

# VODA V BETONU | WATER IN CONCRETE

Marek Vinkler

Příspěvek si klade za cíl nastínit komplexní funkci vody v čerstvém, tuhoucím i ztvrdlém betonu včetně pozitivních i negativních důsledků, které voda v betonu může způsobit. Od zpracovatelnosti betonové směsi přes hydratační procesy a vývin mechanických vlastností až k vysychání, smršťování a dotvarování betonu, všude hraje voda klíčovou roli. **The paper focuses on complex character of water in fresh, hardening and solid concrete including positive and negative consequences which water in concrete might cause. Water plays its vital role everywhere – from workability of fresh concrete mixture, through hydration processes and evolution of mechanical properties, to drying, shrinking and creeping of concrete.**

Zjednodušeně a obecně řečeno – voda ovlivňuje téměř veškeré vlastnosti a chování čerstvého a ztvrdlého betonu. Voda je jednou ze složek betonové směsi a její množství, vyjádřené poměrem k množství cementu jako vodní součinitel, je základním volitelným parametrem při návrhu betonové směsi, jejíž výsledné vlastnosti významně ovlivňuje. Chemická reakce vody při hydrataci je příčinou náběhu mechanických vlastností betonu a jeho přeměny z podoby tekuté do pevné. Vysychání betonu je příčinou smršťování a vysychání a dotvarování při vysychání. Zbytková vlhkost betonu hraje roli při případném poškození navazujících konstrukcí. Voda v pórech betonu představuje rozpouštědlo a transportní médium pro agresivní látky z okolního prostředí. Voda může v pórech betonu zmrznout a ovlivnit tak mrazuvzdornost. Voda v pórech betonu se za vysokých teplot může přeměnit na vodní páru a může tak ovlivnit požární odolnost. Již tento krátký a zjednodušený výčet dává tušit širokou škálu inženýrských problémů, které voda přímo či nepřímo ovlivňuje.

Je nutné si uvědomit, že některá tvrzení uvedená v tomto článku nelze brát dogmaticky, resp. tvrzení zde uvedená reprezentují obvyklé chování betonu nebo situace typu „ve většině případů“.

## VODA JAKO SLOŽKA BETONU

Dříve bylo dostatečné množství záměsové vody nezbytné pro zajištění zpracovatelnosti betonu. Dnes je však při použití stavební chemie možné zajistit zpracovatelnost betonu i u směsi s velmi malým vodním součinitelem. U běžných betonů se vodní součinitel  $w/c$

pohybuje v rozmezí 0,4 až 0,6, u vysokopevnostních betonů klesá jeho hodnota až k 0,25. Mezní vodní součinitel je předepsán i normou ČSN EN 206 [1] v závislosti na použití betonu pro příslušný stupeň vlivu prostředí (na agresivitu prostředí).

Obecně platí, že čím menší je vodní součinitel, tím je beton (cementový tmel) jemnozrnější a kompaktnější a tím je zároveň i pevnější, odolnější vůči agresivnímu prostředí a trvanlivější. Zároveň však platí, že pokud pro danou směs snížíme množství záměsové vody a zachováme množství cementu (tedy snížíme vodní součinitel), tak se sníží množství hydratovaných zrn pojivových složek a zbylá část pojiva tvoří vlastně jemnozrné plnivo. Orientační závislost mezi vodním součinitelem a pevností betonu v tlaku je na obr. 1, ve kterém byl pro sestavení křivek použit Ferretův vztah z roku 1896.

Při výrobě betonu je nutné kontrolovat vlhkost kameniva, zejména písku (jehož běžná vlhkost se pohybuje v rozmezí 3 až 6 %) a také v případě, kdy je kamenivo více nasáklé. Podle vlhkosti kameniva je následně nutné upravit množství záměsové vody (příliš suché kamenivo může záměsovou vodu odsávat, příliš vlhké kamenivo naopak přidává další vodu k záměsové vodě).

Na stavbách se občas vyskytuje nebezpečný nešvar a tím je ředění betonové směsi v autodomíchači pro zajištění lepší zpracovatelnosti. Např. přidání 150 l vody do směsi v autodomíchači (uvažujeme 7,5 m<sup>3</sup> běžné betonové směsi) znamená zvýšení objemu záměsové vody o  $\Delta w = 20 \text{ kg/m}^3$  a zvýšení hodnoty vodního součinitele o cca  $\Delta w_c = 0,06$  (tj. cca o 12 % pro počáteční množství vody  $w_0 = 170 \text{ kg/m}^3$ ). Toto zvýšení hodnoty vodního součinitele může znamenat pokles dosažené pevnosti o 5 až 10 MPa.

Tento problém má několik příčin, mezi něž patří:

- nekázeň na stavbě,
- chabá informovanost projektantů ohledně specifikování betonů, kteří předepíší v dokumentaci např. příliš hustou směs, kterou má stavba problém řádně uložit,
- příliš zatvrzelý dozor na stavbě, který trvá na objednání husté směsi, i když ho stavba upozorňuje na potenciální problém se zpracovatelností.

## PÓROVÁ STRUKTURA BETONU A DRUHY VODY

Beton je velmi heterogenní, kompozitní a pórovitý materiál. Podíváme-li se hlouběji do struktury ztvrdlého betonu, můžeme vidět hrubé a jemné částice kameniva spojené dohromady pomocí hydratovaných cementových zrn, tzv. cementový tmel, zbytek prostoru zaujímá složitý systém pórů obsahující tekutou vodu a vzduch s vodní párou. Pórovitost betonu může být popsána objemem pórů v jednotkovém objemu materiálu. Často se rozlišuje uzavřená a otevřená pórovitost. Jinými slovy, póry mohou být vzájemně propojené, nebo naprosto uzavřené, a tudíž bez spojitosti s okolním prostředím. Póry mají různé tvary a velikosti: od pórů v řádu několika nanometrů až po okem viditelné póry v řádu milimetrů.

Voda je v betonu více či méně vázaná a dle intenzity vazeb (jejich energie) rozlišujeme:

- vodu chemicky vázanou (hydratovanou),
- vodu fyzikálně vázanou (adsorbovanou na stěnách pórů),
- vodu volnou.

Vodu adsorbovanou a volnou společně označujeme jako vodu odpařitelnou, vodu hydratovanou označujeme jako neodpařitelnou. Podle velikosti pórů můžeme odpařitelnou vodu rozlišit na vodu gelovou, která se vyskytuje

Obr. 1 Vodní součinitel vs. pevnost betonu v tlaku  
 Fig. 1 Water cement ratio vs compression strength of concrete

