

# **POVRCHOVÉ ÚPRAVY NÁVODNÍCH LÍCŮ VODOJEMŮ, AKTUÁLNÍ ZKUŠENOST S VLOŽKOVÁNÍM VODOJEMU DOLNÍHO PÁSMSA FRÝDLANT**

**Ing. Richard Schejbal**

SWECO Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 00 Praha 4, [richard.schejbal@sweco.cz](mailto:richard.schejbal@sweco.cz)

V souvislosti s řadou nejasností a problémů, které se vyskytují při přípravě a poté při stavbě nových nebo rekonstrukcích stávajících nádrží, považuji za potřebné probudit diskusi o povrchových úpravách vodojemů, resp. betonových nádrží, ve vodárenství v ČR. Nejde přitom o nové téma – z různých důvodů se již několik desítek let ojediněle aplikují různé typy vystýlek, při rekonstrukcích nádrží (převažující stavební činnost ve vodním hospodářství po roce 2000) se používají různé reprofilační malty, stěrky a nátěry a v poslední dekádě se při výstavbě nových děl uplatňují, opět bohužel nesystematicky, i moderní betonářské technologie ovlivňující kvalitu povrchu nádrží. Ve vodárenských odborných kruzích přitom neexistuje ani základní shoda na principech a požadavcích řešení problému, nejen v důsledku neznalosti všech současných možností, ale i řady chyb a vad při realizacích nových staveb i při sanačních zásazích na stávajících nádržích.

Základní principy, na kterých by měla panovat obecná shoda, jsou zejména:

- Zásobování vodou a související infrastruktura, a tedy i vodojemy a jiné vodárenské nádrže, jsou nepostradatelnými prvky dosažené kvality života. Strategickému významu by měla být přizpůsobena i jejich bezpečnost v nejširším smyslu.
- U nově budovaných staveb očekáváme (obvykle jen implicitně) životnost 100 i více let, u rekonstruovaných nádrží pak prodloužení životnosti o několik dalších desítek let. Současně požadujeme minimalizaci provozních nákladů nutných k údržbě stavební části díla.
- Hmoty přicházející do styku s pitnou (upravenou, resp. upravovanou) vodou musí splňovat legislativní hygienické požadavky samy o sobě. Přitom by jejich složení i struktura měly co nejvíce znesnadňovat nežádoucí oživení povrchu.
- Kvalita vnitřního líce tedy významně ovlivňuje potřeby a možnosti provozního čištění a současně má vliv na možnost a rychlost oživení. Čím „hladší“ je povrchová struktura, tím menší je riziko.

V praxi je ovšem tyto principy třeba modifikovat na základě poznatků ze stavební materiálové reality. Pro standardní betonářsky a zednický prováděné konstrukce jde především o toto:

- Nejběžnější materiál používaný pro výstavbu nádrží, tedy železobeton, je materiál se složitou strukturou a významnou pórovitostí. Současně se vyrábí z komponentů, z nichž převážná většina není a reálně ani nemůže být hygienicky kontrolována. Aplikovat požadavky platné Vyhlášky 409/2005 [1] je tedy obvykle možné až pomocí výluhových zkoušek z hotového díla. Problém hladkosti povrchu a omezení nežádoucích pórů a dutinek je řešitelný jen s užitím moderních technologií při nezanedbatelném navýšení ceny konstrukce.
- Pro povrchové úpravy sanovaných návodních líců nádrží se požaduje použití materiálů vhodných pro styk s pitnou vodou ve smyslu citované vyhlášky. Obvyklým doplňujícím požadavkem je minimální nebo nulový obsah polymerních přísad v kompozici. Problémem je vytvoření dostatečně hladkého povrchu běžnými zednickými metodami při dané zrnitosti materiálu.

V českých podmínkách je pak plánování a provádění stavby ovlivněno prakticky vždy i některými (nebo všemi !) následujícími skutečnostmi:

- Snahou investora snížit investiční náklady, často i za cenu nižší výsledné kvality zejména stavební části díla
- Nejasnými a nejednotnými požadavky provozovatelů na kvalitu povrchu. Škála zahrnuje všechny možnosti od absolutního nezájmu (v době přípravy a realizace) až po požadavky absolutní hladkosti všech povrchů
- Neznalostí nebo zanedbáním problému ve stádiu zpracování projektové dokumentace
- Nemožností přesně uvést požadované materiálové a detailní řešení v rámci zadání veřejné zakázky plynoucí ze zákona
- Podceněním prací v nabídce zhotovitele a následně snahou volit co nejlevnější a nejméně pracná řešení
- Strukturou zhotovitelských týmů, která je často složitá a mnohoúrovňová. Obvykle se postupně s klesajícím podílem příslušného podzhotovitele snižuje a vytrácí odpovědnost za výsledek a/nebo potřebná odbornost. Pro zde probíraný problém je rizikovým už např. to, když leadrem sdružení, příp. hlavním zhotovitelem, je firma z oblasti strojně technologické. Zhotovitelem sanací je pak firma na třetím nebo i hlubším článku řetězce
- Nedokonalým výkonem TDS a/nebo AD. V tom i častou nechotou přizvat nezávislé odborníky
- Snahou výrobců prodat sanační i jiné materiály i pro aplikace, pro které nejsou vhodné. S tím spojený selektivní přísun informací o materiálech, často výběr pouze těch doporučených
- Informace o vhodných materiálech od jednotlivých výrobců jsou vesměs neúplné, někdy i zavádějící. Údaje o vhodnosti pro nádrže na pitnou vodu často vycházejí pouze z atestů podle příslušných požadavků země 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 někteří místní prodejci neznají a na konkrétní dotaz si musí vyžádat odpověď z mateřské zahraniční firmy
- Neznalostí aktuálních materiálových a technologických možností a jejich kladů i záporů u některých (v nejhorším případě u všech) účastníků výstavby. Etc, etc

V ČR bohužel dosud neexistuje obecně přijatý standard, který by problematiku kvality povrchu nádrží řešil. Nikde tedy nejsou určeny požadavky na strukturu různých povrchů (pórovitost, mezerovitost, max. velikost dutin či výstupků), kontrolní a zkušební metody a přípustné tolerance např. ve formě technické normy (nabízí se řada TNV) nebo Technických podmínek – snad jen kromě všeobecných tolerancí rovinnosti měřením odchylek na latí. Neexistuje žádný etalon umožňující jednoznačný návrh hladkosti s jasnými požadavky a limitami a poté porovnání skutečně dosaženého stavu. Prakticky vždy pak přijdou na řadu individuální názory a pocity v celém rozsahu možné škály. Typická situace při přejímce sanované nádrže pak může vypadat s trochou nadsázky např. takto:

*Provozovatel: Ta struktura a hrubost stěny se mi nelíbí. Jak mám zaručit účinné čištění a zabránění vzniku a růstu bakteriálních kolonií? Žádáme vyhlazení, např. přebroušením.*

*Zhotovitel: My jsme to udělali nejlépe, jak to šlo. Hladší povrch už nikdo nesvede a nikdo nám ani neřekl, jak má vypadat. Když jsme přebroušovali, celá vrstva finálního nátěru šla dolů.*

*Investor: Jak to řešil projekt a co bylo předepsáno?*

*Projektant: Zadávací dokumentace požadovala provedení referenční plochy a její odsouhlasení. My o žádné referenční ploše nevíme.*

*Dozor: To z časových důvodů nešlo provést. Proč projekt nepředepsal přesné požadavky na strukturu?*

*Provozovatel: My chceme hladkost jako má tahle deska stolu (např.) !*

*Zhotovitel: To nejde v sanační stěře provést.*

*Investor: Tak použijte jiný materiál.*

*Zhotovitel: Nemůžeme, systém materiálů byl schválen správcem stavby před zahájením prací, jiný nemůžeme použít kvůli kompatibilitě a zárukám.*

*Výrobce: Nemáme jinou hmotu, která by splňovala požadavky na styk s pitnou vodou. Takovou hladkost po nás ještě nikdo nikdy nechtěl.*

*Znalec (ke zhotoviteli): Proč jste povrchovou úpravu prováděli natíráním štětkou? Dostatečné hladkosti lze dosáhnout jen při stěrkování s hlazením ocelovým hladítkem.*

*Zhotovitel: Výrobce uvádí, že materiál je možné aplikovat natíráním. Při zrnitosti hmoty budou tahy štětky vždy vidět.*

*Znalec: To bylo nevhodné použití, technický list požaduje pro nádrže na vodu tloušťku několik mm a to lze provést jedině jako stěrku.*

*Zhotovitel: Tuto podrobnost zadávací dokumentace neobsahovala a naše nabídka s tím nepočítala. Pro nás jde o požadavek na vícepráce !*

*Projektant: Projekt to uvést nemohl – podle zákona nesmí obsahovat ani názvy konkrétních výrobků, řešení je možné různými hmotami a postupy.*

*Investor: Co teď sak. a s tím a kdo za to ku. va může?!?*

Problémy ovšem nastávají často již ve stádiu projektování, prakticky vždy jde o finanční záležitosti. Pokud např. je navrženo použití nějaké sofistikovanější technologie, vždy se narazí na problém ceny a/nebo tradic. Při návrhu užití drenážní fólie do bednění nového vodojemu se cena betonové konstrukce významně zvyšuje (např. až o 15% při omezené opakovatelnosti kvalitní a drahé fólie). Dotaz a následná reakce investora: Proč platit tolik za obyčejnou konstrukci a proč to vůbec dělat – desítky let stavíme vodojemy a nikdy jsme to nepotřebovali!

Na reálné stavbě velké vodohospodářské nádrže (nevodárenské) byla ve všech stupních dokumentace včetně zadávacího projektu navržena drenážní fólie na vnitřní líc betonových stěn, ve výkazu výměr v agregovaných položkách byla zahrnuta do ceny za beton včetně zpracování. Zhotovitel se od samého počátku pokoušel přesvědčit ostatní účastníky stavby o její zbytečnosti. Když neuspěl, použil nejlevnější na trhu dostupnou s tristním výsledkem – v důsledku nedokonalé aplikace i vlastností fólie došlo prakticky na celé ploše k jejímu nerovnoměrnému zvrásnění a k narušení hladkého povrchu betonu soustavou různě širokých a hlubokých drážek (lokálně až cca 3 mm / 4 mm). Vada je prakticky neopravitelná a investor vyčíslil náklady na náročnější čištění v době životnosti na několik milionů Kč !

Výběr vhodného materiálu a/nebo konstrukčního řešení úzce souvisí i s předpokládanou a navrhovanou životností díla. Situaci může ilustrovat chování českého zastoupení renomovaného zahraničního výrobce sanačních hmot. Na dvou paralelně ale nezávisle rekonstruovaných úpravách si zhotovitel stavby vybral na základě detailních nabídek vycházejících ze zadávací dokumentace materiálovou bázi sanací betonových nádrží od tohoto výrobce. Vzhledem k obdobným podmínkám byl při dopracování realizační dokumentace navržen shodný finální produkt na povrchovou úpravu stěn. V průběhu stavby jedné z akcí nabídl prodejce jiný výrobek (obdobný, vhodný pro styk s pitnou vodou, zřejmě dražší) s tím, že původně navržený produkt má **životnost 5-7 let !!!** Umíme si představit pocity investora, který takovou informaci, neobsaženou v žádném dostupném podkladu výrobce nebo v technickém listu, dostane?

Výčet problémů při navrhování a provádění povrchových úprav vhodných pro železobetonové vodárenské nádrže samozřejmě není vyčerpán výše uvedenými příklady, zkušenostmi a fakty. Dosavadní text měl navést jednak k nástinu obecnějších principů a nutných kroků ke standardizaci, jednak k představení možného řešení, které bylo v českých podmínkách použito poprvé, a to na tvarově velmi komplikované stavbě.

Principy standardizace pro povrchy nádrží z betonu, resp. železobetonu, nebo upravované hmotami převážně na minerální bázi zednickými technologiemi (omítky, stěrky, nátěry, nástřiky) považují za potřebné řešit postupným provedení několika kroků:

- Sběr zkušeností z provedených a provozovaných staveb. Rozdělení novostavby – sanované povrchy, příp. podle materiálů na minerální – modifikované – ostatní (epoxydy apod.)
- Vypracování etalonu – vzorníku různých povrchů s odstupňovanou hrubostí / hladkostí v závislosti na velikosti zrn ve směsi a na užitých technologiích. Obdoba barevných vzorníků RAL. Popis jednotlivých prvků škály a určení minimálního požadovaného stupně „hladkosti“, resp. maximální drsnosti. Ve spolupráci se specialisty na sanace betonových konstrukcí, příp. s vybranými významnými zhotoviteli. Projednání se zástupci významných provozovatelů a odborných organizací ve vodárenství (SOVAK)
- Příprava podrobného standardu pro přípravu a provádění vodojemů a dalších nádrží. Konkretizace a hlubší propracování platné ČSN EN 1508 [2]. Obdoba řady směrnic DVGW W300 platných v Německu - viz [3], [4]. V ideálním případě jako TNV (odvětvová technická norma vodního hospodářství), rozdělená do několika dílů.

## **Realizace vyložkování vodojemu deskami z PE**

V osmdesátých letech minulého století (1986) představila společnost AGRU systém ochrany betonových povrchů pomocí desek – fólií z plastu. Původním a dosud nejrozšířenějším materiálem je polyethylén (PE), vyrábí se ale i desky z PP (polypropylen), PVDF (polyvinylidenfluorid nebo polyvinylidendifluorid) a ECTFE (kopolymer ethylenu a chlorotrifluoroethylenu). V současnosti jsou pro vodárenskou praxi k dispozici dva základní typy lineru – desky pro dodatečnou aplikaci na hotové povrchy pod výrobním označením HYDROCLICK a desky (fólie) pro zabudování do betonu pod označením HYDRO+, oba typy vyráběné z PE 80. I přes rozdílnou aplikaci je výsledný efekt prakticky shodný – na návodním líci nosné železobetonové konstrukce je vytvořena fakticky nepropustná, plně svařovaná vana s řadou dalších vhodných vlastností.

PE, v daném případě bez přísady popílku pro stabilizaci proti účinkům UV záření, je materiál hygienicky naprosto bezproblémový, jak co do vlastního složení a vyluhování, tak co do hladkosti a bránění vzniku a rozvoji oživení na povrchu. K tomu přispívá i modré zbarvení výrobků pro vodárenství. PE lineru je spolehlivě svařitelný, běžně se pro aplikace z desek používá svařování s pomocí extrudéru. Materiál a desky z něj jsou dostatečně poddajné a spolehlivě se vyrovnávají s možnými malými i většími deformacemi nosné konstrukce. Prostupy potrubí stěnami lze výhodně řešit rovněž trubkami z PE HD, spoj mezi trubkami a vystýlkou je opět svařovaný a tedy spolehlivě vodotěsný. Systém vlozkování obsahuje i typová řešení prostupů trubek z jiných materiálů, úchyty pro konzoly nebo jiné podpory trubek nebo jiných sítí vedených uvnitř nádrže a další potřebné detaily.

Zásadní rozdíl mezi výše popsanými systémy je ve stupni integrace do betonové konstrukce. Při dodatečné aplikaci HYDROCLICKu jsou desky připevněny na obkládané

plochy pomocí soustavy rovnoběžných lišt kotvených šrouby do podkladu, desky se do lišt „zaklapnou“ (od toho -click) a poté se svaří. Ve variantě se zabudováním do betonu (systém HYDRO+) jsou desky v celé ploše opatřeny soustavou hustých nopů, které po zabetonování zakotvují liner do nosné konstrukce. Svaření desek se pak provede po vytvrdnutí betonu.

SWECO Hydroprojekt navrhl použití systému s integrací do betonu dosud ve dvou případech. Pro první aplikaci byla zvolena malá zdvojená nádrž v rámci dávkování vápna na Úpravňě vody Hradiště, s celkovými rozměry cca 2x (3x2x2 m). Projekt předpokládal užití lineru s malou zainjektovanou mezerou mezi deskami a původní betonovou konstrukcí. V důsledku neodborného provádění nezkušenou stavební firmou (v subdodávce pro technologa) došlo k řadě chyb při bednění a injektování, s provalením lineru i s bedněním a s únikem injektážní směsi do jímky. Poté byla technologie opuštěna, nedokončené vyložkování jedné z dvojice jímek se vybouralo a provedla se standardní betonářská adhezní sanace.

Druhá aplikace byla navržena na řadu nádrží rekonstruované ČOV Duslo Šala, tedy pro vodohospodářské ale nevodárenké použití. Liner typu SURE GRIP – obdoba HYDRO+, pouze se stabilizací proti UV – byl v konečné fázi uplatněn na dvojici velkých aktivačních nádrží a na vyrovnávací nádrži a v menší míře na dalších objektech. Jako propojení s původní porušenou a nedostatečnou konstrukcí ze 70. let byla navržena vrstva samozhutitelného betonu v tl. 100 mm, vyztužená svařovanou mřížovinou kotvenou plošně do původního betonu soustavou vlepovaných trnů. Realizace společností INWEST proběhla nad očekávání dobře a výsledné dílo plně splňuje všechny uživatelské požadavky – odolnost proti chemickému působení průmyslových odpadních vod i jejich teplotě, dokonalou vodotěsnost požadovanou i s ohledem na možnou kontaminaci podzemních vod Žitného ostrova, i dobrou čistitelnost při odstávkách.

Obkladový systém HYDROCLICK jsme navrhli nejprve pro rekonstrukci dvojice dvoukomorových vodojemů Korunní v Praze. Stavby stáří více než 100 let jsou zděné, dlouhodobě nepoužívané a opatřené na návodním líci pouze dobovou omítkou. Vodotěsnost takové konstrukce je sporná a běžnými sanačními postupy prakticky nedosažitelná. K realizaci díla zatím bohužel nedošlo.

Naopak bylo navrženo a provedeno vyložkování jedné komory vodojemu dolního pásma ve Frýdlantu. I zde jde o stavbu značného stáří, každá z komor je tvořena dvěma zaklenutými loděmi se středními pilíři a klenbovými pásy. Kromě této tvarové složitosti bylo rozhodnuto i o ponechání původního betonového schodiště pro sestup do nádrže, což tvar ještě více zkomplikovalo.

Rekonstrukce jedné komory vodojemu proběhla jako první etapa komplexní rekonstrukce ÚV Frýdlant spolu s doplněním technologie reverzní osmózy pro odstranění znečištění surové vody dusičnany. Vyložkování celého vnitřního líce nádrže bylo provedeno na systému lišt kladených tak, aby byl umožněn svod případně prosáklé vody do průběžné mezery mezi vložkou a původním lícem a její odvedení mimo vodojem s vizuální kontrolou. To je ostatně nutnou podmínkou aplikace tohoto systému – jde o zamezení možnosti negativního vodního tlaku při vyprázdnění nádrže. Po aplikaci lineru byl při zkoušce vodotěsnosti a následném zkušebním provozu zjištěn odtok z kontrované mezery, a to přibližně v hodnotě 5-10 l/hod. To je sice z hlediska celkového průtoku relativně malé množství, přesto šlo o nepřipustnou hodnotu. Po jisté době provozování se sníženou hladinou byla při odstávce provedena diagnostika obložení z vnitřního líce byla identifikována dvě místa průsaku linerem. Jedno z nich bylo v tvarově složitěm obložení schodiště, důvodem byla nevhodně zvolená technologie vytvoření stupňů a postrupnic. Druhá netěsnost byla opět ve svaru v ploše stěny. Pravděpodobnou příčinou krátkého „studeného spoje“ dvou desek byla vlhkost v místě

sváru v okamžiku nanášení extrudéru, možná v důsledku kondenzace. Obě místa byla opravena a vyvločkování nádrže nyní plní bezchybně požadovanou funkci.

Tvar nádrže vodojemu je velmi atypický a vyvločkování posloužilo tedy nejen jako ukázková (pilotní) akce, zároveň ukázalo na možná úskalí realizací. Ukazuje se, že tato technologie je životná a výhodná z řady důvodů. Těmi fyzickými a měřitelnými jsou absolutní vodotěsnost, dokonalá čistitelnost, jednoduchost a spolehlivost těsnění prostupů a v neposlední řadě opravitelnost případných vad. Je třeba vnímat i jisté nevýhody – povrch konstrukcí, které mají být dodatečně obloženy s ponechanou mezerou, musí být v dobrém korozním stavu nebo před aplikací zasanován. Při volbě varianty s přibetonováním a zabudováním lineru naopak užití sanačních hmot zcela odpadá. Důležitým ukazatelem je pochopitelně cena. Přibližně lze uvažovat s jednotkovou cenou dodávky i montáže mezi cca 2000 a 2500 Kč/m<sup>2</sup>. Jen pro srovnání – klasická betonářská adhezně kotvená sanace se může cenově pohybovat v závislosti na stupni porušení mezi 1500 až 3500 Kč/m<sup>2</sup>. A jistě důležitým aspektem je (zatím) malá zkušenost realizačních firem s touto technologií.

Domnívám se, i na základě zahraničních zkušeností (blíže viz [5]), že vložkování návodních líců vodojemů je nutné považovat za jednu z ověřených a doporučených metod, které řeší celou škálu problémů spojených s požadavky na nádrže nejen na pitnou vodu. I na základě zkušeností s popisovanými stavbami byly společností SWECO Hydroprojekt a.s. již navrženy další aplikace – jednak při rekonstrukci většího vodojemu se systémem dodatečného obložení, jednak pro rekonstrukci filtrů v úpravně vody s přibetonováním a zabudovanou variantou desek.



**Obr. 1. Konečný stav vodojemu po vyvločkování**

1. Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Ve znění Vyhl. 352/2013
2. ČSN EN 1508 (75 5356) Vodárenství - Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody
3. W 300-4 Entwurf "Trinkwasserbehälter - Teil 4: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme - Grundsätze und Qualitätssicherung auf der Baustelle
4. W 300-5 Entwurf "Trinkwasserbehälter - Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme - Anforderungen und Prüfung"
5. Brehl, P.: Sanierung eines Trinkwasserbehälters mittels PE-Auskleidung. In: Betonbauwerke in der Trinkwasserspeicherung. Sammelwerk der Beiträgen, 3. Kolloquium, Technische Akademie Esslingen, April 2014