

Betonujeme svépomocí

145

profi
&hobby

Karel Kolář, Pavel Reiterman

Novodobé přísady
Zpracování
Technologie
Ošetřování

GRADA

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.





Copyright © Grada Publishing, a.s.

**Betonujeme
svépomocí**

Tato publikace vznikla za podpory projektu FRVŠ 1772 G1.

Karel Kolář, Pavel Reiterman

Betonujeme svépomocí

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 4189. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá

Sazba Vladimír Velička

Fotografie a kresby v textu z archivu autorů

Počet stran 112

První vydání, Praha 2010

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Recenze: prof. Ing. Tibor Ďurica, CSc.

© Grada Publishing, a.s., 2010

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2010

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-247-3248-0 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7473-2 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2012

Obsah

Předmluva	7
1 Úvod - historie betonu a cementu	8
2 Složení betonu	10
2.1 Rozdělení a druhy betonů.....	12
2.2 Návrh betonu	18
2.3 Výroba betonu.....	20
2.4 Zpracování, ukládání a ošetřování betonu	21
2.5 Mechanické vlastnosti betonu	24
2.6 Trvanlivost betonu	27
3 Složky cementového betonu	29
3.1 Cement	29
3.1.1 Složení, vlastnosti a druhy cementu	29
3.1.2 Hydratace cementu	37
3.2 Kamenivo	41
3.2.1 Hutné kamenivo	41
3.2.2 Pórovité kamenivo.....	43
3.3 Záměsová voda	44
3.3.1 Voda hydratační.....	45
3.3.2 Ošetřovací voda	45
3.3.3 Voda agresivní	47
3.4 Chemické přísady a příměsi	49
3.4.1 Plastifikační přísady	51
3.4.2 Regulátory tuhnutí a tvrdnutí.....	53
3.4.3 Provozdušňující přísady.....	54
3.4.4 Ostatní přísady	55
3.4.5 Příměsi	55
3.5 Výztuž v betonu	58
3.5.1 Betonové prvky vyztužené betonářskou ocelí.....	59

4	Návrh složení betonové směsi a mechanické vlastnosti betonu.....	68
4.1	Návrh složení	68
4.2	Mechanické vlastnosti betonu	76
5	Zpracování betonové směsi	79
6	Bednění	84
6.1	Savý bednicí plášť	84
6.2	Nesavý bednicí plášť	85
6.3	Separáční prostředky	85
7	Vliv teploty	86
7.1	Betonování za nízkých a záporných teplot.....	87
7.2	Betonování za vyšších teplot.....	88
8	Druhy betonu pro svépomocné betonování.....	90
8.1	Hutné betony o pevnostech menších jak 25 MPa	91
8.2	Cementový (potěrový) beton.....	91
8.3	Hutné betony s pevností nad 25 MPa případně nad 45 MPa.....	92
8.4	Samozhutnitelné betony	93
8.5	Lehké betony.....	94
8.6	Vyztužené betony.....	96
8.7	Betony s kompenzovanými objemovými změnami.....	98
9	Trvanlivost a koroze betonu	99
9.1	Koroze I. typu	100
9.2	Koroze II. typu.....	101
9.3	Koroze III. typu	103
9.4	Degradace vláknité výztuže	108
	Použitá literatura.....	110
	Rejstřík	111

Předmluva

Betonování svépomocí je pradávnou lidskou činností, jejíž počátky lze datovat již do starověkého Egypta, či říše Římské. Na začátku třetího tisíciletí našeho letopočtu zůstává beton nejpoužívanějším stavebním materiálem, jehož dlouhodobé užitné vlastnosti jsou tedy prověřeny více než třítisíciletými zkušenostmi lidské populace na naší planetě. V současné době navzdory rozsáhlému a rychlému pokroku ve výzkumu, vývoji a užití novodobých stavebních materiálů, které lze doslova „ušít na míru“ pro nejrůznější aplikace ve všech oblastech zajišťujících požadavky života na naší Zemi, bude i v budoucnosti díky surovinovým zdrojům naší planety tzv. silikátový beton tvořit základní stavební materiál pro převážnou většinu stavební činnosti, nevyjímaje tu domáckou kutilskou manufakturní.

Celková roční celosvětová spotřeba betonu se již po několik posledních let udržuje na hodnotě 6,5 mld. m³, což je dáno nejen jeho technickými možnostmi, ale i tím, že beton představuje z energetického hlediska nejvýhodnější stavební materiál. Uvážíme-li hodnotu průměrné spotřeby cementu na výrobu betonu v České republice ustálené v posledních letech okolo 4,5 mil. tun, vychází při uvažování průměrné dávky 350 kg na 1m³ hotového betonu roční produkce betonu v naší republice téměř okolo 13 mil. m³ včetně domácí kutilské spotřeby, byť ta představuje jen malý zlomek této produkce. Cílem této publikace není obšírné zdokumentování „vědy v betonu“, ale přinést pro domáckou laickou veřejnost v co nejstručnější formě základní informace o betonu jednak z pohledu jeho přípravy v domácích podmínkách, v neposlední řadě orientaci ve výběru jeho základních složek (cementu, kameniva a vody), jednak ve formě výběru tzv. doplňkových složek (přísad, příměsí, vláknitých materiálů), které jsou v dnešní době dostupné i pro drobného stavebníka. Toto poznání pomůže i v domácích podmínkách vyrábět beton s novými vyššími užitnými parametry. Protože použití betonu má svá úskalí i při jeho dlouhodobé odolnosti vůči agresivitě atmosféry a zeminy, je závěrečná část této publikace zaměřena na stručný přehled současně známých korozivních (degradačních) mechanismů, které jeho trvanlivost dlouhodobě ovlivňují.

Beton ve své podstatě představuje umělý kámen, jehož historie sahá až do roku 3600 let př. n. l. První zmínky o tomto umělém kameni zaznamenal již Plinius st. o sloupu v egyptském labyrintu. Na přelomu letopočtu píše v knize „Deset kapitol o architektuře“ Marcus Vitruvius Pollio o použití betonu (malty) tvořeného směsí kameniva a pojiva, jehož základ tvořilo vápno a sopečný popel z Puzzolan, který po reakci s vodou v průběhu času spojoval hydraulickou cestou použité kamenivo v jeden celek. V době rozmachu Římské říše byl tento druh vápenatého betonu (přesněji řečeno betonu pojeného hydraulickým vápnem sopečného původu) hlavním stavivem používaným na zpeňování cest, stavby mostů a aquaduktů, jejichž zbytky jsou zachovány až do dnešní doby. Ojedinele byly betonové stavby zřejmě prováděny i ve starověku (Itálii a Řecku), po zániku Říma jsou další zmínky o použití betonu zaznamenány až z období první průmyslové revoluce v Anglii a Francii.

V roce 1796 byla v Anglii provedena Smeathonem oprava majáku v Edystonu, ale za přelom pro rozšíření betonu lze považovat vynález francouzského zahradníka J. Moniera, tzv. železový beton. V roce 1867 J. Monier výrobou zahradních květináčů a menších vodních nádrží vyztužených drátěnými sítěmi odstranil jednu z hlavních nevýhod betonu, tj. velký nepoměr mezi tlakovou a tahovou pevností, která bránila stavět z betonu konstrukce namáhané tahem a ohybem.

Práce dalších francouzských betonářů (J. L. Lambot v r. 1850 – betonový člun, Fr. Coignet 1852 – železobetonové střešní konstrukce obytných domů) umožnily rozšíření betonů i do dalších zemí (Anglie, Amerika, Německo). Velký rozmach železobetonových staveb nastává až po pařížské světové výstavě r. 1890.

V českých zemích byl vztah k betonu poněkud rezervovaný, a to zvláště po zřícení zkušebního mostního oblouku v Podolí u Prahy roku 1892, při kterém zahynul jeho autor Ing. Diss. V Čechách byla první práce o betonu vydána K. Herzánem r. 1904 s názvem „Beton a železo“, větší a rozsáhlejší práci o betonu je však práce F. Kloknera a Fiedlera z r. 1909 vydaná pod názvem „Vyztužený beton“.

Historicky rozsáhlé zkušenosti s používáním betonu jsou neodmyslitelně spojeny i s historií pojiv (vápno, cement), které vytvářely po smíchání s vodou toto stavivo. Nutno si uvědomit, že zkušenosti se získáním pojiv nejrůznějšího původu předcházely všem betonářským aplikacím. Znalost výroby vzdušného vápna získaného pálením přírodního

všudypřítomného vápence umožňovala možnost vytvářet smícháním s vodou hmotu, která postupně nabývala pevnosti, vedla v případě pálení vápenců „znečištěných“ jílem k získání pojiv (cementů), kde se vedle vytvrzování hašeného vápna oxidem uhličitým na původní vápenec uplatňovala i přítomnost vypálených „nečistot“ obsahujících tzv. hydraulické oxidy křemíku, hliníku a železa. Tak byl objeven nový typ vytvrzovacího procesu, který dnes nazýváme hydraulickým. Tento proces hydraulického tuhnutí a tvrdnutí byl znám již ve starověku (Egypt, Řecko, Řím) a vedl k rozšíření použití tzv. hydraulických maltovin, které byly schopny vytvrzování i pod vodou. Pro úplnost nutno dodat, že k podstatnému rozšíření výroby tzv. hydraulického cementu došlo až v posledních dvou stoletích minulého tisíciletí, první patent byl v roce 1796 přiznán J. Parkerovi, a to za cement vyrobený z kentského vápence, který obsahoval vhodný obsah jílových složek. Jeho pálením v šachtových pecích, obdobných jako pro pálení vzdušného vápna, vznikl výrobek, který nazval „románským cementem“, neboť se svojí barvou podobal pojivu používanému starými Římany. Za skutečného vynálezce „portlandského cementu“ je však považován zedník J. Aspdin z Leedsu z hrabství portlandského v Anglii, který svůj patent přihlásil r. 1824.

Na našem území první pokusnou výrobu portlandského cementu uskutečnil F. Bárta v Hlubočepích roku 1860, první cementárna byla v roce 1865 založena v Bohosudově. Do konce devatenáctého století byly založeny další cementárny v okolí Prahy (1870 v Podolí, 1872 v Radotíně, 1898 v Čížkovicích, 1900 v Berouně), začátkem dvacátého století vznikly další cementárny (Brno - Maloměřice 1912, Štramberk 1913). V současné době je v naší republice v provozu celkem pět cementáren (dvě na Moravě - Hranice a Mokrý u Brna, tři v Čechách - Prachovice, Radotín, Čížkovice).

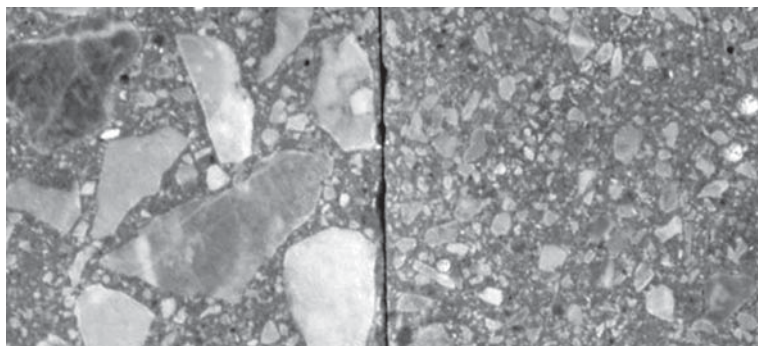
2 Složení betonu

Z obecného pohledu máme pod pojmem beton na mysli umělé stavivo složené ze směsi drobného a hrubého kameniva (plniva), pojiva, vody a případně přísad a příměsí upravujících jeho některé vlastnosti. Podle druhu použitého pojiva se získávají různé druhy betonu, např. cementový beton, vápenatý beton, sádrový beton (sádrobeton), asfaltový beton (asfaltobeton), beton s makromolekulárním pojivem (plastbeton), případně i další.

Společným promícháním všech nutných složek se získaná směs dopravuje na místo uložení (např. do pevných forem nebo bednění) a po případném zhutnění, které zajišťuje i kvalitní vyplnění formy či bednění, vznikne po zatuhnutí výrobek přesného tvaru. V následujícím procesu tvrdnutí nabývá požadované pevnosti a dalších vlastností.

V drtivé většině případů se pod pojmem beton rozumí beton cementový, jehož pojivem je tzv. silikátový cement, který je vzhledem k výrobním nákladům nejrozšířenější pro jeho výrobu. Beton zastává funkci zdiva nosného i výplňového, kdy vlastně dochází ke zpevnění hrubého kusovitého kameniva maltou tvořenou pojivem a jemným kamenivem.

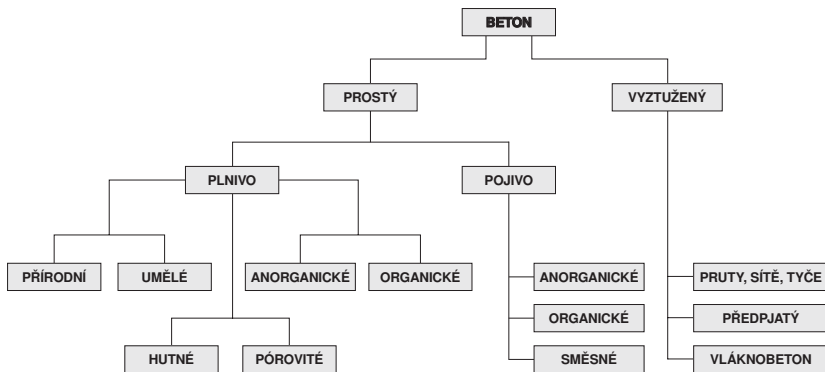
Z materiálového hlediska představují betony a malty nepoužívanější kompozitní materiály tvořené tzv. maticí (zatvrdlým pojivem) jak na bázi anorganické, tak organické, vytvrzované podle svého složení (hydraulicky, teplem, vysycháním a apod.). Funkci



Obr. 1 Rozdíl ve vnitřní makrostruktuře betonu (vlevo) a malt (vpravo)

plniva (kameniva) pak zastávají složky zrnité o různé granulaci (především získané z přírodních hornin), či složky vláknité na bázi kovů, keramiky, plastů, skla, uhlíku, apod. V případě použití silikátových cementů jako pojiva, tj. v případě hydraulicky vytvrzovaných pojiv, je nedílnou složkou betonu záměsová voda, která je nutná pro nastartování a průběh procesu tuhnutí a tvrdnutí.

Malty se liší od betonu pouze velikostí horní frakce plniva, tj. zpravidla 4 mm, někdy až 8 mm (tzv. jemnozrnné betony).



Obr. 2 Přehled rozdělení betonů podle složek

Podle používaných složek se beton rozděluje na:

- prostý beton (bez výztuže),
- železový beton (vyztužený zpravidla ocelovou betonářskou výztuží),
- předpjatý beton (obsahující předpjaté pruty),
- vláknobeton (obsahuje rozptýlenou výztuž v podobě tenkých vláken).

Pokud bychom chtěli přesně vyjádřit vlastnosti betonu jako funkci jeho složek, zjistíme, že narazíme na celou řadu nejistot, které vyjadřují mnohoznačnou závislost na skladbě a technologii výroby betonu. Jednoznačně řečeno, výsledné vlastnosti betonu se dají předpovídat jen s určitou pravděpodobností, mají tzv. stochastický charakter (statistický) daný velkým počtem nezávislých proměnných vstupních parametrů, kterých může být i více než 20. Některé z nich jsou vyjádřeny navíc ještě časovou závislostí, což se týká hlavně cementového kamene (zatvrdlý produkt reakce cemen-

tu a vody), který sám o sobě není vlastně z hlediska mikroskopického homogenním (stejnorodým) materiálem. Seskupení různě velikých zrn kameniva je též náhodným jevem, je dáno přesností dávkování jednotlivých složek při výrobě, vlastní zpracování a ukládání probíhá taktéž v jistých tolerancích. Složitým článkem ve výsledném betonovém kompozitu je vedle rozhraní jednotlivých fází (kamenivo – cementový kámen) především pórovitá struktura cementového kamene, který je kapilárně pórovitou látkou, v níž jsou obsaženy póry způsobené hlavně přebytečnou záměsovou vodou, nebo vzduchem zavlečeným při použitém způsobu zpracování betonové směsi, který nebyl při zhuťování vytěsněn. Ve svých důsledcích se vyšší hodnota pórovitosti projeví vždycky negativně na snížení trvanlivostních parametrů v důsledku zvýšené možnosti průniku agresivního prostředí plynů a kapalin podle způsobu uložení betonu.

2.1 Rozdělení a druhy betonů

Beton se dá rozdělovat podle různých hledisek, např. podle druhu složek (viz *obr. 2*), objemové hmotnosti, podle technologie výroby, či podle funkce v konstrukci.

Rozdělení podle **objemové hmotnosti** (vztaženo na suchý stav):

- **lehký beton**, označovaný LC (z anglického „lightweight concrete“) s objemovou hmotností menší než 2000 kg/m^3 se skupinami objemové hmotnosti viz *tabulka 3*,
- **obyčejný beton** s objemovou hmotností $2000\text{--}3000 \text{ kg/m}^3$,
- **těžký beton** s objemovou hmotností $3000\text{--}3500 \text{ kg/m}^3$,
- **velmi těžké** s objemovou hmotností $3500\text{--}5000 \text{ kg/m}^3$.

Pro úplnost se můžeme ještě setkat s lehkými betony pod označením *pórobeton* (vyráběný ovšem pouze průmyslově zvláštní technologií vytvrzováním v autoklávu), či tzv. *mezerovitý beton* (vyrobený pouze z úzké frakce kameniva bez přítomnosti písku).

Rozdělení podle **místa a způsobu ukládání**:

- **monolitický** (ukládá se do bednění, po zhuťování, ošetřování v průběhu tuhnutí a tvrdnutí, po odbednění plní svoji funkci), obvyklý při svépomocných betonážích,
- **prefabrikovaný beton** (konstrukční prvky se vyrábějí ve stálých výrobnách, montují se v místě užití).

Rozdělení podle **funkce v konstrukci**:

- **nosný** ve formě prostého betonu nebo vyztuženého (klasickou betonářskou výztuží, rozptýlenou ocelovou, keramickou nebo plastovou výztuží, předpjatý beton),
- **nenosný** (výplňový),
- **tepelně izolační**.

Rozdělení betonu podle **pevnostních charakteristik** má svou pevně zakotvenou tradici (tzv. rozdělení do tříd pevnosti betonu). V našich zemích se třídy betonu označovaly zkratkou **B** a číselnou hodnotou tlakové pevnosti v kg/cm² např. B100, B150, B200, B300, atd., později po přechodu na soustavu SI základních jednotek byl číselný údaj uváděn v N/mm² (MPa – megapascalch) např. B10, B15, B20, B 30, atd.

Od roku 2001 jsou druhy betonu u nás stanoveny zavedenou evropskou normou *ČSN EN 206-1 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Podle této normy je beton definován jako stavivo složené z cementu, hrubého a jemného kameniva a vody, zatvrdlého reakcí cementu s vodou a může obsahovat povolené dávky přísad a příměsí. Tato rozsáhlá evropská norma obsahuje vedle vymezení základních pojmů pro beton, jeho výrobu, dopravu, ukládání i závazná pravidla pro jeho zkoušení jak v dohodnutém termínu 28 dní, tak i pro posuzování jeho dlouhodobé trvanlivosti. Jejich podrobnější výčet zcela přesahuje potřeby této publikace, pro názornost jsou uvedeny pouze přehledy pevnostních tříd hutného a lehkého betonu a doporučené mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu v závislosti na stupni prostředí.

Třídy pevností jsou určeny poměrem válcové a krychelné charakteristické pevnosti v tlaku po 28 dnech tuhnutí a tvrdnutí (válec o průměru 150 mm a výšce 300 mm, krychle o hraně 150 mm).

Pozn.: charakteristická pevnost je hodnota pevnosti, pro kterou lze očekávat nižší hodnoty nejvíce u 5 % základního souboru všech možných výsledků zkoušek pevnosti hodnoceného objemu betonu, čili s 95 % pravděpodobností se vyskytují výsledky s touto hodnotou či vyšší (z pohledu matematické statistiky tzv. 5 % kvantil).

Značení hutného betonu se uvádí zkratkou **C** (z anglického „concrete“), lehkého betonu **LC** („lightweight concrete“). Nesplést se zkratkou pro uvádění tříd cementu, kdy se používá zkratka **CEM I** až **CEM V** (viz kapitola o cementu).

Tab. 1 Třídy pevnosti v tlaku hutného betonu

Třída betonu	Minimální charakteristická válcová pevnost (MPa)	Minimální charakteristická krychelná pevnost (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C28/35	28	35
C30/37	30	37
C32/40	32	40
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Tab. 2 Třídy pevnosti lehkého betonu

Třída betonu	Minimální charakteristická válcová pevnost (MPa)	Minimální charakteristická krychelná pevnost (MPa)
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38

Třída betonu	Minimální charakteristická válcová pevnost (MPa)	Minimální charakteristická krychelná pevnost (MPa)
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

Tab. 3 Třídy lehkého betonu dle objemové hmotnosti

Třída objemové hmotnosti	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
Rozsah objemové hmotnosti [kg/m ³]	> 800 až ≤ 1000	> 1000 až ≤ 1200	> 1200 až ≤ 1400	> 1400 až ≤ 1600	> 1600 až ≤ 1800	> 1800 až ≤ 2000

Tab. 4 Stupně vlivu prostředí

Označení	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
1. Bez nebezpečí koroze nebo narušení		
X0	beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí	beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu, beton základů bez výztuže v prostředí bez vlivu mrazu, beton bez výztuže uvnitř budov.
	beton s výztuží nebo se zabudovanými kovovými vložkami: velmi suché	

Označení	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
2. Korozí vlivem karbonatace		
Pokud beton obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky je vystaven ovzduší a vlhkosti, pak se stupeň vlivu prostředí musí určit následovně		
XC1	suché nebo stále mokré	beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu, beton trvale ponořený ve vodě, části staveb uvnitř budov se střední vlhkostí vzduchu (včetně kuchyní, koupelen a prádelen v obytných budovách)
XC2	mokré, občas suché	povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody (většina základů, části vodojemů)
XC3	středně mokré, vlhké	beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti, části staveb, ke kterým má často nebo stále přístup vnější vzduch, např. haly, vnitřní prostory s velkou vlhkostí vzduchu (kuchyně pro hromadné stravování, lázně, prádelny, veřejné a kryté bazény, stáje a chlévy)
XC4	střídavě mokré a suché	povrchy betonu ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni XC2, vnější části staveb z betonu přímo vystavené srážkám
3. Korozí vlivem chloridů, ne však z mořské vody		
Pokud beton s výztuží nebo s jinými zabudovanými kovovými vložkami přichází do styku s vodou obsahující chloridy včetně rozmrazovacích solí ze zdrojů jiných než z mořské vody, musí být vliv prostředí odstupňován následovně:		
XD1	středně mokré, vlhké	povrchy betonu vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu, stavební části dopravních ploch, jednotlivé garáže
XD2	mokré, občas suché	plavecké bazény, beton vystavený působení průmyslových vod obsahujících chloridy
XD3	středně mokré a suché	části mostů vystavené postřikům obsahujícím chloridy, vozovky, betonové povrchy parkovišť, části mostů a inženýrských staveb vystavené postřikům obsahujícím chloridy
4. Korozí vlivem chloridů z mořské vody		
Pokud beton s výztuží nebo s jinými zabudovanými kovovými vložkami přichází do styku s vodou obsahující chloridy z mořské vody nebo slaným vzduchem z mořské vody, musí být vliv prostředí odstupňován následovně:		
XS1	vystaven slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	stavby blízko mořského pobřeží nebo na pobřeží
XS2	trvale ponořen ve vodě	části staveb v moři
XS3	smáčený a ostříkovaný přílivem	části staveb v moři

Označení	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
5. Působení mrazu a rozmrazování s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich		
Pokud je mokřý beton vystaven značnému působení mrazu a rozmrazování (mrazovým cyklům), musí být vliv prostředí stupňován následovně:		
XF1	mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	svíslé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF2	mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky	svíslé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu
XF3	značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu, otevřené nádrže na vodu, části staveb v zóně kolísání hladiny sladké vody, přelivná tělesa vodních staveb
XF4	značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům, betonové povrchy vystavené přímému ostřiku rozmrazovacími prostředky a mrazu, omývaná část staveb v moři vystavená mrazu, lapoly a nádrže u komunikací, betonová svodidla
6. Chemické působení		
XA1	slabě agresivní chemické prostředí	nádrže čistíren odpadních vod, jímky odpadních vod (žumpy, septiky), základy staveb
XA2	středně agresivní chemické prostředí	části staveb v půdách agresivních vůči betonu, základy staveb
XA3	střídavě agresivní chemické prostředí	průmyslové čistírny odpadních vod s chemicky agresivními vodami, základy staveb, sklady chemických rozmrazovacích látek a umělých hnojiv, silážní jámy a krmné žlaby v zemědělství, chladič věže s odvodem kouřových plynů

Ke stanovení příslušných stupňů vlivu může být potřebná zvláštní studie, pokud:

- jsou hodnoty mimo mezní hodnoty uvedené v *tabulce 2 ČSN EN 206-1*,
- jsou přítomny jiné chemikálie,
- je zemina nebo voda chemicky znečištěná,
- je vysoká rychlost vody v kombinaci s chemikáliemi.

Současné druhy betonů

Vedle tzv. obvyčejného betonu (s pevností v tlaku do 60 MPa) se vyskytují různé druhy vysokopevnostního betonu (s pevností 60–90 MPa), eventuálně velmi vysokopevnostního betonu (pevnost v tlaku nad 90 MPa). V současné době už není beton původním tříšložkovým systémem (kamenivo–cement–voda), ale díky pokroku v chemii přísad a příměsí jsme svědky nebyvalého rozmachu tzv. speciálních betonů s předem napro-

gramovanými parametry, a to jak ve fázi přípravy čerstvého betonu, tak v rychlosti vývinu a dosažení konečných mechanických a dalších užžitných vlastností.

Názvem beton se dnes označuje také celá řada kompozitních materiálů s cementovou maticí, u nichž však chybí hrubé složky kameniva. Jedná se tedy více méně o jemnozrnné malty, velmi často s využitím nových typů přísad (zvláště superplastifikačních) a minerálních mikroplniv (hydraulicky aktivních i neaktivních) a případně různých druhů a tvarů vláknité výztuže.

Výsledek je ovšem velmi zajímavý. Získaný „beton“ se vyznačuje extrémně nízkou pórovitostí, která určuje nejen dosažení vysokých pevností v tlaku (150–200 MPa) ale za přítomnosti vhodného typu a dávky vláknité výztuže je možno dosahovat i vysokých pevností v ohybu (15–50 MPa). Takto získaný kompozit vykazuje i extrémní odolnosti vůči různým druhům agresivního prostředí a povětrnostním vlivům.

I betonářská praxe u nás doznala díky tomuto rychlému rozvoji nových betonářských technologií značného pokroku, za zmínku stojí tzv. samozhutnitelné betony uváděné pod zkratkou SSC (z anglického „Self Compacting Concrete“), které se vyznačují velkou pohyblivostí čerstvě vyrobené směsi obsahující superplastifikační přísadu nové generace a vhodné mikroplnivo. Tento beton nevyžaduje žádné zhutňování, ukládá se jednoduše jako samonivelační hmota. Jeho příprava však není vhodná pro svépomocné práce, neboť vyžaduje přesné dávkování jednotlivých složek, účinné strojní míchání a přísnou technologickou kázeň. Můžeme se však těšit, že i pro svépomocné stavebníky bude nalezena cesta pro jeho uplatnění např. formou suchých prefabrikovaných směsí, které jsou už pro běžné méně náročné betonování na trhu k dispozici.

2.2 Návrh betonu

Stěžejním momentem pro výrobu kvalitního betonu jak v čerstvém, tak i ztvrdlém stavu je volba dávek jednotlivých složek. Vlastnosti složek a jejich podíly v betonu rozhodují o jeho vlastnostech.

Základní složky betonu – cement, voda, písek a hrubší kamenivo jsou každému svépomocnému betonáři snadno dostupné, každý je schopen vyrobit si beton i bez hlubších technologických znalostí.

Filozofii návrhu je však třeba vnímat nejen z této pozice snadné dostupnosti jeho základních složek, ale především s respektem k jejich chování při vzájemném smíšení

při zpracování betonové směsi. Poměr jednotlivých složek se při prvním návrhu betonu musí odvíjet od požadované pevnosti betonu, třídy použitého cementu, druhu a zrnitosti kameniva. Dále závisí na způsobu zpracování čerstvého betonu a celé řadě dalších činitelů. Mezi ně je třeba zahrnout též požadavky na hospodárnost výroby betonu (optimální dávka nejdražší složky – cementu) a v neposlední řadě je třeba brát v úvahu i hledisko trvanlivosti v různých prostředích uložení betonu. Rozdíl mezi kvalitním a nekvalitním betonem není ani tak ve výběru složek, ale spíše v tom, v jakém poměru jsou tyto složky smíchány a jaká pečlivost je věnována ukládání, zhutňování a ošetřování po jeho odformování nebo odbednění.

Pro míšení lze pro svépomocného betonáře odhadnout složení většinou citelem podle jeho zkušeností s betonem při dodržení základních pravidel, která byla stručně vyjádřena na začátku této kapitoly. Profesionální betonáři jsou však schopni na základě svých dlouhodobých profesních zkušeností a znalostí v oblasti „vědy o betonu“ používat různých metod odvozených z teoretických vztahů mezi pevnostmi betonu, možnostmi jednotlivých složek betonu a strojním zpracováním čerstvého betonu, způsoby ukládání a hutnění. Metody teoretického návrhu složení betonu vycházejí většinou ze dvou základních podmínek. Ta **první** představuje využití známé závislosti tzv. krychelné pevnosti betonu na kvalitě cementu (tj. jeho normové pevnosti v tlaku, tzv. vaznosti cementu), na množství cementu v záměsi, na vodním součiniteli (dávce vody vyjádřené hmotnostním poměrem vody a cementu v/c), na druhu a skladbě kameniva, na zpracovatelnosti betonové směsi, na způsobu zpracování a zhutňování betonu. Jedním z nejstarších a nejčastěji používaných vztahů je vzorec Bolomeyův (z roku 1925) ve tvaru

$$R_b = A \cdot R_c \left(\frac{c}{v} - B \right)$$

R_b je krychelná pevnost betonu,

R_c je pevnost cementu v tlaku zjištěná na normové maltě ve stejném stáří jako beton,

c/v je cementový součinitel (tj. obrácený vodní součinitel, vyjádřený jako hmotnostní poměr cementu a vody),

A je součinitel vyjadřující vlivy na hydrataci cementu (kvalita cementu, teplota, zpracování, přísady apod.) a vliv druhu použitého kameniva (těžené – oblé, drcebné – ostrohranné),

B je součinitel závislý na zpracovatelnosti betonové směsi a na způsobu zpracování (zhutnění) betonu.