



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ PRVKY PRO VODOJEMY

BEST AVAILABLE ELEMENTS FOR WATER TANKS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ladislav Hrubý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ladislav Hrubý
Název	Nejlepší dostupné prvky pro vodojemy
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] TUHOVČÁK, Ladislav. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou: WaterRisk [online]. 2006 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: <http://www.waterrisk.cz>
- [2] LIN, Shun Dar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [3] KRIŠ, Jozef, Oskár ČERMÁK a Ivona ŠKULTÉTYOVÁ. Vodárenstvo 1: Zásobovanie vodou. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2006. ISBN 80-227-2426-2.
- [4] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c1990, 1194 s. ISBN 0-07-001540-6.
- [5] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia [online]. Brno: VUT v Brně, 2006 [cit. 2012-03-26].

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce bude provedena podrobná analýza všech součástí vodojemů, porovnání dosud používaných prvků a řešení s následným vyhodnocením jejich klíčových vlastností (poruchovost, vliv na kvalitu vody, ...). Cílem diplomové práce bude doporučení sady nejlepších prvků pro stavbu vodojemů a konstrukce fiktivního objektu složeného z těchto prvků. V rámci řešení práce bude navázána spolupráce s provozovatelem vodovodů.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá analýzou jednotlivých prvků vodojemů, jejich porovnáním a popisem jejich vlastností. V první části jsou obsaženy základní informace týkající se návrhu objemu akumulace. Následuje stěžejní část práce, ve které jsou rozebrány a popsány jednotlivé stavební části a prvky. V další kapitole jsou zmíněny nové typy vodojemů. V poslední kapitole je popsána studie 5 vodojemů, na kterých byly vybrané prvky pozorovány. Závěrem je shrnuto technické doporučení, ke kterému je možné přihlídnout při výstavbě nových vodojemů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodojem, zemní vodojem, části vodojemu, akumulární nádrž

ABSTRACT

This diploma thesis deals with analysis of particular elements of ground water storage tanks, their comparison and description of their characteristic. Basic information of designing volume of accumulation tank is included in the first part followed by a key section where particular construction parts and elements are described. In the next section, new types of water tanks are mentioned. In the final section of this thesis, study of 5 existing water tanks was accomplished. A technical recommendation is summed up in the final part that can be taken into account when constructing a new water storage tank.

KEYWORDS

Water storage tank, ground water tank, parts of water tank, accumulation tank

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Ladislav Hrubý *Nejlepší dostupné prvky pro vodojemy*. Brno, 2018. 84 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2. 1. 2018

Bc. Ladislav Hrubý
autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D., za informace a připomínky v průběhu zpracování této práce. Za zprostředkování prohlídek vodojemů bych také rád poděkoval Ing. Miroslavu Svobodovi, Ph.D. z Vodárenské akciové společnosti, a.s.

V neposlední řadě také děkuji své rodině za podporu při studiích.

1 OBSAH

1	OBSAH	8
2	ÚVOD.....	10
3	ZÁKLADNÍ INFORMACE	11
3.1	Návrh akumulace vodojemu	12
3.2	Potrubí ve vodojemu	13
4	SLEDOVANÉ STAVEBNÍ ČÁSTI, KONSTRUKCE, PRVKY.....	15
4.1	VSTUP DO OBJEKTU, OKOLÍ.....	15
4.1.1	Okolí vodojemu	15
4.1.2	Vstup	16
4.1.3	Okenní prvky	17
4.1.4	Vnitřní prostory manipulační a armaturní komory	17
4.2	VÝMĚNA VODY	18
4.3	ODVĚTRÁNÍ VODOJEMU.....	21
4.3.1	Rounová textilie.....	24
4.4	MATERIÁL POTRUBÍ.....	26
4.4.1	Nerez ocel.....	26
4.4.2	Koroze nerezové oceli	27
4.5	POVRCHOVÉ ÚPRAVY NÁVODNÍCH LÍCŮ AKUMULAČNÍCH KOMOR.....	31
4.5.1	Vyvložkování vodojemu deskami z PE	32
4.5.2	Příklad obkladu akumulace polyetylenovými deskami	33
4.5.3	Hydroizolační nástřiky, stěrky	37
4.5.4	Příklad rekonstrukce VDJ pomocí hydroizolačního nástřiku	38
4.5.5	Akumulační nádrž z ušlechtilé oceli	40
5	NOVÉ ŘEŠENÍ VODOJEMŮ	41
5.1	Vodojem s obtékanou vnitřní nádrží	41
5.2	Trubní vodojemy	44
5.2.1	VDJ Ostrovačice.....	44
5.2.2	VDJ Klepačov	46
6	TECHNICKÝ AUDIT VODOJEMŮ	48

7	PŘÍPADOVÁ STUDIE	51
7.1	VDJ MOKRÁ-HORÁKOV	51
7.2	VDJ RAJHRAD.....	57
7.3	VDJ OCHOZ U BRNA	60
7.4	VDJ ČEBÍN.....	62
7.5	VDJ OSLAVANY	65
8	ZÁVĚR	73
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
	SEZNAM TABULEK	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	82
	SEZNAM ROVNIC	83
	SUMMARY	84

2 ÚVOD

Vodojemy jsou významné objekty v souboru staveb pro zásobování vodou. Bez nadsázky lze konstatovat, že se jedná o objekty strategické. V těchto vodárenských stavbách se vždy odráží technický a kulturní pokrok daného období. 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 spotřeby vody. Nyní, v důsledku jejich velkých akumulčních objemů, dochází k velkému zdržení vody mezi úpravnou a spotřebištěm.

Vodojemy se na našem území stavěli již od počátku 20. století. Je zřejmé, že životnost takových staveb se blíží ke své hranici. K prvním skutečně rozsáhlým rekonstrukcím vodojemů se přistoupilo zhruba v polovině 90. let minulého století. Jedná se např. o vnitřní povrchy akumulčních nádrží, korozně nevyhovující stropní plošné prvky z nevhodného typu prefabrikátů používaných v 70. a 80. letech minulého století, korozi příčné i podélné výztuže sloupů, průvlaků apod. V poslední době se také klade velký důraz na řešení možné sekundární kontaminace vzduchem, která může zapříčinit změny v jakosti pitné vody. Týká se to zejména filtrace vzduchu, tzn. osazení filtračních textilií do větracích otvorů apod.

V současnosti bohužel neexistuje žádná obecná metodika či technické doporučení pro navrhování a provádění sanací vodojemů, chybí i společný odborný pohled na jednotlivé dílčí problémy, jako je např. hladkost návodních líců vodojemů. Stejně tak panuje značná diference v používaných sanačních materiálech a technologiích.

3 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Základními normami pro navrhování a provoz vodojemů jsou normy ČSN 75 5355 - Vodojemy, která nabyla účinnosti od února roku 2011 a nahradila tak normu ČSN 73 6650 - Vodojemy. Další norma, zabývající se vodojemy je ČSN EN 1508 – Vodárenství - Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody. Vodojem umístěný na vodovodní síti plní dvě základní funkce:

- zajišťuje udržování tlakových poměrů v síti
- zajišťuje potřebnou akumulaci vody pro běžný provoz, pro případ požáru nebo poruchy na síti

Dle plnění funkčnosti na vodovodní síti lze tedy vodojemy rozdělit na:

- **zásobní** – účelem je zajištění dostatečného množství vody pro potřeby zásobovacího pásma, současné zajištění potřebných tlakových poměrů, plní funkci vyrovnávání nerovnoměrného odběru vody.
- **přerušovací** – vodojemy s akumulačním prostorem, v němž se výtokem do tohoto prostoru snižuje nadměrný přetlak v přívodním řadu na hodnotu přetlaku potřebnou ve spotřebišti odpovídající výšce hladiny vody ve vodojemu.
- **provozní** – vodojem sloužící k akumulaci vody pro provoz úpravný nebo jiného vodárenského objektu.

Dle umístění vzhledem ke spotřebišti lze vodojemy rozdělit na:

- **čelní, průtočné** – vodojemy umístěné před spotřebištem, protéká jimi veškerá voda dodávaná do spotřebiště
- **koncové** – vodojemy umístěné za spotřebištem na konci rozváděcích řadů, které vyrovnávají tlakové rozdíly ve vodovodní síti zejména v období špičkových odběrů

Dle stavební konstrukce můžeme vodojemy rozdělit na:

- **zemní** – nejrozšířenější typ vodojemu, se dnem obvykle pod přirozenou nebo plánovanou kótou terénu. Zpravidla mají zasypané nádrže a manipulační komora má částečné zasypání. Půdorysné uspořádání nádrží zemních vodojemů bývá:
 - kruhové – nádrže malých vodojemů
 - krabicové – nádrže větších objemů, nejčastěji monolitické železobetonové.

- **věžové** – vodojem, jehož nádrže jsou umístěny nad terénem na nosné konstrukci. Jedná se o typ vodojemu, který se používá zvláště v rovinatých oblastech, kde by zemní vodojemy nebyly schopny zajistit dostatečný hydrostatický tlak v síti. Nejčastějšími typy jsou hydroglobus, aknaglobus a novodobé vodojemy s nádobou číšového tvaru.
 - hydroglobus má kloubové spojení nosné konstrukce a jeho dřík je k základu kotven lany.
 - aknagloby a novodobé vodojemy s číšovou nádrží se navrhují jako konstrukce vetknuté do mohutné patky a nejsou vybaveny kotevními prvky.

3.1 NÁVRH AKUMULACE VODOJEMU

Při návrhu objemu vodojemu se musí zohlednit všechny funkce, které bude vodojem plnit. Zásobní vodojem se skládá ze tří akumulací:

- **provozní akumulace A_h** – množství vody z využitelného objemu vodojemu určené k vyrovnávání rozdílu mezi přítokem a odběrem vody z vodojemu podle jeho provozní funkce. Nejčastěji se stanoví tabelárně porovnáním přítoku a odběru z vodojemu v jednotlivých hodinách dne pro maximální denní potřebu vody. Velikost provozní akumulace se pohybuje v rozmezí:

$$A_h = 15 - 35\% Q_d \quad [m^3] \quad (3-1)$$

kde Q_d maximální denní potřeba vody

- **požární akumulace A_p** – akumulace vody pro případ požáru ve spotřebišti, jeho velikost se počítá podle vztahu

$$A_p = 3,6 \cdot Q_p \cdot t \cdot n \quad [m^3] \quad (3-2)$$

kde Q_p odběr požární vody [l/s] v odběrném místě dle ČSN 73 0873, pohybuje se v rozmezí 7,5 – 40 l/s,

t doba trvání potřeby dodávat požární vodu [h], minimálně 0,5 h, pro

běžnou bytovou zástavbu 2 h,

n počet odběrných míst, pro běžnou bytovou zástavbu $n = 1$

- **rezervní akumulace A_r** – akumulace, která se navrhuje pro případ poruchy na přítoku do vodojemu. Závisí na charakteru přítoku vody do vodojemu a významu odběratelů ve spotřebišti

$$A_r = 50\% Q_d \quad [m^3] \quad (3-3)$$

Celková akumulace A_c se pak vypočítá jako součet všech 3 dílčích akumulací

$$A_c = A_h + A_p + A_r \quad [m^3] \quad (3-4)$$

Obvyklá velikost akumulace A_c by se pak měla pohybovat mezi 60-80% Q_d .

Na základě výpočtu této celkové akumulace se navrhne typizovaný vodojem s nejbližší vyšší akumulací. V případě, že bude navrhován atypický vodojem, zaokrouhlí se vypočtená celková akumulace nahoru na celé stovky nebo tisíce m^3 .

3.2 POTRUBÍ VE VODOJEMU

a) přívodní potrubí

- potrubí, které přivádí vodu ze zdroje do vodojemu
- mělo by být navrženo tak, aby bylo do nádrže vodojemu přivedeno nad horní provozní hladinou a zároveň musí být zajištěno jeho odvětrání. Zákonečení se doporučuje na opačné straně než je odběrné potrubí pro zajištění optimálního míchání vody v akumulaci.
- výtok vody z přívodního potrubí by měl být navržen tak, aby docházelo k míchání vody přítékající s vodou akumulovanou v nádrži.
- v případě, že vodojem má dvě a více komor, je nutné zajistit nezávislé plnění jejich komor.
- na přívodním potrubí je nutné umístit odběr vzorků
- přívodní potrubí by mělo být spojeno s odběrným potrubím, aby v případě odstavení vodojemu z provozu bylo zajištěno alespoň částečné zásobování spotřebišť.
- přívodní potrubí se dimenzuje na maximální denní průtok Q_d .

b) odběrné potrubí

- potrubí, kterým odtéká voda do spotřebišť

- v akumulační nádrži bývá umístěno u dna v úrovni minimální hladiny a bývá osazeno sáckým košem, který brání vniknutí větších předmětů ponechaných v nádrži např. během čištění, provádění údržby apod.
- pokud má vodojem více akumulačních komor, umístí se uzávěry na každé odběrné potrubí vycházející z akumulace a také na společné odběrné potrubí
- potrubí je osazeno zařízením pro měření průtoku a pro odběr vzorků
- odběrné potrubí je dimenzováno na maximální hodinový průtok Q_h .

b) výpustné potrubí

- slouží k úplnému vypuštění nádrže při čištění a opravě
- umísťuje se do dna kalové jámy tak, aby bylo možné vypustit z nádrže všechny nečistoty
- mělo by být zavedeno mimo manipulační komoru, mělo by být vybaveno uzávěrem nebo zpětnou klapkou tak, aby nedocházelo ke zpětnému proudění vzduchu do nádrže a tím možné kontaminaci akumulované vody. Zároveň je potřeba zajistit výpustné potrubí proti vniknutí živočichů nebo jiných organismů. V některých případech může být výpustné potrubí napojeno na potrubí přelivu.
- zaústění výpustného potrubí se provádí do recipientu nebo do kanalizace

d) bezpečnostní přeliv

- slouží jako pojistka proti nekontrolovatelnému plnění vodojemu
- umísťuje se 0,2-0,3 m nad maximální provozní hladinu a tím určuje maximální hladinu
- DN přelivu je větší, případně roven průměru přívodního potrubí
- na bezpečnostním přelivu nesmí být umístěn uzávěr.

[1],[2]

4 SLEDOVANÉ STAVEBNÍ ČÁSTI, KONSTRUKCE, PRVKY

Volba konstrukce a druhu VDJ je závislá na konfiguraci terénu a na podmínkách pro zakládání staveb. Konstrukce VDJ musí být z materiálu, jejichž životnost odpovídá životnosti celého vodovodu. Konstrukce VDJ musí být chráněny proti působení podzemní a povrchové vody. Stejně tak konstrukce stropu musí být taková, aby nedocházelo k prosakování vody a jiných znečišťujících látek do nádrže. Starší typy vodojemů obvykle bývají zděné, novější typy jsou železobetonové, objevují se i prefabrikované typy.

Zastřešení vodojemu bývá tvořeno nosnou konstrukcí stropu, která má tepelně izolační a hydroizolační vrstvy. Tepelně izolační charakter má nasypaná a upravená vrstva zeminy osetá trávou. V případě tradiční krytiny se jedná o různé modifikace úpravy a provedení ploché střechy (asfaltové šindele apod.). Povrch střešní krytiny musí být ošetřován v souladu s použitým materiálem a technologií provádění, které odpovídá době pořízení, rekonstrukce. Z povrchu musí být odstraněny rostliny i trvalé porosty, které se zde mohou uchytit a kořenovým systémem narušovat konstrukci a v některých případech i ohrožovat jakost vody.

4.1 VSTUP DO OBJEKTU, OKOLÍ

4.1.1 Okolí vodojemu

Okolí vodojemu je tvořeno jeho ochranným pásmem, které tvoří nedílnou součást každého vodojemu. Je vymezeno oploceným, nebo jinak ohrazeným pozemkem s kontrolou vstupů a speciálním hospodařením. Je tvořeno nejčastěji ochranným násypem zeminy na nádržích, částečně i na manipulační komoře. Násyp má izolační a stabilizační funkci. Jeho poloha a stav jsou pravidelně kontrolovány. Sedání násypu je nutné sledovat, protože může signalizovat netěsnosti nádrží, popřípadě jiné poruchy konstrukce vodojemu (nerovnoměrné sedání, rozdílné chování podloží, poruchy založení apod.). Násyp/zásyp nádrží přechází v plochý okolní terén s přístupovou komunikací.

Okolní terén je většinou zatravněn. V okolí nádrží vodojemu je zakázáno vysazovat trvalé porosty. Okolní terén je vhodné ponechat volný a přehledný pro snadnou a rychlou kontrolu. Kontrolu provádí pracovníci provozovatele a zástupci vlastníka, v odůvodněných případech je vhodná kontrola složkami Policie. Oplocení může být doplněno kamerovým systémem s přenosem na centrální dispečink. V případě menších lokalit je vhodný přenos do obce např. zástupci starosty.

Oplocené okolí vodojemu je označeno jako „Ochranné pásmo-Vstup zakázán“. Dodržování zákazu je vyžadováno. V některých případech je funkční pouze osazení výstražných tabulek se zákazem vstupu do ochranného pásma.

Hospodáření v ochranném pásmu představuje především údržbu zásypu/obsypu, sečení trávy, likvidaci posečené trávy. Posečenou travu nelze v blízkosti nádrží a ventilačních vstupů sušit ani kompostovat. Rostlinné a hnilobné zbytky představují největší nebezpečí pro kontaminaci vody v daném přirozeném prostředí a nelze je dále z vody odstranit. Přítomnost listů a jejich zbytků je nežádoucí u větracích systémů. Trvalé porosty, především z náletu je nutné průběžně odstraňovat. Lokalita vodojemu není vhodná pro parkovou úpravu. Nesmí být zakládány trvalé porosty, jejichž kořenový systém v blízkosti nádrží narušuje konstrukci. Z hlediska narušování konstrukce patří bříza mezi dřeviny s nežádoucím a nebezpečným kořenovým systémem .

[3][5]

4.1.2 Vstup

Vstupem do vodojemu přes vstupní komoru jsou dveře, popřípadě vrata s funkční tepelnou izolací. Vstupní otvor musí být těsný tak, aby jim spolu s proudícím vzduchem nepronikaly nečistoty. Dále je nutné zamezit pronikání světla skrze vstupy do prostoru manipulační komory (zamezení nárůstu sinic a řas na vlhkých a světlu vystavených stěnách). Z toho důvodu jsou většinou navrhovány vstupní dveře bez světlíků a světelných prostupů. V případě možnosti je doporučeno realizovat vstup se zádveřím. Zároveň bývají vstupní dveře osazeny bezpečnostním kováním spolu s bezpečnostním prvkem, čidlem, které v případě násilného vniknutí nepovolané osoby ohlásí tuto událost na dispečink řídicímu pracovníkovi. V případě významných objektů se doporučuje autorizace vstupu (pomocí autorizované karty apod.)

Vstup do akumulace vodojemu se přednostně provádí z manipulační komory. V některých případech, zvláště u starších typů vodojemů, bývá řešen přímo z venkovního prostoru, např. stropem nádrže. Toto řešení je nevhodné představuje pro kontaminaci vody velké nebezpečí. Je zřejmé, že se do vody zákonitě dostane vše z okolí vstupu, jako je prach, pylová zrna, zbytky trávy apod. Je-li vstup takto řešen, pak je nezbytné před jeho otevřením provést kontrolu okolního povrchu, očistit ho a zamezit vniknutí nečistot do nádrže. Těsnost otvoru, především jeho obvodové spáry, musí být pravidelně kontrolována a udržována v čistotě. Tyto vstupy je vhodné opatřit ještě dalším překrytím, dvojitým uzávěrem apod.

Běžné vstupy do akumulace jsou přes manipulační komory. Velmi často je to ještě přes tzv. meziprostor před akumulací, který je většinou řešen jako podesta, protože vstup se zpravidla umísťuje nad maximální provozní hladinu VDJ.

[20]



Obrázek 4.1 Přímý vstup do akumulace[20]

Na obr. 2.14 je zobrazen příklad přímého vstupu do akumulace z vnějšího prostředí-případ nevhodného řešení.

4.1.3 Okenní prvky

Okenní otvory ve stěnách manipulační komory se nedoporučují. Pokud jsou přítomny, je nutné, aby byly orientovány na severní straně objektu. Dále se doporučuje, aby výplně měly tepelně-izolační vlastnosti, s možností stínění, popř. byly opatřeny fólií eliminující přísun fotosynteticky aktivní radiace (možné je i použití nátěru, který zamezuje pronikání světla do vnitřního prostoru). Pokud se již ve vodojemu nachází velké prosklené okenní prvky, je vhodné je z bezpečnostních důvodů osadit mříží.

4.1.4 Vnitřní prostory manipulační a armaturní komory

Povrchové úpravy stavebních konstrukcí manipulační a vstupní komory by měli být provedeny jako bezprašné a trvanlivé, stejně jako podlahy, které musí mít bezprašnou a snadno udržitelnou povrchovou úpravu. Kovové konstrukce a potrubí by měli být opatřeny nátěry, nebo provedeny v nerezové úpravě. Stávající betonové (prašné) povrchy je velmi obtížné uklízet, zametat, nedají se setřít. Jakákoliv manipulace bývá horší než ponechání stavu a tím pádem se tyto povrchy ve VDJ většinou neošetřují. Netěsnými vstupy i pohybem obsluhy v komorách je povrch podlahy zaprášený a prostou ventilací se vše dostává do akumulace, na hladinu vody. Komunikace vertikální mezi manipulační komorou a ná-

drží vodojemu je umožněna schody nebo žebříky. Velikost otvorů, umístění žebříků, zábradlí a jejich materiál musí umožnit bezpečný pohyb obsluhy a přesun nezbytného nářadí a pomůcek. Jedná se především o revizní vstupy, čištění nádrží a opravy konstrukcí a vybavení. Vnitřní prostory bývají temperovány v zimních obdobích topnými tělesy. [5]

4.2 VÝMĚNA VODY

Na zachování vyhovující jakosti vody má, kromě možné sekundární kontaminace, významný vliv také výměna vody v nádržích vodojemů. Vzhledem k podstatnému snížení spotřeby vody a často předimenzovanou akumulací v současné době, je toto řešení velmi aktuální. Výměnu vody mohou komplikovat provozní hlediska a nutnost zajištění spolehlivosti dodávky. Pro omezení nežádoucích dopadů je vhodné dostatečnou a pravidelnou výměnu řešit v manipulačním řádu

Výměna vody je možná třemi způsoby. Prvním způsobem je výměna vody při řízeném poklesu provozní hladiny až na minimální provozní hladinu. Druhým způsobem je výměna vody vhodným umístěním přítokového a odběrného potrubí. Třetí možností je průtok vody vhodně upravenou akumulací nádrží.

Nejčastější možná výměna je řízeným poklesem hladiny. Četnost těchto manipulací je nutné ověřit na konkrétní lokalitě. Četnost je závislá na jakosti vody, typu vodního zdroje, teplotě atd.

Výměna vody správným a vhodným umístěním přítokového a odběrného potrubí je nejvhodnější a nejúčinnější. Jedná se v podstatě o kontinuální proces. Aby byla výměna dostatečná, je třeba umožnit dostatečně velký přítok, např. využít i kolísání provozní hladiny. Pouhé doplňování spotřebované vody velmi často neumožní její celkovou výměnu, nedojde k promíchání, ani nahrazení staré vody vodou novou.

Úprava nádrže za účelem výměny vody představuje např. vestavbu a průtok vody tzv. labiryntem, kdy je postupným průtokem stará voda vytlačována vodou novou. Jiná možnost úpravy nádrže je systém odrazových vestavěných stěn a překážek. Veškeré tyto úpravy představují zvětšení plochy stěn a náročnější údržbu, téměř se neužívají. [21] [25]

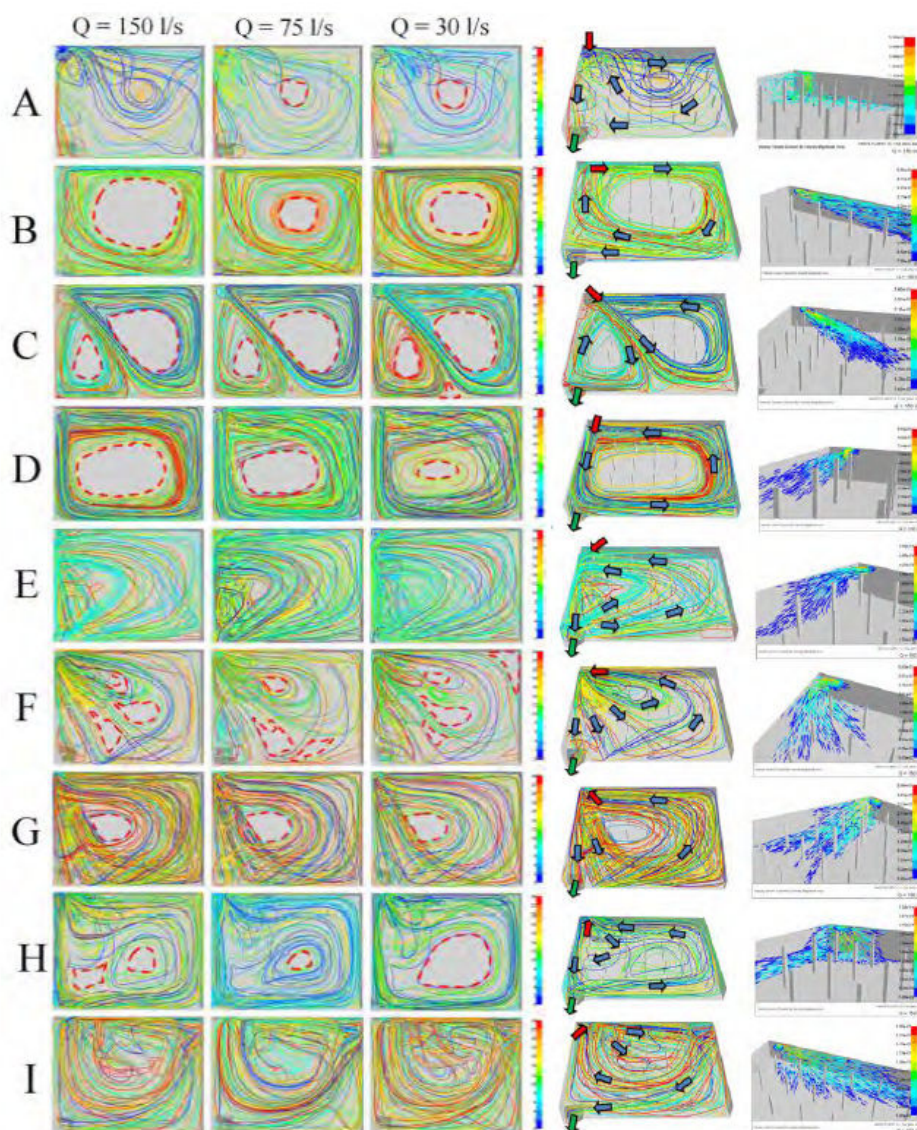
Podrobněji řeší proudění vody v akumulaci zpráva [2]. Bylo řešeno proudění vody ve vodojemu pro stacionární (ustálené) průtoky při plném vodojemu. Průtoky odpovídají třem základním režimům odběru: nízký odběr $Q=30$ l/s, střední odběr $Q=75$ l/s a zvýšený odběr $Q=150$ l/s. Hodnocení hydraulických vlastností vodojemu bylo zaměřeno na způsob proudění a zadržení vody v jednotlivých místech akumulací nádrže a vznik pasivních oblastí proudění v nádrži v závislosti na umístění a směřování vtoku do nádrže. Pro hodnocení byl vybrán krabicový, dvoukomorový vodojem o objemu 2×8000 m³. Hodnocení bylo provedeno pomocí matematického a fyzikálního modelu.

Na **matematickém modelu** byl posuzován vliv směřování vtoku na charakter proudění vody v nádrži vodojemu se zřetelem na výskyt pasivních oblastí proudění. Na modelu bylo řešeno devět variant směřování vtoku. Vtok byl vždy umístěn u protilehlé stěny s vyústě-

ním v úrovni hladiny. Ve variantě A je přítok směřován svisle dolů. V dalších variantách je vtok vždy pootočen od svislé osy o 45° a v půdorysném pootočení po 45° . Bylo sledováno umístění a velikosti pasivních oblastí.

Z výsledků jednotlivých variant je patrné, že změnou průtoků dochází především ke změně doby zdržení fiktivních částic a tedy i vody v nádrži. Charakter proudění a způsob průtoku vody nádrží se naopak podstatně mění změnou směřování vtoku. Výsledky také ukazují, že některé varianty směřování vtoku nejsou zcela vhodné. Jde o případy, kdy přítok byl směřován přímo směrem do nádrže (varianta B,C,D) a v nádržích sice docházelo k průměrně nejrychlejšímu pohybu fiktivních částic, ale v nádrži také vznikaly relativně velké pasivní oblasti. Při celkovém hodnocení nejlépe dopadla varianta I, tedy nasměrování vtoku šikmo podél zdi tak, kdy se vtokový paprsek rozstříkne podél zdi.

[25]



Obrázek 4.2 Umístění pasivních oblastí jednotlivých variant vzhledem k různému nasměrování vtoku [25]

Provozování vodojemů podle dříve užívaných provozních řádů, za současné snížené spotřeba vody, vedou ke zhoršující se kvalitě vody ve vodojemech, k jejímu stárnutí. Teoretická doba zdržení vody v zásobním vodojemu by měla být přibližně 15-24 hodin. Vzhledem k provozním zvyklostem (napouštění vodojemu při již malém poklesu hladiny) je kolísání hladiny velmi malé, tedy ve skutečnosti je doba zdržení vody ve vodojemu závislá především na proudění vody ve vodojemu. Na základě získaných poznatků lze shrnout doporučení pro návrh a provoz výměnného systému vodojemů do následujících bodů:

- **umístění vtoku** - vzájemná poloha vtoku a odtoku významně napomáhá k výměně vody v nádrži. Vhodné řešení je umístění vtoku do nádrže co nejdále od jejího odtoku, tedy vzájemné umístění vtoku a odtoku v protilehlých rozích nádrže. Toto umístění bohužel není v mnoha případech dodrženo a tak v případě rekonstrukce vodojemu bude vhodné přistoupit k úpravě výměnného systému. Pomocí fyzikálního modelu byl ověřen pozitivní vliv rozdělení přítoku do nádrže pomocí více vtoků. Rozdělení přitékající vody do nádrže pomocí více vtoků je nejlepší vyhodnocenou variantou výměnného systému. Výhodně vychází např. umístění přítoku na protější stěnu, než je odtok. Potrubí může být vedené po dně, zavěšené na stěně, nebo na stropě.
- **směr vtoku** – z výsledků matematického modelu je patrné, že směr vtoku do nádrže hraje významnou roli. Z toho důvodu je vhodné při navrhování výměnného systému věnovat směru vyústění vtoku zvýšenou pozornost. Za vtokem do nádrže dochází ke vzniku přítokového paprsku. Tento paprsek je vhodné usměrňovat tak, aby přitékající voda byla v nádrži co nejvíce rozptýlována a kinetická energie přitékající vody byla co nejméně tlumena. V případě, kdy přítokový paprsek není za vtokem vůbec usměrňován a rozptýlován, dochází k prodloužení dráhy průtoku vody nádrží a zároveň je také velká pravděpodobnost vzniku mrtvých zón v nádrži. V případě, kdy je naopak přítokový paprsek příliš usměrňován, dochází sice v oblasti vtoku k větší cirkulaci a promíchání vody, ale také dochází k velkému tlumení kinetické energie přitékající vody a je tak pravděpodobný vznik mrtvých zón v nádrži. Nejlepší varianta směřování vtoku byla varianta I, kdy byl vtok směřován šikmo na zadní stěnu nádrže směrem do jejího protilehlého zadního rohu. Vlivem nárazu přítokového paprsku na stěnu nádrže docházelo k rovnoměrnému rozptýlení průtoku vody v nádrži. Optimální řešení je směřovat vtok do nádrže podél její zadní stěny a přítokový paprsek následně vhodně rozptýlovat do nádrže.
- **manipulace s vodní hladinou** – vhodná manipulace s vodní hladinou vede ke snížení střední doby zdržení vody v nádrži. Není však jednoduché ji z provozních důvodů, tj. zabezpečení dodávky vody do spotřebiště vždy plně aplikovat. [25]

4.3 ODVĚTRÁNÍ VODOJEMU

Samotnou kapitolu tvoří odvětrání vodojemů. Při distribuci pitné vody je vodojem jedním z klíčových prvků, které mají potenciální vliv na sekundární kontaminaci pitné vody dodávané spotřebiteli. Pohybem hladiny nahoru a dolů v akumulacích nádrží dochází také k výměně vzduchu nad hladinou. K tomu slouží větrací otvory, které by měli být osazeny vícenásobnými filtry. Celkovou velikost filtračních otvorů řeší projektová dokumentace, kde je řešena výměna vzduchu vzhledem k velikosti (objemu a rychlosti), s jakou může být nádrž vyprázdněna. V případě nedostatečné velikosti těchto větracích průduchů, nebo při zanesených vzduchových filtrech se tlak vzduchu nad hladinou vyrovná stejně, vzduch je nasát škvírami podél dveří popř. jinými prostupy. Aby se tomuto zamezilo, je lépe udržovat v dobrém stavu tyto vstupy-tedy větrací otvory s filtry. Filtry je nutné osazovat v místech, kde k nim obsluha snadno může, nehrozí nebezpečí pádu, výměna není zdlouhavá.

[13]

Vlivem nižší spotřeby pitné vody a delší doby zdržení, vlivem vzdušné kontaminace a tvorby bakteriálních nárostů na smáčených stěnách v místě akumulace (pohybu) hladiny v akumulacích nádrží, může dojít zejména ke zhoršení biologických ukazatelů jakosti pitné vody.

Na stávajících objektech jsou různé úpravy větrání-propojení prostoru nad hladinou. Nejlépe se osvědčuje do větracích otvorů osadit nebo předsadit jednoduchá zařízení (rámečky s filtrační textilií) nebo filtry s filtrační tkaninou doplněnou uhlíkovými filtry či syčené aktivním uhlím. Možnosti umístění jsou:

- odvětrání ven mimo objekt přímo otvorem nad max. hladinou, otvor je osazen zvenku protidešťovými žaluziemi, mřížkou a filtry. Někdy je navržen zalomený průduch apod., který brání případnému vhození předmětu zvenčí dovnitř akumulace.
- odvětrání z akumulací nádrže pomocí vzduchotechniky ven mimo objekt. Potrubí vzduchotechniky je vedeno přes armaturní komoru, je zakončeno protidešťovou žaluzií a mřížkou, uvnitř armaturní komory je vyjímatelý filtr.

S odvětráním VDJ úzce souvisí otázky týkající se vlhkosti v objektech. Vysoké procento vlhkosti v těchto konstrukcích je dáno prostředním samotným. Nicméně je nutné stavební konstrukce maximálně šetřit a usilovat o jejich maximální životnost. Základní předpoklady pro minimální vlhkostní namáhání konstrukcí jsou následující:



- Odvětrání akumulacího prostoru ven mimo objekt
- Tepelná izolace prostoru armaturní komory
- Oddělení armaturní komory od akumulacího prostoru přes těsnící dvířka
- Snížení možnosti vzniku rosných bodů na konstrukcích v AK

[24] [20]

To, že je sekundární kontaminace akumulované pitné vody významná, prokazují i závady, které byly zjištěny např. při hydrobiologických auditech společností s podzemními zdroji surové vody. Bohužel hydrobiologické nálezy, které byly zjištěny v akumulované pitné vodě, se v podzemní vodě nevyskytují, do akumulované vody se dostávají druhotně. Jedná se např. o zrnka škrobu, pylová zrna, motýlí šupiny, ptačí peří, travní a rostlinné zbytky, zbytky tkanin apod. Tyto částice mohou mít nepřímý vliv na jakost akumulované vody, mohou se stát substrátem pro uchycení jiných organismů, popř. i zdrojem živin pro další potravně závislé organismy, což je z hlediska hygienického zabezpečení ještě horší.

Mikrobiální kontrolu ovzduší v prostorách vodojemů a akumulací lze provést umístěním Petriho misek se selektivním agarem pro záchyt heterotrofních mikroorganismů. Inspirační pro sledování stupně vzdušné kontaminace je metodika definována ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Ve zvoleném objektu (např. akumulace) se umístí otevřené Petriho misky se specifickým živným agarem na dobu 15 minut. Po ukončení měření spadů se uzavřené misky nechají kultivovat při teplotě 22 °C po dobu 5 až 7 dní. Na konci expozice se spočítají narostlé kolonie mikroorganismů v jednotkách KTJ, a dále se taxonomicky identifikují pod stereomikroskopem.

Dle zprávy výsledky měření provedených na nespecifikovaných VDJ mluví jednoznačně.

Lokalita a její specifikace	Počet KTJ	Objekt/ případná eliminace
VDJ A Instalován filtr, na obr. není bohužel patrný.	0	
VDJ B Uvažuje se osazení filtru, každá akumuláční komora má samostatné zajištění přístupu, další možnosti kontaminace pocházejí z bočních průduchů.	21	

VDJ C

40

Nekrytý a ničím nechráněný
průduch, umístěný přímo
nad hladinou v akumulaci.



VDJ D

95

Zrezivělá roura trčí
do prostoru akumulace,
vyvedena zdívkou do blíže
nespecifikovaného prostoru,
ale zřejmě nekrytého
a nechráněného.



VDJ E

Přerostlé mlisky

Nekryté otvory ve stropní
konstrukci, chybí jakékoliv
oddělení prostoru akumulčního
od armaturního.



Obrázek 4.3 Příklad zhodnocení stupně vzdušné kontaminace v akumulaci [13]

Na obrázku 2.3 jsou uvedeno celkem 5 lokalit s patrným různým stupněm vzdušné kontaminace, viz. obrázková příloha uvedená v tabulce. Výsledky jsou pádným důkazem negativního vlivu nezajištění objektů před přímou vzdušnou kontaminací. Současně při sledování stupně vzdušné kontaminace v objektech vodojemů byla prováděna kontrola znečištění smáčených stěn akumulací. Za tímto účelem byly prováděny odběry vzorků stěrů pomocí molitanových proužků a tzv. otisků pomocí pádlových testerů. Hydrobiologické a mikrobiologické rozbory prokázaly zásadní vliv sekundární kontaminace na tvorbu biofilmů na smáčených stěnách v příhladinové vrstvě akumulací. Mikrobiologické rozbory v některých případech potvrdily přítomnost indikátorů fekálního znečištění a sníženého stupně dezinfekce stěn, přítomnost indikátorů znečištění a sníženého stupně dezinfekce stěn, přítomnost indikátorů organického znečištění a dokonce plísní.

Na základě měření byly vybrány vhodné filtrační materiály eliminující nejen stupeň vzdušné kontaminace, ale eliminující i pachy (např. zemité, travní, plísnivý apod.) Výsledkem bylo sestavení filtrační jednotky ECO Aer s celkem třemi nebo šesti filtračními vrstvami.



Obrázek 4.4 Filtrační sestava ECO Aer [13]

Filtr vzduchu ECO Aer je uzpůsoben tak, aby byl jednoduše aplikovatelný do libovolného průměru větracího otvoru. Pro jednoduchost manipulace bylo zvoleno plastové provedení (vzhled roury, viz. položka A), které umožňují jednoduché zasazení jednotlivých filtračních materiálů a současně nabízí snazší manipulaci při výměně vložek, popř. vlastní osazení do vybraných prostor. Filtr se skládá ze tří až šesti filtračních vrstev o známé filtrační ploše. Celá filtrační sestava je kryta dvěma mřížkami (vně a uvnitř objektu) a osazena rámečkem do stěny zdiva. Z důvodů minimalizace vletu hmyzu a přísunu větších partikul vzduchu je vnější část filtrační sestavy osazena mřížkou se sítkou. Vnitřní část filtru je osazena ochrannou mřížkou, umožňující nejen uchycení filtračních vrstev, ale i lepší manipulaci při jejich výměně či jejich osazení. Díky takovému uspořádání filtračních mezivrstev je minimalizována míra vzdušné kontaminace akumulací komory a tím pádem i sekundární kontaminace v podobě větších partikul.

4.3.1 Rounová textilie

Rounová textilie se stala v posledních letech nezbytnou součástí vodárenských objektů. Rounová textilie – je mechanickými, fyzikálními, fyzikálně-chemickými nebo mechanickými postupy zpevněné rouno nebo pavučina z textilních vláken. Používá se i zkrácené označení rounina, dřívější název netkaná textilie.

Základním postupem eliminace nebo alespoň omezení neživých částic různého původu i mikroorganismů, působících kontaminaci vzduchu, je jeho filtrace. Nejčastěji se používá mechanická filtrace přes textilní filtry, konstruované buď jako pásové, deskové nebo kapsové. Mohou být jednostupňové i vícestupňové. V průběhu několikaletého sledování vlivu znečištění venkovního vzduchu, účinnosti jeho filtrace a vlivu rounových textilií na jakost vnitřního ovzduší vodárenských objektů, si své postavení vydobyla rounová textilie. Původně se jako filtrační materiál používala rounová textilie z kadeřených polyesterových

vláken pod obchodním názvem Firon. Bylo prokázáno, že některé výrobní šarže byly nekvalitní, s nepravidelnou pórovitostí a tudíž i odlučivostí. [26]



Obrázek 4.5 Příklad osazení rounové textilie v průduchu na VDJ [26]

Uplatnění rounové textilie jako doplňkové vrstvy tvořící překážku pronikání vzdušné kontaminace je slibnou cestou zabránění, nebo alespoň výrazného zmenšení, průniku kontaminantů do prostoru s otevřenou hladinou pitné vody. Výsledkem použití rounové textilie, aplikací na otvory, kterými proniká vzduch, způsobí ve svém důsledku výrazné snížení biologického oživení a tím i snížení nezbytné dávky chemikálií pro hygienické zabezpečení vody. [16] [26]

4.4 MATERIÁL POTRUBÍ

4.4.1 Nerez ocel

Již řadu let se v interiérech VH staveb navrhuje a realizují potrubí zejména z nerez oceli nebo z plastů. Důvod je pochopitelný-snaha o dlouhodobou bezúdržbovou životnost. Oproti dřívějším řešením, kdy se používala běžná konstrukční (tzv. „černá“) ocel jsou ovšem ta současná velmi významně „poddajnější“. Opět pochopitelně-nerezové trubky jsou mnohem tenčí, u plastových jsou pak samotné fyzikálně mechanické vlastnosti materiálu mnohonásobně nižší. Důsledkem je vyšší „citlivost“ trubek na některé účinky. Zde je třeba uvést hydraulický ráz. Výsledek podcenění může být snadno kolaps subtilního potrubí.



Obrázek 4.6 Ztráta stability tvaru-nerez potrubí-důsledek podtlaku při hydraulickém rázu [18]

U tenkostěnných trubek je nutné se zabývat i lokálními extrémními napjatostmi, např. v místech uložení, které závisí jak na příčném průřezu potrubí (průměr x tloušťka stěny), tak na vzdálenosti podpor a na případném způsobu omezení volného pohybu. Kromě tíhových a tlakových účinků vstupují pak do hry i změny teploty v čase. Posouzení v takovém případě je třeba provést s užitím relativně sofistikovaných metod. Zvláštní oblastí posuzování spolehlivosti potrubí systémů je řešení dynamických jevů. Potrubí, jako každá jiná konstrukce, má své dynamické charakteristiky plynoucí z geometrie systému, příčného řezu, vlastností materiálu i způsobu uložení. Provozování pak v řadě případů vyvolává periodicky se opakující budící síly. Pro současná nerezová potrubí jsou pak tyto jevy podstatně nebezpečnější, než tomu bylo dříve u systémů z běžné oceli. Tenkostěnná potrubí s nižší tuhostí a nevhodné rozmístění podpor a omezení v nich mohou vést k rezonančnímu naladění systému.

[17] [18]



Obrázek 4.7 Nadměrná deformace- důsledek poddajnosti tenkostěnné trubky při běžném přetlaku [18]

4.4.2 Koroze nerezové oceli

Existují různé typy nerezových ocelí. Ve vodárenství se nejčastěji používají nerezové oceli 1.4521(feritická), 1.4307, 1.4376, 1.4404, 1.4539 (austenitické) nebo duplexní 1.4462. Vodní prostředí může na nerezovou ocel působit různě, neboť voda může mít různé složení. Krajním případem je deionizovaná voda, která neobsahuje ionty, které by z ní činily elektrolyt, a která korozi prakticky nezpůsobuje. Naproti tomu pitná může způsobovat korozi bodovou, štěrbinovou nebo za zvýšených teplot může nastat i korozní praskání. Ještě agresivněji pak působí např. voda mořská s vysokým obsahem chloridových iontů.

Koncentrace chloridů (mg/l)	Vhodná třída oceli
< 200	1.4301, 1.4307, 1.4404
200 – 1 000	1.4404, 1.4462
1 000 – 3 600	1.4462, 6 % Mo super austenitická, super duplex
> 3 600 a mořská voda	6 % Mo super austenitická, super duplex

Tabulka 1 Obecné zásady pro výběr třídy oceli v závislosti na obsahu chloridů (při pokojové teplotě) [17]

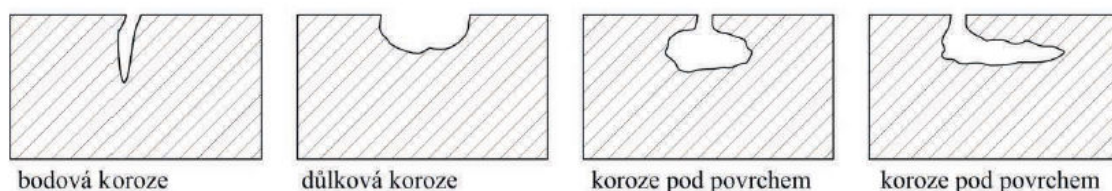
S korozi nerezové oceli se setkávají pracovníci vodárenských společností poměrně často, ať už jde o úpravny vody, či vodojemy. Koroze kovů je poměrně složitý elektrochemický (případně chemický) děj, který nastává v kapalném i v plynném prostředí. Koroze je

samovolný děj, při kterém dochází ke znehodnocení materiálu (zpravidla negativní vliv na strukturu materiálu a jeho odolnost). Mezi hlavní činitele ovlivňující rychlost koroze patří z hlediska materiálu čistota kovu a stav povrchu, co se prostředí týče, pak jsou to zejména chemické složení (přítomnost sloučenin urychlujících korozi), teplota, vlhkost, a pH. Některé kovy a jejich slitiny mají schopnost se pasivovat vytvořením tenké povrchové vrstvy (nejčastěji oxidů), která je chrání před dalšími chemickými reakcemi. V ostatních případech je nutné zvolit vhodný způsob protikorozní ochrany, kde by na prvním místě měla figurovat volba vhodného konstrukčního materiálu a rovněž správného konstrukčního řešení. Mezi další možnosti patří různé ochranné nátěry, kovové i nekovové povlaky nebo elektrochemická ochrana. V některých případech je možné ovlivnit i vlastní korozní prostředí.

Korozní děje lze dělit podle různých kritérií, např. podle skupenství reakčního prostředí nebo podle probíhajících dějů. Nejběžnější je však dělení podle charakteru napadení materiálu, které je uvedeno dále.

Rovnoměrná koroze je charakteristická napadením celého povrchu výrobku. Je snadno odhalitelná, neboť korozní produkty jsou dobře patrné pouhým okem, a proto je také v podstatě nejméně nebezpečnou formou koroze.

Bodová koroze je případ nerovnoměrného korozního napadení. Zpravidla k němu dochází tehdy, je-li v prostředí zvýšená koncentrace aniontů agresivních látek (typicky chloru). K tomuto typu koroze rovněž přispívá pomalu tekoucí nebo stojící kapalina. Bodovou korozi není tak snadné odhalit a často bývá upozorována až ve chvíli, kdy dojde k proděravění potrubí nebo nádrže. [17]



Obrázek 4.8 Různé tvary bodové koroze [17]

Bodová koroze je typická právě pro nerezové oceli, kdy na povrchu chráněném pasivační vrstvou dojde k místnímu porušení této pasivační vrstvy (např. vadou materiálu). Následně dochází k lokálnímu okyselení roztoku elektrolytu, což dále podporuje bodovou korozi-jedná se tedy o autokatalytický děj. Z elektrochemického hlediska působí kov jako anoda a při korozi se postupně rozpouští, jako katoda působí pasivované okolí důlku.

Štěrbinová koroze probíhá obdobným mechanismem jako koroze bodová. Vzniká v trhlinách, štěrbinách či kapilárech. Díky specifickému geometrickému tvaru (násobně větší délka oproti tloušťce) dochází k nerovnoměrnému okysličení elektrolytu nebo k nerovnoměrné koncentraci iontů v elektrolytu. To je iniciačním krokem štěrbinové koroze.

Mezikrystalová koroze vzniká na hranicích zrn materiálu. Na tuto formu koroze jsou náchylné zejména nerezové oceli, niklové slitiny nebo slitiny hliníku. Koroze obvykle začíná na povrchu materiálu a následně se vzniklý lokální článek posunuje podél zrn do hlub-

ších vrstev. Hnací silou mezikrystalové koroze je oslabení korozní odolnosti v úzké oblasti kolem hranice zrn, které u nerezových ocelí může nastat např. při stárnutí nebo tepelném zpracování (typicky svařování). Zpravidla dochází ke vzniku karbidů chromu, což způsobuje ochuzení hranice zrn o potřebný chrom. Nebezpečí koroze spočívá v tom, že na povrchu materiálu nedochází k žádným změnám vzhledu. Porušováním soudržnosti zrn dochází k výraznému snížení pevnosti materiálu.

Mezi další druhy koroze patří např. galvanická, vibrační, vodíková křehkost, kavitace, biologická koroze.

Korozní působení chloridových iontů však může na úpravkách a vodojemech nastat i na vnějším povrchu potrubí či nádrže. V případě, že je nevhodně řešeno umístění zásobníku s desinfekčním činidlem na bázi chloru (např. chlornanem sodným), reaguje uvolňující se chlor se vzdušnou vlhkostí za vzniku kyseliny chlorovodíkové. Následně dochází ke kondenzaci par na chladném kovovém povrchu, který je pak výrazně ohrožen bodovou korozí. S ohledem na vysokou agresivitu je tedy vhodné skladovat desinfekční činidla na bázi chloru ve stavebně oddělených, dobře odvětrávaných prostorách.

U nerezových ocelí je důležitý zejména vhodný výběr materiálu a vhodné konstrukční řešení. Nejběžnějším způsobem ošetření povrchu nerezového výrobku je jeho moření a pasivace. Moření probíhá v lázních na bázi směsi kyseliny dusičné a kyseliny fluorovodíkové. Pasivace je zajišťována kyselinou dusičnou. Ochranné vrstvy (nátěry, pokovení apod.) se v případě vodárenského využití příliš nepoužívají.

Nerezové oceli jsou kovové konstrukční materiály s daným chemickým složením. Vedle Fe (obvykle min. 50%) obsahují Cr (min. 10,5%, u feritických ocelí až 30%), legující prvky (Ni a Mn až 30%, další jako např. Mo, Cu, Si, Al, Ti, Nb, Ta, W, N jsou obsaženy do jednotek %). Obsah C se pohybuje obvykle do 1%, rovněž je požadován nízký obsah S a P (max 0,03%). Cr, Si, W, Mo, V, Al a Ti patří mezi feritotvorné prvky, které rozšiřují teplotní oblast stability feritu. Austenitotvorné prvky rozšiřují teplotní oblast stability austenitu a patří mezi ně Ni, Mn, Co, C a N. Základní dělení nerezových ocelí je podle jejich chemického složení (a tedy i struktury) na martenzitické, feritické a austenitické a jejich přechodové stavy.

Základní skupiny nerezových ocelí

Martenzitické korozivzdorné oceli obsahují 12 až 18 % Cr, obsah uhlíku se pohybuje do 1 až 1,5%. Oceli jsou samokalitelné a těžko svařitelné. Korozní odolnost martenzitických ocelí lze zvýšit kvalitním (např. leštěným) povrchem. Při ohřevu na teplotu 350 až 550 °C může docházet ke křehnutí martenzitických ocelí. Používají se na výrobu čerpadel, kompresorů nebo chirurgického náčiní.

Feritické korozivzdorné oceli obsahují 13 až 30% Cr, obsah uhlíku je pod 0,1%. Tyto oceli nejsou kalitelné a jejich mechanické vlastnosti lze zlepšit pouze tvářením zastudena. Feritické oceli mají vyšší pevnost než nelegované uhlíkaté oceli. Mezi jejich přednosti pat-

ří odolnost proti koroznímu praskání. Nevýhodou je náchylnost ke křehnutí za vysokých teplot (nad 900°C).

Austenitické korozivzdorné oceli jsou nejvýznamnější skupinou nerezových ocelí. Obsahují 18 až 20 % Cr a 8 až 11 % Ni. Od ostatních skupin nerezových ocelí se liší tím, že nejsou magnetické. Korozní odolnost lze zlepšit přidáním Mo nebo snížením obsahu C pod 0,03 %. Austenitické oceli jsou nekalitelné, dobře tvařitelné a svařitelné. Využívají se k výrobě čerpadel, nádrží, výměníků, potrubí atd.

Austeniticko-feritické (duplexní) oceli vycházejí z austenitických ocelí, ale obsah Cr se pohybuje od 20 do 26 % a zároveň je snížen obsah Ni na 4 až 7 %. Díky tomu dosahují určitých specifických vlastností, jako jsou vyšší mechanické vlastnosti než z austenitické oceli, zvýšená odolnost proti mezikrystalové korozi a při legování Mo a N jsou velmi dobře odolné proti bodové, štěrbinové a celkové korozi. Významná je rovněž odolnost proti koroznímu praskání. Používají se např. pro výrobu potrubí v energetickém průmyslu nebo na konstrukci ropných plošin a potrubních svazků umístěných v mořské vodě.

V posledních letech se nabízí možnost nahrazování austenitických ocelí ocelmi duplexními. Ty byly vyvinuty s cílem snížit obsah legur (zejména Ni) z důvodu prudkého nárůstu ceny. Duplexní oceli mají oproti austenitické oceli lepší korozní odolnost v prostředí obsahujícím chloridy, vyšší mez kluzu a vyšší pevnost, přičemž obsah Ni ve slitině je přibližně poloviční. Rovněž je vhodné podpořit přirozenou schopnost pasivace nerezových ocelí mořením a následnou pasivaci v kyselině dusičné, a to zejména u tepelně ovlivněných výrobků (svařování). V neposlední řadě je pak nutné dbát na správné konstrukční řešení výrobku, které mohou do značné míry korozi přecházet.

[17]



Obrázek 4.9 Dávkování chlornanu sodného do nerezového potrubí-kritické místo z hlediska vzniku koroze

4.5 POVRCHOVÉ ÚPRAVY NÁVODNÍCH LÍCŮ AKUMULAČNÍCH KOMOR

Pro vodárenské stavby, kde dochází přímo ke styku s pitnou vodou, je velmi důležitou vlastností i charakter povrchu. Ten by měl být, co možná nejvíce kompaktní, rovný, hladký, bez kaveren, dutin a velkých pórů, odolný vůči údržbě a současně i bezpečný pro občasný pohyb obsluhy. Přitom by měl mít antiseptické vlastnosti. Vlastnosti hmot takové, aby byly tyto požadavky splněny, jsou často protichůdné a je třeba volit přiměřený kompromis.

Když pomíneme menší nádrže, které je možné vyrobit z nerezového plechu, kompozitu či plastu, je hlavním stavebním materiálem nádrží stále beton. Nicméně i v případě betonových konstrukcí lze dosáhnout různého druhu povrchů a to jak u samotného betonu, tak při užití jiného materiálu-vystýlky.

Maximální možnou hladkost vlastní betonové konstrukce a povrch bez dutinek a pórů lze docílit pomocí speciálních technologických postupů při betonáži. Např. užití drenážních fólií. Je ovšem třeba počítat i cenu takové úpravy, která se bude pohybovat v řádu několika set Kč na m². Platí přitom jasná korelace mezi cenou použité fólie a výsledným efektem. Důležitý je i správný způsob aplikace, technologie je vhodná spíše na větší betonované plochy rovinného charakteru.

V současné době jsou již k dispozici materiály na bázi plastů, které je možno přímo osadit při betonáži přímo do bednění. Jedná se o plastové desky či fólie s natavenými nopy, které jsou pak integrovány přímo do povrchu betonu. Svařením těchto desek pak získáme zcela vodotěsnou konstrukci s hladkým povrchem, který splní požadavky nejen na hygieničnost, ale také na jeho čistitelnost, odolnost, těsnost. Nevýhodou tohoto řešení je cena dováženého materiálu i jeho zabudování, kterou lze do jisté míry kompenzovat snížením požadavků na vlastní beton i na tloušťky krycích vrstev. Rozsáhlé zkušenosti s tímto systémem jsou v sousedních germanofoních zemích.

V případě sanovaných starších nádrží je možné „vylepšit“ povrch prostřednictvím dodatečně aplikovaných materiálů. I v tomto případě ale existuje řada možností, jak dosáhnout různé kvality povrchu. Obvyklou metodou opravy betonových konstrukcí je klasická adhezní a tenkovrstvá sanace správkovými, respektive sanačními maltami na různých materiálových bázích. Jejich volba je ovlivněna prostředím, od kterého budou aplikovány a několika dalšími parametry. Například materiály na bázi polymercementů nejsou vhodné pro proudící vody, protože ve vodě měknou a tím degraduje rychleji i jejich povrch. Jinak vypadá povrch nanášený stříkáním bez další úpravy, jinak povrch nanesený ručně a jinak povrch zatažený ocelovým hladítkem. Samozřejmě i v případě sanačí je možno využít jiné materiály než sanační malty. Lze použít vystýlky různých materiálů od plastů, přes pryže, až po nerezový plech. V tu chvíli je pak vlastnost povrchu ovlivněna především volbou daného materiálu.

[15] [19] [22]

V ČR bohužel dosud neexistuje obecně přijatý standard, který by problematiku kvality povrchu nádrží řešil. Nikde tedy nejsou určeny požadavky na strukturu různých povrchů (pórovitost, mezerovitost, max. velikost dutin či výstupků), kontrolní a zkušební metody a přípustné tolerance např. ve formě technické normy nebo technických podmínek-snad jen kromě všeobecných tolerancí rovinnosti měřením odchylek na lati. Neexistuje žádný etalon umožňující jednoznačný návrh hladkosti s jasnými požadavky a limitami a poté porovnání skutečného dosaženého stavu. Prakticky vždy pak přijdou na řadu individuální názory a pocity v celém rozsahu možné škály. To z hlediska praxe přináší spoustu rozporů, omylů a problémů při řešení dané problematiky. Stav rovněž komplikují i technologie, které se do ČR dostávají ze zahraničí. Informace o vhodných materiálech od jednotlivých výrobců jsou vesměs neúplné, někdy i zavádějící. Údaje o vhodnosti pro nádrže na pitnou vodu často vycházejí pouze z atestů podle příslušných požadavků země (Německo, Francie..).

[4] [19] [22]

4.5.1 Vyrožkování vodojemu deskami z PE

V osmdesátých letech byla představena metoda ochrany betonových povrchů pomocí desek-fólií z plastu. Původním a dosud nejrozšířenějším materiálem je polyetylén (PE), vyrábí se ale i desky z PP (polypropylen), PVDF (polyvinylidenfluorid nebo polyvinylidendi-fluorid) a ECTFE (kopolymer ethylenu a chlorotrifluoroethylenu). V současnosti jsou pro vodárenskou praxi k dispozici dva základní typy lineru-desky pro dodatečnou aplikaci na hotové povrchy pod výrobním označením HYDROCLICK a desky (fólie) pro zabudování do betonu pod označením HYDRO+, oba typy vyráběné z PE 80. I přes rozdílnou aplikaci je výsledný efekt prakticky shodný-na návodním líci nosné železobetonové konstrukce je vytvořena fakticky nepropustná, plně svařovaná vana s řadou dalších vhodných vlastností. PE, v daném případě bez přísady popílku pro stabilizaci proti účinkům UV záření, je materiál hygienicky naprosto bezproblémový, jak co do vlastního složení a vyluhování, tak co do hladkosti a bránění vzniku a rozvoji oživení povrchu. K tomu přispívá i modré zbarvení výrobků pro vodárenství. PE lineru je spolehlivě svařitelný, běžně se pro aplikace desek používá svařování s pomocí extrudéru. Materiál a desky z něj jsou dostatečně poddajné a spolehlivě se vyrovnávají s možnými malými i většími deformacemi nosné konstrukce. Prostupy potrubí stěnami lze výhodně řešit rovněž trubkami z PE HD, spoj mezi trubkami a vystýlkou je opět svařovaný a tedy spolehlivě vodotěsný. Systém vložkování obsahuje i typová řešení vstupů trubek z jiných materiálů, úchyty pro konzoly nebo jiné podpory trubek nebo jiných sítí vedených uvnitř nádrže a další potřebné detaily.

Zásadní rozdíl mezi výše popsány systémy je ve stupni integrace do betonové konstrukce. Při dodatečné aplikaci HYDROCLICKU jsou desky připevněny na obkládané plochy pomocí soustavy rovnoběžných lišt kotvených šrouby do podkladu, desky se do lišt „zapnou“ a poté se svaří. Ve variantě se zabudováním do betonu (systém HYDRO+) jsou desky v celé ploše opatřeny soustavou hustých nopů, které po zabetonování zakotvují liner do nosné konstrukce. Svaření desek se pak provede po vytvrnutí betonu. [22]



Obrázek 4.10 Návodní líc vodojemů-mechanicky kotvené desky a fólie[15]

4.5.2 Příklad obkladu akumulace polyetylenovými deskami



Obrázek 4.11 Vodojem na pitnou vodu v Ascherslebenu[14]

Vodojem ve městě Aschersleben, Německo, který je přes 100 let starý, vyžadoval kompletní sanaci akumulačních nádrží z důvodu průsaků stěnami nádrží do armaturní komory. Šetření provedené na stavbě ukázalo, že stěny a klenuté stropy jsou provedeny z cihel, vyspárovány a omítnuty. Omítka nevykázala přilnavost potřebnou pro sanaci betonem a na mnoha místech hrozilo odtržení od zdiva. To vyžadovalo velmi rychlé řešení. Během sanačních prací měla zůstat jedna nádrž vodojemu v provozu. Původně se uvažovalo o sanaci potažením vnitřních stěn nádrží vodojemu minerální vodotěsnou omítkou. Přitom by se

však musela nejdříve odstranit původní omítka a velmi pravděpodobná byla i nutnost sanace spár. Teprve pak by se mohlo začít s aplikací příslušných minerálních těsnících systémů až po závěrečné nanesení ochranné vrstvy s atestem pro styk s pitnou vodou. Při tomto způsobu by se musel všechny materiál z bourání dopravovat z vodojemu dvěma montážními otvory ve stropě o průměru 0,5 m a dveřmi o světlych rozměrech 0,7x1,7 m. To se nepříznivě promítalo do výše odhadovaných nákladů na kompletní minerální sanaci obou nádrží vodojemu. Nabízela se také alternativa provedení sanace obložením stěn nádrží vodojemu plechy z nerez. Velikost vnitřních ploch vodojemu a malé vstupní otvory však tuto možnost vyloučili (velká hustota drahých svárů). Padnutí tak padlo na osazení PE desek, které se osvědčily v dřívějších sanacích vodojemů v Bad Soden a v Luckenwalde. [14]

Provedení sanace

Plocha klenb obou nádrží vodojemu o ploše asi 600 m² nevykazovala větší poškození až na jedno místo, a tak klenby byly sanovány pomocí minerálních omítek (obr. 2.13). Jako příprava pro obložení ploch stěn a podlahy byly všechny plochy vyčištěny vysokotlakou vodou. Nato byly na stěny pod stropem po celém obvodu namontovány horní uzavírací lišty, do kterých se pak stěnové desky osadily (obr. 2.15). V každé nádrži vodojemu bylo nutno obložit asi 500 m² plochy stěn a asi 250m² plochy podlah. Obkladové desky z PE byly vyrobeny předem a dodány v rolích. Ty bylo možno bez problémů dopravit existujícími otvory do nádrží vodojemu, kde se pak desky na podlaze rozbalyly. Vzhledem k jejich tuhosti bylo možno stěnové desky postavit svisele.

Desky byly předem pospojovány lištami s drážkami, do nichž se zapustily výstupky-žebra na zadní straně desek, které při spojování slouží jako pera a osazeny do horních uzavíracích lišt (obr. 2.17). Stykové plochy desek pak byly navzájem svařeny pomocí extruzního svaření horkým plynem. Stejným způsobem bylo provedeno i pokrytí dna vodojemu.

Všechny sváry se zkouší na těsnost elektrickým napětím 45 000 V. Na vadných místech vznikne v důsledku malého elektrického odporu mezi zdrojem napětí a kovovou fólií, nanesenou na spojovací lištu, světelný oblouk, případně jiskření, které se projeví opticky nebo akusticky.

Podélné výstupky-žebra na zadní straně desek mají v podstatě tři funkce

- kotvící a spojovací prvky-fungují jako pero, které se zasune do drážky na spodní konstrukci obkladu-liště
- ztužení desek
- součást drenážního systému. Případné průsaky vody stěnami nebo půdou se svádějí mezerami mezi jednotlivými výstupky-žebry ke dnu vodojemu a pomocí trubky PE 63 odvádějí do armaturní komory a odtud do čerpací jímky. Zde je možno tuto drenážní vodu zanalyzovat na vodivost a tvrdost a tak operativně zjistit, zda jde o vodu průsakovou zvenku nebo o pitnou vodu z nádrže, která se do drenážního systému dostala netěsností obkladu.

[14]

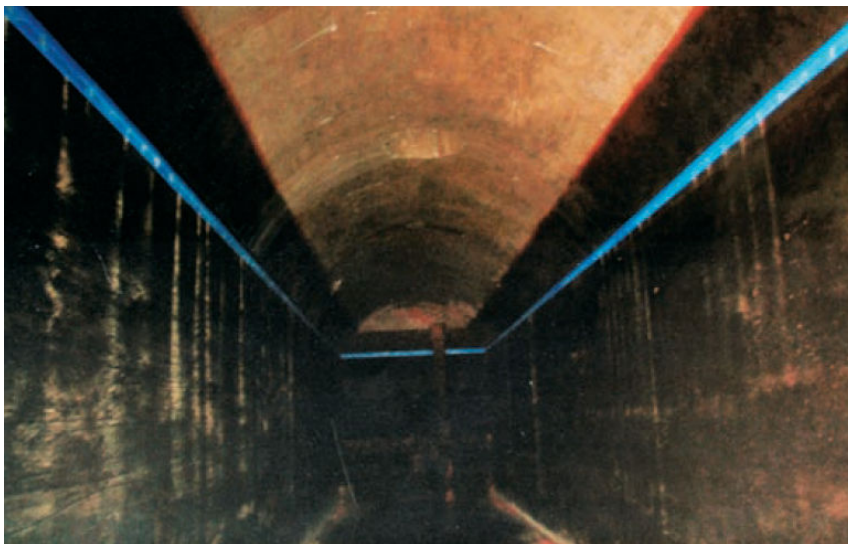
Celá akce trvala asi tři týdny. Přednosti tohoto řešení před minerálním potažením podle německého předpisu DVGW W 300 se projevily především v krátké době realizace a úspoře nákladů.



Obrázek 4.12 Klenutý strop po vyčištění vysokotlakou vodou[14]



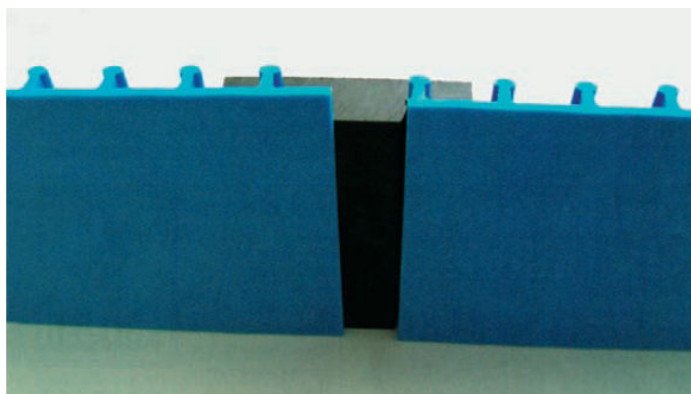
Obrázek 4.13 Sanovaný strop nádrže[14]



Obrázek 4.14 Akumulační nádrž s montáží horní uzavírací lišty[14]



Obrázek 4.15 Montáž polypropylenových desek[14]



Obrázek 4.16 Vzorek spojení na pero a drážku[14]

4.5.3 Hydroizolační nástřiky, stěrky

Další variantou při použití sanačních technologií je aplikace široké škály hydroizolačních nástřiků, nátěrů apod. Všechny tyto výrobky musí splňovat požadavky vyhlášky č.409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Aplikace takových materiálů jsou ve všech případech obdobné.

Velmi rozšířeným sanačním materiálem je hydroizolační nástřik značky Vandex. Oprava stěn, dna a stropu vodojemu spočívá ve vybourání betonů kolem korozi zasažené výztuže, její obnažení, otrýskání stávajícího betonového povrchu vysokotlakým vodním paprskem s abrazivem-křemičitým pískem. Následně je provedeno strojní vyplnění všech vybouraných tvarů a nerovností speciální sanační maltou, překrytí dilatačních spár a prasklin konstrukčním pásem s následným strojním nástřikem konečné uzavírací sekundární vrstvy. Tento povrch zaručuje velmi dobré hydroizolační vlastnosti, které zamezují pronikání vody do betonových konstrukcí. Dále tento povrch vyniká velmi dobrou tvrdostí a vysokou obrusností tak, že při tlakovém čištění vodojemů nedochází k poškození stěn ani dna vodojemů. Podstatnou se jeví také skutečnost, že výsledný povrch je kvalitní také z hlediska bakteriologického. Podrobný technologický postup aplikací různých druhů povlaků je možné najít na stránkách výrobce. [11]



Obrázek 4.17 Příklad sanovaných povrchů akumulční nádrže po otrýskání[11]

Na obr. 4.18 je uveden příklad sanovaného zdiva, v tomto případě průvlaku se stropní konstrukcí, kde docházelo k částečnému odlupování svrchní vrstvy. Takový povrch se následně ošetří několika vrstvami antikorozi ochrany pro ochranu výztuže, opravné malty v případě nutnosti místních oprav a finální stěrkou, která zaručí vodotěsnou ochranu pro přímý styk s vodou. V případě potřeby je možné aplikovat závěrečný nátěr pro zpevnění povrchu.



Obrázek 4.18 Akumulační nádrž po aplikaci hydroizolačního materiálu VANDEX[28]

4.5.4 Příklad rekonstrukce VDJ pomocí hydroizolačního nástřiku

Švýcarský vodojem FROLOO, který je největší ze tří vodojemů na pitnou vodu švýcarské vodárny Reinach v blízkosti Basileje, prošel mezi lety 2006-2008 rozsáhlou rekonstrukcí. Po podrobné rešerši možností oprav a přehledu různých druhů malt a způsobu jejich aplikace se nakonec zvolil německý systém pro potahování sanovaných povrchů silnými vrstvami-postup KERASAL. Jako první proběhlo otryskování povrchu až na betonový podklad vysokotlakou vodou při tlaku až 2500 barů. Jakmile byla komora pomocí sacích bagrů vyčištěna od zbytků opadáných omítek a betonu, započaly vlastní sanační práce, tzn. příprava povrchu, nastříkání vrstev sanačního materiálu, úprava povrchu a úklidové práce. Výsledná tloušťka vrstvy činila 15 mm a byla nanášena v jediném pracovním cyklu. Nástřík stropu byl ponechán tak, jak byl nastříkán, plochy, které jsou ve styku s vodou, byly uhlazeny. Pro dosažení požadovaných hodnot jako např. vodního součinitele cementu nebo objemu pórů, se musel nanášený materiál nechat uzrát, tzn. po dobu 28 dní se udržoval při relativní vlhkosti minimálně 95 %. K tomuto účelu bylo v komorách nainstalováno rozprašovací zařízení, které rozptylovalo kapičky vody uvnitř komor, aby se zajistila potřebná konstantní vlhkost. [12]



Obrázek 4.19 Zpracování stropu na 6m vysokých mobilních lešeniích[12]



Obrázek 4.20 Nanášení 15 mm silné ochranné vrstvy[12]



Obrázek 4.21 Výsledný povrch akumulace po sanaci[12]

4.5.5 Akumulační nádrž z ušlechtilé oceli

Krok do neznáma se rozhodl koncem roku 2005 uskutečnit v rakouském Stetten Účelový svaz zásobování pitnou vodou ve Filder. Účelový svaz byl v roce 2005 postaven před úkol obnovit nebo nahradit jeden ze stávajících vodojemů, který dosáhl své hospodárné životnosti. Po dobu výstavby bylo nutné starý vodojem stojící uprostřed sídliště udržet v provozu. Pro nový vodojem bylo třeba najít takové místo na okraji sídliště, kde by mohl být zakomponován do krajiny. V rámci projektové přípravy stavby vodojemu o potřebné kapacitě 650m³ byly vypracovány a vyhodnoceny dvě varianty. Varianta s konvenčním železobetonovým vodojemem a varianta s vodojemem s nádržemi z ušlechtilé oceli. Pro konvenční vodojem byly náklady vyčísleny na 1 277 000 eur a pro vodojem z ušlechtilé oceli na 1 168 000 eur. U ocelové varianty se vedle nižších pořizovacích nákladů ukázaly také i nižší náklady na provoz a údržbu. Další předností je možno uvést hermetické zapouzdření zcela uzavřených nádrží s vysoce efektivním systémem větrání s filtrací vzduchu a hladké a hygienicky nezávadné povrchy u oceli, které při běžném provozu zajišťují vysoký hygienický standard. Nádrže stojí volně v prostoru a je možné je kdykoliv přezkoušet na těsnost. Náklady na sanace betonu v komorách vodojemu odpadají

Pro zvolení této metody mluvil také fakt estetiky objektu spolu s velmi dobrou aktivní ochranou objektu (nádrže vodojemu nejsou zvenku přímo dosažitelné). Použity byly 2 kruhové nádrže, každá o objemu 325 m³, průměr 8,6 m a výška 5,75 m. Celá výstavba trvala 10 měsíců, což je u takového objektu pozoruhodný výkon.

Hlavním faktorem, který ovlivňoval celý projekt, byla bezesporu stále se zvětšující cena ušlechtilé oceli. [9]



Obrázek 4.22 Akumulační nádrž z ušlechtilé oceli [9]

5 NOVÉ ŘEŠENÍ VODOJEMŮ

5.1 VODOJEM S OBTÉKANOU VNITŘNÍ NÁDRŽÍ

Dosud obecně používané krabicové vodojemy jsou vesměs navrhovány jako typové konstrukce podle typizačních podkladů, popř. různě modifikované. Mezi výhody těchto krabicových vodojemů patří jednoduchá konstrukce, značná opakovatelnost projektů, možnost snadné přístavby druhé nádrže, atd. V posledních letech se objevily některé nové aplikace vodojemů, které se zásadním způsobem liší od zavedených typových řad. Navržená řešení byla v několika případech realizována a lze konstatovat, že se osvědčila. Nové řešení vodojemů spočívá v následujících prvcích:

- Obtékaná vnitřní nádrž
- Řešení dna vodojemu
- Řešení vstupu do nádrží

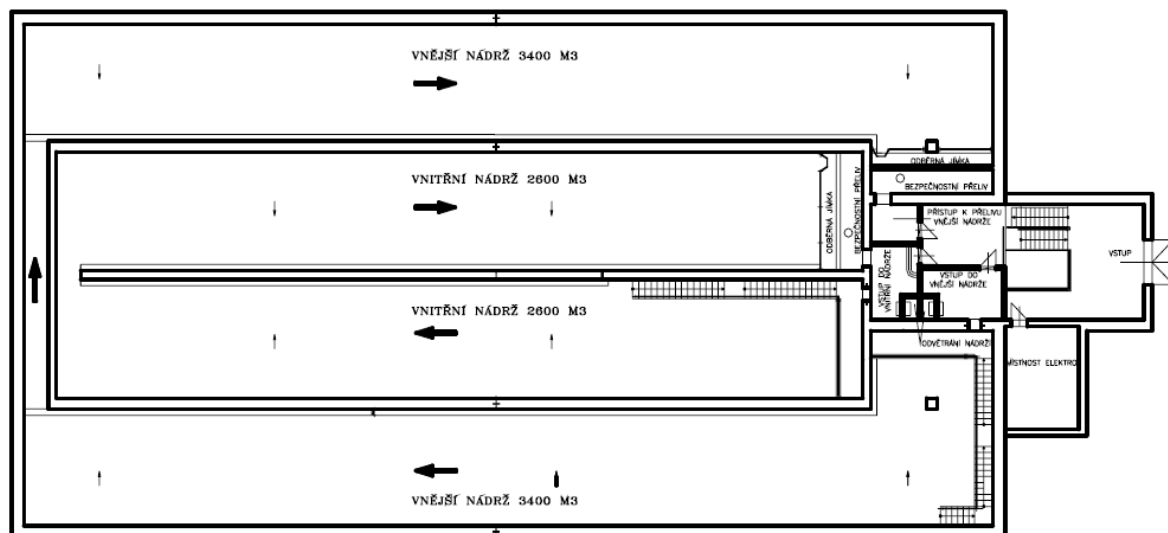
Obtékaná vnitřní nádrž

Vodojem je řešen jako kompaktní celek s jednou nebo více dilatačními spárami. Vodojem je uspořádán tak, že voda protéká dvěma nádržemi, z nichž jedna (menší) nádrž je vsazena do druhé (větší) nádrže. Obě nádrže mají přítokovou a odběrnou část. Přítoková a odběrná část u vnitřní nádrže je od sebe oddělena dělicí stěnou. Konec dělicí stěny je oddělen od obvodové stěny vnitřní nádrže mezerou šířky cca 1 m, spojující přítokovou a odtokovou část vnitřní nádrže. Obě části vnější nádrže jsou propojeny úzkou chodbou šířky cca 1 m, umístěnou na protilehlém konci k armaturní komoře. Celý vodojem je uspořádán do čtyř polí o shodné rozteči podélných stěn, na kterých jsou položeny stropní panely. Voda v obou nádržích protéká souběžně. Podélný průtok poměrně úzkými nádržemi dává předpoklady pro dobrou výměnu vody bez vytváření mrtvých koutů. Veškerá voda do nádrží přitéká z potrubí umístěného na jedné straně armaturní komory u přilehlých stěn přítokových částí nádrží a odtéká z nádrží do potrubí umístěného na druhé straně armaturní komory u přilehlých stěn odběrných částí nádrží. Uspořádání nádrží má velký význam zejména u větších dimenzí přívodného a odběrného potrubí, která se v armaturní komoře nikde nekříží. Při uložení stropu na 5 podélných stěn je konstrukce dosti tuhá a je možno hloubku vody v nádrži zvýšit až na 6-7 m. [23]

Řešení dna vodojemu

U větších vodojemů nastává téměř vždy problém s odvodněním a vyspádováním dna. Spádový beton navrhovaný do nádrží větších rozměrů mívá i při malém spádu dna v nejvzdálenějším místě od odběrné jímky značnou tloušťku. U většiny vodojemů má dodavatel pochopitelnou snahu zdůvodněnou rychlejším postupem prací betonovat spádový beton v době, kdy jsou nádrže zakryty. Tato dodatečná betonáž má za následek problémy při do-

pravě betonové směsi uvnitř nádrže a mnohdy nekvalitní povrch dna nádrží. Pro vyspravení povrchu dna se spádový beton opatřuje cementovým potěrem. Spádový beton při masivní tloušťce dna bývá často rozpuštěn. Ve vodojemu s obtékanou vnitřní nádrží je možno vytvořit vyspádování v příčném směru k jedné stěně a následně podélně vyspádovat pouze žlábek až ke sběrné jíince. Tímto řešením se uspoří velké množství betonu a prakticky všechny shora uvedené problémy odpadávají.



Obrázek 5.1 Půdorys VDJ s obtékanou vnitřní nádrží [23]

Řešení vstupu do nádrží

Při návrhu vodojemů se dosud řeší vstup nad hladinu vody, kde je vytvořena plošina, ze které je umožněn sestup po žebříku nebo schodech na dno nádrže. Vzhledem k tomu, že plošina je umístěna nad hladinou vody, je třeba nad ní vytvořit zvýšený prostor, který je obezděn a vystupuje nad násyp vodojemu. Stěny tohoto vstupního prostoru bývají velkým provozním problémem. Z ochlazovaných stěn vystupujících nad násyp vodojemu dochází k úkapům kondenzované vody do nádrží. Současně dochází k vlhnutí a promrzávání obvodového zdiva. Je pravdou, že vstup na plošinu skýtá volný výhled na hladinu vody do nádrže, avšak pouze do vzdálenosti, kterou umožňuje snížený strop nádrže. V minulosti se navrhovali vodojemy se spodním vstupem do nádrží přes přírubu u dna. Toto řešení se v praxi neujalo zřejmě z praktických důvodů, protože přístup k hladině nebyl umožněn vůbec, náhled pouze revizním okénkem a přístup do nádrže pak pouze při úplném vypuštění. Originální řešení skýtá následující popis. Vodojem jako takový je řešen bez vstupu nad hladinu. Vstup do nádrží je umožněn polozatopenými nerezovými dveřmi. Tyto dveře jsou vsazeny do stěny nádrže při hladině, a to tak, že nerezový rám je těsněn při styku s betonem rozpínavou gumou. Nerezové křídlo dveří je zavěšeno na rám s otvíráním ven z nádrže a vyplňuje pouze dolní část dveřního otvoru ve stěně. Na dveřích jsou přivařena stupadla, umožňující aktuálně náhled do přítokové části nádrže. Dveře jsou těsněny gumovým profilem, který lze po čase snadno vyměnit a jsou zamykány speciálním zámek, kte-

rý umožňuje dotlačení těsnění. I v případě, že gumové těsnění po otevření dveří vyžaduje opravu nebo výměnu, je nádrž schopná provozu při snížení max. hladiny o 1,2 m na úroveň plošiny vstupu (prahu dveří). Nad dveřmi je volný otvor, umožňující:

- Volný pohled do přítokové části nádrže
- Proudění vzduchu nad hladinou v nádrži
- Odběr vzorků

Velkou výhodou je též umožnění snížení výšky manipulační komory, jejíž strop je výškově vázán na úroveň stropu vstupního prostoru do nádrží. Vstup do nádrží je umožněn při snížené hladině pod úroveň plošiny za vodotěsnými dveřmi. Tento způsob vstupu do nádrží je rovnocenný s klasickým vstupem nad hladinou, kde obdobně jako zde nelze do nádrže vstoupit bez snížení hladiny vody. Pro sestup do nádrže je možno použít železobetonové nebo nerezové schody, případně nerezový či sklolaminátový žebřík. Celé řešení vstupu skýtá jednu velikou výhodu. Nad nádržemi není nutno budovat vstupní prostory, které u všech vodojemů jsou problematické. Nedochází tak k orosování konstrukce a úkapům vysrážené vody do nádrží. Vstupní část do nádrží nenavlhá a nenamrzá. Vodojem je řešen jako kompletně zasypaný včetně armaturní komory pouze s obnaženou vstupní fasádou manipulační komory, kterou lze snadno a levně tepelně izolovat. Nad násyp vodojemu je pouze vyveden větrací komín pro větrání nádrží. [23]

Výhody shora uvedeného řešení

- menší zábor půdy při zvýšení výšky hladiny vody u tohoto systému
- vynechání spádového betonu v nádržích
- vynechání celé nadzemní části armaturní komory včetně vstupu do nádrží
- zajištění příznivého proudění vody v nádržích
- skutečnost, že k úniku vody přes stěnu do terénu může docházet pouze u vnější nádrže
- výhodné uspořádání potrubí v armaturní komoře
- přímý náhled do celé nádrže i při maximální hladině
- prakticky bezúdržbový exteriér (kromě kosení trávy z násypu)

Nevýhody shora uvedeného řešení

- větší plocha vnitřních stěn nádrží
- problematika návrhu tohoto typu vodojemů není projekčně typově řešená, při jednotlivých případech je nutno přihlídnout k místním podmínkám, což klade vyšší nároky na projekční práce.

[23]

Porovnání vodojemu s obtékanou vnitřní nádrží s typovým krabicovým vodojemem

Položka	Vodojem 2x3000 m ³ (dle typu)	Variantní vodojem 3400+2600 m ³ (dle AQT)
Objem vody v nádržích	6000 m ³	6000 m ³
Výška hladiny vody	4,7 m	6 m
Plocha nádrží	1575 m ²	1010 m ²
Prostor nad hladinou	1100 m ³	470 m ³
Vnitřní prostor nádrže	7100 m ³	6470 m ³
Obestavěný prostor nádrží (konstrukce)	9350 m ³	8970 m ³
Omočená plocha stěn nádrží	1203 m ²	2720 m ²
Obestavěný prostor armaturní komory (konstrukce)	2920 m ²	910 m ³

Tabulka 2 Porovnání obou typů vodojemů[23]

Vodojemy obdobné konstrukce

- Vodojem 2x1000m³ Černošice-ponořený vstup
- Vodojem 5000 + 3500 m³ Čebín-obtékané nádrže-Vírský oblastní vodovod
- Vodojem 2x250 m³ Ořechov-ponořený vstup
- Vodojem 2x450 m³ Rajhrad-ponořený vstup-Vírský oblastní vodovod
- Vodojem 2x250 m³ Těšany-ponořený vstup-Vírský oblastní vodovod
- Vodojem 3700+2850 m³ Bosonohy-Obtékané nádrže a ponořený vstup-Vírský oblastní vodovod
- Vodojem 2500 + 1600 m³ Nebovidy-Obtékané nádrže a ponořený vstup-Vírský oblastní vodovod [23]

5.2 TRUBNÍ VODOJEMY

5.2.1 VDJ Ostrovačice

V posledních letech se při výstavbě malých vodojemů dá zvolit varianta tzv. trubních vodojemů. Jedním z nich je např. VDJ v Ostrovačicích na jihu Moravy, který byl realizován v roce 2012 jako vůbec první v České republice. Z konstrukčního hlediska se jedná o trubní vodojem, situovaný ve svažitém terénu a splývající s okolní krajinou. Pro akumulární nádrže byly použity trubky z tvárné litiny o tloušťce 21,8 mm. Vodojem se skládá ze 2 akumulárních nádrží o obsahu 2x75 m³ z trubek DN 2000 celkové složené délky 2x 25,5 m. Vnější povrch trubek tvoří žárové pozinkování v množství 200g/m² s krycím nátěrem o síle 120 μm. Vnitřní povrch trubek tvoří odstředivě nanášená vysokopecní cementová výstelka o síle 9 mm. Součástí vodojemu je i železobetonová monolitická čelní armaturní komora rozměrů 4x5,7m, do které jsou potrubí akumulárních nádrží zaústěna. [6,10]



Obrázek 5.2 Trubní VDJ Ostrovačice [8]

Každá akumulční nádrž se skládá ze soustavy 3 kusů trubek stavební délky 8,13m, ukončených vždy na jednom konci přírubovou tvarovkou s hrdlem. Do každé z nádrží je umožněn vstup otvorem DN 600. Nepropustnost nádrží z hrdlových trub je dosažena vysokým radiálním stlačením těsnících kroužků STANDARD při spojení a to prostým vsunutím hladkého konce do hrdla. Jednoduchá a rychlá montáž umožnila provedení montáže akumulčních nádrží během několika hodin. [10]



Obrázek 5.3 Trubní VDJ Ostrovačice po zasypání[6]

Trouby akumulčních nádrží byly uloženy ve spádu 2% na ztuhnuté štěrkové podloží. Po montáži a zkoušce vodotěsnosti byly nádrže zasypány vhodným vytěženým materiálem s ohumusováním a následným zatravněním.

5.2.2 VDJ Klepačov

Obdobným způsobem je řešen VDJ Klepačov, který se umístil v roce 2016 na 3. místě v soutěži Stavba Jihomoravského kraje 2016. Tento vodojem bylo nutné zrealizovat z důvodu nedostatečné kapacity stávajícího vodojemu u obce Klepačov.



Obrázek 5.4 Trubní VDJ Klepačov[29]

V tomto případě bylo použito sklolaminátové potrubí HOBAS o průměru 2,4 m. Vodojem se skládá z armaturní komory a čtyř akumulčních nádrží každá o objemu 50 m³. Jednotlivé části vodojemu byly vyrobeny na míru ve výrobním závodě v Rakousku a pomocí šesti kamiónů převezeny na místo určení, kde byl celý vodojem pomocí jeřábu sestaven. Obdobně jako v předchozím případě byly trouby osazeny na štěrkový ztuhnutý podsyp a následně zasypány vhodným materiálem tak, že celý vodojem splývá s okolní krajinou. Zajímavostí je fakt, že celá montáž vodojemu trvala přibližně 11 hodin. [7]



Obrázek 5.5 Armaturní komora VDJ Klepačov[7]

Na obr. 3.5 je znázorněna armaturní komora trubního vodojemu, v tomto případě v Klepačově. Zleva je vidět přívodní potrubí s šoupětem s ručním kolem před i za instalovaným zařízením pro odběr vzorků. Potrubí je dále ukotveno do stropu a následně rozděleno na 4 větve, každá vedoucí do akumulární nádrže. V pravém dolním rohu, v nejnižším místě, pod úrovní podlahového roštu je výpustné potrubí, na kterém je rovněž osazeno šoupětem s ručním kolem. V úrovni podlahy je vedeno odběrné potrubí, které se schází do jedné větve. Každá jednotlivá větev vedoucí z jednotlivých nádrží je osazena šoupětem a kulovým ventilem. Oranžové potrubí v horní části je bezpečnostní přeliv.

Výhody trubních vodojemů

- Vysoká bezpečnost a nepropustnost akumulárních nádrží
- Jednoduchá a velmi rychlá montáž trubek, životnost až 100 let

Nevýhody trubních vodojemů

- technologie vhodná jen pro vodojemy menších objemů
- nová technologie, absence dlouhodobých zkušeností

6 TECHNICKÝ AUDIT VODOJEMŮ

Aplikace TEA WATER, která prochází vývojem na Ústavu vodního hospodářství obcí fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně od roku 2014, nabízí komplexní technické hodnocení stavu vybraných prvků vodovodu. Jedná se o aplikaci využívající multikriteriální hodnocení objektů, jehož výsledků je dosaženo pomocí kategorizační metody. Hranice pro zatřídění do kategorií jsou stanoveny buď numericky, nebo pomocí slovního popisu. Výsledky hodnocení jsou zařazeny do příslušné kategorie K1-K5, který popisuje technický stav. Při hodnocení faktorů je využívána rozdílná stupnice a faktor může dosahovat hodnot 0- nehodnocen, 1,2,3, kdy hodnota 1 je nejlepší a hodnota 3 vyjadřuje nejhorší stav.

Aplikace TEA WATER obsahuje několik modulů zabývajících se technickým hodnocením, jako např. TEAR-vodní zdroje, TEAT-úpravny vody, TEAM-přiváděcí řády, TEAA-vodojemy, TEAP-čerpací stanice atd. Každý z modulů obsahuje stavební, technickou a provozní část. Všechny faktory, ukazatele a části mají přiřazenou váhu, která určuje jejich vliv na celkové hodnocení. Nastavení vah je zvoleno podle významnosti faktoru po vzájemné konzultaci provozovatele, projektanty, vědeckými pracovníky zabývajících se touto problematikou.

Modul TEAA-Vodojemy popisuje hodnocený vodojem pomocí dvou kategorií ukazatelů. Prvním z nich je stavebně technická část, druhou pak technologicko-provozní. Každá kategorie obsahuje dílčí ukazatele, jako např. stav stavebních konstrukcí akumulární komory, stav stavebních konstrukcí manipulační komory, atd. Tyto ukazatele jsou nadále rozděleny do jednotlivých faktorů, jako např. stav střešní konstrukce, stav stropní konstrukce, stav podlahy. Hodnocení faktoru je následně vybráno na základě slovního hodnocení, které aplikace nabízí.

Členění modulu TEAA je následující

ST-stavebně technická část

- ST1-Stav stavebních konstrukcí akumulární komory
- ST2-Stav stavebních konstrukcí manipulační komory
- ST3-Stav technického vybavení akumulární komory
- ST4-Stav technického vybavení manipulační komory

TP-Technologicko-provozní část

- TP1-Velikost akumulace
- TP2 Vliv akumulace na kvalitu vody
- TP3 Tlakové poměry v síti
- TP4 Biologický audit

Technický audit je ideální provádět před čištěním vodojemu, kdy je volný přístup do akumulárních nádrží. [27]

Pro modelové hodnocení byl vybrán VDJ Oslavany. Hodnocena byla jen stavebně-technická část. Výsledky technického auditu jsou patrné na následujícím obrázku.

Seznam objektů			
Základní informace			
Audit: Stavebně-technický			
Audit: Technologicko-provozní			
Výsledky auditu			
Projekt: VDJ OSLAVANY			
Objekt: Oslavany			
A	[6-15%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ	VÁHA
A		ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAA)	0,6
1		ST1 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ AKUMULAČNÍ KOMORY	0,3
1		F1 Stav vnitřních stěn	0,2
1		F2 Stav dna	0,2
1		F3 Stav stropních konstrukcí	0,15
1		F4 Stav střešní konstrukce	0,15
1		F5 Stav svislých nosných konstrukcí	0,1
1		F6 Stav kalové jímky	0,1
1		F7 Stav vstupu do prostoru akumulční komory	0,1
1		ST2 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ MANIPULAČNÍ KOMORY	0,2
1		F1 Stav střešní konstrukce	0,2
1		F2 Stav stropních konstrukcí	0,2
1		F3 Stav podlahy	0,2
1		F4 Stav opěrných bloků	0,15
1		F5 Stav vnitřních stěn	0,15
1		F6 Stav vnějších stěn	0,1
1		ST3 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ KOMORY	0,2
1		F1 Stav potrubí	0,3
1		F2 Stav odvětrání	0,3
1		F3 Stav bezpečnostního přelivu	0,2
1		F4 Stav žebříku	0,2
2		ST4 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ MANIPULAČNÍ KOMORY	0,3
1		F1 Stav potrubí a armatur	0,2
1		F2 Stav prostupů potrubí konstrukcemi	0,2
1		F3 Zabezpečení proti vniknutí	0,2
1		F4 Osazení a stav průtokoměrů a ostatních měřicích zařízení	0,15
3		F5 Stav odvětrání a oken	0,15
2		F6 Stav zámečnických výrobků	0,1

6.1 Aplikace TEAA-Vodojemy

Celkové hodnocení stavebně-technické části navštíveného vodojemu Oslavany je hodnoceno v nejlepší kategorii A. Celý objekt byl zvenčí zabezpečen plotem, vstup byl osazen bezpečnostním kováním, osvětlen pomocí umělého osvětlení, bez okenních prvků. Stav vnitřních stěn a stropní konstrukce akumulční nádrže byl bez výskytu biofilmu, na dně s výskytem usazenin a občasným výskytem kaluží. Do akumulace se sestoupilo přes nerezový žebřík s plošinou. Kalová jímka byla nezanesená, voda odtékala gravitačně. Rovněž stav stavební konstrukce manipulační komory nejevil žádné známky závad, vnitřní stěny byly z keramické dlažby. Jediné kategorii ST4 bylo přiděleno hodnocení 2 a to za špatný

stav odvětrání, kdy chybí filtrace přiváděného vzduchu do akumulární nádrže (obr.7.31).
Materiál potrubí byl zvolen z nerez oceli-bez známek koroze.

7 PŘÍPADOVÁ STUDIE

7.1 VDJ MOKRÁ-HORÁKOV



Obrázek 7.1 Vstup do VDJ Mokrý



Obrázek 7.2 Vstupní dveře

VDJ v Mokré byl z navštívených vodárenských objektů nejnovější. Byl zrekonstruován v letech 2013-2015. Vodojem je řešen jako zemní, obě akumulční nádrže o velikosti 1000m³ jsou zasypány. Čelní část vodojemu je řešena pomocí kamenného zdiva. Vstup je řešen plnými dveřmi, nerezovými, ke kterým vede zámková dlažba. Celý objekt je řešen bez okenních prvků, osvětlení uvnitř armaturní a vstupní komory je řešeno pomocí umělého osvětlení. U vstupních dveří se již projevil vandalismus, kdy byla vylomena klika.



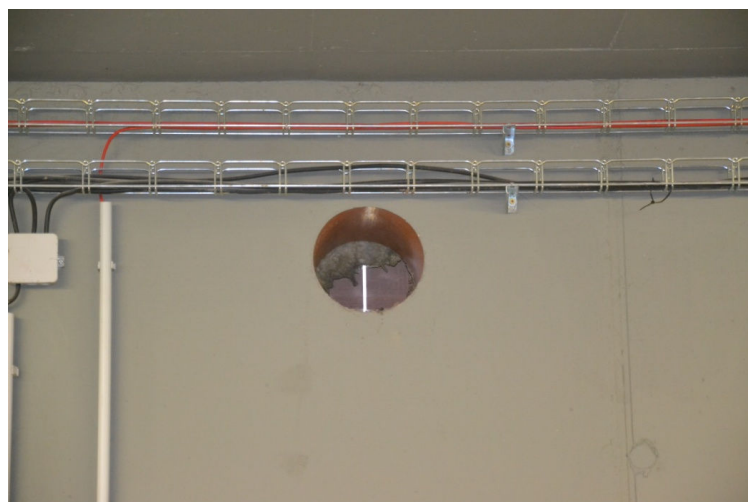
Obrázek 7.3 Manipulační komora VDJ Moká

Na obr. 6.3 je znázorněn příklad vhodného řešení úpravy vnitřních povrchů v manipulační komoře VDJ Mokrá, odkud vedou dolů schody do armaturní komory, kde jsou povrchy řešeny stejným způsobem. Dlažba společně s částečným obkladem stěn a ochranným nátěrem tvoří bezprašný a snadno udržovatelný povrch. Žlutý nátěr zábradlí, barevně vyznačené hrany nášlapů na jednotlivých schodech, oplechování zábradlí v úrovni podlahy tvoří bezpečnostní prvky při pohybu ve vodojemu. V rohu je vidět vstup do akumulace. V objektu se nenachází žádný viditelný průduch pro výměnu vzduchu do akumulací. Ten je veden přes filtrační jednotku u hlavního vstupu a ústí v čelní zdi (obr. 6.1 a 6.2). Ta je zakryta hnědými pláty, které se navzájem překrývají, tudíž je otvor pro výměnu vzduchu takto chráněn a schován.



Obrázek 7.4 Ponořený vstup do akumulční komory VDJ Mokrá

Vstup do akumulční komory je řešen jako zatopený, zhruba 2 metry pod úrovní maximální hladiny. Vstup je během provozu kompletně zatopen a tudíž neumožňuje pracovníkům nahlédnout dovnitř, aniž by se vodojem neodstavil z provozu a akumulace nebyly částečně vypuštěny. Tento vstupní prvek velmi dobře těsní, nedochází k žádnému úniku vody. Dveře jsou celé vyrobeny z nerez. Během letního období, kdy dochází k ochlazení těchto dveří vlivem studené vody v akumulaci, dochází ke kondenzaci vlhkosti na dveřkách, vstup se tzv. „potí“. To má za následek vytvoření kapiček vody, která stékají z dveří po spáře a po obkladu, což podporuje růst biofilmu uvnitř. Výhodou tohoto řešení oproti vstupu vedeného nad hladinu je fakt, že odpadá nutnost výstavby zvýšeného prostoru, který je obezděn a vystupuje nad násyp vodojemu. Tím odpadají všechny problémy s tímto řešením spojené, celý vodojem je tak elegantně schován pod vrstvou násypu.



Obrázek 7.5 Odvětrání manipulační komory VDJ Mokrá

Obr. 6.5 ukazuje odvětrání manipulační komory VDJ Mokrá. Pro ještě větší zabezpečení objektu proti vniknutí hmyzu nebo případnému vletu ptáků se doporučuje osadit průduch mřížkou.



Obrázek 7.6 Filtrační jednotka VDJ Mokrá

Vhodné řešení umístění filtrační jednotky VDJ v Mokré. Vzduch, vstupující do akumulčních nádrží je z venkovního prostředí filtrován přes tento filtr, který jej zbaví polévatého prachu, pylu apod. Filtrační jednotka je vhodně umístěna tak, aby k ní obsluha měla bezpečný a rychlý přístup. Příklad toho, kdy je odvětrání akumulční nádrže vedeno přes manipulační komoru



Obrázek 7.7 Zaústění chlornanu sodného

Na obr. 6.7 je znázorněno zaústění chlornanu sodného v kónusu do přívodního potrubí. Zde se projevila ztelná koroze po prvním roce uvedení vodojemu do provozu a to až do takové míry, že bylo nutné přistoupit k výměně celého kónusu. Na obrázku je již vyměněný díl.



Obrázek 7.8 Část přívodního potrubí

Jeden z přítoků do VDJ z přerušovacího VDJ Myslivna. V pravé části hned u zdi je umístěna příruba s jištěním proti posunu pro DN 250, následuje šoupátko s ručním kolem DN 250, redukce 250/150, filtr DN 150 a regulační ventil DN 150 s možností dálkového uzavření. Úplně nalevo je částečně zobrazen vodoměr DN 100. Šedé plastové potrubí vpravo je odvětrání této armaturní komory.



Obrázek 7.9 Vyústění výpustného a přelivného potrubí

Přeliv je zaústěn v tomto případě do společné jímky spolu s výpustným potrubím, na kterém je osazeno šoupě s ručním kolem DN 100. Odvod vody je zajištěn pomocí potrubí pod podlahou, které je zaústěno do kanalizace.

7.2 VDJ RAJHRAD



Obrázek 7.10 Vstup do VDJ Rajhrad



Obrázek 7.11 Vstupní dveře

VDJ v Rajhradě je ve správě Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. a je řešen obdobně jako VDJ v Mokrém. Tento vodojem má 2 akumulční komory, každá o velikosti 450 m³. Obě akumulční nádrže jsou zasypány a čelní část je obložena hnědým obkladem. Ve vodojemu se navíc nachází sklad chemikálií, kde je uložen chlornan sodný pro dodatečnou dezinfekci vody. Na rozdíl od novějšího VDJ v Mokrém se zde nachází 2 malá okna pro přívod světla do vstupní komory. Patrné jsou i výstražné nápisy upozorňující na bezpečnost při manipulaci s chemickými látkami. Do komor vedou větrací průduchy pro recirkulaci vzduchu. I zde se pracovníci setkávají s vandalismem. Vnější stěna vodojemu bývá občas posprejována. Celý objekt je chráněn oplocením.



Obrázek 7.12 Větrací komínek VDJ Rajhrad

U větších zemních vodojemů je možno vidět tzv. větrací komínek, jak v případě VDJ Rajhrad pro přívod vzduchu do akumulčních komor. Na rozdíl od předešlého řešení ve VDJ Mokrém se jeví toto řešení jako méně elegantní. V případě oprav či kontrol je výrazně horší přístup k tomuto objektu. Toto řešení je také z bezpečnostního hlediska pro celý vodojem méně vhodné.



Obrázek 7.13 Žabí klapka na bezpečnostním přelivu

Na konci bezpečnostního přelivu se nachází tzv. žabí klapka pro zamezení vniku živočichů dovnitř akumulčních nádrží. Potrubí je vyústěno do vyhloubené jámy vně objektu. V ostatních navštívených objektech byl bezpečnostní přeliv zaústěn do kanalizace. V tomto případě nebylo možné zvolit takové řešení, neboť se tento objekt nachází ve značné vzdálenosti od zástavby.

7.3 VDJ OCHOZ U BRNA



Obrázek 7.14 Vstup do VDJ Ochoz u Brna

VDJ V Ochozu u Brna je z navštívených vodojemů nejmenší, objem akumulací $2 \times 100 \text{ m}^3$. Jelikož se jedná o malý vodojem, přívod denního osvětlení není řešen. Vstupní dveře jsou chráněny ochrannou mříží pro zamezení vniku neoprávněných osob. Objekt se nachází v blízkosti autobusové zastávky. Oplocení objektu bylo na mnoha místech narušeno.



Obrázek 7.15 Větrací průduch VDJ Ochoz u Brna

Odvětrání armaturní a manipulační komory VDJ Ochoz u Brna je řešeno přes tento větrací průduch, který je osazen mřížkou.



Obrázek 7.16 Odvětrání akumulční nádrže VDJ Ochoz u Brna

Obdobně je řešeno odvětrání akumulční nádrže



Obrázek 7.17 Vstup do akumulční komory VDJ Ochoz u Brna

Vstup do akumulací ve VDJ Ochoz u Brna je řešen z vrchu hned za vstupními dveřmi. Vzhledem k malému objemu vodojemu a malé ploše půdorysu nebylo možné vstup jinak řešit. Povrch je rovněž osazen dlažbou, stěny jsou obloženy.

7.4 VDJ ČEBÍN



Obrázek 7.18 Vstup do VDJ Čebín

VDJ v Čebíně, který v době rekonstrukce právě procházel kompletní rekonstrukcí, kdy se aplikoval v akumulčních komorách nástřík VANDEX, rovněž byla prováděna nová hydroizolační vrstva, je z navštívených vodojemů nejstarší. Je řešen jako krabicový vodojem, z čelní strany jsou v objektu 3 okna vysklená z luxfer. V nadzemní části je patrná narušená omítka, místy je vidět až na samotné zdivo



Obrázek 7.19 Nadzemní zděná část VDJ Čebín



Obrázek 7.20 Vstup do akumulace VDJ Čebín



Obrázek 7.21 Nerezový žebřík VDJ Čebín

Řešení vstupu do akumulace, které se realizovalo u starších vodojemů je znázorněno ve VDJ Čebín . Zde se vstup do akumulace nachází na podestě v manipulační komoře, kde se dále po nerezovém žebříku sestoupí do akumulace s pitnou vodou. Povrch stěn a podlahy v tomto prostoru je řešen pomocí nástřiku VANDEX. Poměrně méně vhodné řešení potrubí, které je vedeno na podlaze, brání pohodlnějšímu pohybu v tomto prostor. Dávkování chlornanu sodného je prozatím řešeno prostým vývodem na hladinu akumulace.



Obrázek 7.22 Část litinového potrubí v armaturní komoře

Armaturní komora tohoto vodojemu. Povrch tvoří prostý beton, ovšem údržba takového prostoru je náročná, téměř nemožná. Celý povrch je velmi prašný

7.5 VDJ OSLAVANY



Obrázek 7.23 Vstup do VDJ Oslavany



Obrázek 7.24 Zásyp akumulční komory VDJ Oslavany

VDJ v Oslavanech o objemu 500 m³ se řadí mezi novější typy vodojemů. Opět je patrná ochranná mříž u plných vstupních dveří. Objekt je bez okenních prvků, před vstupními dveřmi se původně na zemi nacházel světlík pro přívod denního osvětlení do armaturní komory, která se nachází pod vstupní komorou. Ten byl později zrušen. Jako problém by se mohla jevit strom, který roste v blízkosti vodojemu. Akumulační nádrže se ovšem nachází na druhé straně areálu, za vstupní komorou, tudíž nehrozí bezprostřední riziko porušení konstrukce. Problémem na vodojemu v Oslavanech je nicméně opěrná zeď z gabionů (obr. 6.23), která se vlivem násypu vyklání od svislé osy. Rovněž sklon svahu (obr.6.24) který je tvořen násypem, je příliš strmý a dle zkušeností pracovníků se špatně provádí údržba (sečení trávy apod.)



Obrázek 7.25 Dveře vedoucí do VDJ Oslavany

Na VDJ Oslavany se nachází plné plastové dveře vedoucí na betonovou podestu, po které se sestoupí po nerezovém žebříku do akumulární komory. V době prohlídky probíhalo čištění akumulace, proto jsou na fotografii vidět hadice.



Obrázek 7.26 Nerezová plošina VDJ Oslavany

Na obr. 6.26 je znázorněn vstup do akumulční komory. Plošina i žebříky jsou kompletně provedeny z nerez. Dále je vidět část odběrného potrubí a odkalovací jímka s vypouštěcím potrubím. Tmavé znečištění na dně nádrže je tvořeno vysrážením manganu. Povrch nádrže je tvořen stěrkou VANDEX.



Obrázek 7.27 Odběrné potrubí VDJ Oslavany

Při úplném vyprázdnění akumulční nádrže lze pozorovat polohu přítokového a odběrného potrubí. To bylo umožněno na VDJ v Oslavanech. Odběrné potrubí se sacím košem je umístěno uprostřed kruhové akumulace. Vtokové potrubí není na obrázku vidět. Nachází se v blízkosti vstupu do akumulace a jeho výtok je usměrněn směrem vzhůru.



Obrázek 7.28 Vypouštěcí potrubí

V době návštěvy VDJ probíhalo právě čištění vodojemu. Na obr. 6.28 je znázorněno vypouštění vodojemu přes vypouštěcí potrubí, které je v horní části spojeno s bezpečnostním přelivem. Celé pak následně ústí do jímky v podlaze, odkud je voda vypouštěna do kanalizace.



Obrázek 7.29 Nadzemní část VDJ Oslavany

Příklad přímého odvětrání akumulčních komor je vidět na obrázku 6.29. Pod nadezdívkou se šikmou střechou se nachází vstup do akumulčních nádrží (Obr. 6.29). Odvětrání akumulací je řešeno skrz PVC potrubí, na jehož konci se nachází kovová mřížka bránící vniku předmětů, živočichů apod. Na objektu se nenachází žádná filtrační jednotka. Na VDJ v Oslavanech byl realizován vstup nad hladinou vody přes plošinu, po které se sestoupí po nerezovém žebříku do akumulace (obr.6.26). Z toho důvodu bylo nutné vytvořit vyvýšený prostor nad plošinou, který je obezděn a vystupuje nad násyp (obr. 6.29). Takový vstup je pak z vnějšího prostoru vystaven povětrnostním vlivům, z vnitřního prostoru následně trpí vlivem velké vlhkosti, jelikož je tento prostor neustále nad otevřenou hladinou vody.



Obrázek 7.30 Vyvýšený objekt tvořící vstup do akumulace a odvětrání akumulace



Obrázek 7.31 Odvětrání VDJ Oslavany

Pohled zaústění odvětrání v akumulční nádrži VDJ Oslavany (obr. 6.29). Pohled zevnitř objektu. Potrubí je osazeno kolenem směřujícím vzhůru, který v případě vhození předmětu zvenčí zamezí spadnutí předmětu přímo do akumulované vody. Na objektu se nenachází filtrační jednotka.



Obrázek 7.32 Odvětrání VDJ Oslavany

Odvětrání manipulační komory skrz strop přes větrací komínek.

Stavební části, konstrukce, prvky	Vhodné řešení	Poznámka
Okolí VDJ	Oplocení, odstranění porostů, křovin, osazení výstražných tabulek	Sklon násypu řešit tak, aby bylo možné provádět údržbu travin.
Vstup	Plné dveře, bezpečnostní kování, hlásič vstupu.	Je nutné průběžně kontrolovat
Okenní prvky manipulační komory	Bez oken, osvětlení uvnitř řešeno pomocí umělého osvětlení.	V případě výskytu okenních prvků na stávajících VDJ osadit výplně bezpečnostní mříží, stínicí fólií, nátěrem.
Vnitřní povrch armaturní a manipulačních komor.	Keramický obklad + dlažba.	Vhodnost tohoto povrchu se ukázala zejména pro jeho dobrou údržbu a bezprašnost.
Umístění vtoku a odběru	Optimální je rozdělení přítoku do více vtoků.	Na stávajících VDJ je vhodné upravit vtok a odběr tak, aby alespoň ležely na protilehlých stranách. Vhodnost umístění vtoku a odběru záleží na tvaru akumulární nádrže.
Odvětrání VDJ	Odvětrání akumulární nádrže vést přes armaturní komoru, osadit filtračním zařízením s vhodnou náplní jako např. rovnou textílií v bezpečné dostupnosti pro obsluhu, zvenčí ukončit protidešťovými žaluziemi a mřížkou. Trasu potrubí volit zalomenou tak, aby neměla přímý spád do akumulace.	
Materiál potrubí	Nerez, plastové	Dbát na vhodný výběr nerez oceli.
Vstup do akumulární nádrže	Řešit jako zatopený, bez možnosti vstupu nad hladinu, pomocí nerezových dvířek osazených gumovým těsněním. Vnitřní	

	stranu akumulární nádrže osadit nerezovým žebříkem umožňující sestup na dno.	
Vnitřní povrch akumulární nádrže	Hydroizolační nástřík, obklad PE deskami.	V případě sanace VDJ nutno přihlédnout ke stavu zdiva.

8 ZÁVĚR

Z navštívených objektů lze jednoznačně vypořádat různá technická řešení, přístupy a trendy, plynoucí z doby, kdy byly tyto vodojemy realizovány. Volba konstrukce a druhu VDJ je vždy závislá na konfiguraci terénu a na místních podmínkách. Vzhledem k faktu, že se vodojemy staví již přes více než sto let, je jasné, že těžko bychom hledali dva naprosto totožné. Každý se od jiných mírně liší a nese určitá specifika. Přesto lze vypořádat několik společných jmenovatelů, které se týkají všech a z toho plynoucí doporučení.

Všechny navštívené objekty byly ohraničeny oplocením, které tvořilo ochranné pásmo vodojemu. Z konstrukčního hlediska lze vypořádat některé tendence, ke kterým dochází při stavbě nových vodojemů. U velkých vodojemů dochází ke snaze mít všechny prvky a objekty související s vodojemem schovány, zasypány tak, aby pokud možno zbytečně nevycházeli, nevystupovali. To se týká např. řešení vstupu do akumulací, kde se přistupuje na první pohled k nepraktickému zatopenému, nebo částečně zatopenému vstupu. Odpadá tak v mnoha případech ovšem nutnost výstavby vyvýšeného objektu tvořícího vstup a vystupujícího nad násyp a tím pádem problémy spojené s vlhnutím, promrzáváním tohoto zdiva, úkapům kondenzované vody do hladiny nádrže apod. Zasypání tohoto vchodu by pak nadále znamenalo zvyšující se náklady na zemní práce. Na vodojemu v Mokré nebyl dokonce ani vytvořen komínek pro výměnu vzduchu. Všechny průduchy sloužící k recirkulaci vzduchu byly osazeny v úrovni vstupu v obvodovém zdivu skryty za soustavou hnědých plátů, tvořící plášť vodojemu.

U menších vodojemů pak lze přistoupit k novému typu vodojemů, tzv. trubním, které jsou také kompletně zasypány a mají ponořený vstup.

Většina vodojemů z dřívější doby je ovšem tvořena alespoň nějakou nadzemní částí, která je vyžděna a vystupuje nad úroveň terénu. Těžko předpokládat, že by se tyto vodojemy kompletně přebudovaly na kompletně zasypané, z toho důvodu zde musí docházet k opravám vnějšího zdiva, omítek apod.

Vnitřní povrch akumulčních nádrží se v nových objektech řeší buď pomocí jednoduše vyhlazeného betonu, který splňuje podmínky pro vodotěsnost nebo hydroizolačním nástřikem typu VANDEX apod. U sanovaných objektů lze rovněž doporučit hydroizolační nástřik nebo sanaci pomocí polyetylenových desek. Vše závisí na technickém stavu objektu a míře porušení zdiva.

Jako problematika, na které je nutno zapracovat, se jeví filtrace přiváděného vzduchu zvenčí do vnitřních prostor vodojemu, zejména pak do akumulčních nádrží. Z hlediska biologického zabezpečení a možné sekundární kontaminace vzduchem se dá doporučit všechny průduchy osadit rounovou textilií s mřížkou.

Vnitřní povrchy manipulačních a armaturních komor by měly být pokud možno bezúdržbové, bezprašné. Zde jednoznačně nad prostým prašným betonem vítězí obklad a keramická dlažba.

I přes problémy spojené s korodující nerez ocelí v oblastech zaústění chlornanu sodného se dá hodnotit tento materiál jako vhodný pro vnitřní potrubí.

Celkové doporučení je pak shrnuto v tabulce na str.70

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel Adler, Tomáš Kučera a Jaroslav Raclavský. *Vodárenství: B Doprava vody*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006.
- [2] ČSN 75 5355. Vodojemy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] *Design requirements and construction: Standarts for water storage reservoirs* [online]. Western Municipal Water District [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.wmwd.com/documentcenter/view/236>
- [4] *Covac: the flexible solution* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.covac.co.uk/>
- [5] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, Jana HUBÁČKOVÁ a Iva ČIHÁKOVÁ. *Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů: Technické doporučení*. Hyd-roprojekt, 2008, , 60.
- [6] Trubní vodojem Ostrovačice z tvárné litiny DN 2000. *PAM: Saint-Gobain* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.trubnisystemy.info/enl.php?a=c&n=4&e=0&i=48&crc=37ccba4bba0b2d2365236667e5f93448a448c213>
- [7] Vodojem Klepačov získal významné ocenění v soutěži staveb. *RegionPress* [online]. 2017 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.regionpress.cz/default.aspx?ID=19879>
- [8] VDJ Ostrovačice. *Vodárenská akciová společnost, a.s.* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/album/vodojem-ostrovacice>
- [9] BENEŠ, J. Novátorské vodojemy pro obce. *Sovak*. Pavel Fučík, 2009, **18**(3), 22-23. ISSN 1210-3039.
- [10] PFLEGER, Miroslav. Trubní vodojem Ostrovačice z tvárné litiny DN 2000. *Sovak*. Pavel Fučík, 2012, **21**(12), 22-24. ISSN 1210-3039.

- [11] KNĚŽÍNEK, Miloš. Rekonstrukce a opravy vodojemů a akumulčních nádrží provozovaných Brněnskými vodárnami a kanalizacemi, a.s., v letech 1998-2012. *Sovak*. Pavel Fučík, 2012, **21**(5), 4-5. ISSN 1210-3039.
- [12] BENEŠ, J. Rekonstrukce vodojemu FROLOO ve Švýcarsku. *Sovak*. Pavel Fučík, 2009, **18**(7-8), 51-52. ISSN 1210-3039.
- [13] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana a Jaroslav ŘÍHA. Provozně odzkoušené filtrační jednotky-řešení eliminace sekundární kontaminace vzduchem. *SOVAK*. Pavel Fučík, 2008, **17**(9), 14-17. ISSN 1210-3039.
- [14] BENEŠ, J. Obklad vodojemu na pitnou vodu polyetylenovými deskami. *SOVAK*. Pavel Fučík, 2009, **18**(5), 25-26. ISSN 1210-3039.
- [15] SCHEJBAL, Richard a Tomáš PARKAN. Speciální problémy stavebního řešení vodárenských staveb. In: *Voda Zlín 2013*. Moravská vodárenská, 2013, s. 129-141. ISBN 978-80-260-3739-2.
- [16] MERGL, Václav, Alena SLÁDEČKOVÁ, Jiří PALČÍK a Eliška MARŠÁLKOVÁ. Význam rounové textilie ve vodárenství. In: *Voda Zlín 2011*. Moravská vodárenská, 2011, s. 189-194. ISBN 978-80-254-9113-3.
- [17] BORÁŇ, Jaroslav, Lucie HOUDKOVÁ a Jan KUNDRÁTEK. Koroze nerezové oceli ve vodárenství. In: *Voda Zlín 2015*. Moravská vodárenská, 2015, s. 179-185. ISBN 978-80-905716-1-7.
- [18] SCHEJBAL, Richard. Problémy navrhování potrubí z hlediska statické spolehlivosti. In: *VODA ZLÍN 2017*. Moravská vodárenská, 2017, s. 41-46. ISBN 978-80-905716-3-1.
- [19] SCHEJBAL, Richard. 20 let rekonstrukce vodojemů. In: *VODA ZLÍN 2016*. Zlín: Moravská vodárenská, 2016, s. 117-123. ISBN 978-80-905716-2-4.
- [20] ČIHÁKOVÁ, Iva. *Provozování vodojemů: Bulletin*. Listopad 2009. Česká vodohospodářská společnost ČSSI.
- [21] ŠENKAPOULOVÁ, Jana. Provozní optimalizace objemů vodojemů. *SOVAK*. Pavel Fučík, 2006, **15**(12), 8. ISSN 1210-3039.

- [22] SCHEJBAL, Richard. *Povrchové úpravy návodních liců vodojemů, aktuální zkušenost s vložkováním vodojemu dolního pásma Frýdlant: sborník celostátní konference* [online]. České Budějovice, 1990- [cit. 2018-01-07]. ISBN 978-80-905238-1-4.
- [23] PLESKÝ, Vladimír. *Nové řešení vodojemů dle návrhu AQUATISU a.s. Brno*. [online]. , 6 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/014/001639.pdf>
- [24] ŘIHÁKOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, Jana HUBÁČKOVÁ, Iva ČIHÁKOVÁ a Jaroslav ŘÍHA. *Informace o vydaném technickém doporučení pro vodojemy: Biologické aspekty a jejich význam pro kvalitu akumulované vody* [online]. , 6 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=937>
- [25] ČIHÁKOVÁ, Iva, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Filip HORKÝ a Blanka JEŽKOVÁ. *Rizika při zásobování pitnou vodou od zdroje ke spotřebiteli-Vodojemy*. In: Voda Zlín 2013. Moravská vodárenská, 2013 s.13-18. ISBN 978-80-260-3739-2.
- [26] SLÁDEČKOVÁ, Alena, Václav MERGL, Jindřich. KROUPA a Martin Pospíchal. *Poznatky s uplatněním rounové textilie ve vodárenství*. In: Voda Zlín 2007. Moravská vodárenská. 2007 s 69-73. ISBN 978-80-239-8740-9
- [27] ŠLESINGER, Jan. *Technický audit vodojemů*. Brno, 2015. 93 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
- [28] Elektronická brožura společnosti VANDEX, dostupné z: www.itc-cb.cz/brozury.aspx
- [29] VDJ Klepačov-optimalizace vodovodní sítě . *Svazek vodovodů a kanalizací*. [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: www.svazek-boskovice.cz/vdj-klepacov-optimalizace-vodovodni-site-14

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Obecné zásady pro výběr třídy oceli v závislosti na obsahu chloridů (při pokojové teplotě) [17]	27
Tabulka 2 Porovnání obou typů vodojemů[23]	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 4.1 Přímý vstup do akumulace[20]	17
Obrázek 4.2 Umístění pasivních oblastí jednotlivých variant vzhledem k různému nasměrování vtoku [25]	19
Obrázek 4.3 Příklad zhodnocení stupně vzdušné kontaminace v akumulaci [13]	23
Obrázek 4.4 Filtrační sestava ECO Aer [13]	24
Obrázek 4.5 Příklad osazení rounové textilie v průduchu na VDJ [26]	25
Obrázek 4.6 Ztráta stability tvaru-nerez potrubí-důsledek podtlaku při hydraulickém rázu [18]	26
Obrázek 4.7 Nadměrná deformace- důsledek poddajnosti tenkostěnné trubky při běžném přetlaku [18]	27
Obrázek 4.9 Různé tvary bodové koroze [17]	28
Obrázek 4.10 Dávkování chlornanu sodného do nerezového potrubí-kritické místo z hlediska vzniku koroze	30
Obrázek 4.11 Návodní líc vodojemů-mechanicky kotvené desky a fólie[15]	33
Obrázek 4.12 Vodojem na pitnou vodu v Ascherslebenu[14]	33
Obrázek 4.13 Klenutý strop po vyčištění vysokotlakou vodou[14]	35
Obrázek 4.14 Sanovaný strop nádrže[14]	35
Obrázek 4.15 Akumulační nádrž s montáží horní uzavírací lišty[14]	36
Obrázek 4.16 Montáž polypropylenových desek[14]	36
Obrázek 4.17 Vzorek spojení na pero a drážku[14]	36
Obrázek 4.18 Příklad sanovaných povrchů akumulační nádrže po otrýskání[11]	37
Obrázek 4.19 Akumulační nádrž po aplikaci hydroizolačního materiálu VANDEX[28]	38
Obrázek 4.20 Zpracování stropu na 6m vysokých mobilních lešení[12]	39
Obrázek 4.21 Nanášení 15 mm silné ochranné vrstvy[12]	39
Obrázek 4.22 Výsledný povrch akumulace po sanaci[12]	39
Obrázek 4.23 Akumulační nádrž z ušlechtilé oceli [9]	40
Obrázek 5.1 Půdorys VDJ s obtékanou vnitřní nádrží [23]	42
Obrázek 5.2 Trubní VDJ Ostrovačice [8]	45
Obrázek 5.3 Trubní VDJ Ostrovačice po zasypání[6]	45
Obrázek 5.4 Trubní VDJ Klepačov[29]	46

Obrázek 5.5 Armaturní komora VDJ Klepačov[7]	47
6.1 Aplikace TEAA-Vodojemy	49
Obrázek 7.1 Vstup do VDJ Mokrá	51
Obrázek 7.2 Vstupní dveře	51
Obrázek 7.3 Manipulační komora VDJ Moká.....	52
Obrázek 7.4 Ponořený vstup do akumulární komory VDJ Mokrá.....	53
Obrázek 7.5 Odvětrání manipulační komory VDJ Mokrá	53
Obrázek 7.6 Filtrační jednotka VDJ Mokrá	54
Obrázek 7.7 Zaústění chlornanu sodného.....	55
Obrázek 7.8 Část přívodního potrubí	55
Obrázek 7.9 Vyústění výpustného a přelivného potrubí	56
Obrázek 7.10 Vstup do VDJ Rajhrad	57
Obrázek 7.11 Vstupní dveře	57
Obrázek 7.12 Větrací komínek VDJ Rajhrad.....	58
Obrázek 7.13 Žabí klapka na bezpečnostním přelivu.....	59
Obrázek 7.14 Vstup do VDJ Ochoz u Brna	60
Obrázek 7.15 Větrací průduch VDJ Ochoz u Brna	60
Obrázek 7.16 Odvětrání akumulární nádrže VDJ Ochoz u Brna.....	61
Obrázek 7.17 Vstup do akumulární komory VDJ Ochoz u Brna	61
Obrázek 7.18 Vstup do VDJ Čebín	62
Obrázek 7.19 Nadzemní zděná část VDJ Čebín.....	62
Obrázek 7.20 Vstup do akumulace VDJ Čebín.....	63
Obrázek 7.21 Nerezový žebřík VDJ Čebín	63
Obrázek 7.22 Část litinového potrubí v armaturní komoře.....	64
Obrázek 7.23 Vstup do VDJ Oslavany.....	65
Obrázek 7.24 Zásyp akumulární komory VDJ Oslavany	65
Obrázek 7.25 Dveře vedoucí do VDJ Oslavany.....	66
Obrázek 7.26 Nerezová plošina VDJ Oslavany	67
Obrázek 7.27 Odběrné potrubí VDJ Oslavany.....	67
Obrázek 7.28 Vypouštěcí potrubí.....	68

Obrázek 7.29 Nadzemní část VDJ Oslavany	68
Obrázek 7.30 Vyvýšený objekt tvořící vstup do akumulace a odvětrání akumulace.....	69
Obrázek 7.31 Odvětrání VDJ Oslavany	69
Obrázek 7.32 Odvětrání VDJ Oslavany	70

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VDJ.....vodojem

KTJ.....kolonie tvořící jednotku

VDH.....vodohospodářský

SEZNAM ROVNIC

<u>(3-1)</u>	12
<u>(3-2)</u>	12
<u>(3-3)</u>	13
<u>(3-4)</u>	13

SUMMARY

Every water storage tank has its specification based on the time it was built. Choice of type of construction depends on the terrain and local conditions. Since water tanks have been build for almost 100 years, it is obvious that it would be nearly impossible to find two that look the same. Every one differs and bears its specifications.

All the visited water storage tanks were fenced. There are some construction tendencies that might be seen. Designers tend to hide all the elements so that they are barely visible. For example entrance of accumulation tank. This element is solved as flooded. It means that there is no need to build a part that stands above the ground and is often problematic. Most of water tanks that have been built already contain above-grounded part made of bricks. These parts cannot be supposed to be demolished. Therefore, continuous maintenance on these constructions is expected. The most problematic part of water tank is air filtration. This is the most vulnerable spot of water tanks. As far as inner surface of water tank is concerned, ceramic tiles are highly recommended.