

VÝVOJ POŽADAVKŮ NA NAVRHOVÁNÍ NÁDRŽÍ PRO VÝROBU A AKUMULACI PITNÉ VODY A ZNALOSTÍ PŮSOBENÍ PROSTŘEDÍ

Ing. Richard Schejbal

Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, Praha 4; richard.schejbal@sweco.cz

Za dobu autorova profesního působení na stavbách a v projekci vodohospodářských staveb, tedy za cca 40 let, se postupně měnily a ve výsledku podstatně změnilo jak znalosti o působení prostředí ve vodárenství na stavební konstrukce, tak požadavky na ně kladené jak ve fázi návrhu, tak realizace. Ještě koncem 80. let minulého století byly pojmy jako karbonatace nebo koroze betonu známy jen úzkému okruhu betonářských specialistů a ochrana proti dlouhodobým účinkům působícím na konstrukce, v užším smyslu tohoto příspěvku na povrchy nádrží na pitnou vodu, nebyla vůbec vnímána jako důležitá. A stejně nebyl vnímán ani opačný jev, tedy vliv konstrukcí na náplň - upravovanou nebo pitnou vodu. Zkušenosti ze starších staveb byly omezené – většina úpraven byla v té době relativně mladá nebo se dokonce teprve budovaly a jen několik málo jich pocházelo z období před 2. světovou válkou. Starší vodojemy vesměs menších kubatur byly často zděné, a pokud už byly železobetonové, nikdo si stavu jejich povrchů nevěnoval, obvykle i v souvislosti s mýtem, že betonu styk s vodou pouze prospívá. Jistý vliv samozřejmě měla i obvykle vyšší kvalita prvorepublikových staveb oproti těm mladším a, v té době ještě prakticky nepopsaný, rozdíl mezi staršími a moderními cementy a tedy i vlastnostmi betonu. Teprve velký rozsah realizovaných staveb z 60. až 80. let, jak co do množství objektů, tak jejich velikosti, a současně zpřísnování zejména hygienických požadavků na díla způsobil po delší době změnu pohledu, a to ještě velmi postupnou a selektivní. Troufám si říct, že do některých složek vodohospodářské praxe dorazila tato změna teprve nedávno a do některých – naštěstí výjimečných - ještě vůbec.

V současnosti je základním prováděcím právním předpisem k § 5 zákona č. 258/2000 Sb. **Vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody** [1]. Vyhláška definuje požadavky na povrchovou úpravu **výrobků**, na složení plastových, kovových a pryžových výrobků, dále požadavky na čistotu vodárenských chemikálií, definuje nově i výluhový test a způsob jeho hodnocení a také povolené vodárenské technologie. Tento stav ale platí teprve od data účinnosti vyhlášky, lépe řečeno od roku 2001, kdy začala platit předchozí **Vyhláška MZ č. 37/2001 Sb.** Do té doby se praxe řídila požadavky zákona č. 20/1966 Sb., s tím, že každý výrobek určený pro styk s pitnou vodou musel být před uvedením na trh nejprve schválen Hlavním hygienikem ČR. Výrobce nebo dovozce tedy musel pro každý takový výrobek mít tzv. závazný posudek (lidově "atest") HH, že výrobek je vhodný pro styk s pitnou vodou. Udělení závazného posudku předcházelo testování výrobku ve Státním zdravotním ústavu (SZÚ) nebo (od roku 1996) v některé z krajských hygienických stanic, které k této činnosti HH pověřil. Závazné posudky – dokumenty opatřené kulatým razítkem - vydané podle zákona č. 20/1966 Sb. pozbyly platnost nejpozději k 30.6.2002. Bližší exkurz do vývoje hygienických požadavků uvádí např. [2].

Pokud se týká stavebního provedení, pak zhruba od poloviny 80. let se navrhování a realizace nádrží řídily tehdy platnými československými státními normami, pro betonové nádrže především ČSN 73 1208 (1986) a ČSN 73 1209 (1986 až 2004). Tyto normy byly navázány na základní betonářskou ČSN 73 1201 (1984) a vycházely z metody mezních stavů. Ale dokonce až do počátku nového milénia (konkrétně do 1.7.2002) byla současně v platnosti starší ČSN 73 2001 (1970), podle které bylo rovněž možné nádrže navrhovat, a to metodou stupně bezpečnosti.

Všechny tyto standardy se ale až na jedinou výjimku nezabývaly vzájemným působením konstrukce, resp. jejich návodních líců, a náplně, tedy pitné nebo upravované vody. Tou výjimkou byl požadavek ČSN 73 1209: „*Pro vodostavební beton přicházející do styku s pitnou vodou je možné použít jen cement, u kterého byla prokázána zdravotní nezávadnost*“ (čl. 51 – viz [3]). Diskutabilitu tohoto požadavku zmíníme dále v textu.

Pro ochranu betonu proti agresivnímu působení okolí byly postupně zavedeny další tři ČSN – 73 1214 až 16. V nich byla definována klasifikace agresivních prostředí, stanoveny limity jednotlivých kapalin a plynů pro příslušné třídy a popsány požadavky na primární ochranu betonu. I při velmi striktní aplikaci všech požadavků se ale pro nádrže na pitnou vodu nemusely navrhovat a provádět žádné zvláštní úpravy, které by vzájemné působení nějakým způsobem ovlivňovaly.

Běžnou praxí tedy byl návrh respektující statické požadavky mezního stavu únosnosti a, v lepších případech, i MS použitelnosti - omezení šířky trhlin od vnějších zatížení. Jen výjimečně byly konstrukce navrženy správně i proti účinkům omezení vynucených přetvoření od objemových změn, zejména smršťování a vývoje hydratačního tepla. Důvodem byla jednak obecná neznalost a nepochopení důležitosti tohoto jevu, jednak absence normativních požadavků a algoritmů pro posouzení. Důsledkem byl vznik nadměrných trhlin a problémy s těsností nádrže. Ve zmiňovaných mimořádných případech používali nejlépe informovaní projektanti dobové (západo)německé podklady (viz např. [4]), návrh ale vedl k výrazně většímu vodorovnému vyztužení (bránícímu nadměrnému rozšíření trhlin), což bylo častou příčinou nedůvěry investorů i dodavatelů k takovým návrhům. Nádrže pak byly provedeny nejčastěji s užitím vodostavebního betonu označovaného obvykle HV4 - B20. Pouze ve výjimečných případech byla volena kvalita – zejména pevnostní třída – vyšší, prakticky ale jen ze statických důvodů. Z betonu uvedené značky byla postavena převážná většina nádrží od konce 70. let až po počátku nového milénia, a to běžně bez jakýchkoliv povrchových úprav a s hodnotou krycí vrstvy na úrovni normativního minima. Druh cementu a kameniva ani případné přísady a příměsi v betonu nebyly prakticky nijak omezeny. Způsobilst nádrže pro vodárenské účely se v praxi nijak neprokazovala, po dokončení stavby se povrchy v nádrži standardně desinfikovaly a opláchly a dílo se uvedlo do provozu.

Počátkem 80. let se na některých vodárenských stavbách použily nátěry návodního líce systémy Antikon, Hydrizol nebo Terizol. Šlo o hmoty „s hygienickým atestem“, na cementové bázi, modifikované polymerními přísadami (např. v případě Antikonu šlo o kasein rozpouštěný amoniakem), jejich použití ale mělo prakticky jediný účel – zvýšení vodotěsnosti a primární ochrany vyztuže na bariérovém principu. Povrch stěn měl po použití těchto nátěrů hladší strukturu závislou ovšem na kvalitě nanášení, což mělo jistě i příznivý dopad na možnost čištění nádrže za provozu. Problémem nátěrů byla značná závislost jejich soudržnosti s podkladem na dokonalém odstranění odbedňovacích olejů, v mnoha případech došlo k delaminaci velkého procenta ploch již po několika letech a příznivý efekt hladkosti byl ztracen.

Použití jiných materiálů na návodní líce nádrží bylo spíše výjimečné. Nejčastější variantou bylo laminace u některých typů prefabrikovaných vodojemů. Používané epoxidové pryskyřice byly pro typová řešení schváleny tehdejšími hygienickými orgány, provedení vesměs vedlo k hladké a snadno čistitelné struktuře povrchu.

Prvky vystrojení nádrží (potrubí, zámečnické výrobky, vzduchotechnická zařízení) byly navrhovány a realizovány zejména z běžné konstrukční oceli s různou protikorozní ochranou, obvykle vícevrstevným nátěrovým systémem. Vhodnost pro styk s pitnou vodou se prakticky neřešil.

Změna přístupu přišla koncem minulého a počátkem tohoto tisíciletí nejen s platností výše uvedené Vyhlášky 37/2001, ale především s prohloubením a obecnějším rozšířením znalostí dvou zdánlivě nesouvisících problematik: korozního chování betonu a mikrobiologického oživení na návodních lících nádrží. Souhrn aktuálních poznatků lze najít např. v [5] a [6], včetně odkazů na další relevantní literaturu. Zjednodušený souhrn základních požadavků pro navrhování vodárenských nádrží vychází z následujících principů a ověřených skutečností:

- Beton jako základní materiál vodárenských nádrží není intaktní vůči působícímu prostředí. Dlouhodobou životnost zajistí jen kombinace správného návrhu a provedení se zvážením všech možných účinků prostředí
- I pitná voda působí na konstrukce nádrží v dlouhodobém horizontu agresivně. Dochází k vyluhování neboli hydrolytické korozi I. druhu u návodních líců a dalších smáčených površích betonových konstrukcí, ke korozi oceli (včetně výztuže železobetonu) i bez přístupu kyslíku pod hladinou za přítomnosti chlóru nebo chloridových iontů,
- Nad hladinou je třeba bránit korozi v důsledku karbonatce při vysoké vlhkosti a problémem může být i koroze v důsledku zvýšeného obsahu plynného chlóru uvolněného z upravené vody, a to i u prvků z nerezové oceli.
- Zvláštní pozornost je třeba věnovat působení některých druhů surové vody a účinkům radikálů dávkovaných v procesu úpravy vody na pitnou. Rozhodovat o agresivním působení (nejen na beton) mohou hodnoty tvrdosti, pH, obsahu CO_2 , Cl_2 nebo O_3 . (Pozn.: účinky jiných dávkovaných chemikálií s různými redukčně oxidačními potenciály se betonových – akumulačních - nádrží obvykle netýkají)
- Všechny povrchy v nádrži mohou být oživeny mikrobiálním biofilmem. Rozhoduje jednak materiálové složení, geometrické uspořádání a možnost čištění a drsnost povrchu.
- Návrh a provedení musí vzít v úvahu všechny relevantní znalosti, které mají vliv nejen na primárně statické chování konstrukce a na běžnou životnost díla, ale i na požadavky spolehlivého a hygienicky vyhovujícího provozování.

V téže době došlo k významné změně v oblasti standardizace v oboru spolehlivosti i provádění stavebních konstrukcí. V souvislosti s požadavky unifikace na trhu v Evropě, později úžeji v EU, byly od počátku 90. Let postupně zaváděny nové evropské normy pro navrhování, tzv. Eurokódy, a současně navazující normy pro provádění konstrukcí a staveb, včetně betonových – především EN 206-1 a EN 13670-1. Přes řadu nedokonalostí a trvající vývoj je patrné, že nové normy se důkladněji zabývají otázkami životnosti a vlivů působících prostředí na stavební konstrukce. V roce 2006 definitivně přestaly platit původní české normy v této oblasti a byly soustavou EN plně nahrazeny. Je pochopitelné, že pro nutnost konsensuálního schvalování norem EN všemi státy CEN se řada dalších potřebných ustanovení do výsledných textů prostě nedostala a jednotlivé státy to pak řeší vlastní navazující normotvorbou. V ČR jsme přistoupili k cestě vydávání tzv. „zbytkových“ norem, které mají obsahovat jednak osvědčená pravidla z původních ČSN, která by jinak zanikla, jednak další potřebná ustanovení, která v evropských standardech obsažena nejsou. Pro vodohospodářské betonové

konstrukce jsme tak v roce 2010 vydali novou ČSN 73 1208. Ta kromě řady dalších ustanovení obsahuje i tabulky některých mezních hodnot pro stupně chemického agresivního působení kapalin a plynů, které v soustavě EN uvedeny nejsou. Oblast korozního působení prostředí na betonové konstrukce je tím pro rozhodující většinu reálných případů pro betonové konstrukce normativně pokryta. (Pozn.: bohužel se totéž nedá říct o vlivu prostředí na jiné materiály ve vodním hospodářství. Pro ocelové, plastové a další typy konstrukcí obdobné standardní podklady k dispozici nejsou).

Pro opačný jev, tedy faktické ovlivnění náplně – pitné nebo upravované vody – kontaktem se stavební konstrukcí platí výše citovaná vyhláška 409/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Jak je ovšem patrné už z názvu předpisu, vztahuje se na „výrobky“ přicházející do styku s pitnou vodou. Od 1.1.2001 platí nový systém daný zákonem č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. Nejpodstatnější změnou proti předchozím zvyklostem je, že odpadlo schvalování výrobků ze strany HH (MZ). Výrobce či dovozce **výrobku** pro styk s pitnou vodou má podle §5 zákona povinnost si před uvedením výrobku na trh (výluhovým testem) ověřit, zda výrobek či látka odpovídá stanoveným hygienickým požadavkům. Hygienické požadavky byly určeny uvedenou vyhláškou. Jediným relevantním dokladem o vhodnosti výrobku je pak posudek od SZÚ, ZÚ nebo autorizovaného či akreditovaného pracoviště o tom, že výrobek odpovídá požadavkům zákona č. 258/2000 Sb. a vyhlášky č. 409/2005 Sb. Pro stavební konstrukci nádrží je ale takový požadavek vyhlášky diskutabilní a je nutný jistý výklad:

- Konstrukci nádrže, tedy souhrn dna, stěn, sloupů, stropu a řady dalších prvků nelze – až na výjimky, jakými jsou např. menší prefabrikované, kompozitní nebo plastové nádrže - chápat jako „výrobek“. Jde o stavební dílo zhotovované z valné části in situ, v případě betonu navíc ze směsi surovin a materiálů různých výrobců či dovozců.
- Od zhotovitele stavby tedy nelze automaticky očekávat zajištění výše popsaného a vyhláškou definovaného dokladu o vhodnosti pro styk s pitnou vodou.
- Pro povrchy nádrží je významné ustanovení odstavce (3) §12 Vyhlášky 409/2005: *„Nový nebo rekonstruovaný vodojem, který má plochy stěn přicházejících do styku s pitnou vodou z betonu nebo kryté vystýlkou na bázi cementu, může být uveden do provozu až poté, kdy jeho stěny byly dostatečně opláchnuty pitnou vodou, a když bylo po nejméně 24hodinové stagnaci pitné vody ve vodojemu zkouškou ověřeno, že kvalita této vody odpovídá vodě pitné, a to provedením rozboru vody v rozsahu kráceného rozboru.....“*

Dokladem toho, že se jedná o živý problém nejen u nás je i postupné vydávání evropských norem pro zkoušení vlivu výrobků s užitím cementu na pitnou vodu – viz [8] a [9]. I zde je třeba jistý výklad – pod pojmem průmyslově vyráběné cementové výrobky si představíme např. sanační pytlované maltové směsi, betonová potrubí, cementové vystýlky litinových trubek apod., v žádném případě ovšem nejde o prvky staveb – nádrží – betonované na místě jako jsou dna, stěny atd.

Pokud se tedy pokusíme se o jednotný výklad, pak: Pro konstrukce nádrží budované z nového betonu bez dalších povrchových úprav neexistuje jiný požadavek na prokázání vhodnosti pro styk s pitnou vodou, než citované ustanovení o nutnosti ověřit kvalitu vody po jednodenním zdržení v nádrži jejím rozbořením. Naproti tomu pro rekonstruované nádrže s užitím vystýlek na bázi cementu musí být jednak proveden stejný rozbor vody, současně pak musí být vlastnosti průmyslově vyráběné maltové směsi doloženy dokladem o vyhovujícím provedení výluhového testu podle Vyhl. 409/2005. A pro – spíše výjimečný – případ celoplošných vystýlek nádrží např.

z polymerních desek nebo fólií, které lze chápat jako výrobek, postačí doklad o ověření výluhovým testem, bez následného rozboru.

K tomuto problému je třeba podotknout ještě následující poznámku: již řadu let probíhá proces, který zcela změnil vlastnosti a chování cementu jako základní stavební hmoty. Jedním z faktorů je výrazně větší jemnost mletí slínku oproti minulosti a s tím související rychlejší nárůst pevnosti, větší objemové změny atd. Druhým pak fakt, že s růstem cen energií i tlaku na ekonomiku výroby dochází ke spalování širokého spektra paliv i odpadů při výrobě cementového slínku a v důsledku toho k ovlivnění, byť možná stopovému, jeho chemického složení, i jeho dalších vlastností. S jistou zkratkou se dá říci, že každá výrobní šarže cementu, byť téhož výrobce a shodného označení, bude z hlediska chemického složení poněkud odlišná. Je tedy jistě otázkou, jakou vypovídací hodnotu mají jednorázově provedené výluhové zkoušky na vzorcích výrobku pro doklad o vhodnosti podle požadavků vyhlášky.

Problém má navíc další rovinu, která se rovněž týká prakticky výhradně betonových konstrukcí nádrží. Zatímco pro prvky (a výrobky) z jiných materiálů je normami a jinými předpisy definována drsnost (resp. hladkost) povrchu, u betonu tomu tak není. Hladkost a omezení dutin, pórů a jiných imperfekcí má přitom rozhodující význam pro možnost nežádoucího mikrobiálního oživení povrchu a pro efektivnost čištění. Nejblíže vyjádření ze všech nových i starších betonářských standardů, které se dotýká kvality povrchu betonové konstrukce, obsahovala již zrušená ČSN 73 2400 (1986 - 2004): „*Povrch pohledového betonu musí odpovídat požadavkům projektové dokumentace*“ (čl. 3.3.3). Toto ustanovení se dodnes aplikuje na stavbách nejen na pohledové betony ale i na návodní líce nádrží s jistou modifikací – **povrch vyhovuje tehdy, jestliže se líbí objednateli**. Z uvedeného je patrné, že pro hodnocení kvality povrchů v nádržích neexistuje v současnosti žádný výslovný normativní požadavek ani jednotný, zavedený a uznávaný etalon.



Obr. 1. Porovnání povrchů betonových stěn nádrží

V současnosti máme tedy pro vodárenskou praxi v rukou nástroje pro správný návrh a provedení nádrží s ohledem na požadované vlastnosti díla z hledisek spolehlivosti, životnosti a vlivu působícího prostředí a konstrukci. Jasně definované jsou požadavky na betonové konstrukce a vlivy prostředí na ně působící, méně jasná je situace u jiných materiálů ve vodárenství používaných. Současně platí zákonné požadavky pro vhodnost výrobků z různých materiálů pro styk s pitnou vodou a pro výsledné ověření betonových nebo reprofilovaných nádrží. Upozorňuje se přitom, že dosud nejsou české hygienické požadavky na výrobky pro styk s pitnou vodou harmonizovány s předpisy EU - žádný společný předpis EU na tuto oblast zatím neexistuje a každá členská země EU má vlastní odlišné předpisy.

Naopak zatím není k dispozici žádný v praxi použitelný předpis nebo jednotný pohled ani na národní úrovni, ani v rámci EU, na požadovanou kvalitu povrchů betonových prvků ve styku s vodou. Jaké jsou limity pro drsnost ploch, jaké pro množství a velikost povrchových pórů a dutinek (tzv. lunkrů). Existují přitom i praxí ověřené postupy a metody, jak dosáhnout skutečně vysoké kvality s dosažením dostatečné hladkosti a prakticky s vyloučením dutinek. To ale samozřejmě znamená jistý nárůst nákladů, který odrazuje investory a současně větší pracnost, které se brání zhotovitelé.

Dokud nebude dosaženo jednotného pohledu rozhodujících účastníků vodárenské výstavby na tento problém, např. vznikem obecně akceptovaného etalonu, nedá se očekávat výraznější pokrok ve vymáhání nejvyšší možné kvality. Příkladem jsou výše uvedené ilustrativní fotografie na Obrázku 1 z realizovaných staveb – povrchy betonových líců stěn nádrží s užitím tzv. drenážní fólie na jedné straně, a povrch betonu poté, co zhotovitel přesvědčil ostatní účastníky na stavbě, že i bez takové, projektem předepsané, fólie docílí vyhovující povrchové kvality. Je naprosto zřejmé, že takto odlišné struktury budou mít i odlišný dopad jak na možnost mikrobiologického oživení, tak na čištění nádrže. Je tedy nejvyšší čas definovat dosud chybějící požadavky na povrchy, a to tak, aby byly i v praxi vymahatelné.

Literatura

- [1] Vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, ve znění pozdějších předpisů (Vyhl. 353/2013Sb. a Vyhl. 339/2015 Sb.).
- [2] Kožíšek František: Zdravotní a hygienická nezávadnost výrobků ve styku s pitnou vodou: vývoj národní a evropské regulace na příkladu cementových materiálů. In: Voda Zlín 2016, Sborník příspěvků XX. Mezinárodní vodohospodářské konference.
- [3] ČSN 73 1209 Vodostavebný betón. 10.1986, zrušení: 1.1.2004
- [4] DBV-Merkblätter: Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau. Erg. [3]. Deutscher Beton-Verein DBV, 1986.
- [5] Schejbal Richard: Sanace vodárenských nádrží a objektů čistíren odpadních vod. Sborník textů ke kurzu Sanace betonových konstrukcí, Betonconsult s.r.o. Praha, 01. 2016.
- [6] Říhová Ambrožová Jana, Říha Jaroslav, Kubernová Kristýna: Potenciální vliv materiálů ve styku s pitnou vodou na mikrobiální růst. In: Voda Zlín 2013, Sborník příspěvků XVII. Mezinárodní vodohospodářské konference.
- [7] ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů. (Červen 2010)
- [8] ČSN EN 14944-1 Vliv cementových výrobků na vodu určenou k lidské spotřebě – Zkušební postupy – Část 1: Vliv průmyslově vyráběných cementových výrobků na organoleptické vlastnosti. (Září 2006)
- [9] ČSN EN 14944-3 Vliv cementových výrobků na vodu určenou k lidské spotřebě – Zkušební postupy - Část 3: Migrace látek z průmyslově vyráběných cementových výrobků (Červenec 2008)