



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

PŘEHLED TECHNOLOGIÍ PRO REKONSTRUKCE VODOJEMŮ

OVERVIEW OF TECHNOLOGIES FOR WATER TANKS RECONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lucie Tanistrová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Ručka, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

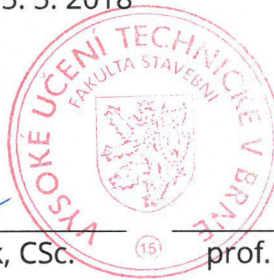
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lucie Tanistrová
Název	Přehled technologií pro rekonstrukce vodojemů
Vedoucí práce	Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSC.
Vedoucí ústavu



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

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Bouda, R.: Zkušenosti ze sanací akumulčních prostor, SOVAK č.10, pp 5-9, 2017, Praha, ISSN 1210-3039
- [2] ČSN EN 206+A1: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 5/2017
- [3] ČSN 75 0905: Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 4/2014
- [4] ČSN EN 1504-2: Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody - Část 2: Systémy ochrany povrchu betonu, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 3/2006

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce bude zpracován přehled stavebních technologií a výrobků, které se používají pro rekonstrukce betonových zemních vodárenských vodojemů. Práce bude obsahovat důležité zásady při provádění rekonstrukcí vodojemů, popis jednotlivých technologií včetně praktických příkladů jejich aplikace a způsobu použití. Celý postup rekonstrukce bude demonstrován na příkladu konkrétního vodojemu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Tato práce se zabývá zásadami, technologickými postupy a materiály používanými při sanačních opatřeních a obecně při rekonstrukcích především betonových zemních vodojemů.

V rámci bakalářské práce jsou uvedeny a popsány jednotlivé etapy při realizaci rekonstrukcí těchto objektů.

V další části byla zpracována případová studie konkrétního zemního vodojemu nacházejícího se v Neborech u Třince spadajícího pod správu společnosti SmVaK Ostrava a.s. Případová studie obsahuje zjištění a popsání stávajícího stavu objektu a důvody, proč se k rekonstrukci přikročilo.

Podrobně je uveden také postup při provádění zkoušek vodotěsnosti.

Klíčová slova

vodojem, zemní vodojem, rekonstrukce, stavební technologie a materiály pro rekonstrukce zemních vodojemů, zkoušky vodotěsnosti

Abstract

The bachelor's thesis describes technologies and building materials used for rehabilitation measures and generally reconstructions of underground concrete water tanks.

The whole realization process during reconstruction is introduced. Next part of the thesis is focused on a case study of a particular surface service reservoir, which is located in Nebory-Třinec. Case study includes detecting and describing the existing condition of the reservoir and reasons why reconstruction of the object was necessary.

Also testing of water tightness is described in detail in the bachelor's thesis.

Key Words

water tank, surface service reservoir, reconstruction of surface service reservoirs, technologies and materials for reconstruction of surface service reservoirs, testing of water tightness

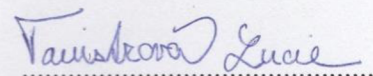
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

TANISTROVÁ, Lucie. *Přehled technologií pro rekonstrukce vodojemů*. Brno, 2018. 58 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne ...24. 5. 2018...



.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za cenné rady a užitečné připomínky během psaní.

Při zpracovávání bakalářské práce jsem měla také příležitost setkat se s lidmi z praxe. Chtěla bych i jim tak poděkovat za jejich věnovaný čas, poskytnuté informace a materiály, ochotu a příjemné jednání.

OBSAH

1	ÚVOD	3
1.1	STÁVAJÍCÍ STAV PROBLEMATIKY.....	4
1.2	CÍLE PRÁCE	6
2	VODOJEMY	7
3	OBECNÉ ZÁSADY A POSTUP PŘI PROVÁDĚNÍ REKONSTRUKCÍ ZEMNÍCH VODOJEMŮ	8
3.1	TERMINOLOGIE	8
3.2	VÝBĚR OBJEKTŮ – TECHNICKÝ STAV A DIAGNOSTIKA	8
3.3	PŘÍPRAVA REALIZACE	10
3.4	VLASTNÍ REALIZACE	11
3.5	KONTROLNÍ ČINNOST INVESTORA.....	14
3.6	UVEDENÍ DO PROVOZU.....	15
4	PŘEHLED MATERIÁLŮ, VÝROBKŮ A FIREM	16
4.1	PROBLEMATIKA ROZVOJE A VÝBĚRU VHODNÝCH MATERIÁLŮ	16
4.2	SANAČNÍ MALTY	17
4.2.1	<i>Výrobci a výrobky</i>	20
4.3	VYSTÝLKY	22
4.4	REALIZAČNÍ FIRMY	24
5	ODTRHOVÉ ZKOUŠKY, KARBONATACE BETONU	25
6	ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI NÁDRŽÍ	26
6.1	TERMÍNY A DEFINICE.....	26
6.2	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY.....	26
6.3	TECHNICKÉ POŽADAVKY	27
6.4	PRŮBĚH ZKOUŠKY	27
6.5	KRITÉRIA VODOTĚSNOSTI NÁDRŽÍ	28
7	ČIŠTĚNÍ A DEZINFEKCE	31
7.1	ČIŠTĚNÍ.....	31
7.2	DEZINFEKCE	31
8	PŘÍPADOVÁ STUDIE ZEMNÍHO VODOJEMU NEBORY	32
8.1	POPIS OBJEKTU	32
8.2	FUNKCE OBJEKTU V SYSTÉMU	33
8.3	STÁVAJÍCÍ STAV OBJEKTU	34
8.4	POŽADAVKY NA REKONSTRUKCI A OPRAVU	35
8.4.1	<i>Investiční záměr investora</i>	36
8.4.2	<i>Stavebně-technické průzkumy</i>	36
8.5	SOUPIS PORUCH A ZÁVAD	37
8.6	REALIZACE OPRAV	38

8.6.1	<i>Akumulační nádrže</i>	39
8.6.2	<i>Manipulační komora</i>	45
8.7	KONTROLNÍ ZKOUŠKY	46
8.7.1	<i>Zkoušení povrchů a materiálů</i>	46
8.7.2	<i>Zkoušky vody a zkoušky vodotěsnosti nádrží</i>	47
9	ZÁVĚR	48
10	POUŽITÁ LITERATURA	50
	SEZNAM TABULEK	52
	SEZNAM ROVNIC.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	56
	SUMMARY	58

1 ÚVOD

Voda je životadárná tekutina. Bez jídla přežijeme i několik týdnů, bez vody však pouze několik dní. Její kvalita a dostatečné množství jsou klíčovým problémem současnosti. Proto je důležité umět s vodou správně hospodařit.

Stavby, které nás zásobují zdravotně nezávadnou pitnou vodou, jsou pro náš život nezbytné. V současné době je obyvatelstvu naší republiky dodávána voda pocházející z podzemních nebo povrchových zdrojů po patřičné úpravě na pitnou vodu. Akumulace upravené pitné vody je prováděna právě ve stavbách vodárenských objektů – vodojemech. Ty mohou být podzemní nebo nadzemní (věžové).

Vzhledem k tomu, že značná část z nich byla vybudována již před lety, je nutné zajistit kontrolu jejich současného stavu a na základě požadavků správce nebo vlastníka objektu v případě potřeby přikročit k rekonstrukci (nebo i ke stavbě nového vodojemu, pokud by ten stávající byl v dezolátním stavu a rekonstrukce již nebyla možná).

Předložená bakalářská práce se zabývá zásadami, technologickými postupy a materiály používanými při sanačních opatřeních a obecně při rekonstrukcích především betonových zemních vodojemů.

Po zadání bakalářské práce jsem kontaktovala technologa vodárenské společnosti SmVaK Ostrava a.s., která zajišťuje zásobování Moravskoslezského kraje pitnou vodou přes Ostravský oblastní vodovod (OOV). OOV byl budován od roku 1954, jeho zdrojem je především surová povrchová voda z vodárenských nádrží Kružberk, tzv. Kružberská větev, a Šance a Morávka, tzv. Beskydská větev. Ze surové vody se vyrábí pitná voda ve třech centrálních úpravárnách vody (ÚV). Oba systémy jsou vzájemně propojeny. [2]

Pracovníci na SmVaKu mi vyšli vstříc, zejména pan ing. Michal Chromík, který mi doporučil, abych se ve své bakalářské práci věnovala konkrétnímu vodojemu, kde v tu dobu právě probíhaly rekonstrukční práce. Sjednal mi osobní návštěvu objektu. Jedná se o zemní vodojem, jehož kapacita je $2 \times 1000 \text{ m}^3$, který se nachází v Neborech u Třince.

Při návštěvě objektu byl zrovna přítomen i stavbyvedoucí prováděcí firmy, se kterým jsem se seznámila a byla pak v kontaktu při zpracovávání bakalářské práce. Pan ing. Aleš Vatrás mi laskavě poskytl fotografickou dokumentaci, osobně mě stavbou provedl a předal mi spoustu informací a užitečných komentářů k fotografiím na osobní konzultaci.

1.1 STÁVAJÍCÍ STAV PROBLEMATIKY

Při vypracovávání bakalářské práce byly použity údaje o vývoji vodárenských zařízení v Moravskoslezském kraji v oblasti Ostravska a Karvinska po druhé světové válce. Předpokládám, že podobný vývoj ve větším nebo menším měřítku probíhal v celé tehdy Československé republice.

V poválečném období nastal v uvedené oblasti nárůst počtu obyvatel s rozvojem bytové výstavby a občanské vybavenosti, u stávající městské zástavby byly budovány nová sídliště nebo i nová města (např. Havířov, Orlová-Poruba, Ostrava-Poruba) a jako důsledek došlo k prudkému nárůstu potřeby pitné vody. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k budování přehradních nádrží Kružberk na Moravici (1954), Morávka (1964), Šance na Ostravici (1969) s úpravami Podhradí u Vítkova, Nová Ves u Frýdlantu, Vyšní Lhoty, včetně vodovodních přivaděčů a potrubních sítí. Pro zajištění potřebného tlaku, optimalizaci výškového rozdílu mezi přítokem a odběrovým místem, vyrovnávání nerovnoměrného odběru (denní špičky) a zajištění dostatečné rezervy jako protipožární zabezpečení byla současně budována řada vodojemů a přerušovacích komor. V systému OOV se jedná převážně o zemní betonové vodojemy.

V současné době zajišťuje SmVaK Ostrava a.s. dodávky pitné vody pro cca 1 mil. obyvatel, spravuje 370 vodojemů, jejichž stáří se u 90 % pohybuje od 45 do 60 let, řada malých vodojemů je ve správě obcí.

Vzhledem k poměrně dlouhé době od uvedení vodojemů do provozu je třeba, aby provozovatel prováděl pravidelné kontroly jejich stavu a veškeré závady neodkladně řešil a nechal opravit. Menší opravy mohou být prováděny odbornými pracovníky provozovatele, opravy velkého rozsahu nebo generální opravy po výběrovém řízení odbornými firmami s přehledem již dříve uskutečněných prací a kladnými referencemi.

Samozřejmě že alfou a omegou pro kvalitní provozování, údržbu a prodlužování životnosti nejen vodojemů ale vodárenské infrastruktury obecně, je ekonomická stránka a dostatek finančních prostředků. Na konferenci VODA ZLÍN, která se uskutečnila v loňském roce, předseda představenstva Sdružení oborů vodovodů a kanalizací (SOVAK ČR) p. ing. František Barák apeloval na nezbytnost posílení role dvousložkové ceny vody, kterou je právě zajišťováno investování do obnovy vodárenského majetku, tj. sítí a technologií, a díky které tak jsme schopni zabezpečit trvale provozuschopnou infrastrukturu. Dvousložková cena vody – zejména pevná složka vodného a stočného – je vyjádřením solidarity a účasti všech

spotřebitelů na nákladech spojených s údržbou a obnovou vodohospodářského (VH) majetku. Dle odhadů bude pevná částka za vodné a stočné tvořit během dvaceti let nadpoloviční část celkové ceny, zatímco druhá – variabilní - cena za objem spotřebované a odkanalizované vody bude méně významná. V současné době se totiž různé subjekty podílejí na poplatcích za vodu různou měrou, a je čistý fakt, že v mnoha případech platí spotřebitelé za jiné znečišťovatele.

Jedna věc je ovšem dokázat finance do tohoto odvětví získat, druhá je pak umět s nimi správně naložit a soustředit tam, kde jsou potřeba a hlavně, aby ve vodním hospodářství zůstaly.

Stejně tak, jako finanční stránka, hraje významnou roli vlastnicko-provozovatelská činnost. Ideálním vlastníkem je vlastník se zájmem o rozvoj infrastruktury, který investuje veškeré prostředky generované z vodného a stočného zpět do tohoto odvětví, a je podpořen současně profesionálním přístupem odborného provozovatele, pokud jím sám není.

Řada především menších vlastníků (obcí) stav infrastruktury nijak zásadně neřeší, není neobvyklé, že prostředky určené pro rozvoj vodárenské infrastruktury putují do jiných položek obecního rozpočtu. Hlavní je, že síť je zatím stále provozuschopná, že to moc nestojí a nekomplikuje život. Podobně se to dá vzít i ze strany velké skupiny neodborných provozovatelů či obcí, kteří si neodborně provozují majetek samostatně.

Oproti tomu velcí a větší provozovatelé jsou velmi (dá se říci, že přísněji, ačkoli legislativa je pro všechny stejná) kontrolováni orgány státní správy (Inspekce práce, HSZ, ČIŽP apod.). Čelí mediálnímu tlaku hlavně v souvislosti s cenou vody. Tyto nároky na ně se pak ovšem odrážejí v pozitivním světle a to v plnění veškerých legislativních požadavků, pečování o své zaměstnance, zabezpečování zákaznických služeb, atd. Velcí a větší provozovatelé jsou obvykle i nositeli inovačních technologií a pokroku na český trh. Disponují finančními prostředky důležitými pro obnovu VH systému.

Jednou z velkých společností je právě SmVaK Ostrava a.s. a abych se vrátila zpět k problematice vodojemů – společnost ročně uskutečňuje sanace pěti až šesti vodojemů na jejich distribuční síti. Tyto projekty se daří realizovat stále efektivněji vzhledem k nasbíraným zkušenostem, věnování pozornosti při výběru odborné firmy a hlídání používání kvalitních materiálů. Důkazem je snižující se počet reklamačních závad. [1, 2, 16, 17, 18]

1.2 CÍLE PRÁCE

Bohužel žádná obecná metodika nebo technické doporučení pro navrhování a provádění rekonstrukcí či sanačních opatření na vodojemech neexistuje. V ČR přetrvávají i značné rozdíly v používaných sanačních materiálech a technologiích.

Tato práce se nebude snažit tuto metodiku vytvořit, na to se obávám, že nemám dostatek znalostí. Ale troufám si říci, že bude poskytovat alespoň nějaký vhled do dané problematiky. Snažila jsem se vyhledat co nejvíce informací a přehledně je uspořádat tak, aby z předložené bakalářské práce bylo zřejmé, co se při sanacích v současné době používá, které materiály se v praxi osvědčily a jak by se mělo správně k vodárenským objektům vodojemů přistupovat při rekonstrukcích.

Doufám, že se mi podaří splnit výše zmíněné body.

2 VODOJEMY

Vodojemy jsou samostatné vodárenské objekty určené pro akumulaci vody, které jsou jednokomorové, nebo obsahují více akumulčních nádrží (AN) a dále je součástí jedna nebo více manipulačních komor (MK). [3]

Z konstrukčního hlediska je rozdělujeme na dva typy:

- a) zemní
- b) věžové

V případě zemních vodojemů jsou akumulční nádrže postaveny v úrovni nebo lehce pod úrovní přirozeného terénu. Nádrže jsou zasypány a manipulační komora má částečný obsyp. Vstupní komora do AN může být součástí MK nebo bývá umístěna zvlášť. Obvyklé tvary zásobních nádrží: krabicové, kruhové, trubní.

U věžových vodojemů se akumulace (obvykle je jen 1) nachází nad terénem na nosné konstrukci. Podle nosné konstrukce rozlišujeme vodojemy typu AQUAGLOBUS a HYDROGLOBUS. Rozdíl spočívá v ukotvení objektu. U prvního je dřík vetknutý v zemi, u druhého je konstrukce kotvena pomocí lan a dřík je osazen na kloubu. Díky vnějšímu opěrnému systému může být u typu HYDROGLOBUS větší objem akumulčních nádrží. Nádrže jsou různých tvarů, např. kulovité, čokovité, kuželové apod. Věžové vodojemy se upřednostňují v rovinatých územích, aby byly zajištěny potřebné tlakové poměry v síti.



Obr. 2.1 Vlevo příklad zemního vodojemu s částečně zasypanou manipulační a vstupní komorou. Vpravo příklad věžového vodojemu. [4]

Dále se ve své bakalářské práci budu zabývat již jen zemními vodojemy a to především ze stavebního hlediska a oprav těchto objektů.

3 OBECNÉ ZÁSADY A POSTUP PŘI PROVÁDĚNÍ REKONSTRUKCÍ ZEMNÍCH VODOJEMŮ

Při psaní jsem využila poznatků z návštěvy vodojemu v Neborech, konzultace se stavbyvedoucím realizační firmy a také jsem čerpala z odborného článku časopisu SOVAK, který uvádím v seznamu literatury. Tato kapitola má přehledným způsobem informovat o jednotlivých etapách v celém procesu rekonstrukce (od stanovení a zjištění příčin závad až po uvedení vodojemu do provozu), na co je dobré se při rekonstrukcích zaměřit a jaké zásady se uplatňují při provádění.

3.1 TERMINOLOGIE

Pro lepší orientaci v dalším textu uvádím často užívané pojmy:

- investor – většinou provozovatel či majitel vodojemu¹
- projekční firma – zhotovitel (zpracovatel) projektové dokumentace
- realizační firma = stavební firma – dodavatelská firma, zhotovitel zakázky

3.2 VÝBĚR OBJEKTŮ – TECHNICKÝ STAV A DIAGNOSTIKA

Prvotní výběr vodojemů určených pro případný sanační zásah probíhá na základě interních jednotných kritérií vyhodnocování fyzického stavu jednotlivých částí objektů. Například stav akumulčních nádrží je vizuálně vyhodnocen během každého jejich čištění. Obecně je ale vyhodnocen stav každé části objektu a z kontroly se pořizuje fotodokumentace.

Části vykazující (vizuálně) poškození s vyšší závažností jsou z provozů předávány příslušným odborným pracovníkům, kteří zajišťují podrobné prověření stavu celého objektu se specifikací všech částí, které by vyžadovaly zásah vedoucí k prodloužení životnosti. Z prohlídky je opět pořizována podrobná fotodokumentace. Na základě vizuálního vyhodnocení je sestaveno základní pořadí důležitosti podle rozsahu a závažnosti poškození a jsou vypracovány záměry staveb.

V případě vizuálního zjištění narušení betonových konstrukcí vodojemu (nejen akumulčních nádrží, ale týká se to i manipulační komory nebo jiných částí objektu) se musí zjistit příčiny závad². Provede se podrobná diagnostika objektu (stavebně-technický průzkum).

Rozsah diagnostiky se řídí dokumentem Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III a příslušnou normou ČSN EN 1504 Výrobky

¹ Obvykle také platí, že provozovatel = vlastník, majitel.

² V dnešní době bývá většinou rozhodující stáří vodojemu.

a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody.

Pořadí důležitosti sanace jednotlivých objektů vodojemů může být na základě závěrů stavebně-technického průzkumu (STP) upraveno a přehodnoceno.

Tab. 3.1 Typický rozsah diagnostiky pro AN zemního betonového vodojemu o objemu 250 m³. [1]

ÚKON	POČET [-]
Vizuální hodnocení a popis zjištěného stavu jednotlivých částí (MK, AN)	-
Jádrové vrty z obvodových stěn	5
Jádrové vrty z konstrukce dna	4
Stanovení pevnosti betonu v tlaku (na odebraných jádrových vrtech)	9
Stanovení pevnosti betonu v tahu (odtrhové zkoušky - stěny, dno, strop)	18
Ověření stavu a polohy betonářské výztuže sekanými sondami	5
Ověření tloušťky degradačních změn ve struktuře betonu - roztokem fenolftaleinu a reakce betonu s 10% HCl	9
Závěrečné hodnocení zjištěného stavu, výsledky měření, schematické umístění míst odběrů vzorků, podrobná fotodokumentace	-
Doporučení pro sanaci jednotlivých částí objektu	-

Na zpracovatele diagnostiky jsou kladeny vysoké nároky na odbornost a v této fázi se vyžaduje úzká spolupráce s provozovatelem vodojemu, který zajišťuje podmínky pro zdárné provedení odběrů vzorků.

Co se týká akumulčních prostor, tak podmínkami jsou: zpřístupnění prověřované komory, její osvětlení a zajištění mobilního lešení pro bezpečný odběr vzorků ze stropní konstrukce a vyšších částí stěn. Nejprve jsou vytipována reprezentativní místa pro odběry vzorků (dno, stěny, strop). U stěn je vhodné vybírat místa tak, aby byly postihnuty všechny výškové úrovně hladin vody za provozu: tedy oblasti trvale pod vodou, střední části s kolísáním hladiny a místa nad maximální hladinou.

Diagnostiku lze časově provést za přibližně 4 dny:

1. **den** – jádrové vrty, sekané sondy a zapravení sanační směsí, nalepení terčů pro odtrhové zkoušky,
2. **den** – provedení odtrhových zkoušek,
3. **den** – zraní zapravených míst,
4. **den** – čištění a zprovoznění akumulace.

Následné laboratorní zkoušky a vyhotovení podrobné zprávy pak trvá obvykle 1 až 2 měsíce. Zpráva z provedené diagnostiky zpravidla obsahuje i doporučení pro sanaci. U případů, kdy je stavební konstrukce podstatně oslabena či poškozena, je vhodné zpracovat doporučení variantně. Může jít o různé způsoby sanačních

opatření, avšak zpracovatel musí být připraven navrhnout v případě neekonomické sanace náhradu narušené konstrukce novou – tzn. v krajním případě to může znamenat doporučení akumulční prostor vůbec nesanovat, ale nahradit jej novým objektem.

V další etapě pak probíhá zpracování realizační projektové dokumentace (PD), která vychází v části sanace betonových konstrukcí ze zpracované diagnostiky.[1, 6]

3.3 PŘÍPRAVA REALIZACE

Zahrnuje výběr projekční firmy na zpracování PD. Je žádoucí, aby probíhala vzájemná komunikace mezi projektantem a zpracovatelem diagnostiky, a aby došlo k jejich vzájemné shodě, co se týká návrhu sanačních opatření. Tato shoda je důležitá v případě řešení možných budoucích sporů v průběhu stavby nebo reklamací, pokud by jedna ze stran navrhovala jiné řešení.

U projektanta jsou důležité zkušenosti z praxe a také by měl věnovat pozornost výběru dodavatele sanačních materiálů vhodných do prostředí akumulčního prostoru (nízká teplota 8 - 15°C, vysoká vlhkost 80 – 96 %). Při výběru materiálů se řídí normou **ČSN EN 206-1** Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Součástí PD je příloha zprávy ze STP, ale i tak je nutné závěry zprávy zahrnout přímo do dané dokumentace (výkresová část, technická zpráva, rozpočet). Před vypsáním výběrového řízení³ na zhotovitele zakázky je nutné provést kontrolu shody PD s doporučeními pro sanaci ze STP.

Zhotovitelská společnost má mít dostatek zkušeností a kladných referencí ze staveb typu vodojemů, protože ne každá stavební firma je schopná provést tak specifické činnosti jako je například tryskání povrchu vysokotlakým vodním paprskem (VVP) v dostatečné kvalitě. Některé firmy si k urychlení a zefektivnění práce vylepšují a upravují stroje (poukazují zde na případ firmy provádějící rekonstrukci v Neborech, která využívá speciálně uzpůsobenou frézu na přípravu povrchů před samotným sanačním krokem – více viz případová studie VDJ Nebory).

Důležité je, aby se zhotovitelská firma přesně řídila a stavěla podle projektové dokumentace, tj. nezjednodušovala si práci, dodržovala použití navržených materiálů v PD, jakékoliv změny oproti PD předem konzultovala s projektantem a zhotovitelem diagnostiky apod.

³ Ve výběrovém řízení téměř vždy rozhoduje CENA!

Požadavky na provádění stavby jsou upřesněny v PD. Například délku výluky, kdy bude stavba prováděna, a termín odstávky vodojemu určuje investor. Ale je už plně na zhotoviteli, aby sám vypracoval technologický předpis sanací, který zahrnuje:

- rámcové organizační schéma a plán nasazení pracovníků,
- seznam hlavních montáží a stavebních zařízení, mechanismů a materiálů,
- jednotlivé pracovní postupy,
- způsob likvidace odpadů,
- seznam bezpečnostních opatření a ochrany zdraví při práci (plán BOZP),
- prevenci rizik a požární zabezpečení.

Zabezpečení stavby je také plně v rukou dodavatelské firmy, investor pak poskytuje možnost odběru elektrické energie a vody (za úplatu), jakož i prostory pro zařízení staveniště zhotovitele. [1, 5, 6]

3.4 VLASTNÍ REALIZACE

Co se týká akumulární komory, tak **vnitřní sanační opatření** spočívají v:

- předúpravě betonového podkladu,
- revizi stavu podkladu,
- injektáží trhlin, úpravě a ochraně betonářské výztuže,
- reprofilaci povrchu,
- nanesení ochranné vrstvy.

a) předúprava betonového podkladu

Jedná se o mechanické očištění povrchů. Cílem je odstranit zkarbonatované a degradované vrstvy betonu až na soudržný podklad, který vykazuje alespoň



Obr. 3.1 Vysokotlaké vodní čisticí zařízení FALCH T10/800, mobilní provedení na přívěsu, s tlakem až 1000 ba [7].

minimální vyžadovanou pevnost v tahu a přiměřenou drsnost, která je nezbytná pro další sanační kroky.

Nejčastěji je využívána technologie tryskání vysokotlakým vodním paprskem (VVP). Je to ovšem drahá technologie. Jednou z výhod je, že po její aplikaci není nutné provádět

dodatečný oplach konstrukce. Používají se stroje se silou paprsku pohybující se v širokém rozmezí od 20 – 250 MPa. Například firma, která prováděla rekonstrukci vodojemu Nebory, vlastní zařízení, které tryská paprsek pod tlakem 1000 ba (= 100 MPa). Ale jsou i silnější stroje, které dosahují tlaku až 2500 ba (= 250 MPa) - velmi drahé technologie; dokáží nahradit fázi mechanického osekávání betonu. [6]

Dále se používají metody osekání nesoudržných vrstev betonu pomocí sbíječek, fréz nebo ruční osekání. Takto jsou ale vyvíjeny značné dynamické vlivy na konstrukci a může docházet ke vzniku mikrotrhlin. [1, 6]

b) revize stavu podkladu

Provádí se vizuální prohlídkou doplněnou poklepem a zkouškami pevnosti v tahu povrchových vrstev. Kde provedená kontrola zjistí dutý zvuk nebo nevyhovující pevnost povrchových vrstev, provádí se v těchto místech opakování předúpravy.

Během revize by se mělo soustředit také na případný výskyt smršťovacích trhlin, které se mohly objevit po mechanickém očištění. [5, 6, 19]

c) injektáž trhlin, úprava a ochrana betonářské výztuže

Pokud se na konstrukci vyskytnou trhliny, provádí se jejich injektáž (např. použitím výrobků na bázi polyuretanové pryskyřice).

Dále se očistí obnažená výztuž od nesoudržných korozních zplodin a aplikuje se antikoroziční nátěr.

Používají se také prostředky pro pasivaci výztuže, tj. pro ochranu zabetonované betonářské výztuže proti korozi – tzv. inhibitory koroze. Obvykle se nanášejí nástřikem pomocí nízkotlakého stříkacího zařízení. [5, 19]

d) reprofilace povrchu

Reprofilace se provádí nanášením sanační malty na adekvátně připravený povrch.

Úkolem reprofilačních hmot je:

- vyspravit povrch betonových konstrukčních prvků do původního tvaru,
- zvětšit tloušťku krycí vrstvy nad výztuží (zpravidla činí min. tl. 20 mm),
- obnovit trvanlivost betonové konstrukce. [5, 19]

Zde je nezbytné dodržovat technologický předpis přípravy a nanášení sanační směsi. Sanační směsi vyžadují oproti standardním materiálům na cementové bázi specifický přístup k přípravě. Důležité je dodržet pokyny výrobce na stupeň ředění, intenzitu a délku míchání a dobu zpracovatelnosti směsi. Doba zrání jednotlivých materiálů v jednotlivých krocích před nanášením dalších vrstev je potřeba přizpůsobit podmínkám v nádržích (teplota 8 – 15 °C, vlhkost 80 – 96 %), případně tyto podmínky upravit vhodným větráním, nebo v kombinaci s temperací. [1] Většinou se připravený podklad před aplikací sanační malty navlhčí 24 hodin předem, aby byl druhý den matně vlhký bez stojící vody (tzv. sametově vlhký povrch). [5]

Často se můžeme setkat i s pojmem torkret či torkretování, což je název technologie pro zesilování betonových stěn metodou stříkaného betonu. [6]

e) ochranná vrstva

Sanační omítka tvoří podklad pro ochranný nátěr (nejběžnější bývá izolační stěrka). Izolační stěrka, jakožto svrchní vrstva, musí splňovat hygienický atest pro styk materiálu s pitnou vodou.

Jako izolační (ochranná) vrstva nemusí sloužit jen ochranný nátěr, ale mohou se použít také speciální fólie, které se kotví a v místě kotev překládají, plastové tabule, nerezové vany, mohou se aplikovat epoxidové vrstvy. [6] Více viz kapitola 4 Přehled materiálů, výrobků a firem.

Pro učinění **vnějších sanačních opatření** akumulární komory je třeba nejprve provést výkopové práce a odkrýt zemní těleso vodojemu. Ačkoli se už před odkrytím v dřívějších fázích procesu provádějí sondy, které zjišťují stav původní skladby zastřešení nádrže, a v projektové dokumentaci už je navržen sanační postup, tak přesný rozsah oprav se nedá určit dříve, dokud není nádrž odkrytá a očištěná.⁴

Po odkrytí nádrže za použití techniky (bagrů) a ručně se povrch očistí (většinou také tryskáním VVP). Provede se obnova hydroizolačního souvrství. Konkrétní postup a technologie se mohou lišit vodojem od vodojemu, ale jeden příklad uvádím na vodojemu Nebory, který je předmětem případové studie.

⁴ To platí ale i pro vnitřní sanace. Množství použitých sanačních ploch nelze dopředu přesně stanovit a bývá určeno až po otryskání konstrukce a po provedené revizi podkladu. Například tloušťka

Je na zvážení provozovatele, zda se opravy budou týkat jen sanací akumulární komory nebo se do rekonstrukcí zahrne celková oprava vodojemu včetně *armaturní komory*. U starších vodojemů se obvykle přistupuje k celkovým rekonstrukcím, tzn. na manipulační komoře se provádí nové omítky, výplně otvorů, nová vzduchotechnika, výměna střešní krytiny, rekonstrukce může zahrnovat i výměnu trubního vstrojení. Vzhledem k tomu, že zde se již nejedná o typický vodohospodářský přístup a nepoužívají se specifické technologie, tak tyto rekonstrukce nebudou v této bakalářské práci více rozebírány.

3.5 KONTROLNÍ ČINNOST INVESTORA

Pro zdárný průběh a výsledek sanačního zásahu je klíčová kontrola kvality provedených prací v jednotlivých stupních procesu oprav. Jedná se zejména o:

- průběžnou kontrolu používání předepsaných hmot (výrobce, třída sanace),
- průběžnou kontrolu dodržování technologické kázně a postupů předepsaných výrobcem v katalogových listech,
- kontrolu kvality přípravy povrchu pomocí provedených odtrhových zkoušek a zkouškou pomocí roztoku fenolftaleinu (roztok svým zbarvením orientačně indikuje hloubku zkarbonátované vrstvy),
- kontrolu počtu a tloušťek jednotlivých vrstev a souladu s PD,
- kontrolu kvality a přídržnosti sanačních vrstev a zejména finální stěrky odtrhovými zkouškami.

Dílčí zkoušky by měly být provedeny nezávislou osobou na dodavatelské firmě, například by se mohlo jednat o zpracovatele původní diagnostiky nebo o pracovníka provozovatele. Během zkoušek je vždy přítomen zástupce investora i zhotovitele zakázky. Zhotovitel má právo vznést námitku k provedení zkoušky a v případě sporů (jde ale o výjimečnou situaci) je zkouška opakována autorizovanou nezávislou osobou.

U dílčích zkoušek prováděných v průběhu sanace platí, že k následujícímu kroku sanace lze přistoupit až na základě vyhovujícího výsledku provedených zkoušek. První zkouška během každého dokončení sanačního kroku je v režii objednatele (= investora). Opakované zkoušky, kterými se potvrzuje, zda dodatečná oprava proběhla v pořádku, hradí již zhotovitelská firma. [1]

nanášených reprofilačních hmot bývá upřesněna v průběhu prací a poté zaznamenána do stavebního deníku. Množství sanačních hmot je pak fakturováno dle skutečnosti [5].



Obr. 3.2 Příklad zkoušky karbonatace fenolftaleinem in situ. [1]



Obr. 3.3 Odtrhový terč. [1]

3.6 UVEDENÍ DO PROVOZU

Po dokončení rekonstrukce je zapotřebí před uvedením do provozu nádrž vyčistit a vydezinfikovat a provést nezbytné zkoušky.

Zprvé se jedná o **zkoušku vodotěsnosti nádrže**, která se provádí vodou a postup se řídí příslušnou normou **ČSN 75 0905** Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží (v platném znění). V normě jsou uvedeny i kapitoly, které se týkají čištění a dezinfekce. Zkouškám vodotěsnosti se dále věnují v samostatné kapitole a jsou zmíněny také u případové studie vodojemu Nebory.

Zadruhé se provádí **zkoušky vody**. Ty zajišťuje akreditovaná zkušební laboratoř. Zkoušená voda je podrobena rozsáhlému rozboru. Rozbor například zahrnuje základní fyzikálně-chemický rozbor, speciální anorganický rozbor, mikrobiologický rozbor, atd. Vzorek pitné vody musí v analyzovaných ukazatelích vyhovovat požadavkům vyhlášky **MZe č.252/2004 Sb.** v platném znění, kterou se stanovují požadavky na pitnou vodu. Vzorkovací postup se řídí technickou normou **ČSN ISO 5667-5** Jakost vod – Odběr vzorků – Část 5: Návod pro odběr vzorků pitné vody z úpraven vody a z vodovodních sítí.

Pokud všechny výše uvedené zkoušky proběhly v pořádku, objekt vodojemu může být předán provozovateli a zprovozněn. V opačném případě se musí provést opatření k nápravě a odstranění nedostatků a zkoušky opakovat.

4 PŘEHLED MATERIÁLŮ, VÝROBKŮ A FIREM

Materiály a výrobky uváděné v této kapitole (respektive následujících podkapitolách) se používají při sanacích akumulčních prostor vodojemů.

Použité konkrétní materiály a výrobky navrhuje projektant po konzultaci s investorem nebo provozovatelem a jsou uvedeny v projektové realizační dokumentaci. Při výběru materiálu hrají zásadní roli samozřejmě náklady na stavbu (rozpočet). Neméně významná je také výsledná kvalita provedených prací.

4.1 PROBLEMATIKA ROZVOJE A VÝBĚRU VHODNÝCH MATERIÁLŮ

Je na místě podotknout, že ve vodárenských odborných kruzích neexistuje ani základní shoda na principech a požadavcích řešení problému rekonstrukce stávajících vodárenských nádrží (respektive povrchových úprav vodojemů). A to nejen v důsledku neznalosti všech současných možností, kterých je na trhu nepřeborné množství, ale i v důsledku řady různých chyb a vad, kterých se dopouštějí firmy při realizacích sanačních zásahů na stávajících objektech.

Nesmí se zapomínat ani na chyby, které vznikaly už během výstavby nových objektů a později se tak podepsaly na zkrácení životnosti vodojemů. Například společnost Brněnské vodovody a kanalizace, a.s. uvádí, že pasportizací bylo zjištěno, že nejvíce závad vykazovaly vodojemy, které byly stavěny od roku 1960 do roku 1990. Ve jmenovaném období se město Brno nejvíce rozrůstalo o novou výstavbu a tím bylo potřeba vybudovat mnoho vodárenských objektů v relativně krátkém čase. Stavby těchto vodárenských nádrží a objektů byly sice navrhovány podle předpisů a norem platných v minulém století, ale vzhledem k méně kvalitním materiálům a mnohdy neodbornému a špatně vedenému stavebnímu doзору, vykazují dnes velké stavební nedostatky.

V tomto období nebyla u ŽB konstrukcí vyžadována tak přísná opatření, jako jsou vyžadována v současných normách. Před nějakou dobou se stala pro inženýry a vědce trvanlivost konstrukce předmětem vysokého zájmu a to se odrazilo v předpisech zavedených evropskou betonářskou normou EN 206-1. V normě najdeme zatřídění betonu do tříd podle prostředí, jakému je beton vystaven, dále podmínky betonové směsi, minimální síly v tlaku, krytí výztuže atd. Další nezbytnou normou je ČSN EN 1504 - Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody.

Zavedením nových norem se ovšem problémy úplně nevyřešily. Na trhu se začalo postupně objevovat stále víc výrobců a ještě více produktů, jak domácích

tak zahraničních. Snahou většiny výrobců je mít co největší zisk a proto se mnohdy snaží prodat i sanační materiály nevhodné pro aplikaci. S tím je spojený selektivní přísun informací o materiálech, kdy se vybírá a poukazuje pouze na doporučené vlastnosti. Informace o vhodných materiálech od jednotlivých výrobců jsou vesměs neúplné, někdy mohou být i zavádějící. Údaje o vhodnosti pro nádrže na pitnou vodu často vycházejí pouze z atestů podle příslušných požadavků země původu (Německo, Francie,...). Prodejci, vedeni snahou udat ten či onen výrobek, přesvědčují zhotovitele stavby, potažmo investora a projektanta, o vhodnosti často bez ohledu na skutečné podmínky působení. Obsah organických polymerních přísad v dané směsi, který má být co nejnižší, někteří místní prodejci neznají a na konkrétní dotaz si musí vyžádat odpověď z mateřské zahraniční firmy.

Co je napsáno v prospektech firem, se může od skutečnosti odlišovat. Kvalita a vhodnost zvoleného materiálu a použité technologie se tedy dá přesněji zhodnotit až po nějaké době na již sanovaných vodojemech. Nejvíce poznatků o kvalitě materiálů použitých při sanacích by měli mít jednotliví provozovatelé kanalizací a vodovodů, kteří tyto objekty spravují. [20, 23, 24, 31]

4.2 SANAČNÍ MALTY

Používané materiály pro sanaci správkovými hmotami lze rozdělit do těchto hlavních skupin:

Materiály pro antikorozi ochranu výztuže (konzervace)

Životnost konstrukce lze zvýšit oddálením doby zahájení koroze nebo alespoň omezením jejího dalšího postupu.

Cílem antikorozi ochrany výztuže je zabránit přístupu vody a kyslíku k povrchu kovu, a tak eliminovat vznik elektrochemické koroze. Jako preventivní opatření mohou být použity materiály s vhodnými příměsemi, které pak působí na povrchu oceli.

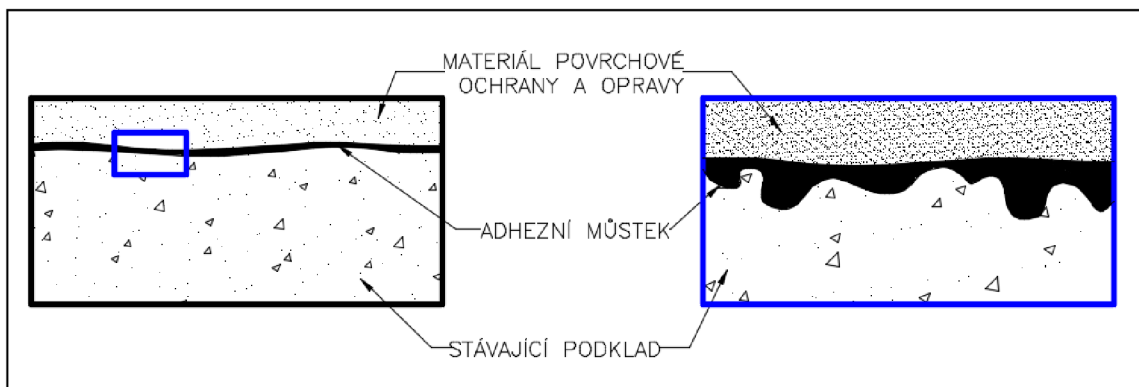
Jedním z požadavků na antikorozi ochranu je vhodná viskozita umožňující zatečení ochrany i do mezer mezi výztuží a okolním betonem. Pro pasivaci výztuže se uplatňují na trhu inhibitory koroze. Inhibitory koroze jsou chemické sloučeniny, které při přidání vhodného (přednostně malého) množství záměsové vody mohou následně na výztuži zpomalit nástup nebo i zabránit korozi.

Přípravky jsou nanášeny zpravidla nátěrem ručně nebo nástřikem. Antikorozi ochrana zároveň může sloužit jako adhezní můstek – to je vždy uvedeno v technickém listu konkrétního výrobku. [19, 25]

Adhezní neboli spojovací můstek (penetrace původního betonu)

Adhezní můstek chápeme jako mezivrstvu (působící povlak) na předupraveném povrchu betonové konstrukce, která zajišťuje zvýšenou soudržnost (přilnavost) správkové malty s podkladním betonem. Můstky umožňují snadnější proniknutí do otevřené pórové struktury betonu a jeho následné chemické provázání se správkovým materiálem (= penetrace).

Jako spojovací prostředky (adhezní můstky) se používají speciální hmoty, které se vyznačují poměrně vysokou tekutostí. Jedná se převážně o hmoty na bázi polymerem modifikovaného cementu (*polymercementové suspenze*) nebo polymerové hmoty (*epoxydy*). Při použití polymerních výrobků je třeba přísně dodržovat pokyny výrobce. Důležité je dbát na to, aby byla splněna kompatibilita mezi správkovým materiálem a stávajícím podkladem. [19]



Obr. 4.1 Adhezní (spojovací) můstek – SCHEMA. [19]

Správkové hmoty (reprofilace povrchu, obnova krycí vrstvy)

Správkové hmoty mají za cíl obnovit konstrukční prvky do původního tvaru, a tedy staticky zesilují konstrukci a zároveň zvyšují tloušťku krycí vrstvy výztuže. Správková hmota vzhledově uvádí betonové prvky (sloupy, hlavice, stěny) do původního stavu.

Sanační správkové malty jsou založeny opět na různých materiálových bázích. Jejich volbu ovlivňuje prostředí, do kterého budou nanášeny, a další parametry. Podle složení je rozčleňujeme do tří skupin: cementové malty a betony (CC), polymercementové malty a betony (PCC), polymermalty a polymerbetony (PC).

Jedná se o rychletuhnoucí malty řady R, které musí splňovat požadavky dané výše zmiňovanou normou ČSN EN 1504-3 (viz Tab. 4.1. Požadované základní parametry správkových hmot podle ČSN EN 1504-3). [6, 19]

Tab. 4.1 Požadované základní parametry správkových hmot podle ČSN EN 1504-3. [19]

PARAMETR	Správkové hmoty bez statické funkce		Správkové hmoty se statickou funkcí	
	Třída R1	Třída R2	Třída R3	Třída R4
Pevnost v tlaku (ČSN EN 12109)	≥ 10 MPa	≥ 15 MPa	≥ 25 MPa	≥ 45 MPa
Obsah chloridových iontů (ČSN EN 1015-17 nebo ČSN EN 14629)	≤ 0,05 %	≤ 0,05 %	≤ 0,05 %	≤ 0,05 %
Soudržnost ¹ (ČSN EN 1542)	≥ 0,8 MPa	≥ 0,8 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa
Vázané smršťování/rozpínání ^{1,2} - soudržnost po zkoušce (ČSN EN 12617-4)	Bez požadavků	≥ 0,8 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa
Modul pružnosti (ČSN EN 13412 nebo ČSN EN ISO 6784)	Bez požadavků	Bez požadavků	≥ 15 GPa	≥ 20 GPa
Odolnost proti karbonataci (ČSN EN 13295)	Bez požadavků	Bez požadavků	$d_k \leq$ kontrolní beton (MC(0,45))	$d_k \leq$ kontrolní beton (MC(0,45))
Teplotná slučitelnost ^{1,2}				
zmrazování a tání - soudržnost po 50 cyklech	Vizuální prohlídka	≥ 0,8 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa
náporové skrácení - soudržnost po 30 cyklech	Vizuální prohlídka	≥ 0,8 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa
cyklování za sucha - soudržnost po 30 cyklech (ČSN 13687-1 až 5)	Vizuální prohlídka	≥ 0,8 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa

¹ Uvedená hodnota je hodnotou průměrnou, jednotlivé hodnoty nesmí být menší než 75 % uvedeného požadavku.

² Maximální přípustná průměrná šířka trhliny je ≤ 0,05 mm, bez delaminace.

Vhodný způsob nanášení na předupravený betonový podklad bývá opět uveden u konkrétního výrobku. U výrobků jsou zejména uváděny podmínky, které například stanovují, na jaký povrch se má malta aplikovat (jeho drsnost, vlhkost), dále podmínky pro zpracování a nanášení kompozitní směsi (poměry pro její namíchání, doba zpracovatelnosti, teplota prostředí během aplikace, jakým způsobem a v kolika vrstvách se bude nanášet) a následné podmínky pro ošetřování (teplota prostředí po aplikaci, doba zrání, vlhčení povrchů, apod.).

Materiály povrchových ochranných systémů – pro zajištění vodotěsnosti

Jedná se o ochranné hydroizolační hmoty. Nátěr je tenkovrstvý (jednotky milimetrů) – může se nanášet v jedné nebo i více vrstvách. To se odvíjí od výrobce.

Materiály se vyrábí na bázi cementu s přidávkem polymerů. Hydroizolační ochranné nástřiky či nátěry (neboli konečná úprava, finální vrstva) musí splňovat požadavky vyhlášky č.409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s pitnou vodou. Kromě atestu hlavního hygienika o zdravotní nezávadnosti se k výrobku dokládá také **Certifikát**, který uděluje autorizovaná osoba a dokládá jím, že výrobek se shoduje s náležitými technickými předpisy. Autorizovanou osobou se myslí akreditovaná zkušební laboratoř. [19]

Injektážní a výplňové hmoty

Injektáží se rozumí vpravení materiálů (řidkých malt případně pryskyřic) do konstrukce nebo prvku za účelem utěsnění trhlin a spár proti průniku vody (zajištění vodotěsnosti trhlin a spár). Injektážní zábrany se navrhuji pro uzavírání prostupů prvkem nebo konstrukcí.

Materiály jsou na bázi epoxidových případně akrylátových pryskyřic nebo se používají cementové suspenze. [6, 19]

Zde bych ráda odkázala ty, které problematika zajímá, na příručku Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí (TP SSBK III) a příslušné betonářské normy EN 206-1 a EN 1504, ze kterých jsem částečně čerpala a které se materiály a jejich aplikacemi zabývají podrobněji.

4.2.1 Výrobci a výrobky

Obvyklou metodou opravy betonových konstrukcí je klasická adhezni tenkovrstvá sanace za použití kombinace materiálů uváděných výše. Uvedu možný příklad skladby nanášených vrstev: injektáž trhlin -> inhibitor koroze = adhezni můstek -> reprofilační sanační malta -> ochranný hydroizolační nástřik nebo nátěr.

Jednotliví výrobci uvádějí na trh ucelené materiálové systémy a výrobní řady, které jsou mezi sebou vzájemně kompatibilní a nanesené vrstvy spolupůsobí. V případě, že chceme kombinovat několik různých výrobků od jiných firem, musíme si předem zjistit, zda tyto materiály budou po aplikaci vykazovat soudržnost a budou se vzájemně „snášet“. Pokud si nejsme jistí, je vhodné prokonzultovat výběr přímo s výrobcem nebo odborníkem na materiály.

Ke společnostem, které na český trh dodávají své výrobky (v některých případech ale prostřednictvím jiných firem), patří například švýcarská firma **Sika AG**, německá společnost **BASF**, italská **MAPEI**, kanadská **Xypex Chemical Corporation**, původem dánská firma **VANDEX** a v neposlední řadě slovinská firma **KEMA**. Z českých zástupců se uvádí např. výrobce **Betosan**. [6, 26]

Sanační materiály použité v případě vodojemu Nebory (viz kapitola 8 Případová studie zemního vodojemu Nebory) pochází převážně od firmy **BASF**⁵ (respektive výrobky s označením PCI vyrábí firma, která je oficiálním členem skupiny **BASF Group**).

⁵ Firma **BASF** dodává na trh 2 typy izolačních stěrek. Levnější má být dle některých technologií paradoxně kvalitnější. [6]

Xypex

XYPEX je jedním z dalších výrobců, který je ve světě i v České republice mnohokrát skloňován. Technologie XYPEX je založena na kombinaci aktivních netoxických chemických látek, které spolu s vedlejšími produkty hydratace v betonu vytvářejí jistý druh krystalů. Tyto nerozpustné krystaly utěsňují póry, kapiláry a trhliny v betonu proti vodě i mnoha chemickým roztokům. [27]

Na jejich stránkách mne zaujal významný projekt pro renovaci Rosemontského vodojemu v Montrealu (Rosemont Reservoir – Montreal, Quebec, Canada). Jedná se o největší podzemní akumulární nádrž ve městě. Vodojem byl postaven v 60. letech 20. století, ale kvůli změnám v systému zásobování pitnou vodou byl v roce 1978 z provozu vyřazen. Kvůli potřebě zvýšení dodávky pitné vody ale započal pětistupňový projekt pro obnovu rezervoáru, který měl být v roce 2016 dokončen. Zásobník má objem necelých 270 000 m³ vody (59 milionů galonů). Na jeho sanaci bylo použito 150 000 lbs (přes 68 tun) každého z produktů XYPEX® Concentrate a XYPEX® Modified. Materiály jsou vodotěsné a byly použity pro renovaci stěn, stropů a desek. [28]



Obr. 4.2 Renovace zásobníku pitné vody v Montrealu stála 71 milionu dolarů. [28, 29]

Nicméně lze se setkat i s názory, že Xypex není dobré nanášet na starou konstrukci a někteří technologové jej nedoporučují. Materiál je příliš „suchý“ a není dobré, když se nevyskytuje trvale pod vodou, což je právě případ vodojemů, kdy v akumulárních prostorách v rozmezí od dolní po horní provozní hladinu (které vymezují prostor pro provozní objem), v důsledku vykrývání denních špiček, hladina kolísá. Dále může nastat problém v případě kombinace Xypexu s jinými kompozitními materiály, které obsahují plastifikátory⁶. Xypex s některými z nich totiž dle dostupných informací není příliš snášelivý. [26]

⁶ plastifikátory = aditiva do betonu, která zlepšují jeho zpracovatelnost

KEMA

Slovinská firma KEMA, která je v ČR známá dlouhou dobu, prostřednictvím tří distributorských společností nabízí mj. i řadu produktů pro sanaci betonových konstrukcí vystavených vysoké vlhkosti a působení vody. Za zmínku určitě stojí vlákny vyztužená polymercementová (PCC) reprofilační malta BETONPROTEKT RT, která po nanesení v jednom aplikačním kroku splňuje funkci jak adhezního můstku, tak zároveň sanační a krycí vrstvy. Dá se nanášet v tloušťce od 5 – 40 mm. Pro vyrovnání nerovností a docílení vyšší hladkosti se může v následné vrstvě aplikovat ještě reparaurní jemná malta BETONPROTEKT F, která zároveň slouží k dodatečné ochraně betonu před korozi.

Od firmy KEMA také pochází HIDROSTOP ELASTIK, což je polymercementová hmota, která se vyznačuje vysokou elasticitou a používá se jako ochranný hydroizolační nátěr. Z jeho dalších vlastností výrobce deklaruje vodonepropustnost a paropropustnost. Hmota dokáže přemostit trhliny až do 3 mm⁷.

Sanační maltu od tohoto výrobce lze navíc zkombinovat například s inhibátorem koroze firmy Sika. [26, 30]

Při posuzování a výběru materiálů pro sanaci vodojemu je zřejmé, že každý výrobek vykazuje jisté klady a zápory. Také provozovatelé (správci) mohou mít své požadavky a preference na použité výrobky podle svých zkušeností a investoři (vlastníci) budou mít své požadavky na výši stavebních nákladů. Projektant musí jednotlivé požadavky sladit tak, aby výsledná sanace byla kvalitní a životnost vodojemu byla co nejdelší.

4.3 VYSTÝLKY

Použití stěrek a ochranných nátěrů není jediným možným řešením. Na trhu existuje řada firem nabízejících pro rekonstrukce akumuláčních prostor vodojemů tzv. vystýlky. Jedná se nejčastěji o plastové desky (typicky z PE, PP). Ty jsou celoplošně mechanicky ukotvené do betonu pomocí lišt a vzájemně svařené tak, že vytvoří nepropustnou vanu.

⁷ Díky pružnosti materiálu se tak nemusí vytvářet drážky v dilatačních místech pro spojení nátěrů.

V současnosti je evropským lídrem v oblasti plastových vystýlek původem rakouská společnost AGRU, GmbH, která vyvinula systém HYDRO^{CLICK} ve spolupráci se švýcarskou společností ETERTUB AG.

Systém ETERTUB-aqua® /HYDRO^{CLICK} se používá jak pro nové konstrukce, tak při renovacích. Vhodný je zejména pro vodárenské nádrže na pitnou vodu.

Při renovacích stávajících nádrží je například výhodou možnost přímého zabudování, kdy není nutné předpřipravit původní povrch. Výrobce jmenuje z dalších výhod systému např. rychlou montáž, možnost výroby prefabrikovaných dílů, kompletní těsnění v místě styků, nízké náklady na údržbu, díky světlému povrchu je zjednodušena kontrola nádrží, prostor mezi deskou a stěnou má zajistit, že kondenzace nebude nadále zhoršovat betonovou konstrukci za vystýlkou.

HYDRO^{CLICK} vystýlka se vyrábí z modrého polyethylenu PE80. K výhodám materiálu patří mrazuvzdornost, odolnost proti korozi, odolnost proti chloridům (obsah chlóru až do 3 mg/l), odolnost proti mikrobiální korozi, dlouhá životnost (> 50 let), vodotěsnost, vysoká kvalita povrchu, jednoduchá údržba a vhodnost k čištění vysokotlakým vodním paprskem.



Obr. 4.3 Plastová vystýlka a lišty pro kotvení.
Systém HYDRO^{CLICK}. [21]

Zkušenosti s touto technologií v ČR jsou prozatím malé, vznikají chyby už při montáži a záhy po zprovoznění se objevují netěsnosti v systému. Ve výsledku se proto může zdát tato varianta pro vložkování nevhodná. Rozsáhlé zkušenosti však mají v sousedních německy mluvících zemích. Právě na základě těchto zkušeností by mělo být vložkování návodních líců, dle pana ing. Richarda Schejbala ze společnosti SWECO Hydroprojekt a.s., považováno za jednu z ověřených a doporučených technologií. Společnost tuto metodu vyzkoušela a i přes komplikace spojené právě se správnou montáží a řešením obtíží s vodotěsností se rozhodla pokračovat v dalších aplikacích.

Důležitým ukazatelem je také cena. Lze počítat s jednotkovou cenou dodávky včetně montáže zhruba od 2000 do 2500 Kč/m² (pro srovnání: klasická betonářská adhezně kotvená sanace se pohybuje v závislosti na stupni porušení mezi 1500 – 3500 Kč/m²). Dá se tedy konstatovat, že tato technologie cenově konkuruje klasickým sanačním postupům správkovými hmotami. [6, 21, 22, 23]



Obr. 4.4 V prvním kroku jsou černé lišty (= click profiles) mechanicky ukotveny do betonu. Ve druhém jsou desky (= sheets) HYDRO^{CLICK} zacvaknuty (= clicked) do lišt. A ve třetím vidíme sváření dílů, kterým zajistíme vodotěsnost v místě styků dvou desek. [21]



Obr. 4.5 Příklady použití. [21, 22]

4.4 REALIZAČNÍ FIRMY

Dodavatel zakázky je určen na základě výsledků výběrového řízení. Zhotovitelská firma, která danou zakázku vysoutěží, by měla splňovat určité požadavky. Na trhu existují desítky firem, které mají ve většině případů širokou oblast působnosti. Dle dosavadních získaných praktických zkušeností se dá konstatovat, že o kvalitě firmy z velké části rozhodují její reference. Reference by měly samozřejmě pocházet z oblasti sanací typu objektů ŽB vodárenských nádrží.

Realizační firma musí na sanaci využívat zkušené kmenové zaměstnance proškolené na práci s konkrétním druhem sanačních materiálů. Z dalších požadavků by sanační společnost měla omezit podíl subdodavatelů. V případě subdodávek je nezbytné na ně uplatňovat stejné požadavky jako na samotného zhotovitele. Dále je nutné trvat na tom, aby firma používala materiály navržené v PD. Nebo v případě jakýchkoliv změn oproti PD je třeba, aby firma zásadně konzultovala vše s projekční firmou a zpracovatelem diagnostiky. Mnohdy se firmy pokoušejí usnadnit si práci nebo mají neadekvátní požadavky na úpravu navrženého řešení, což je potřebné si pohlídat.

Na webových stránkách realizačních společností se vždy nachází seznam činností, které firma nabízí. V některých případech se dá vyhledat i seznam technologií používaných firmou, strojový park, apod. [1]

5 ODRHOVÉ ZKOUŠKY, KARBONATACE BETONU

Odrhové zkoušky a zkoušky karbonatce betonu jsou součástí jak stavebně-technického průzkumu, tak kontrolních zkoušek během sanačních prací.

Odrhové zkoušky se provádí buď v laboratoři nebo přímo na stavbě (in situ). Zkoumá (vyhodnocuje) se jimi soudržnost jednotlivých vrstev, popř. soudržnost finálních vrstev (povrchových úprav) s jejím podkladem.

Karbonatace betonu je chemický proces, jehož důsledkem je koroze ocelové výztuže. [8] Určení míry karbonatce se provádí roztokem fenolftaleinu.

Odrhové zkoušky jsou placené a existují na ně specializované firmy, které mají akreditované zkušební laboratoře. Být zpracovateli odborných posudků a provádět diagnostiku staveb mohou kromě firem i některé vysoké školy.

Je velmi důležité tyto zkoušky nepodceňovat a provádět je poctivě. Velice často se totiž při realizaci odhalí rozsáhlejší poruchy, než byly původně předpokládány, a pak by mohly nastat problémy s dalším financováním zakázky a dohady mezi investorem a firmou. Je vhodné vybrat mezi akreditovanými laboratořemi ty, které budou provádět práci kvalitně [1].

Například SmVaK Ostrava a.s. velmi dbá a vyžaduje zkoušky na karbonataci betonu.



Obr. 5.1 Fenolftaleinový test karbonatce betonu. Rozlomený vzorek betonu postříkáme připraveným roztokem. Vrstvy zdravého (nezkarbonatovaného) betonu se zbarví do růžova až fialova, degradované vrstvy se vizuálně nezmění. Tyto vzorky pocházejí z pravé AK v Neborech.



Obr. 5.2 Příklad odrhové zkoušky in situ.

6 ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI NÁDRŽÍ

Před uvedením do provozu je nutné každý vodojem podrobit zkoušce vodotěsnosti, která se provádí v souladu s normou ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží.⁸

Teprve na základě vyhodnocení zkoušky se rozhodne, zda bude nezbytné provést opravu a zkoušku zopakovat nebo vodojem vyhovuje požadavkům a je možné jej zprovoznit.

6.1 TERMÍNY A DEFINICE

Následující výrazy byly převzaty přímo z normy a slouží pro lepší orientaci v dalším textu:

- vodotěsnost nádrže – charakteristická vlastnost nádrže nepropouštět vodu konstrukcí nádrže do okolního prostředí (především do povrchových a podzemních vod), či naopak z okolního prostředí do nádrže, nad požadovanou míru vodotěsnosti
- zkouška vodotěsnosti – zkouška nádrže na únik vody přetlakem zkušební vody uvnitř nádrže, popř. infiltrací podzemní vody vně nádrže
- zkušební voda – voda použitá pro naplnění nádrže během zkoušky vodotěsnosti splňující stanovené požadavky a ukazatele
- zkušební hladina – maximální hladina vody v nádrži během zkoušky vodotěsnosti, stanovená projektovou dokumentací či pokyny výrobce a provozovatele nebo úrovní přelivu, popř. včetně výšky přepadu [9]

6.2 VŠEOBECNÉ POŽADAVKY

Zkoušky vodotěsnosti nádrží musí prokázat vodotěsnost nově budovaných, stávajících provozovaných či stávajících sanovaných nádrží. Rovněž musí být splněny požadavky normy na výrobky, pokud takové existují.

Dále je důležité zmínit, že zkoušky vodotěsnosti nádrží nenahrazují zkoušky vodotěsnosti jednotlivých konstrukčních částí nádrží (např. poklopů, prefabrikovaných dílců, segmentů, spojů, těsnění). Takovéto zkoušky jsou předepsány v příslušných předpisech.

⁸ V této normě oproti předchozím dochází ke sjednocení s požadavky evropských norem zejména ČSN EN 1508 *Vodárenství - Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody.*

Obecně lze nádrže na kapaliny zatřídit podle vizuálního posouzení úniků kapaliny (uvažujeme vztah mezi požadavky na vodotěsnost a vztah ke stupni ochrany proti příslušnému průsaku) nebo podle jejich účelu (do skupin A, B, C). Zemní vodojemy spadají do skupiny B. [9, 10]

6.3 TECHNICKÉ POŽADAVKY

Technické požadavky jsou podrobně uvedeny v normě ČSN EN 1508 Vodárenství – Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody.

Zkoušky se provádí před zásypem, dokud jsou stěny a zastřešení ještě volně přístupné.

Dobu trvání zkoušky pro stěny a dno a přípustný pokles hladiny vody stanoví projektant. Zastřešení zásobního vodojemu musí být vodotěsné. Projektant může upřesnit provedení zkoušky vodotěsnosti zastřešení buď nepřetržitým kropením nebo zalitím vodou. V každém případě je zkouška považována za vyhovující, jestliže se neobjeví žádný únik na spodní části zastřešení. Objeví-li se v úrovni styků nebo jinde na konstrukci vlhké místo, musí být podrobně prohlédnuto, aby se určilo, zda nehrozí nebezpečí trvalých úniků. Není-li zkouška úspěšná, je třeba provést opravy a následně zkoušku opakovat.

V následující podkapitole je uveden popis zkoušky vodotěsnosti pro stěny a dno nádrže, ne zastřešení.

Po provedení všech zkoušek je vyhotoven protokol, který musí být archivován vhodným způsobem. [10]

6.4 PRŮBĚH ZKOUŠKY

Nejprve se zkoušená akumulární nádrž vodojemu naplní zkušební vodou a ponechá se dostatečně dlouhý čas, aby došlo k úplnému nasáknutí omočených povrchů vodou.

Doby nasáknutí se liší v závislosti na materiálu nádrže. Vzhledem k tomu, že zemní vodojemy se vyrábějí z velké části betonové (prostý beton, železobeton), činí doba nasáknutí 96 hodin. Pro doplnění dodávám, že u nádrží z ostatních hmot je doba nasáknutí stanovena normou na 24 hodin, u plastových nádrží 30 minut. Tyto doby se počítají od okamžiku ukončení plnění zkoušené nádrže na úroveň zkušební hladiny s tolerancí ± 20 mm.

Už během prvního plnění nádrže se současně provádí její kontrola, a pokud by docházelo k soustředěným únikům vody nebo by mohlo být ohroženo podloží nádrže či jiné objekty, musí se přerušit příprava zkoušky do odstranění závady.

Před započítáním vlastní zkoušky vodotěsnosti (po uplynutí doby potřebné k nasáknutí) se zkoušená nádrž znovu překontroluje. Zaměřuje se především na výšku hladiny podzemní vody, nenachází-li se nade dnem nádrže (pokud ano, v takovém případě je nutné hladinu podzemní vody snížit či vodu odčerpávat), dále pak nedochází-li k viditelným únikům vody z jednoho místa nebo nebyla-li vlastní konstrukce nádrže porušena a zda jsou všechna potrubí a otvory dobře utěsněny.

Po vyhovujícím výsledku kontroly následuje vlastní zkouška vodotěsnosti. Před jejím zahájením je ale nutno doplnit vodu na úroveň zkušební hladiny.

Vlastní zkouška trvá 48 hodin (doporučený čas).

Únik vody se zjišťuje vždy po uplynutí 24 hodin, přičemž pro posuzování vodotěsnosti jsou rozhodující tato kritéria (více viz 6.5 Kritéria vodotěsnosti nádrží):

- posouzení vodotěsnosti nádrží **vizuálním zhodnocením úniků vody**
- posouzení vodotěsnosti nádrží **měřeními**
- posouzení vodotěsnosti nádrží **infiltrací**

Opět se během zkoušky sleduje a kontroluje vnější vzhled konstrukce (zda vznikají trhliny, dochází k sedání konstrukce, soustředěným únikům vody apod.). Při zjištění jakékoli závady se musí zkouška přerušit, závada odstranit a poté zkouška opakovat.

Zkouška vodotěsnosti nádrže je považována za úspěšnou, pokud jsou splněna kritéria vodotěsnosti nádrže, která jsou podrobněji uvedena v následující kapitole.

Po skončení zkoušky se vyhotoví **protokol o zkoušce**, přičemž se nebere zřetel na výsledek zkoušky. Tedy: ať už je výsledek jakýkoliv, musí se pokaždé vyhodnotit a zaznamenat do protokolu.

Zásady, podmínky, technické řešení a vyhodnocení zkoušky vodotěsnosti se upřesňují v projektové dokumentaci, v pokynech výrobce či provozovatele popř. v provozním řádu. [6, 9]

6.5 KRITÉRIA VODOTĚSNOSTI NÁDRŽÍ

Kritéria pro posouzení vodotěsnosti nádrží jsou 3, a sice následující:

1. Posouzení vodotěsnosti nádrží vizuálním zhodnocením úniků vody

Provádí se zařazením do tabulky (viz níže nebo tabulka 1 v ČSN 75 0905), pokud jsou všechny kontrolované plochy nádrží viditelné. [9]

Tab. 6.1 Zatřídění nádrží na kapaliny dle vizuálního zhodnocení. [9]

TŘÍDA	POŽADAVKY Z HLEDISKA PRŮSAKU
0	Jistý stupeň průsaku se připouští nebo je průsak kapalin nevýznamný
1	Globální nepropustnost. Průsak má být omezen na minimální množství. Připouští se několik povrchových skvrn nebo vlhkých míst.
2	Lokální nepropustnost. Průsak je všeobecně nepřipustný. Vzhled (povrch) nesmí být znehodnocen skvrnami.

2. Posouzení vodotěsnosti nádrží měřením

Provádí se dvěma způsoby: buď je sledován pokles zkušební hladiny Δh nebo únik vody ΔQ (tj. množství vody Q potřebné pro doplnění na zkušební hladinu).

a) Posouzení vodotěsnosti podle poklesu zkušební hladiny Δh

Pokles hladiny se zaznamená po 24 hodinách s přesností ± 1 mm. Zjištěný pokles nemá přesáhnout hodnotu vypočtenou dle následujícího empirického vzorce:

$$\Delta h = \frac{S_0 \cdot k_n \cdot \sqrt{h}}{F_0} \cdot 1000 \text{ [mm]}, \quad (6.1)$$

kde Δh pokles zkušební hladiny [mm],
 S_0 plocha omočeného povrchu nádrže [m²],
 k_n součinitel vodotěsnosti (pro zemní vodojemy $k_n = 0,0010$) [m^{0,5}·d⁻¹],
 h hloubka vody v nádrži [m],
 F_0 plocha hladiny vody v nádrži [m²].

b) Posouzení vodotěsnosti podle úniku vody ΔQ

Únik vody ΔQ [m³] se zaznamená po 24 hodinách od začátku zkoušky. Poté je porovnán s vypočtenou hodnotou dle následujícího empirického vzorce:

$$\Delta Q = k_n \cdot S_0 \cdot \sqrt{h} \text{ [m}^3\text{]}, \quad (6.2)$$

kde ΔQ únik vody [m³],
 k_n součinitel vodotěsnosti (pro zemní vodojemy $k_n = 0,0010$) [m^{0,5}·d⁻¹],
 S_0 plocha omočeného povrchu nádrže [m²],
 h hloubka vody v nádrži [m].

Naměřená hodnota úniku vody nemá být větší než vzorcem vypočítané množství.

3. Posouzení vodotěsnosti nádrží infiltrací

Takovéto posouzení se používá u nádrží, kde nelze snížit hladinu podzemní vody. Dle vztahu pro výpočet poklesu hladiny Δh se změří průsak, který

se následně vyhodnotí. Musí se vzít v potaz vztah výšky zkušební hladiny v nádrži k výšce hladiny podzemní vody a na jeho základě posoudit vhodnost této metody.
[9, 10]

7 ČIŠTĚNÍ A DEZINFEKCE

Před uvedením do provozu je nutno v každém případě prázdný vodojem vyčistit a vydezinfikovat, pokud není stanoveno jinak. [10]

7.1 ČIŠTĚNÍ

Při hlavním čištění se důkladně opláchnou všechny vnitřní plochy vodojemu vodou, která má být pro zásobní vodojem vodou pitnou. Oplachování probíhá pod přiměřeným tlakem tak, aby nebyly nijak poškozeny povrchy ploch vodojemu. Dále se vypláchne veškeré potrubí.

Použití chemických čisticích prostředků se má omezit na minimum, ale použijí-li se, musí projektant určit použití vhodných prostředků, které jsou v souladu s místními předpisy nebo jinými závaznými předpisy. Odpadní vody a zbytky z procesu čištění musí být po použití odstraněny spolehlivým a ekologickým způsobem. [10]

7.2 DEZINFEKCE

Při výběru dezinfekčního prostředku musíme respektovat příslušné směrnice EU nebo předpisy EFTA a být v souladu s národními a místními předpisy.

Nejprve se vyčistí všechny vnitřní plochy nádrže, jakož i připojené potrubí (obvykle postřikem dezinfekčním prostředkem) a potom se opláchnou pitnou vodou. Koncentraci roztoku dezinfekčního prostředku, stejně jako nejdelší i nejkratší dobu působení, určuje projektant nebo provozovatel.

Dezinfekční prostředek se opatrně vypustí, je-li nutné, za použití neutralizačního činidla, aby se zabránilo nežádoucím účinkům na obsluhu nebo životní prostředí. Způsob dezinfekce nesmí nijak poškodit vnitřní plochy nádrže.

Potom se nádrž naplní pitnou vodou, ve které je zbytkový obsah dezinfekčního prostředku nižší nebo rovný hodnotě, která se vyskytuje normálně v pitné vodě přiváděné do vodojemu.

Po naplnění nebo po lhůtě určené projektantem se provedou odběry pro bakteriologický rozbor. Výsledky rozboru musí vyhovovat národním předpisům ze všech hledisek jakosti vody a voda musí být mikrobiologicky nezávadná.

Výsledky postupu dezinfekce musí být zaznamenány a archivovány vhodným způsobem po celou dobu určenou provozovatelem. Po splnění všech výše uvedených podmínek může být vodojem uveden do provozu. [10]

8 PŘÍPADOVÁ STUDIE ZEMNÍHO VODOJEMU NEBORY

Tato část práce obsahuje popis rekonstrukce zemního vodojemu.

Popisovaný zemní vodojem je součástí komplexu vodojemů v Neborech. Nebory spadají od roku 1980 pod katastrální území města Třinec a jsou jeho městskou částí. Nachází se v malebném prostředí v předhůří Moravskoslezských Beskyd na východě republiky. [11]



Obr. 8.1 Nebory na mapě ČR – lokalita vodojemů. [11]

Prohlídku objektu mi zajistila společnost SmVaK Ostrava a.s. (Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, a.s.), která je zároveň provozovatelem těchto vodojemů.

8.1 POPIS OBJEKTU

Komplex vodojemů v Neborech tvoří 2 objekty. První (starší) zemní vodojem (právě u tohoto vodojemu probíhaly rekonstrukce a sanační práce a je předmětem této případové studie) sestává ze dvou akumulčních nádrží *kruhového půdorysu* o objemu $2 \times 1000 \text{ m}^3$. Mezi válcovými akumulčními komorami se nachází armaturní komora se vstupem do VDJ. Druhý (novější) zemní vodojem tvoří jedna akumulční nádrž *čtvercového půdorysu* o objemu 4000 m^3 , ke které přiléhá vstupní komora. Manipulační komora je umístěna asi 5 m před vstupní komorou vedoucí do akumulace.



Obr. 8.2 Ortofotomapa.

Souřadnice objektu: 49.6632222N, 18.6309722E

Kóty minimální a maximální hladiny jsou u obou vodojemů shodné. *Minimální hladina* se nachází ve výšce $373,00 \text{ m n. m.}$ a *maximální hladina* leží ve výšce $378,00 \text{ m n. m.}$ [12]



Obr. 8.3 Okolí objektu VDJ Nebory. Vlevo na obrázku technika stavební firmy provádějící rekonstrukce jak manipulační, tak obou akumulčních prostor staršího (dvoukomorového) vodojemu.

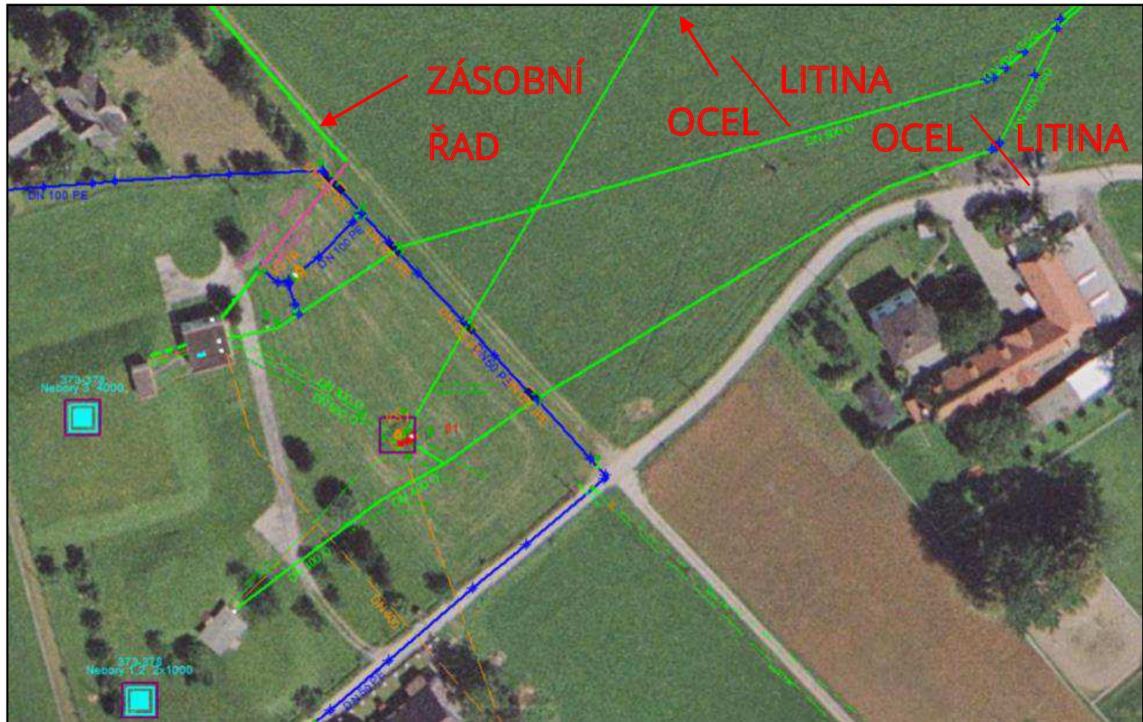
8.2 FUNKCE OBJEKTU V SYSTÉMU

Dvoukomorový vodojem byl vybudován v rámci projektu zvýšení dodávky vody pro Český Těšín a Třinec. Projekt tehdy zpracovávala firma Hydroprojekt. Vodojem byl uveden do provozu v roce 1963. V technické zprávě se uvádí, že se počítalo s možností dodatečného dostavění třetí válcové nádrže (tomu odpovídala i výkresová dokumentace s naznačením obrysu případné třetí komory v půdorysu). K realizaci třetí takové nádrže ovšem nedošlo. Později byl dostavěn samostatný jednokomorový vodojem o objemu akumulace 4000 m³. [12]

Pitná voda je do vodojemů přiváděna z úpravní vody Vyšní Lhoty a je částečně mísená s vodou z úpravní vody v Nové Vsi (Frýdlant nad Ostravicí). Přičemž záleží na aktuálním provozním nastavení. Pro ÚV ve Vyšních Lhotách je povrchovým zdrojem vodní nádrž Morávka. Nová Ves pak odebírá vodu z vodárenské nádrže Šance.

VDJ Nebory zásobuje lokality města Třinec (Kanada, nemocnice Podlesí, Sosna,...). Pro zásobování okrajových, menších lokalit slouží vodojem Nebory-Vrchy o objemu akumulace 1000 m³.

Zásobní (přívodní) řad Tošanovice-Nebory je proveden z ocelového potrubí DN500. Odběrová potrubí (dvoukomorového vodojemu) jsou rovněž ocelová o profilech DN400 a DN300, která pak přechází na tvárnou litinu – vně areálu (viz obr. 8.4 Vytyčovací schéma).



Obr. 8.4 Vytyčovací schéma.

8.3 STÁVAJÍCÍ STAV OBJEKTU

Obě akumulční nádrže tvoří monolitická, železobetonová konstrukce. Obě komory jsou po stránce rozměrové i konstrukční totožné. Na stavbu byl použit beton třídy B170 (dle tehdejšího značení) a vyztužen betonářskou ocelí 10 002. Komora je válcová - kruhový půdorys s průměrem 16 m a světlou výškou 5,36 m (konstrukční výška činí 5,54 m).

Stropní hřibovou desku o tloušťce 0,25 m podpírá 7 železobetonových sloupů čtvercového průřezu 0,30 x 0,30 m, které stojí na hřibové základové desce (rovněž z ŽB). Základová deska má v poli tloušťku 0,16 m a v místě sloupů je zesílena na 0,28 m. Tloušťka obvodových železobetonových stěn činí 0,22 m. Dno akumulace je vyspádováno prostým betonem. Obvodové stěny i vnitřní sloupy jsou opatřeny cementovou omítkou. Střešní krytina nad AN je tvořena ochranným cementovým potěrem tl. 0,020 m nad hydroizolačním souvrstvím (2 asfaltové pásy a 3 asfaltové

nátěry). Střešní krytinu nad vstupem tvoří plechová falcová krytina a hydroizolační souvrství s podkladními deskami Calofrig.

Dvoupatrová manipulační komora (umístěná mezi oběma akumulacemi) má půdorysné rozměry 6,30 x 9,00 m. Světlá výška spodního podlaží činí 4,20 m a horního podlaží 3,10 m. Spodní (podzemní) patro je železobetonové o tloušťce stěn 0,30 m, horní patro je z cihel tl. 0,30 m a s vnitřní i vnější omítkou. Stropní konstrukci nad spodní částí MK tvoří monolitický trámový strop s deskou tloušťky 0,10 m a trámy o rozměrech 0,25 x 0,50 m (včetně desky), a nad horní částí MK je rovněž monolitický trámový strop o tl. desky 0,08 m a trámy sedlového tvaru s rozměry 0,15 x 0,42 m. Střešní krytina je živičná na cementovém potěru, spodní líc ŽB desky je opatřen heraklitovými deskami o tloušťce 0,050 m s omítkou.



Obr. 8.5 Vstup do MK, stav před rekonstrukcí.

Okenní otvory jsou sklobetonové (luxfery) s větracími mřížkami a dveřní otvory jsou provedeny jako ocelové. [5]

8.4 POŽADAVKY NA REKONSTRUKCI A OPRAVU

Jestliže již vodojem neplní svou funkci, je nutné učinit taková opatření, aby byl opět uveden do přijatelného stavu.

Provedení úprav vodojemu, v souladu s předpisy pro nový vodojem, je vždy nutné posoudit podle technických a ekonomických možností. Dále je nutné vzít v úvahu funkci vodojemu v celém systému zásobování vodou. Musí být vypracován koncept odstávky vodojemu mimo provoz během úprav a odpojení veškerého potrubí rozvodného systému. [10]

Vodojem Nebory sloužil více než pět desítek let, proto je pochopitelné, že za tu dlouhou dobu docházela jeho životnost, která se projevovala např. značným opotřebením stavebních materiálů, korozí trubního vystrojení, špatnou funkčností hydroizolačních vrstev, apod.

Provozovatelem vodojemu tak bylo rozhodnuto provést celkovou rekonstrukci. V první fázi proběhl pasport objektu, díky kterému se zjistil technický stav

vodojemu. Dále byly provedeny stavebně-technické průzkumy a zjistily se příčiny závad (v případě VDJ Nebory rozhodovalo stáří, jako tomu bývá u většiny dnešních vodojemů).

Investor (= objednatel), v tomto případě firma SmVaK Ostrava a.s., se musel nejprve domluvit s projekční firmou, v tomto případě V&V stavební a statická kancelář, spol. s r.o., na rozsahu oprav.⁹ Poté firma zpracovala projektovou dokumentaci k vodojemu. Realizaci projektu vysoutěžila firma BETOCHEM, s.r.o.

8.4.1 Investiční záměr investora

Požadovaný rozsah oprav zahrnoval:

- sanaci vnitřních částí betonové konstrukce obou AN,
- sanaci stropní betonové konstrukce a vyspravení lokálně narušených míst stropní konstrukce MK, opravu MK – vnitřní a vnější omítky, úpravy okenních a dveřních otvorů
- nový střešní plášť u obou AN i MK včetně klempířských výrobků,
- odvodnění povrchu akumulčních komor novou drenáží kolem objektu,
- odvětrání akumulčních komor,
- obnovu nátěrů potrubních rozvodů,
- opravu zemního obsypu akumulčních nádrží i armaturní komory. [5]

8.4.2 Stavebně-technické průzkumy

Stavebně-technické průzkumy byly provedeny 2 (v roce 2014) a zahrnovaly:

- diagnostickou prohlídku pravé AN, kterou provedla laboratoř stavebních hmot fakulty stavební, VŠB TU Ostrava,
- ověření stávajícího stavu izolačního souvrství nad AN, které provedla firma TESTSTAV, spol. s r.o., Ostrava.

Výsledkem průzkumu prováděného firmou TESTSTAV bylo zjištění, že stávající HI souvrství je v dobrém stavu a v místě sondy byla prokázána jeho celistvost.

Druhý průzkum byl rozsáhlejší. Jednalo se o vyhodnocení odtrhových zkoušek a zkoušek karbonatace betonu. Zkoušky mimo jiné ukázaly, do jaké hloubky sahala zdegradovaná vrstva, kterou bylo potřeba při rekonstrukcích odstranit. Výsledky tohoto průzkumu jsou uvedeny v následující kapitole.[5]

⁹ V této fázi je velmi důležitá komunikace mezi majitelem (zadavatelem zakázky) a projektantem. Ochota vzájemně spolupracovat na projekčním řešení, např. spolupráce s investorem v případě nutnosti korekce návrhu na stavbě, řešení nejasností, atd.

8.5 SOUPIS PORUCH A ZÁVAD

Na základě provedeného stavebně-technického průzkumu bylo možné charakterizovat následné poruchy a závady:

a) akumulční nádrž

- narušení povrchu podlahy ze spádového cementového potěru vymytím cementového tmele do hloubky 5 mm (ze 45 % plochy)
- na 40 % plochy svislých obvodových stěn viditelné poškození cementové omítky
- povrchové narušení roznášecích náběhů sloupů (hlavic) smršťovacími trhlinami
- na několika místech nulové krytí betonářské výztuže stropní monolitické konstrukce; degradace cementové omítky stropu (prokreslení výztuže spodního líce stropní konstrukce na 80 % plochy, viditelné odprsky krycí vrstvy výztuže na 30 % plochy – narušení této výztuže laminární korozi s úbytkem až 20 % jejího průměru)
- cca 20 % plochy potrubí v akumulční komoře narušeno důlkovou korozi (hloubka narušení do 4,2 mm při původní tloušťce potrubí 6,0 – 6,5 mm)
- propadnutí zeminy na několika místech zemních obsypů AN
- diagnostickou prohlídkou se zjistily také následující fyzikálně-mechanické vlastnosti:

Tab. 8.1 Ověřené hloubky degradace – karbonatace povrchu betonu nebo cementové malty. [5]

TYP KONSTRUKCE	HLOUBKA [mm]
svislé konstrukce	8
sloupy	14
spádová vrstva	8
stropní konstrukce	10

Tab. 8.2 Pevnost betonu v tlaku. [5]

TYP KONSTRUKCE	PEVNOSTI BETONU V TLAKU [Mpa]	
	průměrné	f _{ck,c} *
svislé konstrukce (stěny)	34,9	21,0
nosná konstrukce dna	25,9	9,5
spádová vrstva dna (orientační)	14,3	-

* f_{ck,c} - charakteristická krychlená pevnost

Tab. 8.3 Pevnost betonu v tahu povrchových vrstev. [5]

TYP KONSTRUKCE	PEVNOSTI BETONU V TAHU [Mpa]	
	minimální	průměrné
svislé konstrukce (stěny)	0,1	0,6
sloupy	0,1	0,6
spádová vrstva dna	0,0	0,4
stropní konstrukce	0,5	1,1



Obr. 8.6 Stropní konstrukce pravé AN - stav před rekonstrukcí. Jsou patrné známky degradace betonu.

Obr. 8.7 Detailní pohled na místo s odkrytou betonářskou výztuží.

b) manipulační komora

- narušení betonové konstrukce stropní desky
- trhлина v obvodové stěně armaturní komory v místě styku zdiva a ztužujícího věnce
- lokální narušení vnitřní omítky v horní části MK
- lokální narušení venkovní omítky
- poškozená dešťová kanalizace (v místě gajgru) v důsledku poklesu vrstvy náspu [5]

8.6 REALIZACE OPRAV

V této kapitole jsou popsána sanační opatření a opravy vodojemu doplněné fotografiemi pořízenými mnou při návštěvě objektu nebo pocházejícími ze soukromého archivu stavbyvedoucího pana ing. Aleše Vatrasy.

8.6.1 Akumulační nádrže

Nejdříve probíhala rekonstrukce pravé AN a komora byla úspěšně zprovozněna. Poté se soustředily sanační práce na levou nádrž¹⁰. Dokončení a předání obou komor do užívání proběhlo k 15. 12. 2017. [6]

- **Vnitřní sanace** – týkají se vnitřního líce nosné betonové konstrukce

Na začátku se musely povrchy mechanicky očistit a připravit na následné nanášení sanačních hmot. Mechanickým čištěním se odstranily narušené, zkarbonatované a zdegradované vrstvy betonu a to v tloušťkách od cca 5 - 15 mm (dle druhu konstrukčního prvku – dno, stěny, strop, sloupy). Muselo se dosáhnout únosného betonového podkladu (tj. takový podklad, který vykazuje průměrnou pevnost v tahu povrchových vrstev betonu $R_t > 1,4 \text{ MPa}^{11}$). [5]

Čištění se provádělo jednak **otryskáním tlakovou vodou** za použití stroje s výkonem 1000 ba (vodní paprsek při tlaku 100 MPa), ale také **osekáním** nesoudržných vrstev betonu s použitím sbíječek a frézy¹². Svrchní vrstvy hlavic sloupů se osekávaly/vylamovaly ručně.



Obr. 8.8 Fréza: duševní vlastnictví a KNOW-HOW firmy BETOCHEM, s.r.o.

¹⁰ V této fázi jsem vodojem navštívila - na začátku podzimu.

¹¹ Při kontrole přídržnosti povrchových vrstev svislé konstrukce po odstranění degradované vrstvy byly zjištěny hodnoty vyšší než 1,3 MPa. [5]

¹² Frézu, kterou můžete vidět na obrázku 8.8, si firma vyrobila sama. Velmi důmyslný stroj pro usnadnění a zrychlení práce.



Obr. 8.9 Očištěná pata sloupu.

Obr. 8.10 Fáze mechanického čištění povrchů. Z fotky je patrné, že již byly osekány hlavice a paty sloupů, očištěno dno a vyfrézována část stěny.

Potom se provedla **injektáž smršťovacích trhlin**, které byly zjištěny u náběhů sloupů. Použilo se polyuretanové pryskyřice PCI Apogel, která při kontaktu s vodou vytvoří rychle těsnící pěnu. [13]

Dále byla provedena **opatření k zamezení probíhající koroze nátěrem výztuže a aplikací inhibitoru koroze**. Na obnaženou výztuž, předem očištěnou od nesoudržných korozních zplodin, byl aplikován nátěr antikorozním prostředkem PCI Nanocret AP. Pasivace výztuže se provedla celoplošným nástřikem inhibitoru koroze Protectosil CIT pomocí nízkotlakého stříkacího zařízení (běžná spotřeba přípravku činí 600 ml/m²; nanáší se ve dvou krocích s časovým odstupem alespoň 15 minut). [5]

V další fázi byla provedena oprava betonové konstrukce stropu, stěn, podlah a sloupů nanesením sanační malty tak, aby byla vytvořena dostatečná krycí vrstva výztuže (tzv. **reprofilace povrchu**). Na reprofilaci se použila sanační malta s označením PCI Nanocret R3, která se nanášela na stropní konstrukci v průměrné tloušťce vrstvy 20 mm, na stěny nádrže v průměrné tloušťce 10 mm a na dno, které muselo být provedeno ve spádu směrem ke kalové jímce, v průměrné tloušťce taky 10 mm. Pracovníci se museli držet podmínek pro aplikaci malty, a sice navlhčit podklad 24 hodin před nanášením, taky aby byl při aplikaci vlhký ale bez stojící vody, a teplota vzduchu a podkladu se měla pohybovat od +5°C do +30°C.

Nakonec přišel na řadu **ochranný nátěr**. Konkrétně byla použita izolační stěrka s označením Masterseal 550¹³. Jestli se finální stěrka nanášela ručně nebo strojně, záviselo na teplotě a vlhkosti povrchu konstrukce a prostředí. Na obrázcích níže jsou k vidění oba případy nanášení stěrky. Při nízkých teplotách a vysokých vlhkostech nebo při nepříznivé kombinaci těchto faktorů se prováděla stěrka ručně. [6] Povrch nátěru musel být proveden hladký v průměrné tloušťce 4 mm. Jako všechny materiály, které přichází do styku s pitnou vodou, má i tento nátěr atest hlavního hygienika ČR.



Obr. 8.11 Vlevo omítací stroj PFT G4. [14] Vpravo na fotografii jeho použití při reprofilaci povrchu. Strojní nanášení cementové sanační malty Nanocret R3.



Obr. 8.12 Jednotlivé vrstvy sanačních hmot. Tmavá vrstva: malta Nanocret R3. Světlá vrstva: ochranný nátěr PCI Barraseal 2K.

Obr. 8.13 Ruční nanášení izolační stěrky PCI Barraseal 2K.

¹³ Novější označení: PCI Barraseal 2K



Obr. 8.14 Vlevo vysoce výkonné stříkácí zařízení AIRLESSCO TS1500 především pro aplikaci stěrkových hmot a barev. Vpravo jeho použití při strojním nanášení stěrky PCI Barraseal 2K (Masterseal 550).

- **Vnější sanace**

Spočívaly v opravě původní skladby střechy nad oběma akumulárními komorami, novém provedení hydroizolační vrstvy stěn vodojemu do hloubky cca 1,0 – 1,5 m a zřízení nového drenážního potrubí kolem objektu.

Nejprve se musela **odstranit vrstva zeminy nad a kolem nádrží** za použití bagru a z části ručně. Poté následovalo **otryskání tlakovou vodou** při použití stejné technologie jako u čištění vnitřních prostor AN.

Po odkrytí a očištění se zjistilo, že lepenkové pásy byly poškozené a vnější tepelná izolace zcela chyběla. Před začátkem prací na projektantem navržené nové skladbě střechy bylo třeba povrch připravit, což spočívalo v **odstranění nesoudržných částí betonového potěru a vyspravení původního hydroizolačního souvrství**. Byly vyrovnány lokální nerovnosti a prohlubně pro zajištění plynulého odtoku srážkové vody z plochy střechy.

V tomto odstavci je popsána **technologie nové střešní skladby** s uvedením konkrétních použitých výrobků. Připravený povrch byl natřen asfaltovou penetrační emulzí DEKPRIMER a přetaven asfaltovým pásem GLASTEK AL 40 MINERAL, který slouží jako parozábrana a provizorní hydroizolace. Následovalo přilepení tepelněizolačních (spádových) desek ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS 150 S STABIL za použití polyuretanového lepidla INSTA-STICK. Na tepelnou izolaci byla položena první vrstva hydroizolace z SBS modifikovaného samolepícího asfaltového pásu GLASTEK 30 STICKER PLUS a následně plnoplošně natavena druhá vrstva HI z SBS modifikovaného asfaltového pásu GLASTEK 40

SPECIAL MINERAL. Vrchní asfaltový pás ELASTEK 50 GARDEN s aditivy proti prorůstání kořenů a s nosnou vložkou z polyesterové rohože byl na podklad plnoplošně nataven. Poté byla dána separační geotextilie FILTEK 300, přes kterou byla položena hydroakumulační nopová fólie DEKDREN T20 GARDEN, a jako poslední byla položena opět separační geotextilie FILTEK 200. [5]

Odvodnění akumulčních komor zajišťuje komplexní drenážní systém OPTI-DRAIN. Součástí odvodnění byla i výměna poničeného potrubí stávající dešťové kanalizace za nové DN110 z PVC trub, včetně lapače střešních splavenin (gajgr).

Na **zásyp** byla použita vykopaná zemina, která se hutnila po vrstvách 250 mm. **Ozelenění** se provedlo vegetačním substrátem. Zde je potřeba dodat, že se rekonstruovala také navazující šikmá střecha nad vstupem do AN (viz obr. 8.16 a 8.21), která byla ukončena hydroizolačním souvrstvím z asfaltových pásů bez použití vegetačního pokryvu.



Obr. 8.15 Odstraňování vrstvy humusu ze střechy nad pravou akumulční komorou za použití bagru.



Obr. 8.16 Odkrytý vstup do pravé AN, demontáž a příprava na rekonstrukci šikmé střechy nad vstupem do nádrže.



Obr. 8.17 Zemní práce. Lze vidět očištěný povrch AN.



Obr. 8.18 V této fázi je skladba střechy dokončena. Vidíme položenou a zatíženou geotextilii.



Obr. 8.19 Systém OPTI-DRAIN. Kolem AN je položena drenážní trubka s drenážním obsypem.



Obr. 8.20 Pravá AN (tou dobou už zprovozněná) je téměř zasypána. V této fázi ještě zbývá tepelná izolace stěn, drenáž a pak dosypat.



Obr. 8.21 Střecha nad vstupem do akumulární komory je obnovena, nad samotnou AN už probíhá zásyp zeminou.

- **Výměna potrubí**

Stávající ocelové trubní rozvody byly nahrazeny trubními rozvody z nerezové oceli tak, že prostupy potrubí ve stěnách zůstaly zachovány a výměna potrubí proběhla jen v prostoru akumulárních komor. Stávající přítokové a přepadové potrubí DN300 nahradilo v prostoru AN nerezové potrubí stejného profilu. Ocelové odběrné potrubí DN400 bylo vyměněno opět za nerezové potrubí DN400, včetně sacích košů DN400. Byla použita tlaková třída materiálu potrubí PN16 a použita nerezová ocel třídy 1.4301. Po provedení se potrubí opatřilo nátěrem Masterseal 550, který splňuje požadavky na materiál určený pro styk s pitnou vodou.

Potrubí je kotveno betonovými bločky (beton třídy C25/30) půdorysného rozměru 0,20 x 0,70 m, výšky 0,15 m. Ke stávajícímu povrchu jsou bločky ukotveny pomocí chemických kotev (6 ks na jeden bloček).

V nádržích jsou instalovány nové nerezové žebříky s ochrannými koši.



Obr. 8.22 Odřezané potrubí (zleva) bezpečnostního přelivu, přítoku a odběru uvnitř levé AN.



Obr. 8.23 Zkorodovaná ocelová potrubí prozatím ponechaná v prostoru staveniště.



Obr. 8.24 Pokročilá koroze na vnitřní straně původního potrubí.



Obr. 8.25 Nové ocelové potrubí v sanované pravé nádrži.



Obr. 8.26 Pohled na sací koš nerezového odběrného potrubí DN400.

8.6.2 Manipulační komora

Opravy provedené na armaturní komoře jsou uvedeny jen výčtem. Nejsou zde rozebírány podrobnosti. Považovala jsem za důležitější popsat detailněji technologie používané na akumulacích nádržích, kde se uplatňují specifické postupy a materiály týkající se vodohospodářské infrastruktury. Druhý důvod se týká délky a rozsahu bakalářské práce.

Armaturní komora prodělala úpravy stěn i stropů včetně zateplení¹⁴. Nesoudržné části stávajících omítek byly oklepany a vyspraveny cementovou štukovou omítkou. Na vnitřní i vnější stranu přišel nový nátěr. Trhliny na fasádě armaturní komory ve styku ŽB věnce se zdívem byly přiznány a překryty dilatační fasádní lištou. Výplně otvorů byly vybourány a vyměněny, na vstupu do akumulacích komor osazeny nové dvoukřídlé ocelové dveře včetně bezpečnostního kování (viz obr. 8.27), vstupní dveře do MK jsou ocelové (zateplené), jednokřídlé s povrchovou úpravou pozink a bezpečnostním kováním. Sklobetonové tvárnice (luxfery) nahradila nová sklobetonová okna, včetně větracích otvorů opatřených mřížkami proti hmyzu a protidešťových žaluzií. Dále patřila k úpravám montáž nového vzduchotechnického zařízení.



Obr. 8.27 Nové ocelové dvoukřídlé dveře před vstupem do pravé akumulací komory.

¹⁴ Po zateplení byl zpět namontován hromosvod a provedena revize jeho rozvodů. [5]

Zároveň byly provedeny: navýšení a rozšíření stávající atiky, nová skladba střešního pláště a s tím spojené klempířské práce.

K drobnějším úpravám patřilo zakrytí stávající výpustné jímky v MK roštem z kompozitu, uloženém na nově zabetonovaných nerezových úhelnících L40/4, opravení venkovních betonových schůdků (otryskání tlakovou vodou, odstranění zdegradovaného betonu, reprofilace, celoplošný ochranný nátěr) a jejich opatření z jedné strany ocelovým zábradlím. [5]



Obr. 8.28 Nová fasáda – vstup do MK.

Obr. 8.29 Zrekonstruované přízemí MK. Na obrázku je vidět vstup do levé AN.

8.7 KONTROLNÍ ZKOUŠKY

Kontrolní zkoušky se provádějí nejen po dokončené sanaci, ale i v průběhu aplikace sanačních hmot.

8.7.1 Zkoušení povrchů a materiálů

Už po mechanickém očištění povrchů akumulární nádrže a předúpravě betonové konstrukce se provedly **kontrolní zkoušky pevnosti betonu v tahu povrchových vrstev**. Celkem bylo stanoveno provést 10 zkoušek (3 zkoušky dno, 4 zkoušky stropní konstrukce, 3 zkoušky stěny). Požadavek na tyto zkoušky zněl, aby:

- minimálně 80 % zjištěných hodnot pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu byl $R_t > 1,4$ MPa
- a zbývajících 20 % zjištěných hodnot pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu byl $R_t > 0,8$ MPa.

K dalším zkouškám patřila **kontrola aplikace inhibitoru koroze, kontrola aplikace správkových hmot** (kdy odtrhovou zkouškou zjišťujeme soudržnost správkových hmot s betonovou konstrukcí; opět určeno provést 10 zkoušek s podmínkou, aby $R_t > 1,4$ MPa) nebo **kontrola povrchových ochranných systémů** zkouškami přídržnosti či měřením tloušťky vrstvy nátěru (10 zkoušek, $R_t > 1,4$ MPa).

V místech po provedených zkouškách se konstrukce zapravila sanačními materiály. [5]

8.7.2 Zkoušky vody a zkoušky vodotěsnosti nádrží

Zkoušku vodotěsnosti u obou nádrží zajistila a provedla (dle příslušné normy ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží) zhotovitelská firma za dozoru investora. Nemalé náklady na zkoušku byly zahrnuty v rozpočtu. Samotný průběh zkoušky je podrobně uveden v kapitole 6 Zkoušky vodotěsnosti nádrží.

Po dokončení sanačních prací se vnitřek AN (zde je popsán průběh u jedné nádrže) vyčistil oplachy teplou vodou (firma má vlastní průtokový ohříváč) a poté se nádrž mohla naplnit zkušební vodou z hydrantu v rámci areálu a zkouška započala. Po dokončení byla voda vypuštěna do kanalizace.

Během zkoušky se odebíraly vzorky na rozbory vody dle vyhlášky MZe 252/2004 Sb. Mikrobiologické a další rozbory a následné proplachy a dezinfekci nádrží už si zajistil provozovatel – tedy společnost SmVaK Ostrava a.s. Rozbor vody provedla firma Aqualia infraestructuras inženýring, s.r.o., která je bývalou dceřinou společností SmVaK Ostrava a.s. Dnes tyto dvě samostatné firmy, obě spadající pod majoritního vlastníka Aqualia, úzce spolupracují. [15]

Obě komory zkouškám vodotěsnosti vyhověly, taktéž byly v pořádku kvalitativní výsledky ze zkoušek vody. Po dokončení byly vyhotoveny protokoly. Oficiální předání komor do užívání provozovateli se uskutečnilo 15. 12. 2017.



Obr. 8.30 Pohled do pravé akumulční nádrže během plnění při provádění zkoušky vodotěsnosti.

9 ZÁVĚR

Rekonstrukce vodojemů se v posledních letech stávají jednou z významných činností a náplní práce provozovatelů vodohospodářské infrastruktury. Potřeba sanačního zásahu je důsledkem stárí betonových konstrukcí, případně jejich technologické části, a jejich postupně končící životnosti.

Bakalářská práce je rozčleněna do osmi kapitol. V prvních čtyřech kapitolách je shrnuta stávající problematika sanace betonových vodárenských vodojemů, obecné postupy, zásady a doporučení pro správné řešení rekonstrukcí, v současné době používané a dostupné materiály v České republice a také na co je doporučeno se zaměřit při výběru zhotovitelé firmy. Následující tři kapitoly se zabývají prováděnými kontrolními zkouškami, ať už probíhají v kterékoli fázi procesu sanace, a také zkouškami vodotěsnosti, zkouškami vody a čištěním, které je vždy nezbytné provést před zprovozněním vodojemu. V poslední kapitole je popsán celý proces sanace vodojemu.

Hlavním cílem této práce bylo poskytnout hlubší vhled do této problematiky, počínaje diagnostikou objektu a konče jeho uvedením do provozu - ilustrováno na konkrétním ŽB vodojemu.

Předložená bakalářská práce může posloužit například jako pomůcka při navrhování sanačních opatření na vodojemech nebo ji lze využít jako studijní materiál v rámci školy.

V bakalářské práci se také poukazuje na nedořešené problémy v oblasti výběru vhodných materiálů pro sanace a zejména pak na neexistující možnost vyhodnocení kvality upraveného povrchu vnitřních prostor AN (jeho drsnosti, respektive hladkosti). Musí se tak uplatňovat individuální názory a hodnocení je spíše pocitové, což pak v praxi mnohdy vede k rozporům, omylům a jiným nedorozuměním či komplikacím při řešení dané problematiky.

Pokud jsem se ve své práci zaměřila především na technickou a technologickou stránku věci, pak bych ráda na závěr zdůraznila ještě několik důležitých zásad při samotné realizaci projektu. Má-li být dílo zdárně završeno, musí všechny zainteresované strany v průběhu stavby kooperovat. Součinnost investora, dodavatele, projektanta a technického dozoru je nezbytná. Předem všemi schválený harmonogram kontrolních dnů, vedení stavebního deníku, pořizování a verifikace zápisu o průběhu stavby je jistou zárukou úspěchu.

Z provedené rešerše vyplývá, že v rámci České republiky je na trhu k dispozici velký výběr materiálů i realizačních firem. Vývoj jde však stále dopředu a proto je

nutné sledovat na internetu, v odborné literatuře, případně výsledky výzkumných ústavů týkající se navrhování sanací vodojemů a průběžně se informovat a vzdělávat.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BOUDA, R.: *Zkušenosti ze sanací akumulčních prostor*, SOVAK č.10, pp 5-9, 2017, Praha, ISSN 1210-3039.
- [2] *SmVaK - Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.smvak.cz/>
- [3] *Vodovod.info* [online]. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info>
- [4] *Waymarking* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://www.waymarking.com/waymarks/WM9XZN_Water_tower_in_Brno_Kohoutovice_Vodojem_Kohoutovice
- [5] VAŠÍČEK, Ing. Tomáš a Ing. Vladimír VAŠÍČEK. *TECHNICKÁ ZPRÁVA: VDJ Nebory - Oprava AK a sanace akumulčních komor*. Ostrava, 2014, 22 s.
- [6] VATRAS, Ing. Aleš. *Osobní sdělení*. Konzultace v sídle firmy BETOCHEM, s.r.o. – Ostrava-Kunčičky. [cit. 2018-10-23]
- [7] *FALCH - world of water jetting* [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://www.falch.com/products/t10-800-mieg360.html>
- [8] *EBETON* [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/>
- [9] ČSN 75 0905: *Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 4/2014
- [10] ČSN EN 1508: *Vodárenství – Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 1/2000
- [11] Nebory. *WIKIPEDIE - Otevřená encyklopedie* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Nebory>
- [12] HYDROPROJEKT. *Technická zpráva a podklady: Zvýšení dodávky vody pro Český Těšín a Třinec*. Ostrava, 1963.
- [13] *PCI Für Bau-Profis* [online]. [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: <http://www.pci-cz.cz/>
- [14] *Půjčovna stavební mechanizace PŮMEVEK* [online]. [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.pumevek.cz/omitaci-souprava-pft-g4-pft-silomat.html>
- [15] *Aqualia infraestructuras inženýring, s.r.o.* [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.ai-inzenyring.cz/>
- [16] BARTOŠ, Ladislav a Bohdan SOUKUP. *Odborný versus amatérský provozovatel - kde je stát?*. In: *VODA ZLÍN 2017*. Moravská vodárenská, a.s., 2017, s. 9-12. ISBN 978-80-905716-3-1.
- [17] BARÁK, František. *Opatření pro zajištění dostatečných zdrojů pro výrobu pitné vody*. In: *VODA ZLÍN 2017*. Moravská vodárenská, a.s., 2017, s. 5-8. ISBN 978-80-905716-3-1.

- [18] VYKYDAL, Miroslav. *Obnova – základní princip vodárenství*. Sborník konference Pitná voda 2010, s. 17-20. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8
- [19] DROCHYTKA, Rostislav. *Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III*. Brno: Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, 2012. ISBN 978-80-260-2210-7.
- [20] LUTOMIRSKA, Marta a Szczepan LUTOMIRSKI. Comparison of Damage Due to Corrosion for Reinforced Concrete Tanks for Raw and Treated Water. *Procedia Engineering*. 2014(91), str. 244 - 249.
- [21] AGRU: *The Plastics Experts.: AGRU HYDROCLICK* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.agru.at/en/>
- [22] *Etertub: Das Etertub - Auskleidungssystem* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.ertertub.com/de/reservoirsanierungen.html>
- [23] SCHEJBAL, Richard. *Povrchové úpravy návodních líců vodojemů, aktuální zkušenost s vlozkováním vodojemu dolního pásma Frýdlant: sborník celostátní konference* [online]. České Budějovice, 1990- [cit. 2018-01-07]. ISBN 978-80-905238-1-4.
- [24] 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.
- [25] *Science and technology of concrete admixtures*. Amsterdam: Elsevir, 2016. Woodhead Publishing series in civil and structural engineering, no. 59. ISBN 978-0-08-100693-1.
- [26] BINDAČ, Ing. Martin. *Osobní sdělení*. Konzultace v sídle firmy HUTNÍ PROJEKT OSTRAVA, a.s. – Ostrava, Mariánské hory. [cit. 2018-10-23]
- [27] *XYPEX: Vodonepropustnost betonu a ochrana betonových konstrukcí* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.nekap.cz/xypex/index.php>
- [28] *Xypex* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://xypex.com/>
- [29] KRAKOW, Eve. *WATERCanada: Prioritize This* [online]. 2015 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.watercanada.net/feature/prioritize-this/>
- [30] *KEMA: Stavební chemie* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.kema-on.net/cz>
- [31] SCHEJBAL, Richard. *20 let rekonstrukce vodojemů*. In: VODA ZLÍN 2016. Zlín: Moravská vodárenská, 2016, s. 117-122. ISBN 978-80-905716-2-4.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Typický rozsah diagnostiky pro AN zemního betonového vodojemu o objemu 250 m ³ [1]	9
Tab. 4.1 Požadované základní parametry správkových hmot podle ČSN EN 1504-3. [19]	19
Tab. 6.1 Zatřídění nádrží na kapaliny dle vizuálního zhodnocení. [9]	29
Tab. 8.1 Ověřené hloubky degradace – karbonatace povrchu betonu nebo cementové malty. [5]	37
Tab. 8.2 Pevnost betonu v tlaku. [5]	37
Tab. 8.3 Pevnost betonu v tahu povrchových vrstev. [5]	38

SEZNAM ROVNIC

(6.1) Posouzení vodotěsnosti podle poklesu zkušební hladiny Δh	29
(6.2) Posouzení vodotěsnosti podle úniku vody ΔQ	29

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Příklad zemního a věžového vodojemu. [4].....	7
Obr. 3.1 Vysokotlaké vodní čistící zařízení FALCH T10/800. [7]	11
Obr. 3.2 Příklad zkoušky karbonatace fenolftaleinem in situ. [1].....	15
Obr. 3.3 Odtrhový terč. [1]	15
Obr. 4.1 Adhezní (spojovací) můstek – SCHEMA. [19]	19
Obr. 4.2 Renovace zásobníku pitné vody v Montrealu. [28, 29]	21
Obr. 4.3 Plastová vystýlka a lišty pro kotvení. Systém HYDRO ^{CLICK} . [21]	23
Obr. 4.4 Postup při montáži HYDRO ^{CLICKU} . [21].....	24
Obr. 4.5 Příklady použití. [21, 22]	24
Obr. 5.1 Fenolftaleinový test karbonatace betonu.	25
Obr. 5.2 Příklad odtrhové zkoušky in situ.	25
Obr. 8.1 Nebory na mapě ČR – lokalita vodojemů. [11].....	32
Obr. 8.2 Ortofotomapa. Souřadnice: 49.6632222N, 18.6309722E.....	32
Obr. 8.3 Okolí objektu VDJ Nebory.....	33
Obr. 8.4 Vytýčovací schema.....	34
Obr. 8.5 Vstup do MK, stav před rekonstrukcí.	35
Obr. 8.6 Stropní konstrukce pravé AN - stav před rekonstrukcí.....	38
Obr. 8.7 Detailní pohled na místo s odkrytou betonářskou výztuží.....	38
Obr. 8.8 Fréza: duševní vlastnictví a KNOW-HOW firmy BETOCHEM, s.r.o.....	39
Obr. 8.9 Očištěná pata sloupu.	40
Obr. 8.10 Fáze mechanického čištění povrchů.....	40
Obr. 8.11 Omítací stroj PFT G4. [14] A reprofilace povrchu	41
Obr. 8.12 Jednotlivé vrstvy sanačních hmot.	41
Obr. 8.13 Ruční nanášení izolační stěrky PCI Barraseal 2K.	41
Obr. 8.14 Nanášení hydroizolační stěrky zařízením AIRLESSCO TS1500.	42
Obr. 8.15 Odstraňování vrstvy humusu nad pravou AN za použití bagru.	43
Obr. 8.16 Odkrytý vstup do pravé AN.....	43
Obr. 8.17 Zemní práce.	43
Obr. 8.18 V této fázi je skladba střechy dokončena. Je položena geotextilie.....	43
Obr. 8.19 Drenážní systém OPTI-DRAIN.....	43
Obr. 8.20 Vnější pohled na téměř dokončenou pravou AN.	44
Obr. 8.21 Obnovená střecha nad vstupem do AN, probíhá zásyp zeminou.....	44
Obr. 8.22 Odřezané potrubí (zleva) bezpečnostního přelivu, přítoku a odběru uvnitř levé AN.....	44

Obr. 8.23 Zkorodovaná odřezaná ocelová potrubí na staveništi.	44
Obr. 8.24 Pokročilá koroze na vnitřní straně původního potrubí.....	44
Obr. 8.25 Nové ocelové potrubí v sanované pravé nádrži.	45
Obr. 8.26 Pohled na sací koš nerezového odběrného potrubí DN400.....	45
Obr. 8.27 Nové ocelové dvoukřídlé dveře před vstupem do pravé AN.....	45
Obr. 8.28 Nová fasáda – vstup do MK.	46
Obr. 8.29 Zrekonstruované přízemí MK.	46
Obr. 8.30 Pohled do pravé AN během plnění na zkoušku vodotěsnosti.....	47

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a.s.	...	akciová společnost
aj.	...	a jiné
AN	...	akumulační nádrž (vodojemu)
apod.	...	a podobně
BOZP	...	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CC	...	cementové malty a betony
ČIŽP	...	Česká inspekce životního prostředí
ČR	...	Česká republika
ČSN	...	česká technická norma
DN	...	jmenovitý vnitřní průměr potrubí (světlost), DN = Diameter Nominal
EFTA	...	Evropské sdružení volného obchodu (<i>European Free Trade Association</i>)
EN	...	Evropská norma
h	...	hloubka [mm]
HCl	...	kyselina chlorovodíková
HI	...	hydroizolace
HSZ	...	hasičský záchranný sbor
MK	...	manipulační komora (vodojemu)
MZe	...	Ministerstvo zemědělství
OOV	...	Ostravský oblastní vodovod
PC	...	polymermalty a polymerbetony
PCC	...	polymercementové malty a betony
PD	...	projektová dokumentace
PE	...	polyethylen
popř.	...	popřípadě
PP	...	polypropylen
PVC	...	polyvinylchlorid
Q	...	průtok [m ³]
RC	...	RC = reinforced concrete (vyztužený beton, železobeton)
R _t	...	pevnost v tahu povrchových vrstev [MPa]
s.r.o.	...	společnost s ručením omezeným (také označení spol. s r.o.)
STP	...	stavebně-technický průzkum
tj.	...	to je
tl.	...	tloušťka [mm], [m]
tzn.	...	to znamená

ÚV	...	úpravna vody
VDJ	...	vodojem
VH	...	vodní hospodářství, vodohospodářský (záleží na kontextu)
VVP	...	vysokotlaký vodní paprsek (technologie tryskáním tlakem vody)
ŽB	...	železobeton, železobetonový

Jednotky

m	...	metr
m ²	...	metr čtvereční
m ³	...	metr krychlový
MPa	...	megapascal; převodní vztah: 1 MPa = 10 ba = 100 m v. sl.
ba	...	bar
mm	...	milimetr
%	...	procento
lb	...	libra (libry = lbs), jednotka hmotnosti v UK (1 lb = 0,454 kg)
mg/l	...	miligramů na 1 litr
Kč/m ²	...	Korun českých za m ²
°C	...	stupeň Celsia

Symboly

≤	...	menší nebo rovno než
≥	...	větší nebo rovno než
Δ	...	delta, změna
>	...	větší než

SUMMARY

Many of reinforced concrete (RC) ground potable water tanks have been approaching the end of their service life in the Czech Republic in recent years. Therefore, water management companies have emphasised the importance of investing in water tanks reconstructions and rehabilitation measures. After all, these buildings supply us with potable water which is necessary for our survival. Especially nowadays, when there is lack of water and there is increased need for accumulation. Accordingly, reconstruction of water tanks was the main impulse for the research paper.

The paper consists of an introduction including assessment of an existing condition of the problematics within the Czech Republic, general principles and methods for the reconstruction of ground water reservoirs, an overview of used materials and products, followed by chapter covering implementing companies. The thesis also includes chapters devoted to carbonation and sclerometer tests necessary for diagnostics of the concrete. Next, water quality testing and testing of water tightness is described in detail. Considerable part of the thesis focuses on particular surface service reservoir located in Nebory-Třinec, where the whole reconstruction process, beginning with the primary diagnostics and ending with putting the reservoir into operation, is demonstrated.

The main aim of the paper was to provide a further insight into this issue. The bachelor's thesis might be helpful while designing reconstructions of RC ground water tanks for potable water or it could be used as study material within school.