proniknutí hmyzu, živočichů dešti a rámečkem s vyměnitelnou geotextilií. Vnější vyústění větracího otvoru by mělo být opatřeno pevnou protidešťovou žaluzií.

Při kontrole **armaturní komory** byly zjištěny závady s následnými doporučeními:

- Stěny armaturních komor by měly být natřeny bílou fasádní barvou.
- Tepelná ochrana stropu by měla být provedena nástřikem polyuretanovou pěnou, aby nedocházelo k poškození stavebních konstrukcí (včetně vnitřních omítek) a aby odpovídala místním klimatickým podmínkám.
- Potrubí by mělo být chráněno proti korozi nátěrem s atestem na pitnou vodu.
- Pro měření odtoku vody z vodojemu by měl být proveden obtok z polyethylenu DN300 a indukčním průtokoměrem.
- Podesty by měly být opatřeny betonovou stěrkou a nátěrem barvou pro povrchovou úpravu betonu.
- Nefunkční elektrická šoupata DN500 by měla být vyměněna za klapky DN500 s elektrickým pohonem. Elektrostrojní vybavení vodojemu, automatika, měření, přenosy, zabezpečení je nutné rekonstruovat. Mělo by být provedeno měření na přítoku, na odtoku, měření zákalu, měření koncentrace chlóru, hladin, regulace elektrických šoupat, klapek a zabezpečení objektu. Vše bude dálkově přenášeno na dispečink.
- Na potrubí budou osazeny vzorkovací kohouty na přítoku vody do vodojemu i na odtoku vody z vodojemu.

Pozemek vodojemu by měl být oplocen potahovaným pletivem se sloupky z PVC na betonové podestě.

### **2.2.2 Biologický audit objektu**

Vzdušná kontaminace je jedním z faktorů, které ovlivňují biologickou stabilitu pitné vody. K zamezení růstu řas bylo doporučeno omezit přístup přímého slunečního světla. Dalším faktorem ovlivňujícím jakost vody je vzdušný spad, který se do vodojemu dostává přes nedostatečně zabezpečenou ventilaci, odpady přelivů a manipulačními vstupy. Pohyb hladiny vody ve VDJ je provázen přívodem a odvodem vzduchu. Ten je umožňován konstrukcí systému odvětrání (přírozené či nucené). Je nutné zabezpečit jakost přiváděného (odváděného) vzduchu do (ze) zásobního vodojemu a zajistit jeho kontrolu, např. osazením filtračních tkanin do větracích otvorů

a jejich včasnou výměnou. K sekundární kontaminaci vodojemů může docházet také dešťovými splachy a průsaky zeminou.<sup>18</sup>

Vzorky vody byly odebrány podle pokynů uvedených v normě ČSN EN ISO 5667–1. Stěry z dostupných míst ze smáčených povrchů byly provedeny podle TNV 75 5941. Podrobnosti jsou dále uvedeny u jednotlivých protokolů s výsledky. Z důvodu zjištění charakteru biologického oživení ve sledovaných systémech se provedlo stanovení mikroskopického obrazu dle norem ČSN 75 7712 pro biologický rozbor a stanovení biosestonu, ČSN 75 7713 pro biologický rozbor a stanovení abiosestonu. Při vyhodnocení vzorků se postupovalo dle ukazatelů a jejich limitů uvedených ve vyhlášce MZd. č. 252/2004 Sb. (v platném znění).

Cílem mikroskopického zhodnocení vzorku je zjištění charakteru biologického oživení (tzv. kvalitativní rozbor) a jeho počtu na rastru počítací komůrky (tzv. kvantitativní rozbor). Výsledkem je pak počet jedinců v 1 ml vzorku (popř. semikvantitativní odhad na základě procenta pokryvnosti).

Při mikroskopickém rozboru je neméně důležitým parametrem stanovení neživého materiálu, tj. abiosestonu (viz ČSN 75 7713, TNV 75 5941), jehož indikační hodnota má význam pro analýzu povrchových vod (zdroj znečištění, původ nežádoucích suspenzí, vzdušné kontaminace, zviření sedimentů, splachy z povodí, smyvy, nedostatečná technologie úpravy, korozní procesy v potrubí, apod.). Příkladem abiosestonu jsou anorganické partikule, škrobová zrna, textilie, zbytky rostlinného a živočišného původu, saze, popílek, vločky koagulantu, korozní produkty, sraženiny železa či manganu, písek, sklo, pylová zrna, prázdné schránky organismů či jejich zlomky, zbytky chitinu hmyzu, pancířů, těl vířníků, korýšů či larev hmyzu, apod. Abioseston se vyjadřuje jako procento pokryvnosti, tj. 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 20 % a 40 %, popř. odhadovou stupnicí, tj. 1 (ojediněle), 2 (roztroušeně), 3 (řídce), 5 (hojně), 7 (velmi hojně) a 9 (hromadně). Tuto stupnici lze využít i při semikvantitativním vyhodnocení biosestonu (tj. organismů).<sup>19</sup>

Pro mikrobiologickou kontrolu vzorků vody a stěrů byly vybrány screeningové metody – pádlové testery, které umožňují variabilně kvantifikovat mikroorganismy v objemu vody i na smáčené ploše. Pádlové testery (rubová a lící strana obsahuje jinou živnou půdu) slouží pro záchyt vždy dvou typů specifických skupin organismů,

---

<sup>18</sup> ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., HUBÁČKOVÁ, J., a ČIHÁKOVÁ, I.: *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů*, s.1-60

<sup>19</sup> AMBROŽOVÁ, J.: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*, s. 123-130

např. na jedné ploše testeru lze kultivovat celkové aerobní bakterie a na druhé ploše např. koliformní bakterie, plísně a kvasinky či provádět kontrolu dezinfekce. Testery lze ponořit do vzorku sledované vody, či je přímo otisknout na povrch a tím odebrat stěr. Testery se kultivují ve tmě buď při laboratorní teplotě či při 36 °C a po 24 h, 48 h až 5–7 dnech (dle stanovení) se plocha s narostlými koloniemi porovnává s ilustračními tabulkami udávajícími titer ( $10^X$  počtu mikroorganismů). Vybrány byly testery pro zjištění přítomnosti celkového počtu aerobních bakterií a mikromycet se specifikací růstu při 22 °C a 36 °C, koliformní bakterie, mikromycety a indikátory dezinfekce.

Pro celkové zjištění aktivity mikroorganismů na základě přítomnosti ATP (tj. adenosintrifosfátu), je používán Luminometr PD–10 (firmy Qualifood), kterým lze simultánně měřit mikrobiální kontaminaci vody či povrchů a v potravinářské praxi je běžně určený pro kontrolu provozní hygieny.

V objektech byla aplikována i metoda kontroly spadů na agarové plotny (Sabouraud 4% glukózový agar, MERCK, Mercoplate) přímo poblíž hladiny vody v akumulaci, doba expozice byla stanovena na 10 minut.<sup>20</sup>

Nejprve byly odebrány kontrolní vzorky vody a stěrů ze sledovaného objektu vodojemu, aby se zjistila úroveň kontaminace. Vzorky byly zpracovány laboratořemi VŠCHT Praha Ústavu technologie vody a prostředí, viz převzaté výsledky, uvedené v tab. 1 – 4 a obr. 5 – 9. Namátkovými odběry vzorků byla zjištěna vysoká úroveň sekundární kontaminace, proto se přistoupilo k hloubkové kontrole objektu, tj. roční sledování objektu (stavu stěn akumulací, úroveň kontaminace vzduchu, viz převzaté výsledky v tab. 5 a obr. 10 a 11). V této bakalářské práci, dále uvedené výsledky viz tab. 1 – 5 a obr. 5 – 11, jsou použity ze závěrečné zprávy, která byla pro účely rekonstrukce zpracována.<sup>21</sup>

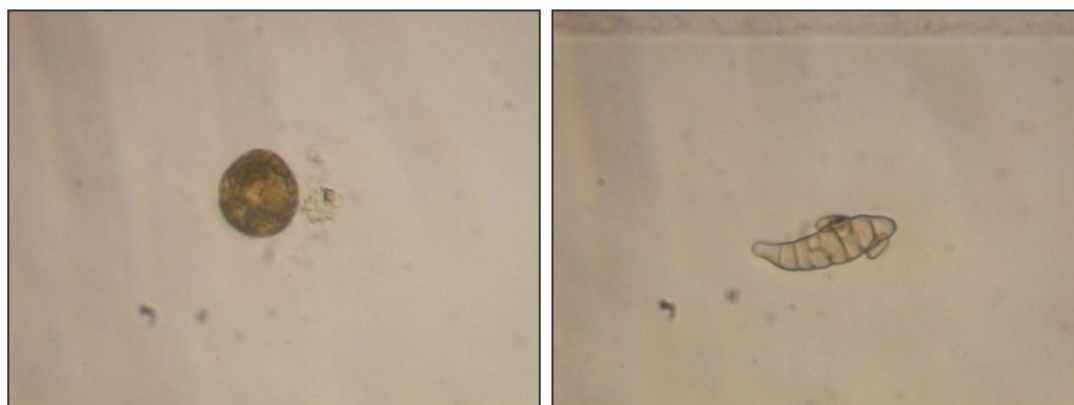
---

<sup>20</sup> ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., HUBÁČKOVÁ, J., a ČIHÁKOVÁ, I.: *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů*, s.1-60

<sup>21</sup> ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., BALCAROVÁ, J., a MUSILOVÁ, E.: *Závěrečná zpráva biologického auditu objektu VDJ Bártlův vrch*, s.1-53

Tab. 1 – Hydrobiologický rozbor vzorku vody z nádrže

<b>Specifikace vzorku:</b> voda z nádrže akumulace			
<b>Postup odběru vzorku:</b> vzorkovnicí odběr vody z příhľadinové vrstvy do hloubky 15–20 cm			
<b>HYDROBIOLOGICKÝ ROZBOR</b>			
<b>Použitá metoda:</b> stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713			
<b>Úprava vzorku:</b> centrifugace 10 ml vzorku a vyhodnocení dle ČSN 75 7712 a 13			
<b>Bioseston</b>			
<b>Taxon/typ biosestonu</b>		<b>Počet org. · ml<sup>-1</sup></b>	
Rozsivky (rod <i>Navicula</i> )		2	
<b>celkový počet organismů:</b> 2 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet živých organismů:</b> 0 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet mrtvých organismů:</b> 2 org · ml <sup>-1</sup>	
<b>Do počtu biosestonu nezahrnuto:</b>		<b>Abundance</b>	
Hyfy a konidie mikromycet		2	
<b>Abioseston</b>			
<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>	<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>
Korozní produkty, sraženiny železa	2	Rostlinné zbytky, vlákna	2
Písek	1	Detritus	1
Schránky rozsivek	1	Schránky krytének	2
Škrobová zrna	1		
<b>celková abundance vzorku: 5 %</b>			
Přístrojem Luminometr PD–10 byla měřena úroveň kontaminace, byla zjištěna hodnota 1 RLU (Relative Light Unit), tj. jedná se o čisté prostředí.			



Obr. 5 – Vzorek volné vody. Obrázek vlevo schránka kryténky. Obrázek vpravo konidie mikromycety *Alternaria* sp.

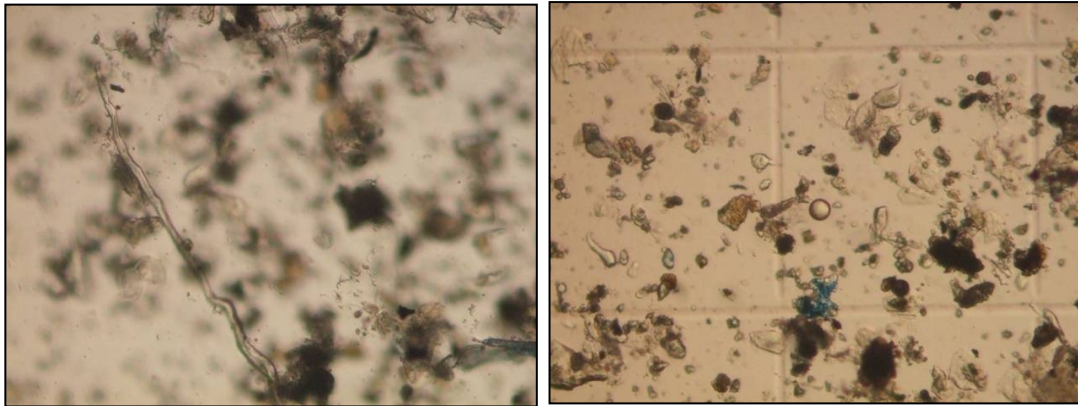
Tab. 2 – Hydrobiologický rozbor stěru ze stěny

<b>Specifikace vzorku:</b> stěr ze stěny nádrže akumulace			
<b>Postup odběru vzorku:</b> molitanem proveden stěr z armatur a smáčených stěn, vzorek doplněn vodou na objem 50 ml			
<b>HYDROBIOLOGICKÝ ROZBOR</b>			
<b>Použitá metoda:</b> stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713			
<b>Úprava vzorku:</b> centrifugace 10 ml vzorku a vyhodnocení dle ČSN 75 7712 a 13			
<b>Bioseston</b>			
<b>Taxon/typ biosestonu</b>			<b>Počet org. · ml<sup>-1</sup></b>
Rozsivky (rod <i>Fragillaria</i> , <i>Navicula</i> )			16
<b>celkový počet organismů:</b> 16 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet živých organismů:</b> 0 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet mrtvých organismů:</b> 16 org · ml <sup>-1</sup>	
<b>Do počtu biosestonu nezahrnuto:</b>			<b>Abundance</b>
Hyfy a konidie mikromycet			2
<b>Abioseston</b>			
<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>	<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>
Korozní produkty, sraženiny železa	5	Rostlinné zbytky, vlákna	5
Písek	2	Detritus	2
Schránky rozsivek	2	Škrobová zrna	2
<b>celková abundance vzorku:</b> > 40 %			
Přístrojem Luminometr PD–10 byla měřena úroveň kontaminace, byla zjištěna hodnota 48 RLU (Relative Light Unit), tj. jedná se o nízkou kontaminaci.			

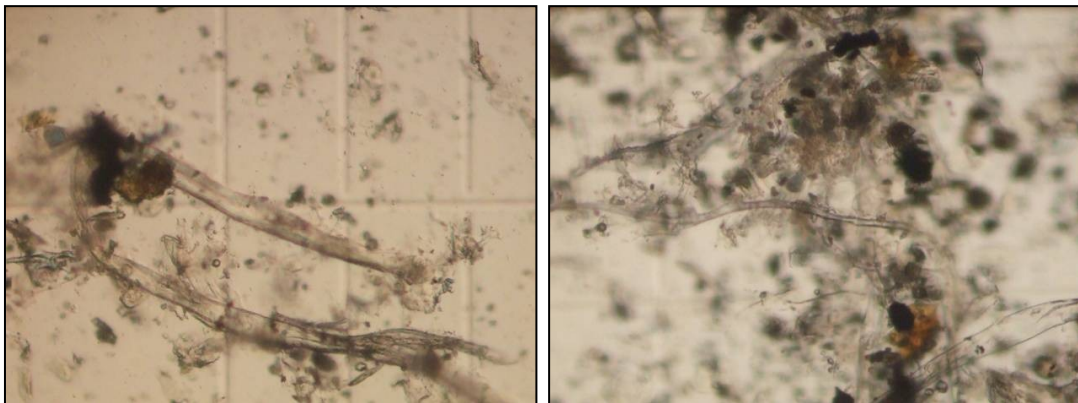
Tab. 3 – Hydrobiologický rozbor stěru ze žebříku

<b>Specifikace vzorku:</b> stěr ze žebříku v nádrži akumulace			
<b>Postup odběru vzorku:</b> molitanem proveden stěr z armatur a smáčených stěn, vzorek doplněn vodou na objem 50 ml			
<b>HYDROBIOLOGICKÝ ROZBOR</b>			
<b>Použitá metoda:</b> stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713			
<b>Úprava vzorku:</b> centrifugace 10 ml vzorku a vyhodnocení dle ČSN 75 7712 a 13			
<b>Bioseston</b>			
<b>celkový počet organismů:</b> 0 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet živých organismů:</b> 0 org · ml <sup>-1</sup>	<b>počet mrtvých organismů:</b> 0 org · ml <sup>-1</sup>	
<b>Do počtu biosestonu nezahrnuto:</b>			<b>Abundance</b>
Hyfy a konidie mikromycet			2
<b>Abioseston</b>			
<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>	<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>
Korozní produkty, sraženiny železa	5	Rostlinné zbytky, vlákna	5
Písek	2	Detritus	2
Schránky rozsivek	2	Škrobová zrna	5
<b>celková abundance vzorku:</b> > 40 %			
Přístrojem Luminometr PD–10 byla měřena úroveň kontaminace, byla zjištěna hodnota 24 RLU (Relative Light Unit), tj. jedná se o čisté prostředí.			

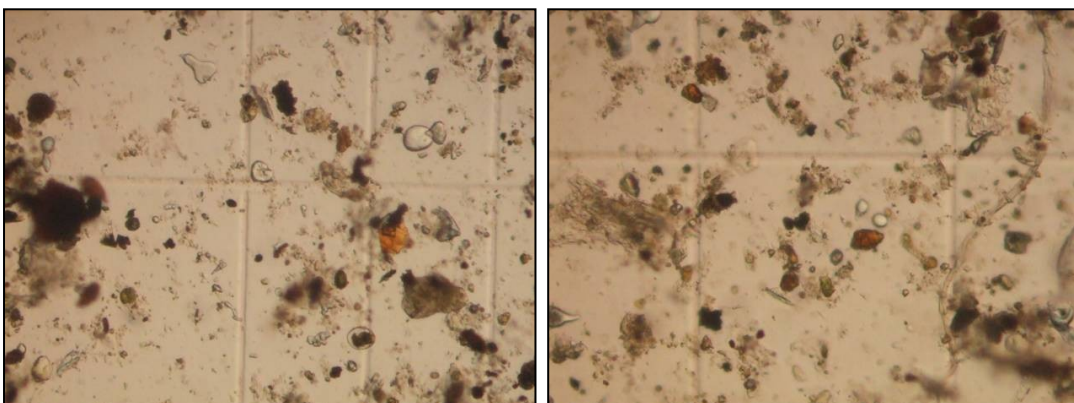




*Obr. 6 – Vzorek stěru ze stěny nádrže. Obrázek vlevo hyfa mikromycety, detritus, korozní produkty. Obrázek vpravo detritus, korozní produkty, škrobové zrno, schránky rozsivek.*



*Obr. 7 – Vzorek stěru ze stěny nádrže. Obrázek vlevo i vpravo detritus, korozní produkty, rostlinné zbytky (vlákna).*

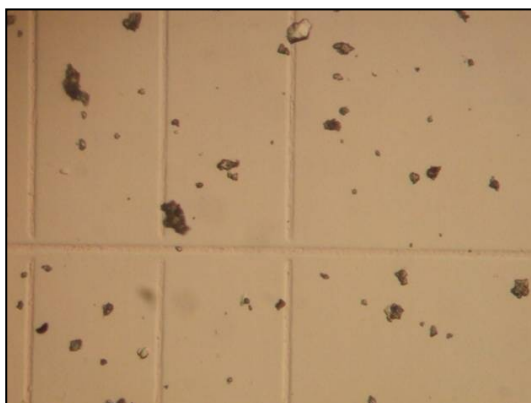


*Obr. 8 – Vzorek stěru ze žebříku v nádrži. Obrázek vlevo i vpravo detritus, korozní produkty, rostlinné zbytky (vlákna), škrobová zrna.*



Tab. 4 – Hydrobiologický rozbor stěru ze stropu

<b>Specifikace vzorku:</b> stěr ze stropu nádrže akumulace			
<b>Postup odběru vzorku:</b> molitanem proveden stěr z armatur a smáčených stěn, vzorek doplněn vodou na objem 50 ml			
<b>HYDROBIOLOGICKÝ ROZBOR</b>			
<b>Použitá metoda:</b> stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713			
<b>Úprava vzorku:</b> centrifugace 10 ml vzorku a vyhodnocení dle ČSN 75 7712 a 13			
<b>Bioseston</b>			
<b>celkový počet organismů:</b> 0 org·ml <sup>-1</sup>	<b>počet živých organismů:</b> 0 org·ml <sup>-1</sup>	<b>počet mrtvých organismů:</b> 0 org·ml <sup>-1</sup>	
<b>Do počtu biosestonu nezahrnuto:</b>			<b>Abundance</b>
Konidie mikromycet			2
<b>Abioseston</b>			
<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>	<b>Typ abiosestonu</b>	<b>Abundance</b>
Korozní produkty, sraženiny železa	2	Rostlinné zbytky, vlákna	2
Vápenaté konkrce	9	Detritus	2
Písek	2		
<b>celková abundance vzorku:</b> > 40 %			
Přístrojem Luminometr PD-10 byla měřena úroveň kontaminace, byla zjištěna hodnota 86 RLU (Relative Light Unit), tj. jedná se o nízkou kontaminaci.			



Obr. 9 – Vzorek stěru ze stropu nádrže. Vápenaté usazeniny. Foceno na rastru počítací komůrky Cyrus I

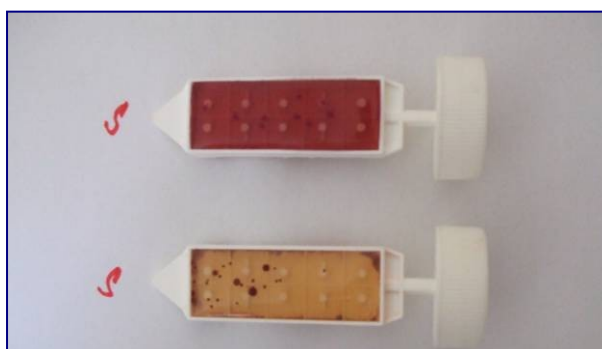
Z biosestonu byly nalezeny železité bakterie, hyfy a konidie mikromycet, vlákna bakterií, bezbarví bičíkovci, vajíčka háďátek. Z abiosestonu byly nalezeny korozní produkty, sraženiny železa, schránky rozsivek, rostlinné zbytky, škrobová zrna, živočišné zbytky, motýlí šupiny.

Při kontrole spadů byly na miskách zjištěny např. kolonie plísní rodů *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, plísně a kvasinky (572 KTJ<sub>10min</sub>), v tomto případě se jednalo o vysokou úroveň kontaminace.

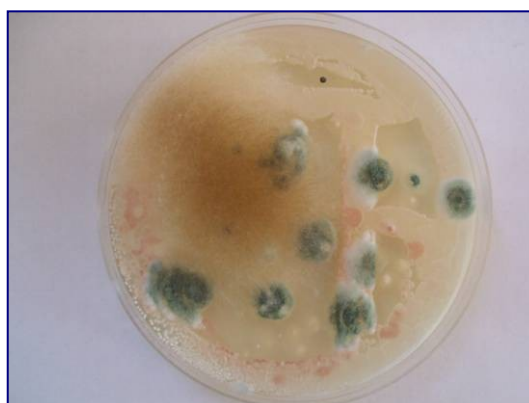
Tab. 5 – Přehled výsledků za rok 2008

Datum odběru	Typ vzorku	TB22°C [KTJ]	TB36°C [KTJ]	DEZ [KTJ]	KOLI [KTJ]	MIMY [KTJ]	ŽMO [j·ml <sup>-1</sup> ]	CMO [j·ml <sup>-1</sup> ]	AB [%]
14.4.2008	Voda	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	1–3
	Stěr	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	0	0	0	20–40
9.6.2008	Voda	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	0	0	0	2	2	7–10
	Stěr	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	0	0	0	20
11.8.2008	Voda	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	0	0	0	0	7
	Stěr	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	0	4	4	>40
6.10.2008	Voda	0	10 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	10–20
	Stěr	10 <sup>3</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	0	10 <sup>2</sup>	0	0	>40

Vysvětlivky použité v tabulce: TB22°C ... celkový počet aerobních bakterií se specifikací růstu při 22 °C [KTJ], TB36°C ... celkový počet aerobních bakterií se specifikací růstu při 36 °C [KTJ], DEZ ... kontrola dezinfekce [KTJ], KOLI ... koliformní bakterie [KTJ], MIMY ... mikromycety, plísně a kvasinky [KTJ], ŽMO ... počet živých mikroorganismů [j·ml<sup>-1</sup>], CMO ... celkový počet mikroorganismů [j·ml<sup>-1</sup>], AB ... procento pokryvnosti abiosestonem [%]



Obr. 10 – Přehled výsledků otisků na pádlových testerech. S (stěr, otisk z nádrže).  
Nahore koliformní bakterie, dole celkové aerobní mikroorganismy při 36 °C.



Obr. 11 – Pohled na misku s vyrostlými plísněmi

Z výsledků biologických analýz byly získány zásadní poznatky ovlivňující jakost vody v akumulaci. Jednalo se o stavební nedostatky v chybném odvětrání, chybném řešení povrchu stěn, materiálu armatur apod. Zhoršení sensorických vlastností v pitné vodě před provedením rekonstrukce VDJ indikovala tvorba biofilmu a přítomnost mikroorganismů na smáčeném povrchu stěn akumulčních nádrží vodojemu. Přítomnost hyf a konidií mikromycet, škrobových zrn a rostlinných zbytků ve vzorku vody i stěrech odebíraných přímo z nádrže vodojemu poukázala na sekundární kontaminaci vzduchem a následnou biologickou nestabilitu vody.

### 3 EKONOMICKÁ ČÁST

Vodojem Bártlův vrch je klíčovým vodojemem, který zajišťuje zásobování obyvatel města Jablonec nad Nisou pitnou vodou. S ohledem na klíčové parametry, které ovlivňují jakost pitné vody, viz vyhl. č. 252/2004 Sb., a zpřísňující se legislativu, bylo zásadní přistoupit ke zhodnocení stavu objektů ve smyslu dodržování principů a zásad plánů bezpečného zásobování pitnou vodou (WSP, HACCP).

Objekt vodojemu Bártlův vrch byl vyhodnocen po stavebně technické stránce, kde se sledovala funkčnost objektu, charakter konstrukce vzhledem k rázu krajiny a klimatickým podmínkám, vhodnost uspořádání, stáří objektu a použité materiály (s ohledem na dobu použitelnosti). Nevhodné uspořádání, provoz, údržba a obsluha objektu se odrážela na biologických nálezech v objektu vodojemů. Z toho důvodu byl pro potřeby ekonomické realizace uskutečněn i biologický audit, který postihl závady sekundárního charakteru.

Výstupy z technického a biologického auditu se staly významným podkladem pro návrh rekonstrukce objektu, při úvaze aplikace vhodnějších materiálů, konstrukcí, uspořádání, strojního vybavení a provozu objektu. Navrhovaná rekonstrukce vodojemu se řídila zásadami uvedenými v normě ČSN 73 6650 (v současné době revidována).

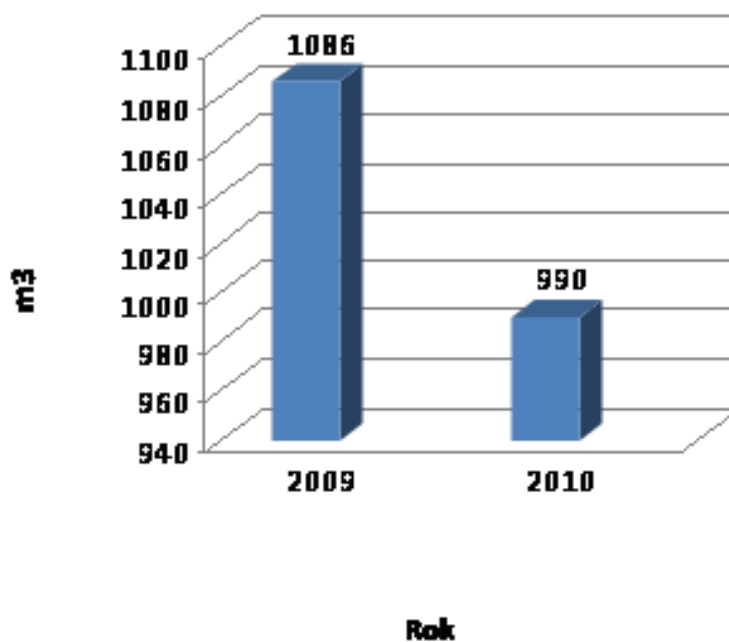
Základní a vedlejší rozpočtové náklady rekonstrukce celého objektu vodojemu Bártlův vrch uvádí tab. 6, s. 37 v celkové výši 3 249 039,-Kč (bez DPH). Základní rozpočtové náklady ve výši 3 139 168,-Kč (bez DPH) zahrnují náklady spojené se stavebními pracemi (tj. venkovní a vnitřní úpravy), spolu s výměnou strojního vybavení a telemetrie. Vedlejší rozpočtové náklady ve výši 109 871,-Kč (bez DPH) zahrnují náklady na zařízení staveniště, územní a provozní vlivy.

Hodnoty DPH se vztahují k době realizace rekonstrukce v roce 2009. Investorem stavby byl majitel infrastruktury SVS, a.s. Teplice.

Roční provozní náklady vodojemu Bártlův vrch v roce 2007 a v roce 2010 uvádí tab. 7, s. 38 a tab. 8, s. 39. Z porovnání obou tabulek je patrná efektivnost provedené rekonstrukce. V roce 2010 nebyly vydány náklady na opravy a údržbu objektu. Projevilo se to úsporou především přímých nákladů ve výši 300 505,-Kč. Rovněž byly sníženy druhotné náklady na dopravu (není potřeba místní kontrola a ovládání prvků díky zavedení telemetrie a přenosového systému do centrálního řízení). Úspora

druhotných nákladů byla ve výši 154 041,- Kč. Rekonstrukcí bylo také zabezpečeno trvalé udržení kvality pitné vody, což dokumentuje kontrolní rozbor vody na vodojemu v příl. s. 48, a současně se prodloužil interval cyklů mytí vodojemu. Následně došlo ke snížení spotřeby mycích (nefakturovaných) vod a dále k úspoře vody při odkalování vodovodního systému. Na základě snížení spotřeby nefakturované vody se snížily ztráty na okrese Jablonec nad Nisou v roce 2010 o 96 tisíc m<sup>3</sup> za rok viz obr. 12, s. 36.

Údaje o provozních nákladech jsou uvedeny v tab. 7, s. 38 a tab. 8, s. 39 a jsou převzaté z ekonomické evidence provozovatele a jsou uvedeny bez DPH.



Obr. 12 – Ztráty vody v trubní síti – Jablonec n/N (v tis. m<sup>3</sup>)

Tab. 6 – Celkové náklady na rekonstrukci objektu

<b>Základní rozpočtové náklady (ZRN)</b>					
1	Stavební práce – venkovní úpravy	Kč			584 681
2	Stavební práce – vnitřní úpravy	Kč			121 117
3	Ostatní konstrukce a práce, lešení	Kč			28 710
4	Přesun hmot HSV	Kč			19 952
5	Bourání a podchycování konstrukcí	Kč			16 913
6	Sanace akumulčních nádrží	Kč			462 495
7	Výměna strojního zařízení	Kč			1 750 000
8	Telemetrie	Kč			155 300
	<b>celkem</b>	<b>Kč</b>			<b>3 139 168</b>
<b>Vedlejší rozpočtové náklady (VRN)</b>					
9	Zařízení staveniště	Kč	1,85 %	3 139 168	58 075
10	Územní vlivy	Kč	0,60 %	3 139 168	18 835
11	Provozní vlivy	Kč	1,05 %	3 139 168	32 961
	<b>celkem</b>	<b>Kč</b>			<b>109 871</b>
<b>Celkem bez DPH (ZRN + VRN)</b>		<b>Kč</b>			<b>3 249 039</b>
<b>DPH 20 %</b>		<b>Kč</b>			<b>649 808</b>
<b>Cena celkem vč. DPH</b>		<b>Kč</b>			<b>3 898 847</b>

Tab. 7 – Roční provozní náklady VDJ Bártlův Vrch v roce 2007

	Kč
<b>Přímý materiál</b>	
– spotřeba chemikálií	<b>61 800,00</b>
<b>Přímé mzdy</b>	<b>112 325,00</b>
<b>Ostatní přímé náklady</b>	<b>722 964,00</b>
– materiál na údržbu	30 500,00
– elektrická energie přímá	42 000,00
– zdravotní a sociální pojištění k přímým mzdám	39 314,00
– nájemné SVS	314 400,00
– opravy a údržba	296 750,00
<b>Výrobní režie</b>	<b>59 085,00</b>
– služby režijní	4 950,00
– mzdové náklady režijní	40 100,00
– zdravotní a sociální pojištění k režijním mzdám	14 035,00
<b>Druhotné náklady</b>	<b>213 192,00</b>
– laboratorní výkony	20 818,00
– doprava	40 135,00
– výkony CÚD (centrální údržba a doprava)	152 239,00
<b>Celkem</b>	<b>1 169 366,00</b>
<b>Správní režie</b>	<b>64 735,00</b>
<b>Celkem náklady</b>	<b>1 234 101,00</b>

Tab. 8 – Roční provozní náklady VDJ Bártilův Vrch v roce 2010

	Kč
<b>Přímý materiál</b>	
– spotřeba chemikálií	<b>64 000,00</b>
<b>Přímé mzdy</b>	<b>120 467,00</b>
<b>Ostatní přímé náklady</b>	<b>422 459,00</b>
– materiál na údržbu	10 500,00
– elektrická energie přímá	40 000,00
– zdravotní a sociální pojištění k přímým mzdám	40 959,00
– nájemné SVS	331 000,00
– opravy a údržba	0,00
<b>Výrobní režie</b>	<b>61 752,00</b>
– služby režijní	5 070,00
– mzdové náklady režijní	42 300,00
– zdravotní a sociální pojištění k režijním mzdám	14 382,00
<b>Druhotné náklady</b>	<b>59 151,00</b>
– laboratorní výkony	21 914,00
– doprava	13 438,00
– výkony CÚD (centrální údržba a doprava)	23 799,00
<b>Celkem</b>	<b>727 829,00</b>
<b>Správní režie</b>	<b>82 681,37</b>
<b>Celkem náklady</b>	<b>810 510,37</b>



## ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na rekonstrukci vodojemu Bártlův vrch, důvodem bylo zhoršování mikrobiologické kvality vody na odtoku z tohoto vodojemu. Vodojem Bártlův vrch je nejdůležitějším vodojemem zásobované oblasti.

Provedená rekonstrukce vodojemu Bártlův vrch souvisela nejen s vnitřním vybavením, ale i s vnější přestavbou objektu, který v této konečné podobě i architektonicky celkově zapadá do této horské oblasti. Provedená rekonstrukce má význam jak pro provozovatele Severočeské vodovody a kanalizace a.s., tak pro majitele Severočeskou vodárenskou společnost a.s. a také pro technologa a konstruktéra při navrhování nebo rozhodování o případné rekonstrukci dalších objektů na vodovodním systému.

Investiční náklady v celkové výši 3 249 039,-Kč uvádí tab. 6, s. 37 a může majiteli posloužit v budoucnu při plánování rekonstrukcí dalších vodojemů a to i při dílčích opravách.

Provozní náklady po rekonstrukci se v roce 2010 snížily o 423 591,-Kč, oproti roku 2007, před zahájením rekonstrukce.

Výsledky rozborů vzorků vody odebraných z objektu vodojemu poukazují na úspěšně zrealizovanou rekonstrukci objektu, jejímž cílem bylo odstranění závad technického rázu, které se podílely na zhoršené kvalitě vody a tvorbě biofilmů ve vodojemu.

Rekonstrukcí vodojemu bylo zajištěno bezproblémové zabezpečení provozu vodojemu a v důsledku toho dosaženo kvalitní pitné vody dodávané spotřebitelům.

Lze konstatovat, že uvedený záměr byl splněn.

## ANOTACE

<b>Příjmení a jméno autora:</b>	Říha Stanislav
<b>Instituce:</b>	Moravská vysoká škola Olomouc
<b>Název práce v českém jazyce:</b>	Manažersko ekonomické zhodnocení rekonstrukce objektu vodojemu Bártlův vrch
<b>Název práce v anglickém jazyce:</b>	Management and Economic Evaluation of Waterreservoir Reconstruction Bartluv vrch
<b>Vedoucí práce:</b>	Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.
<b>Počet stran:</b>	48
<b>Počet příloh:</b>	1
<b>Rok obhajoby:</b>	2011
<b>Klíčová slova v českém jazyce:</b>	vodojem, kvalita pitné vody, technický audit, biologický rozbor, biofilmy
<b>Klíčová slova v anglickém jazyce:</b>	waterreservoir, drinking water quality, technical audit, biological analysis, biofilms

Bakalářská práce je zaměřena na rekonstrukci hlavního vodojemu pro město Jablonec nad Nisou VDJ Bártlův vrch. V předložené práci je srovnání stavu objektu před a po rekonstrukci. Posouzena je stavební a technická část objektu, podle zásad technického doporučení I–D–48. Řešen je vliv závad technického charakteru na jakost vody dle vyhl. č. 252/2004 Sb. a provoz objektu je kontrolován biologickými rozbory. Nedílnou součástí práce je ekonomické zhodnocení rekonstrukce.

Bachelor thesis is focused on the reconstruction of main waterreservoir of the Jablonec nad Nisou city, the waterreservoir Bártluv vrch. The comparison of accumulation object before and after reconstruction is a part of thesis. The evaluation of technological and structural part of waterreservoir is due the technical

recommendation I–D–48. The influence of hazard risks of technical character on drinking water quality according Decree No. 252/2004 Col. is solved, processing and management of waterreservoir is biologically controlled. Comprehensive part of bachelor thesis is economic evaluation of reconstruction.

## LITERATURA A PRAMENY

- AMBROŽOVÁ, Jana. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2003. 226 s. ISBN 80–7080–521–8.
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN 73 6650 *Vodojemy*
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN 75 7712 *Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení biosestonu*
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN 75 7713 *Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení abiosestonu*
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN EN ISO 5667–1 (75 7051) *Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků*
- DAVISON, A., HOWARD, G., STEVENS, M., ALLAN, P., FEWTRELL, L., DEERE, D., BARTRAM, J. *Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. World Health Organisation, 2005. WHO/SDE/WSH/05.06. [Plány pro zajištění bezpečnosti vody. Řízení kvality pitné vody od povodí k odběrateli. In: *Sborník konference Pitná voda*, Tábor: VAS, 2006. CD–rom]
- HUBÁČKOVÁ, Jana, AMBROŽOVÁ, Jana, a ČIHÁKOVÁ, Iva. *Zabezpečení jakosti pitné vody, dopravované spotřebiteli*. In: *Sborník z pracovního seminára Dezinfekcia a zdravotné zabezpečenie pitnej vody*, Tatranská Štrba: Hydrotechnológia, 2008. 89–94 s.
- HUBÁČKOVÁ, Jana, SLAVÍČKOVÁ, Kateřina, a AMBROŽOVÁ, Jana. *Změny jakosti při její dopravě. Práce a sešit 53*, Praha: VÚV T.G.M., 2006. 96 s. + příloha na CD–rom.
- JÁSEK, Jaroslav, a kol. *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: MILPO MEDIA, 2000. 239 s. ISBN 80–86098–5–X.
- KOŽÍŠEK, František. *Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu*. SOVAK, Praha: SOVAK, č.7–8/2005. 20–23 s.
- KOŽÍŠEK, František, KOS, Josef, a PUMANN, Petr. *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*. Praha: SOVAK, 2006. 74 s.

- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- NOVÁK, Josef, a kolektiv. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Medium, 2003. 151 s. ISBN 80-238-9946-5.
- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, BALCAROVÁ, Jarmila, a MUSILOVÁ, Eva. *Závěrečná zpráva biologického auditu objektu VDJ Bártlův vrch*. Praha: VŠCHT, 2008. 53s.
- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, HUBÁČKOVÁ, Jana, ČIHÁKOVÁ, Iva. *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů. Technické doporučení I–D–48*. Praha: Hydroprojekt CZ, 2008. 60 s.
- STRNADOVÁ, Nina, a JANDA, Václav. *Technologie vody I. 2. přeprac. vyd.* Praha: VŠCHT, 1999. 274 s. ISBN 80-7080-348-7.
- SUKOVITÝ, Augustin, a VIŠŇOVSKÝ, Peter. *Vodárenství II: Úprava a akumulace vody, zásobování průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: SNTL, 1971. 349 s.
- ŠTÍCHA, Václav, a CUREV, Anatas., a kol.: *Vodárenství: Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: SNTL, 1971. 357 s.
- TECHNICKÁ ODVĚTVOVÁ NORMA TNV 75 5941 *Mikroskopické posuzování jakosti vody dopravované potrubím*
- TUHOVČÁK, Ladislav, RUČKA, Jan, a PAPÍRNÍK, Václav. *Analýza rizik vodojemů*. In: *Sborník semináře Vodojemy 2009*. Praha: ČSVTS, SOVAK, 2009. 5 s.
- VYHLÁŠKA č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů č. 187/2005 Sb. a č. 293/2006 Sb.
- VYHLÁŠKA č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody (v platném znění)
- ZÁKON Ministerstva zemědělství č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů
- ZÁKON Ministerstva zdravotnictví č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví (ve znění pozdějších předpisů)

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AB	–	Procento pokrývnosti abiosestonem
DEZ	–	Kontrola dezinfekce
CMO	–	Celkový počet mikroorganismů
CÚD	–	Centrální doprava a údržba
ČSN	–	Česká státní norma
DN	–	Světlost potrubí v mm
DPH	–	Daň z přidané hodnoty
HACCP	–	Hazard Analysis and Critical Control Points, Riziková analýza a kritické kontrolní body při výrobě
HSV	–	Hlavní stavební výroba
IWA	–	International Water Association, Mezinárodní asociace pro vodu
$j \cdot ml^{-1}$	–	Jedinec v 1 ml
KOLI	–	Koliformní bakterie
KTJ	–	Kolonie tvořící jednotku
MIMY	–	Mikromycety, plísně a kvasinky
MZd	–	Ministerstvo zdravotnictví
SOVAK	–	Sdružení oborů vodovodů a kanalizací
SVS	–	Severočeská vodárenská společnost
SR	–	Rámcová směrnice
TB22°C	–	Celkový počet aerobních bakterií se specifikací růstu při 22 °C
TB36°C	–	Celkový počet aerobních bakterií se specifikací růstu při 36 °C
UN–ECE	–	Organizace spojených národů
ÚV	–	Úpravna vody
VDJ	–	Vodojem
VN	–	Vodárenská nádrž
VRN	–	Vedlejší rozpočtové náklady
WHO	–	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace
WSP	–	Water Safety Plans, Plány bezpečného zásobování pitnou vodou
ZRN	–	Základní rozpočtové náklady
ŽMO	–	Počet živých mikroorganismů

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Schéma rizikové analýzy v plánech pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou .....	11
Obr. 2 – Přehledná mapa širších vztahů GZV Jablonec nad Nisou .....	22
Obr. 3 – Provoz současného stavu města Jablonce nad Nisou .....	23
Obr. 4 – Vzhled stavu objektu .....	24
Obr. 5 – Vzorek volné vody.....	29
Obr. 6 – Vzorek stěru ze stěny nádrže .....	31
Obr. 7 – Vzorek stěru ze stěny nádrže .....	31
Obr. 8 – Vzorek stěru ze žebříku v nádrži .....	31
Obr. 9 – Vzorek stěru ze stropu nádrže .....	32
Obr. 10 – Přehled výsledků otisků na pádlových testerech .....	33
Obr. 11 – Pohled na misku s vyrostlými plísněmi .....	33
Obr. 12 – Ztráty vody v trubní síti – Jablonec n/N (v tis. m <sup>3</sup> ) .....	36

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Hydrobiologický rozbor vzorku vody z nádrže .....	29
Tab. 2 – Hydrobiologický rozbor stěru ze stěny .....	30
Tab. 3 – Hydrobiologický rozbor stěru ze žebříku .....	30
Tab. 4 – Hydrobiologický rozbor stěru ze stropu .....	32
Tab. 5 – Přehled výsledků za rok 2008 .....	33
Tab. 6 – Celkové náklady na rekonstrukci objektu .....	37
Tab. 7 – Roční provozní náklady VDJ Bártlův Vrch v roce 2007.....	38
Tab. 8 – Roční provozní náklady VDJ Bártlův Vrch v roce 2010.....	39



# PŘÍLOHA

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Útvar kontroly jakosti

Přítkovská 1689, 415 50 Teplice

## Výpis z databáze výsledků

Vzorek č. 26158/10 Datum odběru: 6.9.2010 Matrice: pitná voda

Místo odběru: Jablonec nad Nisou, vdj Bártilův vrch nový, odtok

Zásobovaná oblast: Souš ÚV

Typ místa odběru: vodojem na síti, nechlorovaný

Důvod k odběru: Kontrolní rozbor na vodojemu - povrchová

Bod odběru: kohout

Laboratoř: Laboratoř Liberec - pracoviště PV

Hodnotící norma: pitná voda

Vyhláška č. 252/2004 Sb. ve znění vyhlášky č. 187/2005 Sb. a

vyhlášky č. 293/2006 Sb.

Parametr	jednotka	Hodnota	Norma
koliformní bakterie	KTJ/100ml	0	max.0 A
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	max.0 A
Clostridium perfringens	KTJ/100ml	0	max.0 A
kultivovatelné mikroorganismy 36°C	KTJ/ml	0	max.20 A
kultivovatelné mikroorganismy 22°C	KTJ/ml	8	max.200 A
mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	max.0 A
mikroskopický obraz - mrtvé organismy	jedinci/ml	10	
mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	10	max.50 A
mikroskopický obraz - abioseston	%	3	max.10 A
chlor volný	mg/l	0,10	max.0,30 A
chlor celkový	mg/l	0,20	max.0,40 A
teplota vody	°C	14,1	
železo	mg/l	0,07	max.0,20 A
mangan	mg/l	0,031	max.0,050 A
barva	mg/l Pt	6,0	max.20 A
vápník	mg/l	32,2	
hořčík	mg/l	0,74	
vápník a hořčík	mmol/l	0,83	
chemická spotřeba O2 manganistanem	mg/l	2,5	max.3,0 A
amonné ionty	mg/l	0,09	max.0,50 A
dusičnany	mg/l	<0,50	max.50 A
dusitany	mg/l	0,12	max.0,50 A
pH		7,5	6,5 - 9,5 A
konduktivita	mS/m	18,2	max.125 A
zákal	ZF(n)	0,73	max.5 A
hlinitík	mg/l	0,12	max.0,20 A

A .. vyhovuje, N .. nevyhovuje

Tento výpis nenahrazuje protokol akreditované laboratoře.

Zpracoval: Svátková Renata Ing.

Dne: 8.2.2011