



Příručka technologa

BETON

SUROVINY - VÝROBA - VLASTNOSTI

**ČESKOMORAVSKÝ
BETON**
HEIDELBERGCEMENT Group

**ČESKOMORAVSKÝ
CEMENT**
HEIDELBERGCEMENT Group

**ČESKOMORAVSKÉ
ŠŤERKOVNÝ**
HEIDELBERGCEMENT Group

2005
2. aktualizované vydání

- 
- 
- vydaly společnosti:

Českomoravský beton, a.s.

Beroun 660, 266 01 Beroun
tel.: +420 311 644 005, fax: +420 311 644 010
e-mail: info@cmbeton.cz
www.cmbeton.cz



Českomoravský cement, a.s.

nástupnická společnost
Beroun 660, 266 01 Beroun
tel.: +420 311 643 056, fax: +420 311 643 001
e-mail: info@cmcem.cz
www.cmcem.cz



Českomoravské štěrkovny, a.s.

Mokrá 359, 664 04 Mokrá
tel.: +420 544 122 111, fax: +420 544 122 536
e-mail: cmsterk@cmsterk.cz
www.cmsterk.cz

- realizace: © 2005 ARTIS - reklamní studio, Mgr. M. Dusíková
- 

PŘEDMLUVA

Vážení příznivci a přátelé betonu,

dostává se Vám do rukou »**PŘÍRUČKA TECHNOLOGA - BETON - SUROVINY, VÝROBA, VLASTNOSTI**«, kterou pro Vás připravila společnost Českomoravský cement. Jsem plně přesvědčen, že tato publikace bude mít stejně příznivý ohlas jako mají příručky »**BETON TASCHENBUCH**« v Německu.

Beton, dříve definovaný jako umělý kámen, je nejrozšířenějším stavebním materiálem. Je ho možno považovat za kompozitní stavební látku, skládající se z plniva, v daném případě z kameniva a pojiva, kterou zde představuje hydraulické pojivo (většinou cement). Mimo to je v této látce obsaženo určité množství pórů. Slovo beton (převzaté z francouzského béton = hrubá malta, pocházející z latinského betunium = kamenná malta, anglicky Concrete) se stalo synonymem i pro ostatní stavební kompozity (např. asfaltobeton, plastobeton, pórobeton aj.).

Technologie betonu je vědní a technická disciplína, která se zabývá složením, výrobou a vlastnostmi betonu s cílem dosažení potřebných vlastností s minimální energetickou náročností (úsporou cementu) a minimálním zatížením životního prostředí. Postupně se přechází od empirického poznání a pozorování k obecné formulaci problémů jazykem matematiky, zvyšuje se stupeň matematizace oboru.

Historie betonu sahá až do roku asi 3600 př. n. l., kdy podle Plinia existovaly sloupy v Egyptě z umělého kamene.

Kolem roku 1000 př. n. l. stavěli Féničané v Jeruzalémě velké vodní cisterny a vodovodní přívaděče. Podobně se féničtí stavitelé podíleli kolem r. 690 př. n. l. na stavbách sloužících k zásobování vodou asyrského královského sídelního města Ninive. Féničanům lze připsat i objev hydraulických vlastností směsi vápna a sopečného tufu. Například na ostrově Santorin ve středomoří



byly objeveny kamenné cisterny ze 3. století př. n. l., omítnuté maltou z vápna a místního tufu. Féniciáné nepochybně navazovali na starší empirické znalosti o hydraulických maltách, jejich technologii však propracovali a poměrně systematicky a dlouhodobě užívali.

Na tyto znalosti navazovali Řekové, kteří ve 2. století př. n. l. začali používat novou zdicí techniku. Masivní zeď byla tvořena dvěma lícovými stěnami z tesaného kamene. Různě široká mezera mezi nimi byla pak vyplňována litou maltou, prokládanou lomovým kamenem. Lícové stěny tedy plnily i funkci »ztraceného bednění«. Tento druh zdiva, nazývaný Řeky »emplekton«, nepochybně výrazně zracionalizoval a urychlil zdění a lze jej považovat za předchůdce dnešního betonu.

Používání hydraulických malt mimořádně propracovali a rozvinuli Římané. Toto lité zdivo mělo řadu charakteristických vlastností. Obsahovalo drcený kámen nebo šterk s maximálním zrnem obvykle do 70 mm, který byl důkladně promíchán s maltou, skládající se z hydraulického pojiva a písku tak, že vznikla homogenní masa. V bednění byla takto připravená směs zhuštěna intenzivním pýchováním nebo stloukáním. Po zatvrdnutí vznikl materiál obdobných vlastností jako dnešní beton. Podle některých domněnek vzniklo toto slovo ze starofrancouzského výrazu »beter«, což znamená tuhnouti. Tuto poslední verzi podporuje anglické označení pro beton - concrete, vzniklé z latinského concrescere = tuhnouti. První použil označení beton pravděpodobně Francouz B. F. Belidor v 1. polovině 18. století. Rozvoj průmyslové výroby v západní Evropě během 17. a 18. století a z něj vyplývající vzrůst stavebních činností oživil zájem o přírodní hydraulická pojiva. Poptávka po tomto pojivu však neustále stoupala. Proto se v 17. a 18. století opakovaně objevily pokusy získat hydraulické pojivo uměle, smísením běžně dostupných surovin.

V r. 1796 přihlásil J. Parker, inspirovaný pravděpodobně Smeatonovou knihou z r. 1791, anglický patent, ve kterém popsal postup drcení a pálení vhodné vápencové suroviny s přiměřenou příměsí hliněných součástí. Výsledek byl nazván románským cementem. Roku 1824 přihlásil J. Aspdin (1778 - 1855) patent s názvem »Zlepšení ve výrobě umělého kamene«. V r. 1825 založil továrnu, v níž vyráběl pojivo pod obchodním názvem »Portlandský cement«.





Název vyplýval z toho, že výsledný produkt svou pevností a šedou barvou připomínal oblíbený portlandský vápenec. Současně nejrozšířenější hydraulické pojivo na světě vděčí tedy za svůj název Aspdinově smyslu pro reklamu a správně pochopené úloze, kterou může sehrát při rozhodování vhodná asociace. I po Aspdinově patentu pokračovalo období hledání. Teprve I. Ch. Johnston (1811 - 1911) dovršil úsilí mnoha generací a r. 1844 došel k poznatku o nutnosti pálení suroviny až na mez slnutí. Tím více je třeba vyzdvihnout výsledky práce W. Michaelise (1840 - 1911), který rozvinul a propracoval teorii chemismu portlandského cementu.

Současně s rozvojem výroby hydraulických pojiv, tj. hydraulických vápen, románského cementu a cementu portlandského, se vyvinulo i jejich užití k výrobě konstrukční hmoty - betonu, který umožnil plnit některé nové, do té doby těžko řešitelné úkoly. V první polovině 19. století byly doménou betonu vodní stavby všeho druhu a zakládání objektů v oblastech se spodní vodou. V této oblasti zaujal beton rychle výsadní postavení. Nelze však pominout i jeho užití k výrobě různých architektonických doplňků i menších soch. V této oblasti se beton komerčně prosadil zejména v důsledku stoupajících cen kamenických prací a vzrůstající poptávky.

Jako zakladatele železobetonu je označován J. Monier (1823 - 1906), který získal tajný rakouský patent na »konstrukce ze železa a cementu pro prahy, kanály, mosty, schody a podobné druhy«. Nicméně první zprávy o vyztužení betonu bronzovými resp. železnými tyčemi jsou známé z doby antického Říma při stavbě lázní Marca Aureila asi z roku 212 n. l. a další použití jsou uvedeny v knize F. Coigneta o železobetonu z roku 1861.

Jedním z nejznámějších propagátorů železobetonu byl F. Hennebique (1842 - 1921). Typickým znakem jeho systému byla důsledná monolitičnost celé konstrukce, což z hlediska statiky mimořádně zvyšovala její tuhost a únosnost.

Beton v počátcích svého masového užití byl materiálem především pro vodní stavby a zakládání. Obytné budovy byly dosti výjimečné. Jako první celobetonový dům, který byl postaven, byl podle tvrzení W. Michaelise malý objekt v Alby ve Francii, který byl postaven v roce 1830 z betonu, kde bylo použito





hydraulické vápno. Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 19. stol. byla problematika technologie betonu a betonových konstrukcí zvládnuta natolik, že se betonová obytná výstavba v některých regionech ukázala jako cenově efektivní. V této době se začaly uplatňovat armované betonové prvky i celé konstrukce.

Běžné používání betonu se ke konci 19. století stalo již běžnou záležitostí tisíců stavitelů, nicméně velké betonové stavby, nové technologie a nové teorie byly spojeny pouze s několika firmami a to zejména v oblasti železobetonového stavitelství.

Výrazný zlom nastal až ve dvacátém století, kdy dlouholetý výzkum, zkušenosti z praxe, vývoj a výroba nových technologických zařízení umožnily posunout betonářskou technologii a beton na podstatně vyšší kvalitativní stupeň. V 70. letech se stále ve větším rozsahu začaly používat vysokopevnostní betony HSC (High Strength Concrete). Za jejich základní charakteristiku je možno považovat pevnost v tlaku, která je minimálně 65 MPa. Horní hranice pevnosti HSC leží podle současných výzkumů na hranici 200 MPa. Výzkum v této oblasti úspěšně pokračuje a již dneska jsou známy výsledky výzkumu, které umožňují vyrábět beton s výrazně vyššími pevnostmi. Tato skupina betonů se u nás označuje jako ultravysokopevnostní beton (UVPB). Jedním z jeho představitelů je ve Francii vyvinutý beton označený jako RPC (Reactive Poder Concrete).

Nelze ani opominout významný mezník v technologii betonu, který se datuje na rok 1988, kdy v Japonsku navrhli a odzkoušeli nové složení betonové směsi, zaručující její podstatně vyšší pohyblivost (tekutost) oproti tradičním betonovým směsím. Tento beton dokáže bez ztuhnutí vyplnit prostor bednění, a to i při husté výztuži. Vzhledem k této vlastnosti se tento beton nazývá samozhutnitelný (SCC - Self Compacting Concrete), přestože se uvedené technologie v řadě vyspělých státech Evropy ve stavební výrobě používají, neexistují na jejich výrobu dosud žádné technické normy.

Určitě lze konstatovat, že se dnes žádná stavba bez betonu zcela neobejde, počínaje základy, podlahami nebo stropními konstrukcemi konče. U takových



staveb jako jsou přehradní hráze, mosty, chladicí věže, silnice, tunely a další si nelze tuto konstrukci bez použití betonu resp. železobetonu ani představit. Vývoj vlastností betonu prošel od nízkých pevností, které byly na počátku 20. století na úrovni 10 až 15 MPa do hodnot, u kterých lze hovořit s desetinásobnou pevností.

Ke změně došlo i v oblasti technologie zpracování betonu používáním i jiných druhů plniva než je běžné hutné kamenivo. Pro řadu konstrukcí lze použít kameniva vylehčená (jako například liapor, perlit, struska apod.), ztekuťující přísady, až po současný »betonářský hit« - samozhutnitelný beton.

Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.
ředitel Kloknerova ústavu ČVUT v Praze



■ Upozornění ■

Tato publikace je určena především k rychlému poskytování informací pro osobní použití a pro praktickou činnost technických a technologických pracovníků v oblasti technologie výroby a zpracování betonu. Uváděné informace pocházejí nejen z ČSN EN 206-1 a ostatních norem, ale i z odborné literatury. Některé údaje z norem a jiných materiálů byly pro lepší srozumitelnost a přehlednost kráceny nebo zjednodušeny a nejsou ve všech případech uváděny se všemi výjimkami a poznámkami. Údaje proto nemohou být použity jako podklad pro znalecké posudky, soudní jednání apod. Navíc v současnosti dochází k průběžnému a neustálému zavádění evropských technických norem, které postupně nahrazují nebo mění platné ČSN, ve sporných případech je proto nutné vždy používat původní texty platných znění citovaných zdrojů.



1.	ZÁKLADNÍ INFORMACE	1
2.	CEMENT	2
3.	KAMENIVO	3
4.	VODA	4
5.	PŘÍSADY	5
6.	PŘÍMĚSI A VÝZTUŽ	6
7.	SLOŽENÍ BETONU	7
8.	KONZISTENCE A ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU	8
9.	TVRDNUTÍ BETONU	9
10.	VLASTNOSTI BETONU	10
11.	SPECIFIKACE A KONTROLA KVALITY BETONU	11
12.	MĚROVÉ JEDNOTKY	12

OBSAH

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE str. 14-39

1.1.	Základní požadavky	str. 14
1.2.	Systémy jakosti	str. 23
1.3.	Vztah k životnímu prostředí	str. 24
1.4.	Hygienická nezávadnost betonu	str. 25
1.5.	Pojmy betonářské technologie	str. 27
1.6.	Složky betonu a označování betonů	str. 30
1.7.	Stupně vlivu prostředí dle ČSN EN 206-1, včetně změny Z2	str. 31
1.8.	Definice agresivního prostředí	str. 39

2. CEMENT str. 40-57

2.1.	Definice	str. 40
2.2.	Složení a označování cementu	str. 41
2.2.1.	Normalizované označování	str. 41
2.2.2.	Druhy a složení cementu	str. 43
2.3.	Fyzikální a chemické vlastnosti cementu	str. 44
2.4.	Pracovní hygiena a ochrana zdraví	str. 46
2.5.	Cementy se specifickými vlastnostmi	str. 48
2.5.1.	Cementy s upravenými vlastnostmi dle ČSN EN 197-1	str. 48
2.5.2.	Cementy s upravenými vlastnostmi dle jiných norem	str. 50
2.6.	Zkoušení cementu	str. 53
2.7.	Přehled vlastností cementu a jejich použití	str. 54
2.7.1.	Vlastnosti nabízených cementů	str. 54
2.7.2.	Použití nabízených cementů podle druhů	str. 55
2.7.3.	Použití nabízených cementů podle pevn. tříd	str. 56
2.8.	Skladování cementu	str. 57

3. KAMENIVO **str. 58-74**

3.1.	Rozdělení kameniva	str. 58
3.2.	Vlastností hornin	str. 59
3.3.	Kamenivo pro lehké a těžké betony	str. 60
3.4.	Kvalitativní požadavky	str. 63
3.4.1.	Drobné kamenivo podle ČSN EN 12620	str. 63
3.4.2.	Hrubé kamenivo podle ČSN EN 12620	str. 64
3.5.	Stanovení max. zrna kameniva při návrhu betonu	str. 65
3.6.	Praktické křivky pro návrh zrnitosti a sypné hmotnosti kameniva	str. 66
3.7.	Moduly zrnitosti kameniva. Příklad výpočtu mísení	str. 69
3.8.	Technologické požadavky na kamenivo do betonu	str. 71
3.9.	Zkoušení kameniva	str. 73

4. VODA **str. 75-78**

4.1.	Kriteria hodnocení záměsové vody (podle ČSN EN 1008:2003)	str. 76
4.2.	Kriteria hodnocení záměsové recyklované vody	str. 77

5. PŘÍŠADY **str. 79-89**

5.1.	Obecně o přísadách	str. 79
5.2.	Plastifikátory a superplastifikátory	str. 81
5.3.	Provzdušňovací přísady	str. 82
5.4.	Těsnící přísady	str. 82
5.5.	Přísady zpomalující tuhnutí	str. 83
5.6.	Přísady urychlující tuhnutí a tvrdnutí cementu	str. 83
5.7.	Stabilizační přísady	str. 84
5.8.	Ostatní přísady	str. 84
5.9.	Přísady výrobce SIKA ADDIMENT GmbH Leimen, SRN	str. 85
5.10.	Mísitelnost přísad ADDIMENT	str. 89

6. PŘÍMĚSI A VÝZTUŽ str. 90-102

6.1.	Latentní hydraulita	str. 90
6.2.	Příměsi	str. 91
6.2.1.	Létavý popílek	str. 92
6.2.2.	Křemičité látky, úlety (Silica Fume)	str. 94
6.3.	Jemné podíly tuhých částic	str. 95
6.4.	Barevné pigmenty	str. 96
6.5.	Betonářská a předpínací výztuž	str. 98
6.6.	Rozptýlená výztuž	str. 100
6.7.	Krycí vrstva výztuže dle ČSN P ENV 1992-1-1	str. 101

7. SLOŽENÍ BETONU str. 103-127

7.1.	Třídy betonu	str. 103
7.2.	Limity složení betonu podle klasifikace prostředí	str. 107
7.3.	Návrh složení betonu	str. 108
7.4.	Návrh složení betonu podle empirického množství vody	str. 112
7.5.	Silniční beton	str. 116
7.6.	Vodostavební beton	str. 118
7.7.	Beton odolný proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek (CH.R.L.)	str. 121
7.8.	Pěnobeton	str. 123
7.9.	Beton pro masivní konstrukce	str. 125
7.10.	Čerpaný čerstvý beton	str. 126

8. KONZISTENCE A ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU str. 128-143

8.1.	Měření konzistence (ČSN EN 206-1)	str. 128
8.2.	Doporučené konzistence čerstvého betonu	str. 131
8.3.	Zpracování čerstvého betonu	str. 133
8.4.	Stříkaný beton	str. 136
8.5.	Potěry a betonové podlahy	str. 138
8.6.	Zhutňování čerstvého betonu	str. 139
8.7.	Odformovací a čisticí přípravky	str. 141

9. TVRDNUTÍ BETONU str. 144-154

9.1.	Tvrdnutí betonu	str. 144
9.2.	Betonování v zimě	str. 147
9.3.	Ošetřování betonu	str. 150
9.4.	Odbedňování a odformování	str. 153

10. VLASTNOSTI BETONU str. 155-171

10.1.	Normy na zkoušení betonu	str. 155
10.2.	Pevnost betonu	str. 157
10.3.	Zkoušení pevnosti betonu	str. 159
10.4.	Deformace betonu	str. 162
10.5.	Vodotěsnost betonu	str. 164
10.6.	Trvanlivost betonu	str. 166

11. SPECIFIKACE BETONU A KONTROLA KVALITY BETONU str. 172-199

11.1.	Specifikace betonu	str. 172
11.2.	Kontrola kvality betonu	str. 175
11.2.1.	Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu	str. 176
11.2.2.	Kontrola shody a kriteria shody pro typový beton dle ČSN EN 206-1	str. 186
11.2.3.	Kontrola shody betonu předepsaného složení	str. 192
11.2.4.	Kontrola shody dle technické normy SVB ČR 01-2004	str. 193
11.2.5.	Kontrola jakosti betonové směsi a betonu podle ČSN 73 2400 (neplatná od 1.1.2004)	str. 197
11.3.	Činnost v případě neshody výrobku	str. 199

12. MĚROVÉ JEDNOTKY str. 200

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE

- 1.1. Základní požadavky
- 1.2. Systémy jakosti
- 1.3. Vztah k životnímu prostředí
- 1.4. Hygienická nezávadnost betonu
- 1.5. Pojmy betonářské technologie
- 1.6. Složky betonu a označování betonů
- 1.7. Stupně vlivu prostředí
dle ČSN EN 206-1, včetně změny Z2
- 1.8. Definice agresivního prostředí

1.1. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY

Stavební výrobek je výrobek trvale zabudovaný do staveb, na něž se vztahuje alespoň jeden technický požadavek. Trvalé zabudování výrobku do stavby je takové zabudování, při kterém se vyjmutím nebo výměnou trvale mění ukazatele užitných vlastností stavby. Vyjmutí nebo výměna je stavební činností. Stavební činnost je stavební nebo montážní činnost, jejímž účelem je realizace stavby, její změna, popřípadě udržovací práce.

Základní požadavky jsou uvedeny v zákoně č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění a v příloze č. 1 NV 163/2002 a NV 190/2002 Sb. Výrobky musí být při respektování hospodárnosti vhodné pro zamýšlené použití při stavbě. Výrobek musí udržet technické vlastnosti po dobu jeho ekonomicky přijatelné životnosti, tj. po dobu, kdy budou ukazatele užitných vlastností stavby udržovány na úrovni slučitelné s plněním základních požadavků na stavby.

Výrobky musí mít takové vlastnosti, aby stavby, pokud byly řádně projektovány, postaveny a udržovány, splňovaly následující požadavky:

1. Mechanická odolnost a stabilita

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby zatížení, která na ni budou pravděpodobně působit v průběhu stavění a užívání, neměla za následek:

- zřícení celé stavby nebo její části,
- větší stupeň nepřípustného přetvoření,
- poškození jiných částí stavby nebo zařízení připojených ke konstrukci nebo instalovaného zařízení následkem deformace nosné konstrukce,
- poškození událostí v rozsahu neúměrném působící příčině.

2. Požární bezpečnost

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby v případě požáru:

- byla po určitou dobu zachována únosnost a použitelnost konstrukce,
- byl omezen rozvoj a šíření požáru a kouře ve stavebním objektu,
- bylo omezeno šíření požáru na sousední objekty,
- mohly osoby a evakuovaná zvířata opustit stavbu nebo být zachráněny jiným způsobem,
- byla brána v úvahu bezpečnost záchranných jednotek.

3. Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby neohrožovala hygienu nebo zdraví jejích uživatelů nebo sousedů, především v důsledku:

- uvolňování toxických plynů,
- přítomnosti nebezpečných částic nebo plynů v ovzduší,
- emise nebezpečného záření,
- znečištění nebo zamoření vody a půdy,
- nedostatečného zneškodňování odpadních vod, kouře a tuhých nebo kapalných odpadů,
- výskytu vlhkosti v částech stavby nebo površích uvnitř stavby.

4. Bezpečnost při užívání

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby při jejím užívání nebo provozu nevznikalo nepřijatelné nebezpečí úrazu, např. uklouznutím, smykem, pádem, nárazem, popálením, zásahem elektrickým proudem a zranění výbuchem.

5. Ochrana proti hluku

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby hluk vnímaný obyvateli nebo osobami poblíž stavby byl udržován na úrovni, která neohroží jejich zdraví a dovolí jim spát, odpočívat a pracovat v uspokojivých podmínkách.

6. Úspora energie a ochrana tepla

Stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, aby spotřeba energie při provozu byla nízká s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů.

Obecně platí, že výrobce je povinen uvádět na trh jen bezpečné výrobky jejichž vlastnosti musí být prokázány stanoveným způsobem. Povinnost dokladat bezpečnost výrobků pro stavby tzv. Prohlášení o shodě, vydávaným na základě několika postupů ověřování shody vlastností výrobků se specifikacemi je upravena zákonem č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky v platném znění, doplněným nařízením vlády č. 163/2002 a nařízením vlády č. 190/2002 Sb., kterými se stanoví technické požadavky na stavební výrobky a seznam stanovených výrobků.

Prohlášení o shodě. Výrobce nebo dovozce stanoveného výrobku, tj. výrobku představujícího zvýšenou míru ohrožení, je povinen před uvedením výrobku na trh vydat písemné prohlášení o shodě výrobku s technickými předpisy a o dodržení stanoveného postupu posouzení shody.

Jakost, kvalita (quality) - stupeň splnění požadavků (potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné) souborem interních znaků (**rozlišující vlastnost**).

Systém - soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících prvků
Systém managementu - systém pro stanovení politiky a cílů a k dosažení těchto cílů.

Systém managementu jakosti - systém managementu pro zaměření a řízení organizace s ohledem na jakost.

Systém jakosti (quality system) je organizační struktura, postupy, procesy a zdroje potřebné pro realizaci managementu (vrcholového řízení) jakosti.

Shoda (conformity) je vyhovující porovnání charakteristik výrobků s technickým předpisem (normou) při certifikaci výrobku. Kontrola shody je kombinace činností prováděných podle předepsaných nebo dohodnutých pravidel (kritérií), prokazuje shody se specifikacemi.

Certifikace (certification) je postup, jímž třetí strana, tj. nestranný certifikační orgán, poskytuje na základě prověrky (auditu) písemné ujištění (certifikát), že výrobek nebo systém zabezpečení jakosti ve výrobě odpovídá specifikovaným požadavkům a je ve shodě s předepsanou normou nebo jiným dokumentem.

Certifikace výrobku. Certifikační orgán prohlašuje shodu charakteristik výrobků s příslušnými normami či jinými uznávanými specifikacemi. Certifikace je povinná pro stanovené výrobky, tj. pro významné výrobky, které výrazně ovlivňují bezpečnost jejich užívání při stavbě, zdraví a životním prostředí (zákon č. 22/1997 Sb.). Také může být povinná jen pro některé vlastnosti tohoto výrobku.

Podle zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění a nařízení vlády č. 163/2002 resp. nařízení vlády č. 190/2002 Sb. je výrobce nebo dovozce stavebních výrobků povinen před uvedením výrobku na trh zajistit ověření shody parametrů výrobku s požadavky norem a předpisů a to jedním z následujících postupů:

(§5) Certifikace

Výrobce nebo dovozce poskytne autorizované osobě pro certifikaci výrobku identifikační údaje, technickou dokumentaci, vzorky výrobku a popis systému řízení výroby. Autorizovaná osoba provede certifikaci výrobku tak, že přezkoumá podklady poskytnuté výrobcem, provede zkoušky výrobku a provede posouzení systému řízení výroby. Pokud vzorek odpovídá určeným normám (nebo jiným předpisům) a výrobcem je zajištěno řádné fungování systému řízení výroby, vystaví autorizovaná osoba **certifikát výrobku**. Autorizovaná osoba provádí nejméně 1x za 12 měsíců pravidelný dohled nad fungováním systému řízení výroby a kontrolu dodržení stanovených požadavků u výrobků.

(§6) Posouzení systému řízení výroby

Výrobce pro posouzení systému řízení výroby provede nebo nechá provést zkoušky vzorku výrobku a posoudí, zda typ výrobku odpovídá určeným normám (nebo jiným předpisům), zajistí technickou dokumentaci, zajišťuje takový systém řízení výroby aby všechny výrobky uváděné na trh odpovídaly technické dokumentaci, zajistí u autorizované osoby posouzení jím provozovaného systému řízení výroby.

Autorizovaná osoba provede posouzení systému řízení výroby. Pokud systém řízení výroby zabezpečuje, že výrobky uváděné na trh odpovídají technické dokumentaci, vydá o tom certifikát. Autorizovaná osoba provádí nejméně 1x za 12 měsíců pravidelný dohled nad fungováním systému řízení výroby.

(§7) Ověření shody

Výrobce pro ověření shody výrobků zajistí provedení zkoušky vzorku výrobku a posouzení shody typu výrobku s určenými normami (nebo jinými předpisy) autorizovanou osobou, zajistí technickou dokumentaci a zajišťuje takový systém řízení výroby aby všechny výrobky uváděné na trh odpovídaly technické dokumentaci. Autorizovaná osoba provede zkoušky typu výrobku a posoudí zda typ výrobku odpovídá určeným normám (nebo jiným předpisům). O výsledcích zkoušek a jejich posouzení vystaví protokol s uvedením doby platnosti.

(§8) Posouzení shody výrobcem

Výrobce pro posouzení shody výrobků provede nebo nechá provést zkoušky vzorku výrobku a posoudí, zda typ výrobku odpovídá určeným normám (nebo jiným předpisům). O výsledcích zkoušek pořizuje doklad. Zajistí technickou dokumentaci a zajišťuje takový systém řízení výroby aby všechny výrobky uváděné na trh odpovídaly technické dokumentaci.

Zákon č. 22/1997 Sb. dále definuje normu jako dokument označený ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Norma se stává harmonizovanou, je-li určena pro splnění technických požadavků na výrobky, vyplývajících z tohoto zákona a doprovodných nařízení vlády (seznamu výrobků). Tvorbu a vydávání norem zaručuje stát. České technické normy - ČSN - jsou po vydání platné, ale

nezávazné. Závaznými se stávají až na základě požadavků zákonných nařízení (zákonů, nařízeních vlády, vyhlášek apod.) nebo na základě smluvních vztahů.

Označení norem:

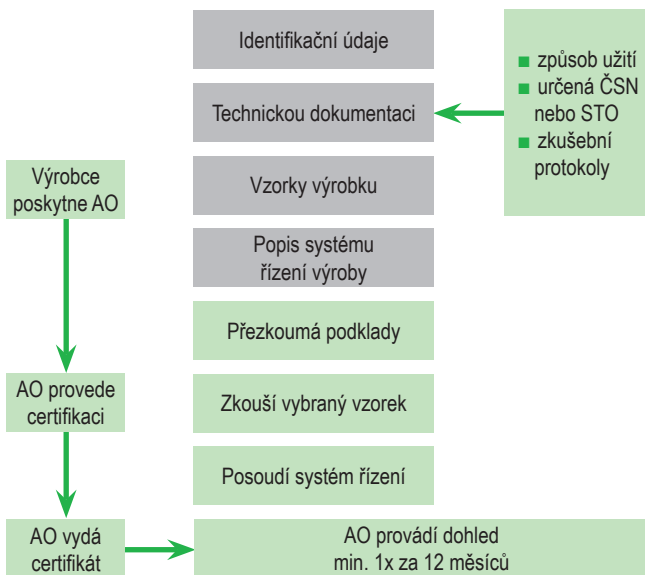
ČSN P ENV ... evropská předběžná norma, zahrnutá do systému ČSN, může obsahovat národní dodatek označovaný ND.

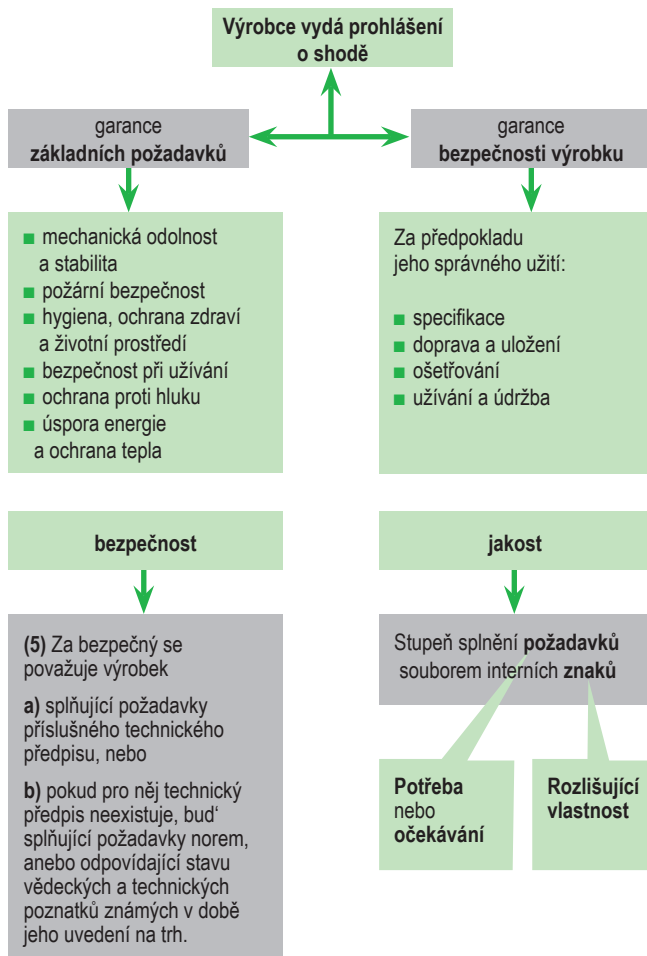
ČSN EN ... evropská norma zahrnutá v systému ČSN, pouze pouhý překlad do češtiny, eventuálně s národní předmluvou.

prEN ... návrh evropské definitivní normy před schválením členskými státy EU

ČSN ISO ... norma vydaná Mezinárodní organizací pro normalizaci, zahrnutá do systému ČSN, tyto normy se většinou zabývají metodami zkoušení.

Postup prokazování shody na beton §5 NV





bezpečnost



Deklaruje výrobce
„Prohlášení o shodě“

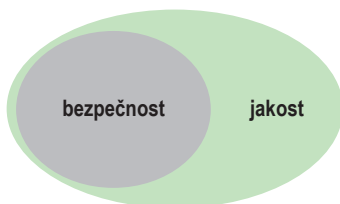
jakost



Zabezpečuje výrobce
systémem řízení výroby
(kap. 9 ČSN EN 206-1):

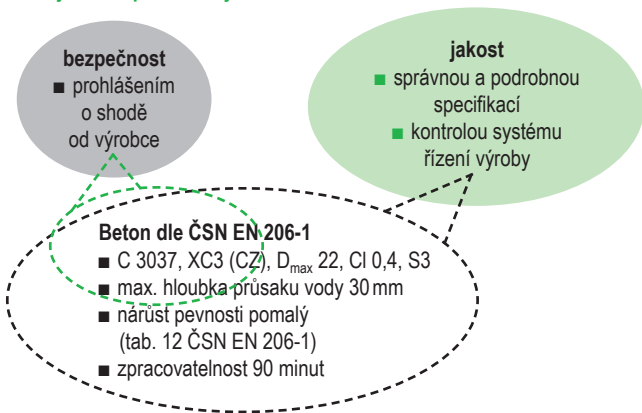
- výběr materiálů
- návrh složení
- výroba
- kontroly a zkoušky
- zkoušky složek
- kontrola zařízení
- kontrola shody

1



Beton je bezpečný je-li kvalitní (jakostní)

Jak zajistit bezpečnost a jakost



Prokazování shody dle NV 190/2002

NV 190/2002 v souladu s právem EU stanoví technické požadavky na stavební výrobky, které mají být uváděny na trh s označením CE. Jedná se o výrobky na něž jsou požadavky stanoveny:

- harmonizovanými českými technickými normami,
- zahraničními technickými normami přejímajícími ve státech EU harmonizované evropské normy,
- evropskými technickými schváleními,
- nebo určenými normami vztahujícími se k tomuto NV.

Výrobce provádí nebo zajišťuje posouzení shody vlastností výrobku s požadavky postupem dle §5 NV 190/2002 Sb postupy:

- a) provede nebo zajistí zkoušku typu a provozuje systém řízení výroby,
- b) zajistí zkoušku typu u autorizované osoby a provozuje systém řízení výroby,
- c) provozuje systém řízení výroby a provádí zkoušky vzorků předepsaným způsobem. Autorizovaná osoba provádí zkoušku typu výrobku, posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje a dohlíží nad jeho řádným fungováním a namátkově odebírá vzorky výrobků v místě výroby, na trhu nebo na staveništi a kontroluje dodržování technických specifikací,
- d) provozuje systém řízení výroby a provádí zkoušky vzorků předepsaným způsobem. Autorizovaná osoba provádí zkoušku typu výrobku, posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje a dohlíží nad jeho řádným fungováním,
- e) provádí zkoušku typu výrobku a zkoušky vzorků předepsaným způsobem a provozuje systém řízení výroby. Autorizovaná osoba posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje a dohlíží nad jeho řádným fungováním,
- f) provádí zkoušku typu výrobku a zkoušky vzorků předepsaným způsobem a provozuje systém řízení výroby. Autorizovaná osoba posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce.

Výrobce vydává ES prohlášení o shodě.

Autorizovaná osoba při postupech podle bodů b) až f) vydá certifikát, který je v těchto případech předpokladem pro vydání ES prohlášení o shodě.

1

1.2. SYSTÉMY JAKOSTI

Zásady:

1. Nadřazenost kvality nad jiná hlediska
2. Účast všech pracovníků organizace na zabezpečování kvality
3. Bezvýhradná orientace na potřeby zákazníků

Normy o řízení a zabezpečování jakosti

ČSN EN ISO 9000:2000 (březen 2002)

Systémy managementu jakosti - Základy, zásady a slovník.

ČSN EN ISO 9001:2000 (březen 2002)

Systémy managementu jakosti - Požadavky.

ČSN EN ISO 9004:2000 Systémy managementu jakosti - Směrnice pro zlepšování výkonosti.

ČSN ISO 10011:1992

Směrnice pro prověřování systémů jakosti.

- část 1. Prověřování.
- část 2. Kvalifikační kritéria pro prověřovatele systémů jakosti.
- část 3. Řízení programů prověrek.

ČSN ISO 10012

Požadavky na zabezpečování jakosti měřicího zařízení.

- část 1. Metrologický konfirmační systém pro měřicí zařízení.
- část 2. Řízení procesu měření.

ČSN ISO 10013:1996

Směrnice pro vypracování příruček jakosti.

ČSN ISO 10014:1999

Směrnice pro management ekonomiky jakosti.

ČSN EN ISO/IEC 17 025:1999 (únor 2001) (nahrazuje EN 45001)

Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří.

ČSN EN 45002

Všeobecná kritéria pro posuzování zkušebních laboratoří.

ČSN EN 45003

Systém akreditace kalibračních a zkušebních laboratoří. Všeobecné požadavky na jeho správu a uznání.

ČSN EN 45011

Všeobecné požadavky na orgány provozující systém certifikace výrobků.

ČSN EN 45012

Všeobecné požadavky na orgány provádějící posuzování a certifikaci/registraci systémů jakosti.

ČSN EN ISO/IEC 17 024 (nahrazuje EN 45013)

Posuzování shody - Všeobecné požadavky na orgány pro certifikaci osob.

ČSN EN 45014

Všeobecná kritéria pro prohlášení dodavatele o shodě.

1.3. VZTAH K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ

Snižování zátěže životního prostředí řeší betonářská technologie ve třech oblastech:

1. Materiálové využití odpadů z výroby betonu (voda, kamenivo), nazývané bezodpadovou technologií čerstvého betonu.
2. Materiálové využití asanovaných betonových konstrukcí (recyklace).
3. Materiálové využívání průmyslových a stavebních odpadů jako složek betonu, čímž se omezují jednak skládky odpadů a jednak těžba přírodních surovin.

Výrobní proces musí respektovat vydané zákony k ochraně životního prostředí.

Systémy environmentálního managementu

ČSN EN ISO 14001 Specifikace s návodem pro její použití.

ČSN EN ISO 14004 Všeobecná směrnice k zásadám, systémům a podpůrným metodám.

1

Směrnice pro provádění environmentálních auditů

ČSN EN ISO 14010 Všeobecné zásady.

ČSN EN ISO 14011 Postupy auditu - provádění auditu systémů environmentálního managementu.

ČSN EN ISO 14012 Kvalifikační kritéria pro environmentální auditory.

1.4. HYGIENICKÁ NEZÁVADNOST BETONU

Při posuzování stavebního výrobku z hlediska zdravých životních podmínek je nutno určit, zda na základě jeho složení lze předpokládat uvolňování škodlivých látek do prostředí při dané technologii a použití výrobků ve stavbě; odhadnout hygienická rizika.

Tato rizika souvisí s umístěním výrobku ve stavbě (interiér, exteriér, kontakt s vodou nebo s potravinami apod.).

Posuzování zdravotního rizika a vlivu na životní prostředí se provádí třemi testy:

1. Chemická analýza výluhu v rozsahu úměrném použití výrobku.

Vzorky se vyluhují v pětinasobném množství destilované vody při 20 °C po dobu 24 hodin. Za naprosto nezávadný se považuje výluh s chemickým složením vyhovujícím pitné vodě (ČSN 75 7111). Chemickou analýzou se stanovuje především: pH, konduktivita, Al, As, Ag, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zn, Tl. Výluhy betonu překračují limity pitné vody v obsahu Al ($0,7 > 0,2 \text{ mg.l}^{-1}$) a v pH ($11 > 6-8$).

2. Testy ekotoxicity na živých organizmech.

Ekotoxicita je vlastnost stavebních látek, která způsobuje zatížení životního prostředí toxickými účinky na biotické systémy. Testuje se působení výluhu na ryby a planktonního korýše *Thamnocephalus platyurus* (akutní toxicita) a na chlorokokální řasy *Raphidocelis subcapitata* (inhibice růstu), vliv na klíčivost

i růst kořene hořčice bílé *Sinapis alba*. Před vlastním testem se provádí dodatečná úprava pH výluhu. Proces probíhá postupnými testy podle pozitivních či negativních výsledků a vyhodnocení se provede metodou porovnávací nebo absolutní. Při různých koncentracích ve zvoleném časovém úseku se hodnotí LC 50 (letální koncentrace vodního výluhu, která způsobuje úhyn 50 % ryb), EC 50 (efektivní koncentrace vodního výluhu, která způsobí úhyn 50 % koryšů) a IC 50 (inhibice - stimulace - růstu řas nebo kořene hořčice bílé je vyšší než 50 %).

3. Hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů (tzv. radioaktivita).

I přírodní materiály obsahují určitý podíl radioaktivních izotopů prvků, mj. uranu (U) a radia (Ra), ze kterých v průběhu radioaktivního rozpadu vzniká mj. i izotop radonu (Rn). Radon je plyn, který proniká volně do ovzduší a je následně vdechován do plic, kde pak dále pokračuje radioaktivní rozpad.

Vyhláškou SÚJB č. 307/2002 Sb. jsou stanoveny přípustné hodnoty hmotnostní aktivity stavebních materiálů.

Hlavním ukazatelem je index hmotnostní aktivity I, vypočítaný z hmotnostních aktivit izotopů radia Ra-226, draslíku K-40 a thoría Th-232, dalším ukazatelem je hmotnostní aktivita samotného radia Ra-226. Požadavky jsou rozděleny na stavby, ve kterých pobývají lidé (pobytové stavby) a na stavby jiné, a na směrné a limitní hodnoty. Směrné hodnoty mají charakter doporučených hodnot, při jejich překročení je nutno uplatnit některá další opatření pro ochranu před ionizujícím zářením. Limitní hodnoty nesmí být překročeny (materiál nesmí být uveden do oběhu).

Pro posouzení výrobku je rozhodující hodnota naměřená na hotovém výrobku, ne hodnoty vstupních materiálů - např. u betonu s použitím popílku jako příměsi.

Směrné hodnoty obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu

1

stavební materiál	index hmot. aktivity
stavební kámen	1
písek, štěrk, kamenivo, jíl	1
popílek, škvára a struska pro stav. účely, umělé kamenivo	1
keramické obkládačky a dlaždice	2
cihly a jiné výrobky z pálené hlíny pro stav. účely	0,5
cement, vápno, sádra	1
výrobky z betonu, sádry, cementu, pórobetonu pro stav. účely	0,5
výrobky z přírodního a umělého kamene pro stav. účely	1

1.5. POJMY BETONÁŘSKÉ TECHNOLOGIE

Beton

Materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva a vody, s přísadami nebo příměsemi nebo bez nich, který získá své vlastnosti hydratací cementu.

Čerstvý beton

Beton, který je zcela zamíchán a je ještě v takovém stavu, který umožňuje jeho zhutnění zvoleným způsobem.

Ztvrdlý beton

Beton, který je v pevném stavu a má již určitou pevnost.

Beton vyráběný na staveništi

Beton, který byl odběratelem vyroben na staveništi pro vlastní potřebu.

Transportbeton

Beton, dodávaný v čerstvém stavu osobou nebo organizací, která není odběratelem betonu; transportbeton ve smyslu této normy je také:

- beton vyráběný odběratelem mimo staveniště,
- beton vyráběný na staveništi, ale ne odběratelem.

Prefabrikovaný betonový výrobek

Betonový výrobek zhotovený a ošetřovaný na jiném místě, než je jeho konečné použití.

Obyčejný beton

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než 2000 kg/m^3 , ale nepřevyšující 2600 kg/m^3 .

Lehký beton

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než 800 kg/m^3 a menší než 2000 kg/m^3 ; je vyráběn zcela nebo jen zčásti z pórovitého kameniva.

Těžký beton

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než 2600 kg/m^3 .

Vysokopevnostní beton

Beton, který má třídu pevnosti v tlaku větší než C 50/60 pro obyčejný a těžký beton a LC 50/55 pro lehký beton.

Typový beton

Beton, pro který jsou výrobci specifikovány požadované vlastnosti a doplňující charakteristiky betonu a výrobce zodpovídá za dodání betonu vyhovujícího požadovaným vlastnostem a doplňujícím charakteristikám.

Beton předepsaného složení

Beton, pro který je výrobci předepsáno složení betonu včetně používaných složek a výrobce zodpovídá za dodání betonu předepsaného složení.

Přísada

Material, který upravuje vlastnosti čerstvého nebo ztvrdlého betonu, přidávaný během míchání betonu v malém množství v poměru ke hmotnosti cementu.

Příměs

Práškovitý materiál, který se přidává do betonu za účelem zlepšení určitých vlastností nebo k docílení speciálních vlastností betonu; tato norma pojednává o dvou druzích anorganických příměsí:

- téměř inertní příměsí (druh I),
- pucolány nebo latentní hydraulické příměsí (druh II).

Vodní součinitel

Poměr účinného obsahu vody k hmotnosti cementu v čerstvém betonu.

Účinný obsah vody

Rozdíl mezi celkovým obsahem vody přítomným v čerstvém betonu a vodou nasáknutou kamenivem.

Celkový obsah vody

Dávkováná voda a voda, která je už obsažená v kamenivu i na povrchu zrn kameniva, voda obsažená v přísadách a příměsích, které jsou přidávány v suspenzi, i voda z přidávaného ledu nebo při ohřívání párou.

Složení betonu

- **typové** - výrobce čerstvého betonu garantuje požadované a objednané vlastnosti betonu
- **předepsané složení** - odběratel předá výrobci recepturu složení betonu a výrobce čerstvého betonu již negarantuje vlastnosti betonu, pouze dodržení poměru mísení složek.

Provzdušnění

Mikroskopické vzduchové bublinky záměrně vytvořené v betonu během míchání obvykle použitím povrchově aktivních chemických látek - provzdušňovacích přísad; jejich typická velikost je 10 až 300 μm , kulovitého nebo podobného tvaru.

1.6. SLOŽKY BETONU A OZNAČOVÁNÍ BETONŮ

Složky betonu

složky betonu			
základní	■ cement	■ voda	■ kamenivo
doplňkové	■ přísady (do 5 % CEM)	■ příměsi (práškové látky)	
výztuž	■ betonářská ocel (pruty, sítě)	■ předpjatá výztuž	■ rozptýlená výztuž (drátky, vlákna)

Pevnostní třída betonu

■ příklad označení C 30/37 podle ČSN EN 206-1

První číslo udává minimální charakteristickou válcovou pevnost v tlaku ve stáří 28 dní, stanovenou na válci výšky 300 mm a průměru základny 150 mm; **druhé číslo** udává minimální charakteristickou pevnost v tlaku **na krychli** o hraně 150 mm ve stáří 28 dní.

■ příklad označení B 20 podle SVB ČR 01-2004

Číslo udává minimální charakteristickou pevnost v tlaku na krychlích o hraně 150 mm ve stáří 28 dní.

Pevnostní třídy obvyčejného betonu

■ **třídy pevností podle ČSN EN 206-1:** C 8/10, C 12/15, C 16/20, C 20/25, C 25/30, C 30/37, C 35/45, C 40/50, C 50/60, C 55/67, C 60/75, C 70/85, C 80/95, C 90/105, C 100/115.

■ **třídy pevností podle SVB ČR 01-2004:** B 5, B 7,5, B 10, B 12,5, B 15, B 20, B 25, B 30, B 35, B 40, B 45.

Třídy lehkého betonu

■ **dle ČSN EN 206-1:** se zavádí 14 pevnostních tříd: LC 8/9, LC 12/13, LC 16/18, LC 20/22, LC 25/28, LC 30/33, LC 35/38, LC 40/44, LC 45/50, LC 50/55, LC 55/60, LC 60/66, LC 70/77, LC 80/88.

1.7. STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ DLE ČSN EN 206-1 VČETNĚ ZMĚNY Z2

1

Stupně vlivu prostředí dle ČSN EN 206-1 (Změna Z2)

označení stupně	popis prostředí	informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
1 Bez nebezpečí koroze nebo narušení		
X0	pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí; pro beton s výztuží nebo se zabudovanými kovovými vložkami: velmi suché	beton uvnitř budov s velmi nízkou* vlhkostí vzduchu; beton základů bez výztuže v prostředí bez vlivu mrazu; beton bez výztuže uvnitř budov
2 Koroze vlivem karbonatace		

Pokud beton obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky je vystaven ovzduší a vlhkosti, pak se stupeň vlivu prostředí se určuje následovně:

POZNÁMKA: Vlhkostní podmínky se vztahují k betonové krycí vrstvě výztuže nebo jiných kovových vložek, ale v mnoha případech se mohou podmínky v betonové krycí vrstvě považovat za stejné jako v okolním prostředí. V takových případech může být přiměřeně stanovit vliv podle okolního prostředí, ne však v případech, kdy je beton od okolního prostředí oddělen.

označení stupně	popis prostředí	informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
2 Koroze vlivem karbonatace		
XC1	suché nebo stále mokré	beton uvnitř budov s nízkou** vlhkostí vzduchu; beton trvale ponořený ve vodě <i>části staveb uvnitř budov se střední vlhkostí vzduchu (včetně kuchyní, koupelen a prádeln v obytných budovách);</i> <i>nesmáčené prvky mostních konstrukcí přístupné vzduchu</i>
XC2	mokré, občas suché	povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody; většina základů <i>části vodojemů</i>
XC3	středně mokré, vlhké	beton uvnitř budov se střední*** nebo velkou**** vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti <i>části staveb ke kterým má často nebo stále přístup vnější vzduch např.: haly, vnitřní prostory s velkou vlhkostí vzduchu (kuchyně pro hromadná stravování, lázně, prádelny, veřejné a kryté bazény, stáje a chlěvy)</i>
XC4	střídavě mokré a suché	povrchy betonu ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC2; <i>vnější části staveb z betonu přímo vystaveného srážkám</i>

označení stupně	popis prostředí	informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
-----------------	-----------------	--

3 Koroze 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:

POZNÁMKA: Vlhkostní podmínky, viz také oddíl 2 této tabulky.

XD1	středně mokré, vlhké	povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu <i>stavební části dopravních ploch, jednotlivé garáže</i>
XD2	mokré, občas suché	plavecké bazény; beton vystavený působení průmyslových vod obsahujících chloridy části mostů vystavené postřikům obsahujícím chloridy;
XD3	střídavě mokré a suché	vozovky, betonové povrchy parkovišť <i>částí mostů a inženýrských staveb vystavené postřikům obsahujícím chloridy</i>

4 Koroze vlivem chloridů z mořské vody

Pokud beton s výztuží nebo s jinými zabudovanými kovovými vložkami, přichází do styku s 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 ošťikovaný přílivem	části staveb v moři

označení stupně	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 odstupňován 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 <i>otevřené nádrže na vodu; části staveb v zóně kolísání hladiny sladké vody, přelivná tělesa vodních staveb</i>
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 <i>lapoly a nádrže u komunikací, betonová svodidla</i>



označení stupně	popis prostředí	informativní příklady výskytu stupně vlivu prostředí
--------------------	-----------------	---

6 Chemické působení

Pokud je beton vystaven chemickému působení rostlé zeminy a podzemní vody podle tabulky 2, musí být vliv prostředí odstupňován, jak je uvedeno dále. Klasifikace mořské vody závisí na geografické poloze a předpisech platných v místě použití betonu.

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

- jsou hodnoty mimo mezní hodnoty uvedené v tabulce 2,
- jsou přítomny jiné chemikálie,
- je zemina nebo voda chemicky znečištěná,
- je vysoká rychlost vody v kombinaci s chemikáliemi podle tabulky 2.

XA1	slabě agresivní chemické prostředí podle tabulky 2	<i>nádrže čistíren odpadních vod, jímky odpadních vod (žumpy, septiky), základy staveb</i>
XA2	středně agresivní chemické prostředí podle tabulky 2	<i>části staveb v půdách agresivních vůči betonu, základy staveb</i>
XA3	vysoce agresivní chemické prostředí podle tabulky 2	<i>průmyslové čistírny odpadních vod s chemicky agresivními vodami; základy staveb, sklady chemických rozmrazovacích látek a umělých hnojiv, silážní jámy a krmné žlaby v zemědělství; chladicí věže s odvodem kouřových plynů</i>

POZNÁMKA: Informativní dělení prostředí podle průměrné dlouhodobé relativní vlhkosti vzduchu: relativní vlhkost vzduchu

■ velmi nízká	méně než 30 %	■ nízká	30 % - 60 %
■ střední	60 % - 85 %	■ velká	více než 85 %



Porovnání požadavků na stupně agresivity prostředí SAP a stupně vlivu prostředí SVP

ČSN P ENV 206 - již neplatná a **staré TKP:1997, kap. 18**

SAP	charakteristika prostředí	v/c max.	cement min. kg/m ³ betonu	min. třída pevnosti v tlaku	obsah vzduchu % obj.
1	suché P Ž PP	- 0,65 0,60	150 260 300	-	- - -
2a	vlhké P bez mrazu Ž PP	0,70 0,60 0,60	200 280 300	C 12/15	- - -
2b*	vlhké P s mrazem Ž PP	0,55	200 280 300		- - -
2ba		0,50	300	C 25/30	-
3a		0,45	330	C 30/37	-
2bb		0,50	330	C 25/30	4 - 6
3*	vlhké s mrazem a rozmrazovacími prostředky	0,50	300 330	C 30/37	4 - 6
3a***		0,45	350	C 30/37	4 - 6
3b					
nebyl určen	-				
5a**	P agresivní Ž chemické PP	0,55	200 280 300	C 25/30	- - -
5b**	prostředí TKP	0,50	300 330	C 30/37	- -
5c**	TKP	0,45	300 370	C 35/45	- -

ČSN EN 206-1 - platná

SAP	charakteristika prostředí	v/c max.	cement min. kg/m ³ betonu	min. třída pevnosti v tlaku	obsah vzduchu % obj.
X0	velmi suché	-	-	C 12/15	-
XC1	suché nebo stále mokré	0,65	260	C 20/25	-
XC2	mokré, občas suché	0,60	280	C 25/30	-
XC3	středně mokré, vlhké	0,55	280	C 30/37	-
XC4	střídavě mokré a suché	0,50	300	C 30/37	-
XF1	mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	0,55	300	C 30/37	-
XF3	značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	0,50	320	C 30/37	4,0
XF2	mírně nasycen vodou s rozmraz. prostředky	0,55	300	C 25/30	4,0
XF4	značně nasycen vodou s rozmraz. prostředky (chloridy bez mrazu)	0,45	340	C 30/37	4,0
XD1	středně mokré, vlhké	0,55	300	C 30/37	-
XD2	mokré občas suché	0,55	300	C 30/37	-
XD3	střídavě mokré a suché	0,45	320	C 35/45	-
XA1	slabě agresivní prostředí	0,55	300	C 30/37	-
XA2**	středně agresivní prostředí	0,50	320	C 30/37	-
XA3**	vysoce agresivní prostředí	0,45	360	C 35/45	-

Poznámky:

P - platí pro prostý beton, Ž - platí pro železový beton, PP - platí pro předpjatý beton

TKP, údaje zelenou barvou - rozšířený požadavek ve starých - TKP:1997, kapitola 18

*pro SAP 2b (2ba, 2bb), SAP 3 (3a, 3b), SAP 5a, SAP 5b a SAP 5c se předepisuje nepropustný (vodotěsný) beton

** pro agresivní prostředí s vysokým obsahem síranových iontů (SO_4^-) se předepisuje použití síranovzdorného cementu SVC

*** zařazení podle návrhu nových TKP:2002, tab. 18-3

1.8. DEFINICE AGRESIVNÍHO PROSTŘEDÍ

1

Definice agresivního prostředí podle ČSN EN 206-1

Odstupňování chemického prostředí je založeno na přírodních půdách a spodních vodách při teplotě + 5 °C až + 25 °C s velmi malou rychlostí proudění vody blízké se nehybným podmínkám.

Pro zařazení je určující nejagresivnější hodnota jednotlivých chemických charakteristik. Jsou-li dvě nebo více charakteristik stejného stupně, je nutno použít pro zařazení nejbližší vyšší stupeň, pokud se neprokáže, že to není nezbytné.

Definice agresivního prostředí podle ČSN EN 206-1

chemická charakteristika	XA1 slabě agresivní	XA2 středně agresivní	XA3 vysoce agresivní
voda:			
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	≥ 200 a ≤ 600	> 600 a ≤ 3000	> 3000 a ≤ 6000
pH	≤ 6,5 a ≥ 5,5	< 5,5 a ≥ 4,5	< 4,5 a ≥ 4,0
CO ₂ agr. (mg/l)	≥ 15 a ≤ 40	> 40 a ≤ 100	> 100 až k nasycení
NH ₄ ⁺ (mg/l)	≥ 15 a ≤ 30	> 30 a ≤ 60	> 60 a ≤ 100
Mg ²⁺ (mg/l)	≥ 300 a ≤ 1000	> 1000 a ≤ 3000	> 3000 až k nasycení
půda:			
SO ₄ ²⁻ mg/kg ¹⁾²⁾	≥ 2000 a ≤ 3000 ³⁾	> 3000 a ≤ 12000	> 12000 a ≤ 24000
st. kyselosti	> 20° Gula-Baumann		

1) Jílovité zeminy s propustností menší než 10⁻⁵ m/s se řadí do nižšího stupně.

2) Zkušební metoda předepisuje vyluhování SO₄²⁻ pomocí kyseliny chlorovodíkové. Jestliže jsou k dispozici zkušenosti v místě užití betonu lze alternativně užít vodní extrakci.

3) Limit 3000 mg/kg se zmenší na 2000 mg/kg v případě nebezpečí hromadění síranových iontů v betonu v důsledku střídavého vysoušení a zvlhčování nebo kapilárního sání.

2. CEMENT

- 2.1. Definice
- 2.2. Složení a označování cementu
- 2.3. Fyzikální a chemické vlastnosti cementu
- 2.4. Pracovní hygiena a ochrana zdraví
- 2.5. Cementy se specifickými vlastnostmi
- 2.6. Zkoušení cementu
- 2.7. Přehled vlastností cementu a jejich použití
- 2.8. Skladování cementu

2. CEMENT

Cement je hydraulické pojivo, tj. jemně mletá anorganická látka, která po smíchání s vodou vytváří kaši, která tuhne a tvrdne v důsledku hydratačních reakcí a procesů. Po zatvrdnutí zachovává svoji pevnost a stálost také ve vodě.

Normové cementy jsou v **ČSN EN 197-1 Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití**.

2.1. DEFINICE

Hlavní složky: zvlášť vybrané anorganické látky v množství převyšujícím 5 % hmotnosti všech použitých hlavních a doplňujících složek

Doplňující složky: jsou zvlášť vybrané anorganické přírodní látky, látky pocházející z procesu výroby slínku nebo složky uvedené v ČSN EN 197-1, kap. 5.2., pokud nejsou v cementu použity jako složky hlavní. Množství doplňující složky nesmí převyšovat 5 % hmotnosti všech použitých hlavních a doplňujících složek.



Síran vápenatý: se přidává k ostatním složkám cementu v průběhu jeho výroby za účelem úpravy tuhnutí.

2

Přísady: jsou látky, které jsou přidávány pro usnadnění výroby nebo pro úpravu vlastností cementu. Celkové množství přísad nesmí překročit 1 % hmotnosti cementu. Množství organických přísad nesmí překročit 0,5 % hmotnosti cementu.

2.2. SLOŽENÍ A OZNAČOVÁNÍ CEMENTU

2.2.1. NORMALIZOVANÉ OZNAČOVÁNÍ

Cementy CEM musí být přinejmenším označovány druhem cementu podle tabulky 1 a hodnotami 32,5; 42,5 a 52,5 označujícími pevnostní třídy. K označení tříd podle počátečních pevností se podle potřeby připojí písmena N (normální počáteční pevnost) nebo R (vysoká počáteční pevnost).

Příklad: Portlandský cement podle EN 197-1 pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement EN 197-1 - CEM I 42,5 R

Příklad: Portlandský struskový cement obsahující mezi 21 - 35 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský struskový cement EN 197-1 - CEM II/B-S 32,5 R

Příklad: Vysokopecní cement obsahující mezi 36 - 65 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s normálními počátečními pevnostmi se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 - CEM III/A 32,5 N



2.2.2. DRUHY A SLOŽENÍ CEMENTU

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků (druhy cementů pro obecné použití)		Složení (poměry složek podle hmotnosti) ^{a)}				
			Hlavní složky				
			Slínek	Vysokopec- ní struska	Křemičitý úlet	Pucolány	
						přírodní	přírod. kalcin.
			K	S	D ^{b)}	P	Q
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95-100	-	-	-	-
	Portlandský struskový cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-
	Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-
	Portlandský pucolánový cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35
CEM II	Portlandský popílkový cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-
	Portlandský cement s kalcinov. břidlicí	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-
	Portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-
	Portlandský směsný cement ^{c)}	CEM II/A-M	80-94	6-20	6-20	6-20	6-20
		CEM II/B-M	65-79	21-35	21-35	21-35	21-35
CEM III	Vysokopecní cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-
CEM IV	Pucolánový cement ^{c)}	CEM IV/A	65-89	-	11-35	11-35	11-35
		CEM IV/B	45-64	-	36-55	36-55	36-55
CEM V	Směsný cement ^{c)}	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30	18-30
		CEM V/B	20-39	31-50	-	31-50	31-50

Složení (poměry složek podle hmotnosti) ^{a)}					
Hlavní složky					Doplňující složky
Popílky		Kalcinovaná břidlice	Vápenec		
křemičité	vápenaté				
V	W				
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
6-20	-	-	-	-	0 - 5
21-35	-	-	-	-	0 - 5
-	6-20	-	-	-	0 - 5
-	21-35	-	-	-	0 - 5
-	-	6-20	-	-	0 - 5
-	-	21-35	-	-	0 - 5
-	-	-	6-20	-	0 - 5
-	-	-	21-35	-	0 - 5
-	-	-	-	6-20	0 - 5
-	-	-	-	21-35	0 - 5
6-20	6-20	6-20	6-20	6-20	0 - 5
21-35	21-35	21-35	21-35	21-35	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
-	-	-	-	-	0 - 5
11-35	11-35	-	-	-	0 - 5
36-55	36-55	-	-	-	0 - 5
18-30	-	-	-	-	0 - 5
31-50	-	-	-	-	0 - 5

a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.

b) Obsah křemičitého úletu je limitován do 10%.

c) Hlavní složky v portlandském směsném cementu CEM II/A-M a CEM II/B-M, v pucolánovém cementu CEM IV/A a CEM IV/B a ve směsném cementu CEM V/A a CEM V/B mimo slínku musí být deklarovány v označení cementu.

2.3. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI CEMENTU (DLE ČSN EN 197-1)

Mechanické a fyzikální vlastnosti
uvedené jako charakteristické hodnoty dle ČSN EN 197-1

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa			počátek tuhnutí [min]
	počáteční pevnost		normalizovaná pevnost 28 dnů	
	2 dny	7 dnů		
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5 ≤ 52,5	≥ 75
32,5 R	≥ 10,0	-		
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5 ≤ 62,5	≥ 60
42,5 R	≥ 20,0	-		
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5 -	≥ 45
52,5 R	≥ 30,0	-		

Objemová stálost všech cementů se stanovuje dle EN 196-3 v Le Châtelierově objímce a její roztažení musí být menší než 10 mm.

Hmotnosti cementu [kg.m⁻³]

cement	objemová hmotnost	sypaná hmotnost volně nasypané	sypaná hmotnost setřesené
portlandský	3100	900 - 1300	1200 - 1700
portland. struskový	3050		
vysokopepční	3000		
pucolánový	2900		

Jemnost mletí cementu se nepředepisuje.

Běžná hodnota **měrného povrchu**, stanovená permeabilní metodou (Blaine), bývá v rozmezí 300 - 450 m².kg⁻¹. Jemnost mletí ovlivňuje počáteční nárůst pevností, počátek a dobu tuhnutí a objemové změny.

Hydratační teplo při 20 °C (orientační hodnoty) [kJ.kg⁻¹]

druh cementu	pevnostní třída	stanovení hydr. tepla cementu za:			
		1 den	3 dny	7 dní	28 dní
portlandský cement	52,5 R a 52,5 N 42,5 R	100-200	250-325	300-375	350-425
portlandský struskový a vysokopecní cement	42,5 N a 32,5 R	75-150	200-275	250-325	275-400
vysokopecní cement	32,5 N	60-175	125-200	150-300	250-375

2

Cementy s nízkým hydratačním teplem pro masivní betonové konstrukce mají mít hydratační teplo za 7 dní nejvýše 270 kJ.kg⁻¹.

Chemické požadavky na vlastnosti cementů

vlastnost	druh cementu	pevnostní třída cementu	požadavek v % hm.
ztráta žíháním	CEM I, CEM II	všechny	≤ 5,0
nerozpuštěný zbytek	CEM I, CEM II	všechny	≤ 5,0
obsah síranů (jako SO ₃)	CEM I, CEM II	32,5N; 32,5R; 42,5N	≤ 3,5
	CEM IV, CEM V	42,5R; 52,5N; 52,5R	≤ 4,0
	CEM III	všechny	≤ 4,0
obsah chloridů	všechny	všechny	≤ 0,1
pucolanita	CEM IV	všechny	vyhoví zkoušce dle EN 196-5

Obsah alkálií vyjádřen jako A.E. se nepředepisuje. Běžná hodnota u vyráběných cementů se pohybuje v rozmezí 0,70 - 1,00 %.

Alkáliový ekvivalent se vypočítá podle vzorce:

$$A.E. = Na_2O \times 0,658 K_2O \text{ [%]}$$

2.4. PRACOVNÍ HYGIENA A OCHRANA ZDRAVÍ

Cement reaguje s vodou výrazně alkalicky, a je proto klasifikován podle zák. č. 356/2003 Sb. v platném znění jako látka dráždivá s označením Xi. Platí to pro cement ve stavu práškovém a bezprostředně po smísení s vodou na cementový tmel. Po ztuhnutí cementového tmele nebo betonu tuto nebezpečnou vlastnost ztrácí. Podobně působí některé rozpustné chromany, obsažené v cementu, které mohou při dlouhodobém styku pokožky s čerstvou cementovou maltou nebo betonem vyvolávat alergie. Přípustný expoziční limit pro prach z cementu (PELc) je $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pro manipulaci s cementem je nutno používat přiléhavý pracovní oděv, ochranné nepropustné rukavice, ochranné brýle a pokud dochází k rozprášení i respirátor. Je nutno zabránit zejména styku cementu s očima, po práci umýt pokožku teplou vodou a mýdlem a použít vhodný reparační krém. Ekologické riziko představuje jen rozsypání velmi velkého množství cementu ve spojení s vodou. Dochází při tom ke zvýšení hodnoty pH vody a tím k poškození vodního prostředí.

Platí následující R a S věty

R věty - Standardní věty s označením specifické rizikovosti nebezpečných látek a přípravků:

- R 36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži.
- R 43 Může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží. (Tato věta se použije pouze v případě, že cement neobsahuje redukční činidlo.)

S věty - Standardní věty s pokyny pro bezpečné nakládání s nebezpečnými látkami a přípravky:

- S 2 Uchovávejte mimo dosah dětí.
- S 22 Nevdechujte prach.
- S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně propláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc.
- S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít.
- S 46 Při požití okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení.

Chrom

Na základě zpřísnění požadavků na ochranu zdraví člověka byla přijata směrnice evropského parlamentu a Rady 2003/53/ES ze dne 18. července 2003, kterou se po dvacáté šesté mění směrnice Rady 76/769/EHS týkající se omezení uvádění určitých nebezpečných látek a přípravků na trh a jejich používání (nonylfenol, nonylfenol ethoxylát a cement). V dodatku této směrnice je tedy jako 47. látka uveden cement. Tato směrnice byla do české legislativy implementována jako Vyhláška č. 221/2004 Sb. z 14.4. 2004, kterou se stanoví seznamy nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků, jejichž uvádění na trh je zakázáno nebo jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je omezeno a nabývá účinnosti dnem 17. ledna 2005.

Cement a přípravky obsahující cement se nesmějí používat ani uvádět na trh, jestliže po smíchání s vodou obsahují více než 0,0002 % rozpustného šesti-mocného chromu, vztážno na celkovou hmotnost suchého cementu.

Tento odstavec se nepoužije pro uvádění na trh a používání v „kontrolovaných uzavřených a plně automatizovaných procesech, v nichž s cementem a přípravky obsahující cement manipulují pouze strojní zařízení a v nichž není možný styk s kůží“.

Které procesy se považují za kontrolované uzavřené a plně automatizované, se uvádí ve sdělení odboru environmentálních rizik MŽP:

- Proces výroby cementu, jehož přeprava jako volně loženého cementu a autocisternách nebo železničních vagonech a pneumatická doprava cementu do sil odběratelů.
- Proces pneumatické dopravy cementu, jeho dávkování do zařízení pro přípravu a míchání čerstvého betonu, hydraulická doprava čerstvé betonové směsi do autodomíchávačů, její přeprava na stavbu a ukládání čerstvého betonu hydraulickými pumpami na příslušné místo betonáže na stavbách. V případě výroby prefabrikovaných dílců přímé ukládání čerstvého betonu do forem.
- Proces dávkování cementu do zařízení pro průmyslovou výrobu suchých nebo vlhkých maltových a omítkových směsí pro strojní zpracování i proces jejich aplikace na stavbě. Před použitím na stavbě jsou aplikační míchací

a omítací stroje automaticky plněny z jednotlivých přepravních zásobníků a následně postupně vyprazdňovány v technologickém procesu bez možnosti fyzického kontaktu s obsluhou.

Ekologické riziko představuje jen rozsypaní velmi velkého množství cementu ve spojení s vodou. Dochází při tom ke zvýšení hodnoty pH vody a tím k poškození vodního prostředí.

2.5. CEMENTY SE SPECIFICKÝMI VLASTNOSTMI

2.5.1. CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE ČSN EN 197-1

Portlandský cement pro cementobetonové kryty vozovek CEM I 42,5 R - sc

Zpřísňující kritéria pro použití cementu na cementobetonové kryty vozovek v souladu s ČSN 73 6123 jsou:

- obsah C_3A ve slínku max. 8 %,
- měrný povrch cementu do $350 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$,
- počátek tuhnutí nejdříve za 90 min. a doba tuhnutí do 12 hod.,
- pevnost v tahu ohybem za 28 dní min. 7 N/mm^2 (MPa),
- objemová stálost: roztažení objímky do 6 mm,
- ZŽ max. 1.5 % hmotnosti cementu,
- N_p max. 3.0 % hmotnosti cementu.

Zpřísňující kritéria jsou uvedena v „Protokolu o výsledku certifikace výrobku“.

Normalizované označování

Příklad: Portlandský cement pro cementobetonové kryty vozovek pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement EN 197-1 - CEM I 42,5 R - sc



Vysokopecní cement se zvýšenou síranovou odolností CEM III/A 32,5 R - svc

Je cement, který odpovídá požadavkům ČSN EN 197-1 pro mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti druhů a tříd cementů pro obecné použití a svým složením zaručuje dlouhodobou odolnost v prostředích síranů zahrnutých v ČSN EN 206-1 (ČSN P ENV 206 příp. ČSN 73 2400).

2

Obsah C_3A se vypočítá z chemické analýzy cementu dle vzorce:

$$C_3A = 2,65 \cdot Al_2O_3 - 1,69 Fe_2O_3$$

Zpřísňující kritéria pro použití výrobku jako cementu se zvýšenou síranovou odolností jsou uvedena v Protokolu o výsledku certifikace výrobku.

Síranové rozpínání stanovené dle metodiky TZÚS IP 0400 T 007 musí být menší než $0,6 \text{ mm.m}^{-1}$, obsah C_3A v portlandském slínku je max. 8 % a obsah C_3A ve vysokopecním cementu CEM III/A 32,5 R - svc je max. 4 %.

Normalizované označování

Příklad: Vysokopecní cement se zvýšenou síranovou odolností pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 - CEM III/A 32,5 R - svc

Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem dle ČSN EN 197-1 Změna A1

Dle této změny hydratační teplo cementu pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem nesmí být větší než charakteristická hodnota 270 J/g při stanovení podle EN 196-8 po 7 dnech nebo podle EN 196-9 po 41 hodinách.

Normalizované označování

Příklad: Vysokopecní cement podle EN 197-1, obsahující mezi 66 - 80 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s normálními počátečními pevnostmi a nízkým hydratačním teplem se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 - CEM III/B 32,5 N - LH



2.5.2. CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE JINÝCH NOREM

ČSN 72 2103 Cement síranovzdorný - Složení, specifikace a kritéria shody

Tato norma definuje a určuje specifikace pro 3 výrobky souboru cementů síranovzdorných (SV) a jejich složky.

Podle hlavních druhů jsou cementy síranovzdorné rozděleny takto:

- CEM I Portlandský cement síranovzdorný (se záměrně upraveným chemickým složením - SV), s obsahem C_3A max. 3,5 % hmotnosti cementu
- CEM III Vysokopecní cement síranovzdorný CEM III/B nebo CEM III/C (se záměrně upraveným složením - SV), obsah C_3A není limitován.

Normalizované označování

Příklad : Portlandský cement síranovzdorný podle této ČSN 72 2103 pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement síranovzdorný ČSN 72 2103 CEM I 42,5 R-SV

ČSN EN 197-4 Cement část 4 : Složení, specifikace a kritéria shody vysokopecních cementů s nízkou počáteční pevností

Norma definuje a určuje specifikace pro 3 jmenovité vysokopecní cementy s nízkými počátečními pevnostmi a pro jejich složky.

FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI CEMENTU

Mechanické a fyzikální vlastnosti uvedené jako charakteristické hodnoty dle ČSN EN 197-4

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa				počátek tuhnutí [min]	objemová stálost [mm]
	počáteční pevnost		normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 L	-	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10,0
42,5 L	-	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
52,5 L	≥ 10,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45	

Normalizované označování

Vysokopecní cementy s nízkými počátečními pevnostmi musí být přinejmenším označovány druhem cementu a hodnotami 32,5; 42,5 a 52,5, označujícími pevnostní třídu. Pro označení nízké počáteční pevnosti se použije písmeno L. Pro cementy s nízkým hydratačním teplem se dodatečně použijí písmena LH.

Příklad: Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností obsahující 66 % až 80 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 se označí:

- Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností
EN 197-4 - CEM III/B 32,5 L

Příklad: Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností obsahující 81 % až 95 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s nízkým hydratačním teplem se označí:

- Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností
EN 197-4 - CEM III/C 32,5 L - LH

ČSN EN 14216 Cement : Složení, specifikace a kritéria shody speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem

Norma definuje a určuje specifikace pro 6 jmenovitých speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem a pro jejich složky.

Speciálních cement s velmi nízkým hydratačním teplem je vhodný zejména pro stavbu přehrad a jiných podobných masivních konstrukcí, u nichž rozměry konstrukcí mají velmi nízký poměr povrch/objem.

Složení speciálních cementů

Norma rozděluje tyto cementy na 3 hlavní druhy:

- VLH III Vysokopecní cement
- VLH IV Pucolánový cement
- VLH V Směsný cement

FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI CEMENTU

Mechanické a fyzikální vlastnosti uvedené jako charakteristické hodnoty dle ČSN EN 14216

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa		počátek tuhnutí [min]	objemová stálost [mm]
	normalizovaná pevnost 28 dnů			
22,5	≥ 22,5	≤ 42,5	≥ 75	≤ 10,0

Hydratační teplo

Hydratační teplo speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem stanovení podle EN 196-8 po 7 dnech nebo podle EN 196-9 po 41 hodinách, nesmí větší než 220 J/g.

Normalizované označování

Příklad: Speciální cement s velmi nízkým hydratačním teplem obsahující 81 % až 95 % hmotnosti granulovanou vysokopecní strusku (S), pevnostní třídy 22,5 se označí:

- Speciální vysokopecní cement s velmi nízkým hydratačním teplem EN 14216 - VLH/C (S) 22,5

prEN 14 647 Hlinitanový cement

Hlinitanový cement byl vyvinut koncem devatenáctého století jako alternativa ke křemičitanovému cementu pro použití v prostředí s větším obsahem síranů. Kromě této odolnosti má mimořádně rychlé tvrdnutí a velkou odolnost vůči vysokým teplotám.

Nesmí se používat v konstrukčních betonech, neboť v důsledku konverze se po několika letech trvale snižuje pevnost betonu z něho vyrobeného. Používá se pro žáruvzdorné betony.

Pevnosti v tlaku dosahují hodnot po 6 hod. 20 - 55 MPa, po 24 hod. 70 MPa a po 28 dnech 80 - 100 MPa.



Normalizované označování

Příklad: Hlinitanový cement podle této normy musí být označen:

- Hlinitanový cement EN 14647 CAC

2

Ostatní cementy s upravenými vlastnostmi:

- Rozpínavý cement k rozpojování hornin.
- Bílý cement pro barevné betony.
- Cement s nízkým obsahem alkálií vyjádřeným jako alkáliový ekvivalent (A.E.) do 0,6 % k omezení alkalického rozpínání kameniva, které obsahuje reaktivní SiO_2 .
- Barnatý cement používaný v těžkých betonech.

2.6. ZKOUŠENÍ CEMENTU

ČSN EN 196 Metody zkoušení cementu, soubor devíti částí zkušebních norem

- ČSN EN 196-1:1996 Část 1: Stanovení pevnosti
 - ČSN EN 196-2:1996 Část 2: Chemický rozbor
 - ČSN EN 196-3:1996 Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti
 - ČSN EN 196-5:1996 Část 5: Zkouška pucolanity pucolanových cementů
 - ČSN EN 196-6:1993 Část 6: Stanovení jemnosti
 - ČSN EN 196-7:1993 Část 7: Postupy pro odběr a úpravu vzorků cementu
 - ČSN EN 196-8:2004 Část 8: Stanovení hydratačního tepla - Rozpouštěcí metoda
 - ČSN EN 196-9:2004 Část 9: Stanovení hydratačního tepla - Semidiabatická metoda
 - prEN 196-10:2004 Část 10: Stanovení obsahu ve vodě rozpustného šestimocného chromu v cementu
 - ČSN EN 196-21:1993 Část 21: Stanovení Chloridů, oxidu uhličitého a alkálií v cementu
 - ČSN P EN 196-4:1995 Část 4: Kvantitativní stanovení hlavních složek
- Tato předběžná evropská norma nebude převáděna na řádnou zkušební normu EN.



2.7. PŘEHLED VLASTNOSTÍ CEMENTŮ A JEJICH POUŽITÍ

2.7.1. VLASTNOSTI NABÍZENÝCH CEMENTŮ

CEM I 52,5 R; CEM I 52,5 N

- velmi vysoké normové pevnosti,
- velmi rychlý nárůst počátečních pevností,
- rychlý vývin hydratačního tepla.

CEM I 42,5 R

- vysoké normové pevnosti,
- rychlý nárůst počátečních pevností,
- rychlý vývin hydratačního tepla.

CEM I 42,5 R-sc

- limitovaný měrný povrch,
- omezené smršťování betonu,
- příznivý náběh hydratačního tepla.

CEM I 42,5 N; CEM II/A-S 42,5 N

- příznivý nárůst počátečních pevností,
- vhodné pro použití na protěpované betony,
- pomalejší vývin hydratačního tepla.

CEM II/B-S 32,5 R

- rychlý nárůst počátečních pevností,
- odolnost proti agresivnímu prostředí.

CEM II/B-S 32,5 N

- pomalejší vývin hydratačního tepla,
- odolnost proti agresivnímu prostředí.

CEM II/B-V 32,5 N

- pomalejší vývin hydratačního tepla,
- odolnost proti agresivnímu prostředí.

CEM III/A 32,5 R

- rychlý nárůst počátečních pevností,
- odolnost proti agresivnímu prostředí,
- příznivý náběh hydratačního tepla.

CEM III/A 32,5 R-svc

- rychlý nárůst počátečních pevností,
- zvýšená odolnost proti agresivnímu prostředí,
- příznivý náběh hydratačního tepla.

CEM III/A 32,5 N

- pozvolný nárůst počátečních pevností,
- odolnost proti agresivnímu prostředí,
- pozvolný náběh hydratačního tepla.

2.7.2. POUŽITÍ NABÍZENÝCH CEMENTŮ PODLE DRUHŮ

Portlandské cementy:

- výroba betonů o vysokých pevnostech,
- výroba armovaných a předpínaných monolitických i prefabrikovaných konstrukcí vystavených vysokému namáhání,
- výroba náročných betonových výrobků.

Portlandské cementy směsné:

- výroba běžných betonů, zejména transportbetonů,
- výroba běžných betonových a železobetonových monolitických a prefabrikovaných konstrukcí,
- výroba masivních betonových konstrukcí, opěrných stěn, vodních děl.

Vysokopecní cement:

- výroba betonů, které jsou trvale vystaveny vlhkému až mokrému prostředí (vodní díla),
- výroba masivních a silnostěnných konstrukcí.

Směsné cementy:

- výroba masivních betonových konstrukcí, základů, opěrných stěn apod.,
- výroba méně náročných betonů a betonových výrobků.

Cementy na cementobetonové kryty vozovek:

- výroba cementobetonových krytů vozovek,
- výroba betonů pro povrchy letiště.

Cement se zvýšenou síranovou odolností:

- výroba betonů pro základové a jiné konstrukce v agresivním půdním prostředí,
- výroba betonů pro konstrukce vystavené agresivním vodám, parám a plynům, např. zemědělské stavby, čistírny odpadních vod, skládky odpadů.

2.7.3. POUŽITÍ NABÍZENÝCH CEMENTŮ PODLE PEVNOSTNÍCH TŘÍD

Cementy třídy 52,5:

- výroba železobetonu nebo předpjatého betonu pro velmi náročné nosné konstrukce,
- výroba velice náročných tenkostěnných monolitických i prefabrikovaných prvků,
- pro betony tříd B 45 až B 60 (C 35/45 až C 100/115).

Cementy třídy 42,5:

- výroba železobetonu nebo předpjatého betonu pro velmi namáhané konstrukce,

- výroba tenkostěnných monolitických i prefabrikovaných prvků,
- pro betony tříd B 30 až B 45 (C 25/30 až C 35/45).

Cementy třídy 32,5:

- výroba prostého betonu i vyztuženého betonu pro namáhané konstrukce,
- výroba železobetonových prefabrikátů a betonových výrobků,
- pro betony tříd B 15 až B 30 (C 12/15 až C 25/30).

2

Cementy všech tříd označené R:

- výroba betonů, které vyžadují vysoké počáteční pevnosti,
- výroba prefabrikovaných prvků a betonových výrobků.

2.8. SKLADOVÁNÍ CEMENTU

Výrobek musí být při skladování chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %).

Za těchto podmínek je doba skladování baleného výrobku a účinnosti redukčního činidla 90 dnů od data uvedeného na obalu.

3. KAMENIVO

- 3.1. Rozdělení kameniva
- 3.2. Vlastnosti hornin
- 3.3. Kamenivo pro lehké a těžké betony
- 3.4. Kvalitativní požadavky
- 3.5. Stanovení maximálního zrna kameniva při návrhu betonu
- 3.6. Praktické křivky pro návrh zrnitosti a sypané hmotnosti kameniva
- 3.7. Moduly zrnitosti kameniva. Příklad výpočtu mísení
- 3.8. Technologické požadavky na kamenivo do betonu
- 3.9. Zkoušení kameniva

3.1. ROZDĚLENÍ KAMENIVA

Rozdělení kameniva

znak	rozdělení	příklad
objemová hmotnost	lehké (pórovité) do 2000 kg.m^{-3} hutné ($2000 \text{ až } 3000 \text{ kg.m}^{-3}$) těžké nad 3000 kg.m^{-3}	Liapor, experlit aj. magnetit aj.
původ	těžené nebo drcené přírodní nebo umělé	
velikost zrn	jemné do 0,25 mm drobné od 0 do 4 mm hrubé od 4 do 63 mm směs kameniva	moučka, filer, příměs písek (0/4) drť, štěrk (4/8, 8/16, 32/63) štěrkopísek, štěr- kodrť (0/16, 0/32)
frakce (dolní a horní velikost síta d/D)	úzká (mezi po sobě jdoucími sítý) široká	2/4, 4/8, 8/16, 16/32 4/11, 8/32

3.2. VLASTNOSTI HORNIN

Druhy hornin pro hutné betony

hornina	objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	tvrdost podle Mohse	pevnost v tlaku [MPa]	pevnost v tahu [MPa]	nasáka- vost [% hm.]
VYVŘELÉ HORNINY					
žula	2600 - 2800	6 - 7	120 - 240	10 - 35	0,2 - 1,2
diorit	2700 - 3000	6 - 7	135 - 215	20 - 40	0,2 - 0,7
gabro	2800 - 3100	6 - 7	150 - 225	25 - 60	0,2 - 0,5
syenit	2500 - 2900	6 - 7	150 - 200	10 - 20	0,2 - 0,5
čedič	2900 - 3050	6	250 - 400	15 - 25	0,1 - 0,3
trachyt	2400 - 2900	6 - 7	60 - 70	5 - 7	1,0 - 2,0
diabas	2800 - 2900	6	120 - 220	20 - 45	0,1 - 0,8
porfyr, porfyrít	2550 - 2650	6 - 7	70 - 210	15 - 30	0,2 - 1,5
USAZENÉ HORNINY					
pískovec	2000 - 2400	proměnl.	30 - 80	3,8	4,0 - 8,5
vápenec	2600 - 2850	3	40 - 180	10 - 25	0,2 - 0,6
dolomit	2650 - 2850	3,5	100 - 200	12 - 25	0,2 - 0,6
břidlice	2600 - 2750	3	100 - 190	30 - 100	0,3 - 1,5
PŘEMĚNĚNÉ HORNINY					
rula	2650 - 2750	6 - 7	120 - 250	24 - 50	0,1 - 1,2
křemenec	2500 - 2700	7	300		0,5
amfibolit	2700 - 3100	6	170 - 280		0,1 - 0,4
mramor	2700 - 2800	3	75 - 145	12 - 26	0,2 - 1,0
serpentinit	2500 - 2850	3 - 4	60 - 140	10 - 23	0,1 - 2,0

3.3. KAMENIVO PRO LEHKÉ A TĚŽKÉ BETONY

Lehké (pórovité) kamenivo

V ČR se vyrábí Liapor (keramzit) a expandovaný perlit (drobné a jemné kamenivo). Dříve se také vyráběl agloporit (spékaný popílek), expandit (expandovaná břidlice) a zpěněná struska. Jako pórovitého kameniva do lehkých betonů a malt lze také použít: přírodní pemzu, cihelnou drť, expandovaný vermikulit nebo použít jiný výplňový materiál jako mineralizovaná dřevní hmota, expandovaný polystyren aj.

LIAPOR (keramzit)

označení	frakce [mm]	sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	tepená vodivost [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	mezero- vitost [%]	setře- sitelnost [%]
8-16/275	8-16	275 ± 40	550 ± 80	0,09	47	13
8-16/600	8-16	600 ± 50	1100 ± 50	0,14	45	2
4-8/350	4-8	350 ± 35	625 ± 90	0,10	44	12
4-8/450	4-8	450 ± 45	850 ± 125	0,11	44	11
4-8/650	4-8	650 ± 50	1200 ± 100	0,14	45	2
4-8/800	4-8	800 ± 50	1500 ± 50	0,19	47	2
4-8/950	4-8	950 ± 50	1825 ± 125	0,23	48	2
1-4/500	0-4	500 ± 75	875 ± 130	0,11	43	13
1-4/625	0-4	625 ± 90	1050 ± 155	0,14	40	12
2-4/450	2-4	450 ± 65	800 ± 120	0,11	44	5
0-2/575	0-2	575 ± 85	1050 ± 155	0,12	43	5

Kamenivo pro těžké betony, ke stavební ochraně proti záření

kamenivo	objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	chemické složení
PŘÍRODNÍ TĚŽKÉ		
Baryt (BaSO ₄)	4000 - 4300	obsah BaSO ₄ ≥ 85 %
Magnetit (Fe ₃ O ₄)	4650 - 4800	obsah Fe 60 - 70 %
Hematit (Fe ₂ O ₃)	4700 - 4900	obsah Fe 60 - 70 %
Ilmenit (FeTiO ₃)	4550 - 4650	obsah Fe 35 - 40 %
UMĚLÉ TĚŽKÉ		
Ferosilicium	5800 - 6200	obsah Fe 80 - 85 %
železné granule (Fe)*	6800 - 7500	obsah Fe 90 - 95 %
ocelový písek (Fe)*	7500	obsah Fe cca 95 %
Ferofosfor	6000 - 6200	obsah Fe 65 - 70 %
S OBSAHEM KRYSTALICKÉ VODY		
Limonit (Fe ₂ O ₃ .nH ₂ O)	3500 - 3650	obsah krystalické vody cca 11 %
Serpentin (Mg ₆ [(OH) ₆ Si ₄ O ₁₁].H ₂ O)	cca 2600	obsah krystalické vody cca 12 %
S OBSAHEM BÓRU		
Bórcaicit (B ₂ O ₃ +CaO+H ₂ O)	2300 - 2400	obsah bóru cca 13 %
Bórkarbid (B ₄ C)	cca 2500	obsah bóru cca 78 %

* těžká výplň betonu - není nutné jiné kamenivo ve smyslu ČSN EN 206-1

EXPERLIT

parametr	m.j.	EP 100	EP 150	EP 180	EP AGRO
sypná hmotnosť (max.)	kg.m ⁻³	100	150	180	200
tepelná vodivosť	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	0,06	0,07	0,075	0,08
vlhkosť (max.)	%	2	2	2	2
zrnnosť (mm)					
< 0,315	%	70 - 95	max. 70	max. 40	max. 15
< 1,0	%	85 - 100	70 - 100	30 - 80	max. 25
1,0 - 4,0	%	max. 5	0 - 30	20 - 70	min. 75
chemické složení					
SiO ₂	%	min. 66	min. 66	min. 66	min. 66
Al ₂ O ₃	%	max. 18	max. 18	max. 18	max. 18
Fe ₂ O ₃	%	max. 3	max. 3	max. 3	max. 3
CaO+MgO	%	max. 5	max. 5	max. 5	max. 5
Na ₂ O+K ₂ O	%	max. 8	max. 8	max. 8	max. 8

3.4. KVALITATIVNÍ POŽADAVKY

Všechno kamenivo použité pro přípravu betonu podle ČSN EN 206-1 vyhovuje, je-li v souladu s požadavky ČSN EN 12620 Kamenivo do betonu.

3.4.1. DROBNÉ KAMENIVO PODLE ČSN EN 12620 (NÁRODNÍ PŘÍLOHA - tabulka NA.1)

3

vlastnosti (název, označení kategorie)	třídy		
	A	B	C
zrnitost:			
G_F drobné $D \leq 4$ a $d = 0$	G_F 85	G_F 85	G_F 85
G_A směs kameniva $D \leq 45$ a $d = 0$	G_A 90	G_A 85	G_F 85
G_{NG} těžené přírodní $D = 8$ a $d = 0$	G_{NG} 90	G_{NG} 90	G_{NG} 90
obsah jemných částic f:			
těžené	f_3	f_3	$f_{\text{deklarovaná}}^*$
drcené	f_3	f_{10}^*	$f_{\text{deklarovaná}}^*$
směs	f_3	f_{11}^*	$f_{\text{deklarovaná}}^*$
odolnost proti alkalicko-křemičité reakci	deklarace dle ČSN EN 206-1 změna Z2, článek NA.3		
obsah chloridů	maximálně 0,02 %		
obsah síranové síry AS	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,8}$
obsah veškeré síry S	maximálně 1 %		
humusovitost	světlejší než etalon		
obsah lehkých znečišťujících částic	max. 0,25 %	hodnoty se deklarují	

* v případě většího obsahu jemných částic než 3 % je nutno posoudit jakost jemných částic

3.4.2. HRUBÉ KAMENIVO PODLE ČSN EN 12620 (NÁRODNÍ PŘÍLOHA - tabulka NA.2)

vlastnosti (název, označení kategorie)	třídy		
	A	B	C
zrnitost:			
G_C hrubé $D/d \leq 2$ nebo $d \leq 11,2$	G_C 85/20	G_C 85/20	G_C 80/20
G_C hrubé $D/d > 2$ nebo $d > 11,2$	G_C 90/15	G_C 90/15	G_C 90/15
souhrnné meze $D/d < 4$ $D/1,4$	G_T 15	G_T 15	G_T 15
a tolerance kameniva G_T $D/d \geq 4$ $D/2$	G_T 17,5	G_T 17,5	G_T 17,5
tvárový index Sl	Sl_{20}	Sl_{40}	Sl_{55}
obsah jemných částic f	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$	f_4
součinitel Los Angeles LA - těžené $D \leq 11$	LA_{40}	LA_{50}	LA_{50}
$D > 11$	LA_{35}	LA_{50}	LA_{50}
součinitel Los Angeles LA - drcené $D \leq 11$	LA_{30}	LA_{35}	LA_{40}
$D > 11$	LA_{25}	LA_{30}	LA_{35}
ohladitelnost PSV	hodnoty se deklarují	-	-
nasákavost WA_{24}	$\leq 1,5\%$	$\leq 1,5\%$	$\leq 2,5\%$
odolnost proti zmrazování a rozmrazování* F	F_1	F_2	F_4
zkouška síranem hořečnatým* MS	MS_{18}	MS_{25}	MS_{35}
odolnost proti alkalicko-křemičité reakci	deklarace dle ČSN EN 206-1 změna Z2, článek NA.3		
obsah chloridů	maximálně 0,02 %		
obsah síranové síry AS	$AS_{0,2}$	$AS_{0,2}$	$AS_{0,8}$
obsah veškeré síry S	maximálně 1 %		
obsah lehkých znečišťujících částic	max. 0,0 5%	hodnoty se deklarují	

* mrazuvzdornost může být prokázána jedním z obou způsobů

3.5. STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO ZRNA KAMENIVA PŘI NÁVRHU BETONU

Stanovení maximálního zrna kameniva

Pro stanovení zrnitosti kameniva slouží normové sady sít.

■ základní sada sít:

0 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 31,5 (32) - 63 mm

■ rozšířená základní sada sít:

0 - 0,063 - 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 5,6 (5) - 8 - 11,2 (11) - 16 - 22,4 (22) - 31,5 (32) - 45 - 63 mm

3

O maximálním zrnu rozhoduje podmínka nejmenšího rozměru:

■ nejvýše jedna třetina až polovina nejmenšího rozměru konstrukce (podle jejího tvaru),

■ nejmenší vzdálenost ocelových prutů výztuže zmenšená o 5 mm,

■ nejvýše 1,3 násobek krycí vrstvy výztuže,

■ 1/3 světlého průměru potrubí, jímž je dopravován beton

- neplatí pro betony v suchém prostředí (stupeň agresivity X0, XC1).

Snahou je použití co největšího zrna kameniva, pokud to uvedené podmínky dovolí.

Mezerovitost kameniva M udává minimální objem cementového tmele, který musí zaplnit dutiny mezi zrny kameniva a vypočte se ze vzorce:

$$M = 1 - \rho_s / \rho_K \quad [\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}]$$

ρ_s - sypaná hmotnost kameniva v setřeseném stavu $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$

ρ_K - objemová hmotnost zrn kameniva $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$, pokud není stanovena v laboratoři bere se pro přírodní kamenivo hodnota $2650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

3.6. PRAKTICKÉ KŘIVKY PRO NÁVRH ZRNITOSTI A SYPNÉ HNOTNOSTI KAMENIVA

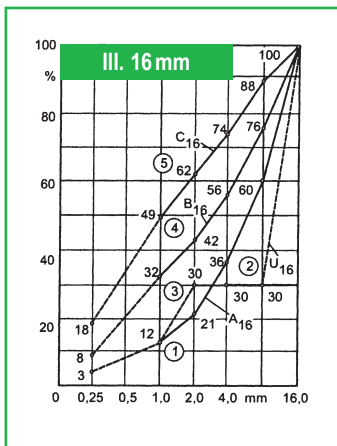
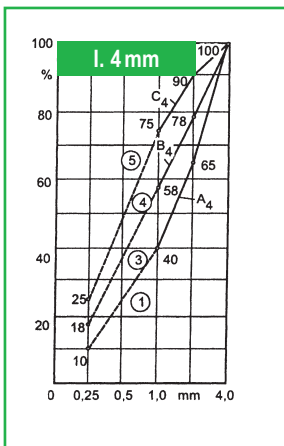
Křivky zrnitosti

vislá osa = propad sítem v % hmotnosti
vodorovná osa = velikost otvoru síta v mm.

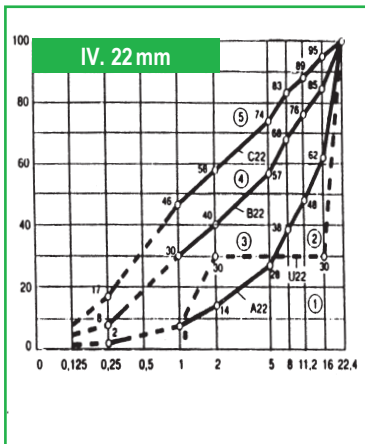
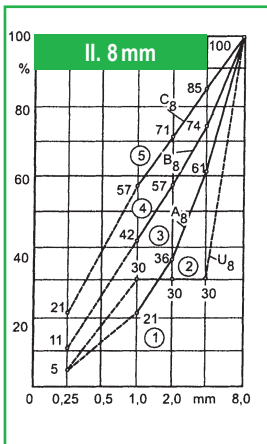
Oblasti: 1 a 5 - nevhodná zrnitost,
2 - křivka přerušené zrnitosti,
3 - dobrá zrnitost,
4 - ještě použitelná zrnitost pro maximální zrno kameniva

Ideální křivky zrnitosti kameniva pro max. zrno:

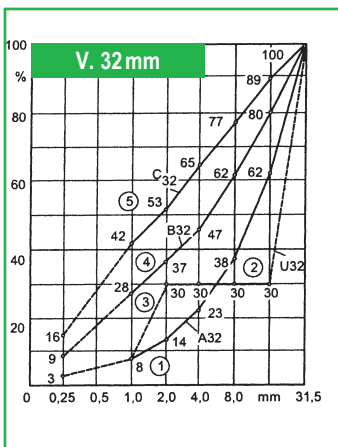
- I. - 4 mm
- II. - 8 mm
- III. - 16 mm
- IV. - 22 mm (drcené kamenivo)
- V. - 32 mm
- VI. - 63 mm
- VII. - čerpaný beton 32 mm
- VIII. - vliv vlhkosti na sypnou hmotnost kameniva



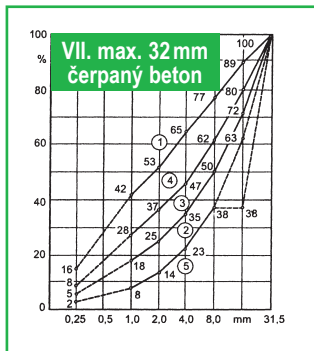
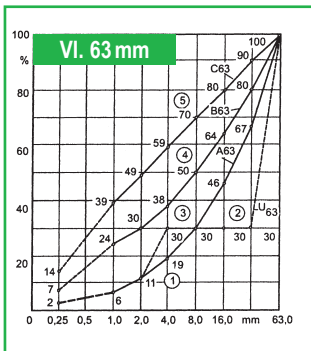
Křivky zrnitosti



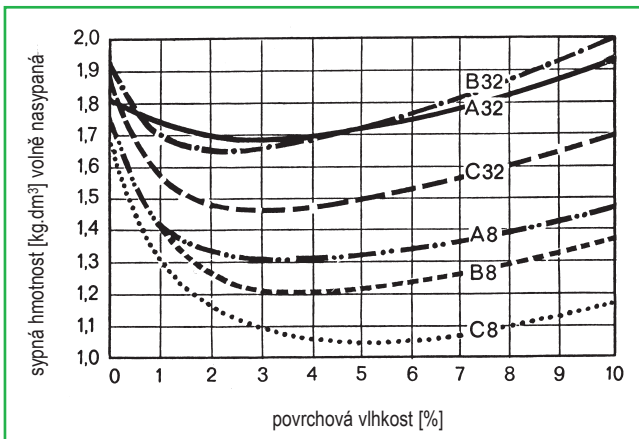
3



Křivky zrnitosti



Sypná hmotnost vlhkého kameniva



3.7. MODULY ZRNITOSTI KAMENIVA PŘÍKLAD VÝPOČTU MÍSENÍ

Křivky zrnitosti popisujeme pomocí modulů, které vyjadřují jemnost kameniva. Směs kameniva se stejným modulem vytváří předpoklady pro dosažení stejné pevnosti betonu, ale především takové kamenivo potřebuje stejné množství vody na ovlhčení svého povrchu. Tyto moduly rovněž slouží k výpočtu poměrů mísení dvou i více kameniv rozdílné zrnitosti. Pro stanovení modulu zrnitosti je nutné provést síťový rozbor na normové sadě sítí.

3

k modul - součet zbytků (Abrams)

k modul zrnitosti je součet procentních zůstatků směsi kameniva stanovených na rozšířené základní sadě sítí dělený 100.

$$k = \sum Z_i / 100$$

D modul - součet propadů (Rothfuchs)

D modul je součet procentních propadů směsi kameniva stanovených na rozšířené základní sadě sítí.

$$D = \sum y_i = (m - k) \cdot 100$$

Mezi K modulem a D modulem je následující vztah:

$$100 \cdot k + D = 900$$

Příklad: Výpočet k modulu a D modulu pro křivku zrnitosti A/B 16

rozměr síta [mm]	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5	63,0	součet
zbytek na síti [%]	92	81	70	60	47	25	0	0	0	375
propad na síti [%]	8	19	30	40	53	75	100	100	100	525

$$k = 375 / 100 = 3,75 \quad D = 525$$

F - hodnota (Hummel)

$$F = \sum (f_i \cdot m_i / 100)$$

$$f_i = 100 \cdot \log (10 \cdot d_i)$$

y_i = propad sítom o velikosti i [% hm.], Z_i = zůstatek na sítě o velikosti i [%hm.]

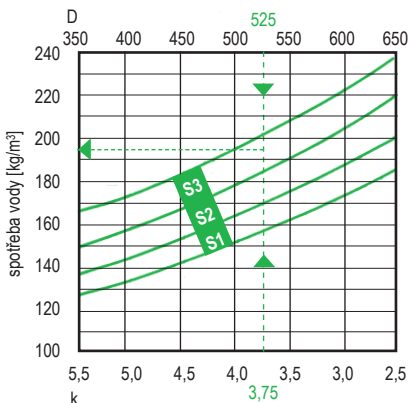
m_i = podíl zrn frakce o průměrné velikosti zrna $d_i = (d_1 + d_2) / 2$

Potřeba vody podle modulu kameniva k pro konzistenci čerstvého betonu:

■ S3 - měkkou ■ S2 - plastickou ■ S1 - tuhou
(vztaženo na suchý povrch kameniva)

Příklad:

■ Kamenivo
s modulem $k = 3,75$
■ měkká
konzistence S3
odečteme
z nomogramu
195 litrů
na m^3 betonu



**Hodnoty modulů pro hraniční čáry zrnitosti (síta 0,25 - 63 mm)
zrnitost dle kap. 3.8.**

čára zrnitosti	modul zrnitosti k	D - součet	F - hodnota
A ₈	3,64	536	134
B ₈	2,89	611	111
C ₈	2,27	673	92
A ₁₆	4,61	439	163
B ₁₆	3,66	534	134
C ₁₆	2,75	625	107
A ₃₂	5,48	352	189
B ₃₂	4,20	480	151
C ₃₂	3,30	570	123

3

3.8. TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA KAMENIVO DO BETONU

1. Posouzení jemných částic

Jemné částice se mohou považovat za neškodné, pokud je splněna jedna z podmínek:

- celkový obsah jemných částic je menší než 3% nebo než je jiná hodnota podle předpisů platných v místě použití kameniva,
- hodnota ekvivalentu písku (*SE*), zjištěná zkouškou podle EN 933-8 je větší než specifikovaná spodní mez,
- hodnota methylenové modře (*MB*) zjištěná zkouškou podle EN 933-9 je menší než specifikovaná spodní mez,
- pokud je potvrzeno vyhovující provedení se známým kamenivem, nebo kde je důkaz o vyhovujícím používání s dobrými zkušenostmi bez problémů.

Požadavky na shodu zkoušek ekvivalentu písku methylenové modře na frakci 0/2 mm se běžně vyjadřují s pravděpodobností 90 %.

2. Organické látky

- humusovitost drobného kameniva - zkouškou hydroxidem sodným je přípustné pouze světle žluté až žlutohnědé zabarvení,
- bobtnající organické látky (dřevo, uhlí aj.) max. v písku 0,5 % hm. a v hrubém kamenivu do 0,1 % hm.,
- obsah uhlíku max. 0,5 % hm.,
- organické látky ovlivňující tvrdnutí betonu (cukry, rozpustné soli) musí být omezeny tak, aby srovnatelnými zkouškami betonů nesnížily pevnost o více než 15 %.

3. Sloučeniny síry

- max. 1 % hm., stanovené jako SO_3 , např. sádra, alkalické sulfáty,
- max. 0,2 % hm. stanovené jako obsah síranů rozpustných v kyselině.

4. Sloučeniny korodující ocel

zejména chloridy, ale také dusičnany a ostatní halogenidy, kromě fluoru.

- kamenivo pro železobeton max. 0,04 % Cl⁻,
- kamenivo pro předpjatý beton max. 0,02 % Cl⁻,
- pro nevyztužené betony se připouští 0,1 % Cl⁻.

5. Reaktivní křemen

S alkáliemi vzniká nežádoucí alkalicko-křemičitá reakce, která je doprovázena dlouhodobými objemovými změnami. V ČR se vyskytuje ojediněle. Nežádoucí reaktivní minerály: opál, chalcedon, cristobalit, kryptokrystalinická skla obsažená někdy v rhyolitech, dacitech, andezitech, v křemičité břidlici a ve flintu.

- limitní obsah aktivního opálu do 0,5 % hm. nebo reaktivního flintu do 3 % hm.

6. Hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů (tzv. radioaktivita)

Viz bod 1.4.3.

3.9. ZKOUŠENÍ KAMENIVA

Zkoušení kamenivo do betonu se řídí požadavky normy ČSN EN 12620.

Zkoušení všeobecných vlastností kameniva

- ČSN EN 932-1 Metody odběru vzorků
- ČSN EN 932-2 Metody zmenšování laboratorních vzorků

3

Zkoušení geometrických vlastností kameniva

- ČSN EN 933-1 Stanovení zrnitosti - Síťový rozbor
- ČSN EN 933-2 Stanovení zrnitosti - Zkušební síta, jmenovité velikosti otvorů
- ČSN EN 933-4 Stanovení tvaru zrn - Tvarový index
- ČSN EN 933-5 Stanovení podílu drcených zrn v hrubém kamenivu
- ČSN EN 933-7 Stanovení obsahu schránek živočichů
- ČSN EN 933-8 Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku
- ČSN EN 933-9 Posouzení jemných částí - Zkouška methylenovou modří

Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva

- ČSN EN 1097-1 Stanovení odolnosti proti ořezu (mikro-Deval)
- ČSN EN 1097-2 Metody pro stanovení odolnosti proti drcení
- ČSN EN 1097-3 Stanovení sypané hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva
- ČSN EN 1097-5 Stanovení vlhkosti sušením v sušárně
- ČSN EN 1097-6 Objemová hmotnost zrn

Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání

- ČSN EN 1367-1 Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování
- ČSN EN 1367-2 Zkouška síranem hořečnatým
- ČSN EN 1367-3 Zkouška varem

Zkoušení chemických vlastností kameniva

- ČSN EN 1744-1 Chemický rozbor
- ČSN EN 1744-2 Stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi
- ČSN EN 1744-3 Zkouška vyluhování vodou

Minimální četnost zkoušek obecných vlastností kameniva uvádí ČSN EN 12620:

Zkoušky všeobecných vlastností kameniva

- zrnitost (ČSN EN 933-1) jednou týdně,
- tvar hrubého kameniva (ČSN EN 933-4) jednou měsíčně,
- obsah jemných částic (ČSN EN 933-1) jednou týdně,
- pokud je požadována jakost jemných částic (ČSN EN 933-8) jednou týdně,
- objemová hmotnost zrn a nasákavost (ČSN EN 1097-6) jednou ročně.

Zkoušky specifických vlastností pro konečné použití kameniva

- odolnost proti drcení hrubého kameniva pro vysokopevnostní beton (ČSN EN 1097-2) dvakrát ročně,
- odolnost proti otěru hrubého kameniva pro ohrubné vrstvy vozovek (ČSN 1097-1) jednou za 2 roky,
- odolnost proti ohladitelnosti kameniva pro ohrubné vrstvy vozovek (ČSN 1097-8) jednou za 2 roky,
- odolnost proti zmrazování rozmrazování (ČSN 1367-1 nebo ČSN EN 1367-2) jednou za 2 roky.

4. VODA

4.1. Kriteria hodnocení záměšové vody
(podle ČSN EN 1008:2003)

4.2. Kriteria hodnocení záměšové recyklované vody

Všechna voda použitá pro přípravu betonu podle ČSN EN 206-1 vyhovuje, je-li v souladu s požadavky ČSN EN 1008 Záměšová voda do betonu - specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměšové vody do betonu.

3

4

Klasifikace typů vod

druh vody	použití jako záměšová voda
pitná	použitelná bez zkoušení
voda získaná při recyklaci	nutno ověřit použitelnost
podzemní voda	nutno ověřit použitelnost
povrchová voda	nutno ověřit použitelnost
odpadní průmyslová voda	nutno ověřit použitelnost
mořská voda	do betonu bez výztuže, obecně není vhodná pro výrobu železobetonu a předpjatého betonu
brakická (poloslaná) voda	
splašková voda	není vhodná do betonu

4.1. KRITERIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ VODY (PODLE ČSN EN 1008:2003)

Úvodní posouzení vody

vlastnost	požadavek	ověření
oleje a tuky	ne více než viditelné stopy	vizuálně, po 2 minutách
čistící prostředky	jakákoli pěna zmizí do 2 min.	protřepáním 80 ml vody
barva	bleděžlutá nebo světlejší	vizuálně ve válci
rozptýlené látky	usazenina ≤ 4 ml	80 ml vody odstavené po 30 minut
zápach	bez zápachu nebo jako pitná voda	čichem, zda zápach je jiný než pro pitnou vodu;
kyselost	pH ≥ 4	indikátorovým papírkem, pH metrem
humusovité látky	barva jako světle žlutá nebo světlejší po přidání NaOH	5 ml vody a 5 ml 3% NaOH, protřepat, 1 hodinu stát a vizuálně posoudit

Četnost zkoušek vody

druh vody	četnost zkoušek jako záměsová voda
pitná	nezkouší se
voda získaná při recyklaci	objemová hmotnost vody jednou denně
podzemní voda	před prvním použitím;
povrchová voda	následně minimálně 1x měsíčně
odpadní průmyslová voda	
mořská voda	před prvním použitím; následně minimálně
brakická (poloslaná) voda	1x ročně nebo v případě potřeby
splašková voda	není vhodná do betonu

Chemické vlastnosti vody

vlastnost	požadavek	ověření
obsah chloridů (Cl^-)		
■ předpjatý beton nebo injektážní malta	500 mg/litr	pokud vyhovuje ČSN EN 206-1, lze použít pro vyztužený i předpjatý beton
■ beton s výztuží	1000 mg/litr	
■ beton bez výztuže	4500 mg/litr	
obsah síranů (SO_4^{2-})	< 2000 mg/litr	
obsah alkálií (Na^+ a K^+)	< 1500 mg/litr	ekvivalent NaOH
škodlivé znečištění		
■ cukry	100 mg/litr	
■ fosfáty (jako P_2O_5)	100 mg/litr	
■ dusičnany (jako NO_3^-)	500 mg/litr	
■ olovo (jako Pb^{2+})	100 mg/litr	
■ zinek (jako Zn^{2+})	100 mg/litr	

4

4.2. KRITERIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ RECYKLOVANÉ VODY

Recyklovaná voda, získaná z výroby betonu, musí být použita v souladu s podmínkami uvedenými v ČSN EN 1008. Tato voda obsahuje zvýšený podíl jemných částic (z cementu, drobného a hrubého kameniva, příměsí). S ohledem na uvedené skutečnosti je nutno kvalitu a vlastnosti recyklované vody zohlednit při návrhu a výrobě betonové směsi - možné kolísání jemných částic v betonu a dosažení požadované konzistence čerstvého betonu.

Recyklovaná voda je voda použitá při rozplavení zbytků čerstvého betonu nebo cementových malt, vymývání bubnů autodomíchávačů a zbytků betonu v čerpadlech betonu.

Vlastnosti recyklované vody musí odpovídat parametrům uvedeným v kapitole 4.1.

Recyklovaná voda obsahuje jemné částice (cement, kamenivo) zpravidla velikosti po 0,25 mm. Proto musí být její homogenita udržována pravidelným promícháváním. Není-li promíchávání zajištěno, je třeba pevné částice z recyklované vody oddělit například sedimentací ve vhodných nádržích.

Recyklovaná voda smí být dávkována pouze ve výrobnách betonu, ve kterých vznikla (zbytky přísad a jemných částic cementu a kameniva mají stejný původ jako vstupní materiály). Recyklovaná voda se zásadně nepoužívá při výrobě provzdušněných betonů a vysokopevnostních betonů.

Hmotnost pevných látek vnesených do betonu při použití recyklované vody musí být menší než 1 % z celkové hmotnosti kameniva v betonu (1 800 kg ± 18,0 kg). Musí se vzít v úvahu možný vliv pokud jsou speciální požadavky na vyráběný beton (pohledový, provzdušněný, předpjatý, do agresivního prostředí...). Množství vody získané při recyklaci se pokud možno má využít při výrobě během jednoho dne. Obsah pevných látek v recyklované vodě se musí pravidelně kontrolovat měřením objemové hmotnosti. Objemová hmotnost má být měřena při výrobě průběžně, nejméně však 1x denně.

Množství pevných částic v recyklované vodě

Množství recykl. vody v kg/m³	Obsah pevných částic (suchých) v kg/m³ (obj. hm. zrn 2,1 kg/l) Objemová hmotnost recyklované vody v kg/m³														
	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	
20	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	
40	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	
60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
80	3	4	6	7	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20	
100	4	6	7	9	11	12	14	16	17	19	20	22	23	25	
120	4	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30	
140	5	8	10	13	15	17	20	22	24	26	29	31	33	35	
160	6	9	12	15	17	20	23	25	28	30	33	35			
180	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34					

5. PŘÍSADY

- 5.1. Obecně o přísadách
- 5.2. Plastifikátory a superplastifikátory
- 5.3. Provozdušňovací přísady
- 5.4. Těsnící přísady
- 5.5. Přísady zpomalující tuhnutí
- 5.6. Přísady urychlující tuhnutí a tvrdnutí cementu
- 5.7. Stabilizační přísady
- 5.8. Ostatní přísady
- 5.9. Přísady výrobce SIKA ADDIMENT GmbH Leimen, SRN
- 5.10. Mísitelnost přísad ADDIMENT

4

5

5.1. OBECNĚ O PŘÍRADÁCH

Přísady jsou chemické sloučeniny, které se přidávají během míchání do betonu v množství od 0,2 do 5 % hmotnosti cementu za účelem modifikace vlastností čerstvého nebo tvrdnoucího betonu.

ČSN EN 934-2:2002 Přísady do betonu, malty a injektážní malty.

Část 2. Přísady do betonu - definice, specifikace a kriteria shody.

Rozdělení přísad:

- vodoredukující/plastifikační,
- silně vodoredukující/superplastifikační,
- stabilizační (zadržující vodu),
- provozdušňovací,
- urychlující tuhnutí,
- urychlující tvrdnutí,
- zpomalující tuhnutí,
- těsnící (hydrofobizační, odpuzující vodu).

Řada norem pro přísady EN 934 je rozdělena na části:

- 934-2 Přísady do betonu.
- 934-3 Přísady do zdicí malty.

- 934-4 Přísady do injektážní malty pro předpínací kabely.
- 934-5 Přísady do stříkaného betonu.
- 934-6 Odběr vzorků, kontrola shody a hodnocení shody.

Evropská norma EN 480 Přísady do betonu, malty a injektážní malty.

Zkušební metody. Norma je rozdělena na tyto části:

- 480-1 Referenční beton a referenční malta pro zkoušení.
- 480-2 Stanovení doby tuhnutí.
- 480-4 Stanovení odlučování vody v betonu.
- 480-5 Stanovení kapilární absorpce.
- 480-6 Infračervená analýza.
- 480-8 Určení obsahu sušiny.
- 480-10 Stanovení obsahu ve vodě rozpustných chloridů.
- 480-11 Stanovení charakteristiky vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu.

Pro zkoušení vlastností přísad a jejich účinnosti se používají referenční, definované složky, malta a beton. Obecné požadavky jsou stanoveny pro homogenitu (při použití nesmí přísada segregovat), barvu (musí být shodná s barvou referenčního vzorku přísady), obsah efektivních složek přísady, který se kontroluje infračervenou spektroskopií (požaduje se shoda charakteristických pík s referenčním vzorkem), relativní hustotu (při hustotě nad 1100 kg.m^{-3} se připouští 30 kg.m^{-3} a při hustotě pod 1100 kg.m^{-3} pak $\pm 20 \text{ kg.m}^{-3}$), obsah sušiny se může odchylovat od deklarované hodnoty výrobcem o $\pm 5\%$, hodnota pH od deklarovaného stavu může mít toleranci ± 1 . Vliv přísady na dobu tuhnutí se zkouší u všech přísad na čtyřech druzích cementu (EN 480-1). Obsah chloridů má být do $0,1\%$ hm. Obsah alkálií nemá překročit definovanou hodnotu výrobcem. Provdzušnění čerstvého betonu přísadou (kromě provdzušňovacích) nemá překročit 2% proti referenčnímu vzorku. Přísada nesmí korozivně napadat ocelovou výztuž.

5.2. PLASTIFIKÁTORY A SUPERPLASTIFIKÁTORY

Plastifikační - vodoredukující přísady

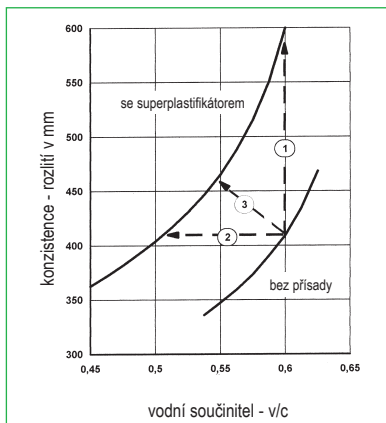
redukuji potřebné množství vody pro dosažení stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu.

Superplastifikační - silně vodoredukující přísady

jsou látky, které výrazně redukuji potřebné množství vody při stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu.

Kromě obecných požadavků musí být plastifikační přísadou sníženo množství vody o více jak 5 % při stejné konzistenci stanovené sednutím nebo rozlítím a u superplastifikátoru o více jak 12 %. Pevnost v tlaku přidáním plastifikační přísady má vzrůst za 7 a 28 dní nejméně na 110 % proti referenčnímu betonu.

Superplastifikátorem v důsledku redukce množství vody při stejné zpracovatelnosti má vzrůst pevnost v tlaku betonu za 1 den nejméně na 140 % a za 28 dní nejméně na 115 % proti referenčnímu betonu. Konzistence čerstvého betonu se superplastifikátorem se nesmí za 30 min. po přidání přísady změnit proti původnímu stavu a vzrůst konzistence proti referenčnímu betonu přidáním superplastifikátoru má být o 160 mm (rozlítím proti 380 mm) nebo o 120 mm (sednutím proti 70 mm).



5.3. PROVZDUŠŇOVACÍ PŘÍSADY

Látky, které po přidání během mísení čerstvého betonu vytváří uzavřené vzduchové póry jemně rozložené v betonu. Objem kulovitých pórů (velikosti 0,010 až 0,300 mm a navzájem vzdálených méně než 0,2 mm), jejich velikost a rozložení ovlivňují tyto parametry:

- druh a množství provzdušňovací přísady, ta se dává jen ve velmi malém množství 0,05 až 0,5 % hmotnosti cementu a v čerstvém betonu se musí docílit provzdušnění cca 4 - 6 % objemu,
- druh, jemnost mletí a množství cementu; čím jemnější cement a čím obsahuje více strusky, tím je třeba větší dávky přísady pro stejné množství vzduchových pórů,
- vodní součinitel w , s jeho zvýšením se zvětšuje velikost pórů,
- granulometrie kameniva, zvýšením podílu zrn (0 - 0,25 mm) se zvyšuje obsah pórů i při stejné dávce přísady a stejné konzistenci,
- potřebné množství pórů se snižuje se zvětšujícím se maximálním zrnem kameniva. Dle ČSN EN 206-1 se požaduje provzdušnění min. 4 %,
- intenzivní vibrací se část pórů vytěsň,
- pevnost betonu v tlaku klesá se stupněm provzdušnění asi o 5 % na každé 1 % provzdušnění, avšak nesmí klesnout pod 75 % pevnosti referenčního betonu za 28 dní,
- provzdušňovací přísada působí často plastifikačně, na 1 % pórů se snižuje množství vody asi o 2 % při stejné zpracovatelnosti.

5.4. TĚSNICÍ PŘÍSADY

Mezi hydrofobizační přísady lze zařadit těsnicí přísady, které zvyšují hutnost cementového kamene, snižují jeho pórovitost, zejména objem makropórů. V průběhu hydratace vytváří nerozpustné sloučeniny, které zmenšují průřez kapilár, případně kapiláry zcela zaplní. Pórovitou strukturu cementového kamene také utěsňují provzdušňující přísady tím, že přerušují souvislé, otevřené kapiláry a tak zamezují vztlínání a nasákávání vody.



5.5. PŘÍSAKY ZPOMALUJÍCÍ TUHNUTÍ

Příspěvky zpomalující tuhnutí cementu prodlužují dobu přechodu čerstvého betonu z plastického stavu do stavu tuhé látky. Obsah chloridů je v těchto látkách omezen do 0,1 %, tyto látky mohou provzdušňovat beton nejvýše do 2 % a především pevnost v tlaku betonu za 7 dní musí být vyšší jak 80 % a za 28 dní vyšší jak 90 % pevnosti v tlaku referenčního betonu. Počátek doby tuhnutí má být o více jak 90 min. delší a konec tuhnutí nejvíce o 360 min. delší než referenční čerstvý beton. Retardační přísady se používají k prodloužení doby manipulace s čerstvým betonem. Pomalé tuhnutí cementu omezuje vznik trhlinek a obvykle je 28denní pevnost betonu v tlaku vyšší, než u betonu bez přísady, pokud se nepřekročí kritická koncentrace přísady. Účinnost přísad je závislá na druhu a koncentraci přísady a také na druhu cementu.

5

5.6. PŘÍSAKY URYCHLUJÍCÍ TUHNUTÍ A TVRDNUTÍ CEMENTU

Tyto přísady rozdělujeme do dvou skupin, na urychlovače tuhnutí (zkracují dobu přechodu čerstvého betonu z plastického do tuhé látky) a na urychlovače tvrdnutí (urychlují vývoj počátečních pevností betonu), které mohou a nemusí urychlovat tuhnutí betonu. Vedle obecných požadavků musí urychlovače také splňovat požadavky dle ČSN EN 934-2.

■ Urychlovače tuhnutí nesmí způsobit pokles pevnosti v tlaku za 28 dní pod 80 % pevnosti referenčního betonu a za 90 dnů musí být pevnost v tlaku nejméně stejná, jako 28denní pevnost referenčního betonu. Doba tuhnutí má být delší než 30 min., při 20 °C zkracuje dobu tuhnutí nejméně o 40 % a při +5 °C je doba tuhnutí srovnatelná s dobou tuhnutí referenčního betonu tuhnoucího při 20 °C.

■ Urychlovače tvrdnutí se posuzují podle pevnosti v tlaku a požaduje se minimálně 120 % pevnosti referenčního betonu za 24 hod. a nejméně 90 % pevnosti, kterou referenční beton dosáhne za 28 dní, dále musí urychlovač za 48 hod. při +5 °C zajistit nejméně 130 % pevnosti referenčního betonu, který tvrdne v normových podmínkách.



5.7. STABILIZAČNÍ PŘÍSADY

Tyto přísady redukují odmísení vody v suspenzi (bleeding), které nastává sedimentací tuhých částic. Kromě obecných požadavků na stabilizační přísady se také požaduje, aby pevnost betonu s přísadou klesla nejvíce na 80 % pevnosti betonu bez přísady a současně musí být dosaženo nejméně 50 % redukce odlučování vody. Přísada přispěje tím více ke stabilitě čerstvého betonu, čím více sníží obsah volné vody a zvýší celkový měrný povrch tuhých částic.

Patří sem:

- Anorganické přísady a především příměsi, které zvětšují měrný povrch tuhých částic v jednotce objemu čerstvého betonu.
- Organické a anorganické přísady, které v první fázi zvětšují měrný povrch tuhých částic a v druhé fázi reagují s volnou vodou a vážou ji fyzikálně nebo chemicky.

5.8. OSTATNÍ PŘÍSADY

Injektážní přísady

zlepšují tekutost injektážní malty (snižují její viskozitu), snižují potřebné množství vody, snižují smrštění malty. Docílují bobtnání injektážní malty. Používají se do injektážních malt pro dodatečně předpínané betonové konstrukce. Také se používají do rozpínavých malt a betonů k vyplnění dutin v betonu, ve zdivu i v horninách a pro kotvení v tunelovém stavitelství.

Inhibitory koroze

vytváří pasivní povrch oceli proti korozivnímu prostředí, což je důležité při karbonataci betonu a při použití kyselých aktivačních přísad (CaCl_2 , SO_4^{2-}). Inhibitory koroze podle dávky urychlují nebo zpomalují tuhnutí cementu a většinou neovlivňují reologické vlastnosti čerstvého betonu.

Biocidní přísady

omezují biologickou korozi betonu. Každé stavební dílo je osídleno mikroorganismy a ty potencionálně ohrožují trvanlivost betonu, pokud se vytvoří příznivé mikroklima pro šíření, rozmnožování a aktivitu mikroorganismů.

Plynotvorné přísady

při míchání a ukládání betonu reagují chemicky tak, že při tom vzniká plyn, který nakypřuje beton.

Pěnotvorné přísady

způsobují, že se během míchání dostává do betonu fyzikální cestou velké množství vzduchových bublin, které jsou dostatečně pevné a stabilní a tak umožňují výrobu pěnobetonu.

Adhezní přísady

zlepšují přídržnost betonu k již zatvrdlému betonu, k maltě nebo k jiným podkladům.

5

5.9. PŘÍSADEY VÝROBCE SIKKA ADDIMENT GmbH LEIMEN, SRN

Není-li uvedeno jinak jedná se o výrobky s označením ADDIMENT.

označ.	dávkování % hm. CEM	obj. hm. [kg.m ⁻³]	vlastnosti a použití
PLASTIFIKÁTORY (BV) - žluté značení			
BV 1 (M)	0,20-0,90	1190	pro maltu a beton
BV 3 (M)	0,20-1,00	1140	pro měkkou konzistenci a vodotěsný beton
BV 4 (M)	0,20-1,05	1190	jako BV 1 s posíleným stabilizačním účinkem
BV 48	0,20-0,57	1140	pro malty a betony s prodl. zpracovatelností

označ.	dávkování % hm. CEM	obj. hm. [kg.m ⁻³]	vlastnosti a použití
--------	---------------------------	--------------------------------------	----------------------

Příspěvky pro zvlhčování betonu

BV 8	0,10-0,30	1000	plastifikátor pro betonové zboží
Paver Plus 31	0,20-0,50	1010	intenzifikátor hutnění s ochranou proti výkvětům u betonového zboží
Paver Plus 41	0,20-0,40	1000	intenzifikátor hutnění s ochranou proti výkvětům u betonového zboží
Sika Paver C-1	0,20-0,60	1140	intenzifikátor hutnění pro zvlhčovaný beton a betonové zboží
Sika Paver HC-1	0,20-0,50	1100	intenzifikátor hutnění pro betonové zboží vysoké kvality
Sika Paver AE-1	0,20-0,40	1000	intenzifikátor hutnění s ochranou proti výkvětům u betonového zboží

SUPERPLASTIFIKÁTORY - šedé značení

FM F	0,90-3,30	1120	pro vysokohodnotné betony
FM 1	0,60-2,30	1190	pro vysokohodnotné betony
FM S	0,20-1,35 (žb) 0,20-0,90 (pb)	1150	plastifikátor a superplastifikátor se zpomalujícím účinkem pro transportbeton a stavební beton
FM 34	0,20-1,10	1090	pro betony s vysokou užžitnou hodnotou
FM 212	0,20-3,20	1050	pro vysokohodnotné betony s rychlým nárůstem pevností
FM 350	0,20-2,00	1100	pro vysokohodnotné betony s dlouhou dobou zpracovatelnosti
FM 40	0,20-2,60	1050	pro vysokohodnotné betony s dlouhou dobou zpracovatelnosti
FM 435	0,20-1,30	1100	pro vysokohodnotné betony s dlouhou dobou zpracovatelnosti

označ.	dávkování % hm. CEM	obj. hm. [kg.m ⁻³]	vlastnosti a použití
SUPERPLASTIFIKÁTORY - šedé značení			
Sika ViscoCrete 2025 HE	0,20-3,20	1050	pro vysokohodnotné betony s rychlým nárůstem pevností
Sika ViscoCrete 20 HE	0,20-2,00	1090	pro vysokohodnotné betony s rychlým nárůstem pevností
Sika ViscoCrete 1020 X	0,20-2,50	1040	pro vysokohodnotné betony s dlouhou dobou zpracovatelnosti
Sika ViscoCrete 1035 X	0,20-1,60	1090	pro vysokohodnotné betony s dlouhou dobou zpracovatelnosti
FM 6	0,20-2,30	1150	pro transportbeton, staveniště a výrobu dílců
FM 62	0,20-1,85	1220	pro staveniště a výrobu prefabrikátů
FM 93	0,20-2,30	1150	pro staveniště a výrobu prefabrikátů
FM 935	0,20-2,30	1200	bezchloridový superplastifikátor urychlující tvrdnutí
FM 95	0,20-2,00	1200	pro staveniště a výrobu prefabrikátů
PROVZDUŠŇOVACÍ A PĚNOTVORNÉ PŘÍSADE (LP a SB) - modré značení			
LP S-A 94	0,10-0,80	1005	pro malty a beton
LP S-A	0,03-0,20	1030	pro malty a beton
MHK mikro-dutinky	1,0-5,50 kg/m ³ betonu	pasta 200	„prefabrikované provzdušnění“ pro malty a betony s vysokou odolností proti mrazu a rozmrazovacím solím
SB 1	0,20-0,60	1050	pro malty a betony
SB 2	130-200 g na 100 l pěny	1040	koncentrát na syntetické bázi pro výrobu pěny pro lehký pórobeton

označ.	dávkování % hm. CEM	obj. hm. [kg.m ⁻³]	vlastnosti a použití
TĚSNÍCÍ PŘÍSADY DM - hnědé značení			
DM 2	0,20-0,80	1010	s hydrofobizačním účinkem
PŘÍSADY ZPOMALUJÍCÍ TUHNUTÍ VZ - červené značení			
VZ 1	0,25-0,50	1250	bez vedlejších účinků, pro masivní konstrukce
VZ 2	0,20-0,40	1160	se silným ztekucením, odsouvá počátek tuhnutí
PŘÍSADY URYCHLUJÍCÍ TUHNUTÍ BE - zelené značení			
BE 5	1,00-2,10	1050	tekutý na bázi rhodanidu, vhodný pro zimní betonáž
FS 1	1,00-4,00	1430	urychlovač a ochrana proti mrazu pro přechodné období
INJEKTÁŽNÍ PŘÍSADY EH - bílé značení			
EH 1	1,00-1,50	800	prášková, pro injektážní maltu
Q 1	0,20-1,00	800	prášková, pro rozpínavou maltu a beton
STABILIZAČNÍ PŘÍSADY ST - fialové značení			
ST 1	0,20-0,60	1050	práškový, bez vedlejších účinků
ST 2	0,20-0,70	700	práškový, pro čerstvé maltové směsi a pórobeton
ST 3	0,20-1,10	1120	tekutý, pro beton, lehký pórobeton a čerstvou maltu
ST 5	0,10-4,00	1020	tekutý, pro běžný a samozhutňující beton

označ.	dávkování % hm. CEM	obj. hm. [kg.m ⁻³]	vlastnosti a použití
PŘÍSAKY DO ČERSTVÝCH PRŮMYSLOVĚ VYRÁBĚNÝCH MALT Kombinované přísady do čerstvých maltových směsí			
MP 2	0,50-2,20	1100	tekutá, výrazně zpomaluje, pro zdicí malty
MP 22	0,60-2,40	1200	tekutá, výrazně zpomaluje a stabilizuje, pro zdicí maltu
Pěnotvorné přísady do čerstvých maltových směsí			
SB 41 TM	0,30- 0,40 kg/m ³	1040	zlepšuje zpracovatelnost čerstvé malty
Zpomalující přísady do čerstvých maltových směsí			
VZ 51	0,50-1,80	1210	má stabilizační účinek, pro méně kvalitní písky a lehkou maltu
Stabilizační přísady do čerstvých maltových směsí			
MST 1	0,50-2,0 l/ m ³	1000	tekutý, pro čerstvé maltové směsi a pórobeton

5

5.10. MÍSITELNOST PŘÍSAK ADDIMENT

Vzhledem k chemickému složení jsou některé přísady navzájem nemísitelné. Proto se musí do betonu buď dávkovat oddělenými dávkovači nebo je třeba dávkovač propláchnout vodou, než se naplní druhou přísadou.

VZ 1 ← NELZE MÍSIT → OSTATNÍ PŘÍSAKY
ADDIMENT

DM 2 ← NELZE MÍSIT → OSTATNÍ PŘÍSAKY
ADDIMENT kromě BV 8

6. PŘÍMĚSI A VÝZTUŽ

- 6.1. Latentní hydraulická
- 6.2. Příměsi
- 6.3. Jemné podíly tuhých částic
- 6.4. Barevné pigmenty
- 6.5. Betonářská a předpínací výztuž
- 6.6. Rozptýlená výztuž
- 6.7. Krycí vrstva výztuže dle ČSN P ENV 1992-1-1

6.1. LATENTNÍ HYDRAULICITA

Příměsi

Hydraulická aktivita je schopnost látky tvrdnout ve vodním prostředí za normální teploty. Latentní hydraulická je schopnost látky reakcí s Ca(OH)_2 za normální teploty ve vodním prostředí tvrdnout. Podobné vlastnosti mají pucolánové látky, které se vyznačují vysokým obsahem aktivního SiO_2 . Podmínkou chemické reakce je alkalické prostředí vytvářené v roztoku i jinými chemickými sloučeninami, které nazýváme budiče hydraulicity.

Z chemického hlediska je lze rozdělit do tří skupin:

1. Látky obsahující amorfni SiO_2 , v množství nad 47 % hm., rozpustný v kyselině i v alkalickém prostředí, vykazující pucolánové nebo latentně hydraulické vlastnosti. Patří sem diatomity, opál, křemičité úlety.

2. Pálené hlíny, popílky, struska vykazující latentně hydraulické vlastnosti. Vyrábějí se rozemletím málo pálených jílových zemin (pálených nejvýše do teploty 600 - 800 °C). Tyto látky obsahují od 16 % hm. do 53 % hm. CaO . Jako budiče (iniciátory) hydraulicity lze použít: cement, vápno, NaOH , CaSO_4 , Na_2SO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Popílky vykazují tím větší reaktivitu, čím více obsahují

SiO_2 ve sklovité fázi. Reaktivitu negativně ovlivňuje větší množství spalitelných látek (= ztráta žháním).

3. Látky obsahující sopečné sklo vzniklé rychlým ochlazením magmatu. Jsou to pravé pucolány, jako tufy, trasy, sopečné sklo. Látky sopečného původu (rýnský tras, bavorský a římský tras, neapolský tras, řecký santorin) obsahují 45 - 70 % hm. SiO_2 , 10 - 20 % hm. Al_2O_3 , 3 - 10 % hm. Fe_2O_3 , 2 - 12 % hm. CaO , do 2 % hm. MgO , 3 - 10 % hm. $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$. Vulkanické horniny většinou obsahují 50 - 80 % hm. amorfni sklovité fáze a 50 - 20 % hm. krystalické fáze. Velmi reaktivní jsou vulkanická skla a zeolity.

Podmínkou aktivity těchto látek je velký měrný povrch, který bývá přibližně stejný jako měrný povrch cementu. Velmi reaktivní křemičité úlety však mají měrný povrch i více jako $15000 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

6

6.2. PŘÍMĚSI

Jsou většinou práškovité látky přidávané do čerstvého betonu za účelem zlepšení některých vlastností nebo k docílení zvláštních vlastností. Podle ČSN EN 206-1 se dělí na dva typy: inertní příměsi - typ I a pucolány nebo latentně hydraulické látky - typ II. Má-li se vzít v úvahu vliv množství příměsí a jejich vliv v betonu při návrhu směsi betonu, musí se prokázat jejich vhodnost. Pro příměsi druhu II se může vzít v úvahu ve složení betonu pro obsah cementu a vodní součinitel koncepte k -hodnoty.

Koncepce k -hodnoty umožňuje vzít v úvahu příměsi druhu II při:

- nahrazení vodního součinitele, tj. poměru voda/cement součinitelem,

$$\text{voda} / (\text{cement} + k \times \text{příměs})$$

- požadavku na minimální obsah cementu (viz. 1.7. nebo 7.2.).

Skutečná hodnota k závisí na konkrétní příměsi.

Použití koncepce k -hodnoty pro popílek podle ČSN EN 450 a křemičitý úlet podle prEN 13263 s cementem CE I podle EN 197-1 je uvedeno v následujících člancích. Koncepce k -hodnoty se může použít pro popílek a křemičitý úlet i s jinými druhy cementu i pro jiné příměsi, pokud je prokázána jejich vhodnost.

6.2.1. LÉTAVÝ POPÍLEK

Popílky mají proměnlivé chemické, mineralogické i granulometrické složení podle druhu spalovaného uhlí, lokality, spalovacího procesu a způsobu odlučování z exhalátů. Popílek z černého uhlí má menší variabilitu vlastností a je vhodnější příměsí do betonu než popílek z hnědého uhlí (v ČR je 80 % popílků z hnědého uhlí).

Popílky bohaté na SiO_2 působí jako pucolány. Pucolanita se projevuje velmi pomalu a je prakticky zjištělná za 90 dnů a později. Černouhelné popílky většinou obsahují skelné kuličky velikostí blízké zrnům cementu, hnědouhelné popílky mají nepravidelný tvar zrn. Samotný hnědouhelný popílek potřebuje pro iniciaci hydratace 18 - 20 % hm. CaO , avšak překročení této hodnoty vyvolá nebezpečí rozpadu.

Popílky mají vyšší pravděpodobnost překročení limitu hmotnostní aktivity Ra-226 . (viz. tab. v 3.10.). Obsahují také značné podíly prvků těžkých kovů, které vyluhováním se stávají potenciálním nebezpečím kontaminace spodních vod. Zrnitost popílků je závislá na použitých odlučovačích, z mechanických odlučovačů je popílek hrubší (zrna větší než 0,09 mm jsou obsaženy nad 20 %, sypaná hmotnost je 900 - 1200 kg.m^{-3}) než z elektrostatických odlučovačů (zrna nad 0,09 mm do 20 %, sypaná hmotnost asi 800 kg.m^{-3}). Vlastnosti popílků podle způsobu použití jsou normovány v ČSN EN 450.

Kvalitativní požadavky na popílek podle ČSN EN 450

vlastnost	požadavek	podst. vada	zkuš. norma
ztráta žiháním (1 hod.)	$\leq 5\%$ hm. vyjimečně $\leq 7\%$	+2%	EN 196-2
obsah chloridů (Cl ⁻)	$\leq 0,1\%$ hm.	$\pm 0,01\%$	EN 196-2
obsah SO ₃	$\leq 3\%$ hm.	+0,5%	EN 196-2
volné CaO	$\leq 1,0\%$ hm. podmín. $\geq 2,5\%$	+0,1%	EN 451-1
jemnost, zbytek na síti 0,045 mm	$\leq 40\%$ hm.	$\pm 5\%$	EN 451-2 prosev za mokra
index účinnosti (porovnání pevnosti v tlaku)	za 28 dní 75 % za 90 dní 85 %	-5%	EN 196-1
objemová stálost (50 % popílku a 50 % cementu)	≤ 10 mm	+0,1 mm	EN 196-3 (Le Chatelier)
měrná hmotnost	tolerance max. ± 150 kg.m ⁻³ od průměru		EN 196-6

6

Koncepce k -hodnoty pro popílek podle ČSN EN 450

Maximální množství popílku, které lze uvažovat u koncepce k -hodnoty, musí vyhovovat požadavku hmotnostního poměru:

- popílek/cement $\leq 0,33$

Jestliže se přidává větší množství popílku, pak se přebývajíc část nemůže brát v úvahu pro výpočet součinitele voda/(cement + k x popílek) ani pro minimální obsah cementu.

Pro beton obsahující cement druhu CEM I, CEM II, CEM III podle EN 197-1 je dovoleno použít následujících hodnot k :

- CEM 32,5 $k = 0,2$
- CEM 42,5 a vyšší $k = 0,4$

Hodnota $k = 0,2$ se používá pro cementy CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM III A. Minimální obsah cementu se může snížit maximálně o množství k x (minimální obsah cementu - 200) kg/m³, avšak množství (cement + popílek) nesmí být menší než je minimální obsah cementu požadovaný v ČSN EN 206-1.

6.2.2. KŘEMIČITÉ LÁTKY, ÚLETY (SILICA FUME)

Křemičité úlety jsou odpadem některých hutnických provozů (výroba ferrosilicia). Vyznačují se mimořádně velkým měrným povrchem a dobrými pucolánovými vlastnostmi. Obsahují 80 - 98 % amorfního SiO_2 ve tvaru kulatých zrn o průměru asi 0,1 - 0,2 μm , při měrném povrchu 15000 až 30000 $\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$ a měrné hmotnosti 2120 $\text{kg}.\text{m}^{-3}$. Požaduje se ztráta žiháním do 4 % hm. Křemičité látky jsou aktivní příměsí do cementu i betonu. Zlepšují vlastnosti čerstvého betonu, jako je odmísení, odlučování vody (bleeding), čerpatelnost, avšak zvyšují potřebné množství vody o 1 litr na 1 kg úletů pro dosažení stejné zpracovatelnosti.

vlastnost	rozměr	prášek	suspenze
podíl zrn do 0,04 mm	% hm.	≥ 85	≥ 85
podíl zrn do 0,001 mm	% hm.	-	≥ 35
měrný povrch	$\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$	18000-25000	-
ztráta žiháním	% hm.	≤ 3,0	≤ 3,0
obsah síranů (SO_3)	% hm.	≤ 2,0	≤ 2,0
obsah chloridů (Cl^-)	% hm.	≤ 0,10	≤ 0,10
měrná hmotnost	$\text{kg}.\text{m}^{-3}$	asi 2200	asi 1400
sypná hmotnost	$\text{kg}.\text{m}^{-3}$	300-600	-

Křemičité úlety dodávané firmou Českomoravský cement, a.s.:

- ADDIMENT Sillicol P - prášková,
- ADDIMENT Sillicol SL - 50% vodní suspenze.

Koncepce k-hodnoty pro křemičitý úlet podle prEN 13263:1998

Maximální množství křemičitého úletu, které lze vzít v úvahu pro výpočet vodního součinitele a pro výpočet obsahu cementu musí vyhovovat požadavku hmotnostního poměru:

- křemičitý úlet/cement ≤ 0,11



Jestliže se přidává větší množství křemičitého úletu, pak se přebývající část nesmí brát v úvahu při koncepci k -hodnoty.

Pro beton obsahující cement druhu CEM I podle EN 197-1 je dovoleno použít následujících hodnot k :

- pro určený vodní součinitel $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- pro určený vodní součinitel $> 0,45$ $k = 2,0$

s výjimkou pro stupně vlivu prostředí XC a XF, kdy $k = 1,0$.

Množství (cement + $k \times$ křemičitý úlet) nesmí být menší než je minimální obsah cementu, který je požadován pro příslušný stupeň vlivu prostředí (viz kap. 7.). Minimální obsah cementu nesmí být snížen více než o 30 kg/m^3 betonu použitého pro stupně vlivu prostředí, které vyžadují minimální obsah cementu $\leq 300 \text{ kg/m}^3$.

6.3. JEMNÉ PODÍLY TUHÝCH ČÁSTIC

6

Příměsi

jsou práškovité látky o velikosti zrn do $0,25 \text{ mm}$, případně do $0,125 \text{ mm}$.

Do jemných podílů částic v betonu zařazujeme:

- cement,
- podíl jemných zrn kameniva do $0,125 \text{ mm}$,
- hydraulicky aktivní i inaktivní příměsi,
- barevné pigmenty,
- jemné částice obsažené v recyklované vodě (odpadní voda z výplachu autodomývačů a míchačky, použitelná do betonu).

Uvedené jemné podíly se účastní tvorby cementového kamene, který musí dokonale obalit zrna kameniva a povrch ocelové výztuže.

Technologicky je důležitý dostatečný podíl jemných částic pro čerpaný beton, pro tenkostěnné konstrukce (síťobeton) a vodotěsný beton. Jemné podíly kameniva zvyšují přídržnost k podkladu (např. ke starému betonu), zvyšují soudržnost čerstvého betonu, ale zvyšují množství vody a tím částečně snižují



pevnost betonu a zvyšují jeho smrštění. Proto jsou limitovány max. množstvím dávky do betonu podle velikosti maximálního zrna kameniva a množství cementu.

Doporučený maximální obsah částic v betonu s max. zrnem kameniva 16-63 mm v kg.m^{-3}

množství cementu [kg.m^{-3}]	velikost částic [mm]	
	0,125	0,250
■ ≤ 300	350	450
■ 350	400	500

Hodnoty lze zvýšit o 50 kg.m^{-3} :

- při dávce cementu vyšší než 350 kg.m^{-3} ,
- používáme-li pucolánovou přísadu (tras, popílek aj.),
- a ještě o dalších 50 kg.m^{-3} při max. zrně kameniva 8 mm.

6.4. BAREVNÉ PIGMENTY

Anorganické pigmenty do betonu mají mít následující vlastnosti:

- barevná stálost ve styku s cementem a na povětrnosti,
- minimální vliv na pevnost betonu a na dobu tuhnutí a tvrdnutí betonu,
- dobrá krycí schopnost, která je vyjádřena granulometrií a omezenou agregací částic,
- dobrá dispergace o velikosti částic 0,1 až 0,2 μm .

Částice často flokulují, vytváří shluky a tím se snižuje barevná krycí schopnost pigmentu. Intenzita barvy je závislá na dávce pigmentu, jejichž cena je relativně vysoká, ale nad 6 - 9 % dávky pigmentu, vztaženo na hmotnost cementu, se již intenzita barvy nezlepšuje. Obvykle se dávákuje do 5 % hmotnosti cementu. Dobrá barevnost betonu se získá použitím bílého cementu a prahého, světlého kameniva s vyloučením zrn do 0,01 mm a omezením

frakce do 1 mm na 20 %. Používáme-li šedý cement, získáme tmavší barvy, pro žlutou, modrou a zelenou barvu se jeho použití nedoporučuje.

Důležitá je technologie přípravy čerstvého barevného betonu, který lze připravit dvěma variantami:

1. Cement a pigment dávkujeme v suchém, sybkém stavu do míchačky,
2. Pigment rozplavíme ve vodě a vzniklou suspenzi dávkujeme do rozmíchaného čerstvého betonu (tento způsob je vhodnější, neboť umožňuje větší flexibilitu dávkování a vylučuje prašnost).

Železitě pigmenty BAYFERROX

barva	* ml	sybná hmotnost [kg.m ⁻³]	zůstatek na síť 0,045 [% hm.]	obsah Fe ₂ O ₃ [% hm.]	rozpuštěné soli [% hm.]	měrná hmotnost [kg.m ⁻³]
červená	31	700-1100	0,06	95-96	0,5	5000
černá	21	1100-1500	0,005	58-60	0,7	4800
žlutá	80	300-500	0,04	85-87	0,5	4100
hnědá	38	600-1000	0,1	86	0,8	4700

* potřeba vody na 100 g pigmentu k dosažení viskozity podobné oleji

Neželezitě pigmenty BAYER

barva	* ml	sybná hmotnost [kg.m ⁻³]	zůstatek na síť 0,045 [% hm.]	rozpuštěné soli v [% hm.]	měrná hmotnost [kg.m ⁻³]
zelená	13	1000-1300	0,02	0,3	5200
světle žlutá	26	900-1400	0,03	0,5	4600
	30	700-1200	0,03	0,5	4300
světle zelená	21	1000-1500	0,03	0,5	4900
světle modrá	26	1000-1400	0,03	0,5	4700
	49	500-900	0,03	0,5	3800
bílá	40	600-1000	0,1	0,6	3900

* potřeba vody na 100 g pigmentu k dosažení viskozity podobné oleji

Působením klimatu (UV záření, voda, teplota, znečištěný vzduch) dochází ke změnám barvy dekorativního betonu.

Předpokládaný dlouhodobý časový průběh změn barevného betonu (bez dodatečného ošetření):

- za 4 týdny až 4 měsíce se tvoří výkvěty (CaCO_3) a povrch barevného betonu se mléčně zabarví,
- za 18 měsíců až 3 roky déšť smyje výkvěty, povrch betonu získá původní barvu,
- v období 3 až 8 roků nastává eroze povrchu, barva se přibližuje barvě kameniva,
- za 5 roků se povrch betonu začíná špinit, povrch nepravidelně a výrazně ztmavne,
- za 8 až 10 roků - proměnlivé barvy povrchu jsou způsobeny organizmy (mech, řasy, houby).

6.5. BETONÁŘSKÁ A PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

Betonářská ocel dle evropské normy ENV 10080 zahrnuje žebrové dráty a tyče s jmenovitou mezí kluzu od 400 N.mm^{-2} ($= \text{MPa}$) a obecně svařitelné. Rovné pruty válcované za tepla jmenovitých průměrů od 6 do 40 mm, rovné pruty válcované za studena průměrů 6 až 16 mm dodávané v tyčích i ve svtcích (stejně se dodávají i za tepla válcované do 16 mm) o velikostní řadě: 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 14,0; 16,0; 20,2; 25,0; (28,0); 32,0; 40,0. Vlastnosti oceli dle ENV 10080:1994 Ocel pro betonářskou výztuž. Svařitelné žebrové druhy betonářské oceli B500.

Vlastnosti oceli B500A a B500B

tvar výrobku	pruty		svítky		sítě	
druh oceli	B500A	B500B	B500A	B500B	B500A	B500B
jmenovitý průměr [mm]	6-16	6-40	5-16	6-16	5-16	6-16
mez kluzu R_e [N.mm ⁻²]	500	500	500	500	500	500
poměr R_m/R_e	1,05	1,08	1,05 ^{/1}	1,08	1,05 ^{/1}	1,08
celkové protažení při max. tahové síle A_{gt} [%]	2,5	5,0	2,5 ^{/1}	5,0	2,5 ^{/1}	5,0
smyková pevnost svaru [N]	-	-	-	-	0,3.R _e .A ^{/2}	

^{/1} = pro pruty o průměru 5,0 a 5,5 mm je $R_m/R_e = 1,03$ a $A_{gt} = 2\%$

^{/2} = A je jmenovitý průměr silnějšího prutu

Parametry:

mez kluzu R_e je napětí, při němž se tyč začne výrazně prodlužovat, aniž by se zvětšilo napětí; **mez pevnosti R_m** je napětí dané podílem max. síly dosažené při zkoušce a původního průřezu zkušební tyče; **tažnost A_{gt}** je vyjádřena jako poměrné prodloužení při přetržení $A_{gt} = 100 \cdot (l_n - l_0) / l_0$ [%]. Předběžné evropské normy zavádějí dále dvě třídy duktility (tažnosti) stavebních ocelí: vyšší duktilita H ($A_{gt} = 5\%$ a $R_m/R_e = 1,08$) a normální duktilita N ($A_{gt} = 2$ nebo $2,5$ a $R_m/R_e = 1,03$ nebo $1,05$). Stavební oceli mají obsah uhlíku od 0,1 do 0,55 %, mez kluzu 200 až 590 MPa při pevnosti v tahu 270 až 850 MPa.

Svařované sítě se v dokumentaci označují S - D₁ - D₂ - a₁ - a₂ - b - l

S - typ sítě, D₁, D₂ - jmenovité průměry drátů podélné a příčné osy sítě v mm, a₁, a₂ - rozteč podélných a příčných drátů v mm, b, l - šířka a délka sítě měřená jako rozteč jejich krajních drátů v mm.

Předběžná evropská norma ENV 10138:1994 Předpínací ocel

1. Všeobecné požadavky.

2. **Za studena tažené dráty s odstraněným pnutím, hladké a profilované.** Pevnostní třída 1570 MPa o průměru 9,4 a 10,0 mm; 1670 MPa o průměrech 5,0; 6,0; 7,0; 7,5; 8,0 mm, 1770 MPa o průměrech 4,0; 5,0; 6,0 mm a průměru 4,0 mm pevnosti 1860 MPa.



3. Pramence. Třidrátové průměru 5,2 mm pevnostní třídy 1960 a 2060 MPa, průměru 6,5 mm pevnosti 1860 a 1960 MPa, průměru 6,8 a 7,5 mm s pevností 1860 MPa. Sedmistrátové s dráty pevnostní třídy 2060 MPa o průměru 7,0 mm, s dráty o pevnosti 1860 MPa a profilech 9,0; 11,0; 12,5; 13,0; 15,2; 16,0 mm, s dráty o pevnosti 1770 MPa o průměrech 15,2; 16,0; 18,0 mm. Používají se dráty s hladkým i s profilovaným povrchem oceli. Jednoduchý předpínací pramenec jsou 3 dráty svinuté do výztužné vložky tak, aby výška vinutí se rovnala 18 až 24násobku jmenovitého průměru použitého drátu. Předpínací lano je jednopramenné lano svinuté ze 7 hladkých drátů (1 + 6) kruhového průřezu. Předpínacími kabely jsou souběžně sdružené vložky předpínací výztuže.

4. Tyče za tepla válcované, hladké a žebrované. Pevnostní třídy 1030 a 1230 MPa s průměrem tyče 20, 25, 26, 32, 36, 40 mm. O průměru 50 mm jen z oceli 1030 MPa. Tyto tyče lze použít i pro předpínání elektroohřevem (max. teplota 400 °C po dobu nejdéle 10 min.).

5. Zušlechťené dráty (kalené, temperované).



6.6. ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ

Vláknovou výztuží se zlepšují některé vlastnosti betonu:

- zvyšuje se pevnost betonu v tahu a v tahu ohybem, tím se omezuje nebo zamezuje vzniku trhlin,
- snižují se deformace betonu, neboť se zvyšuje modul pružnosti,
- omezuje se křehkost betonu, zvyšuje se jeho houževnatost a pevnost v rázu,
- zvyšuje se únavová pevnost, vlákna přenášejí sílu přes případnou trhlinu.

Ocelové drátky jsou nejčastěji používány v délkách od 12 do 60 mm, tloušťky od 0,25 do 1,0 mm, štíhlostního poměru (poměr délky k tloušťce) 50 až 100.

Rozdílňá úprava drátků má zajistit dostatečné kotvení v cementovém kameni, drátky jsou zalomeny, na koncích zploštělé, ohnuté, profilované nebo lze použít ocelových třísek z obrábění oceli.





Ocelové drátky se dávkuji v % objemu betonu: hladké drátky 0,8 až 1,8 % (v maltě 1 - 2 %), tvarované drátky 0,3 až 0,9 % (v maltě 0,5 - 1,0 %).

■ Komerční označení: Dramix, Fatek.

Skelná vlákna musí být upravena pro vyšší odolnost v alkalickém prostředí cementového kamene, jednak úpravou chemického složení sklářského kme-
ne a jednak lubrikací (velmi tenkým povlakem na povrchu vláken). Dávkuji se 1 - 2 %, do stříkaného betonu 8 - 12 % .

■ Komerční označení: Cemfil, Rezalt, Fibrex, Dolamit, Dimapos.

Polypropylenová vlákna jsou dodávána v délce 6 a 12 mm, o průměru vlá-
ken 18 μm a s měnou hmotností 910 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

■ Komerční označení: Crackstop, Krenit, Fibrin a Fatek.

6.7. KRYCÍ VRSTVA VÝZTUŽE DLE ČSN P ENV 1992-1-1

6

■ U deskových prvků pro třídu prostředí 2 až 5 lze zmenšit tloušťku krytí výztuže o 5 mm.

■ Zmenšení o 5 mm se dovoluje pro třídu betonu C 40/50 a vyšší u železobetonové konstrukce ve třídě prostředí 2a až 5b a u předpjatých konstrukcí ve třídě prostředí 1 až 5b. Vždy však musí být krycí vrstva větší než pro třídu prostředí 1.

■ Tloušťka krycí vrstvy musí být vždy větší než je průměr prutu výztuže (kabe-
lového kanálu) a je-li max. zrna kameniva v betonu větší než 32 mm, pak
musí mít krycí vrstva min. tloušťku rovnající se průměru prutu + 5 mm.

■ Ukládání betonu na zeminu vyžaduje krycí vrstvu betonu min. 75 mm
a ukládá-li se beton na upravený povrch pak min. 40 mm.

■ Tolerance tloušťky krycí vrstvy u dílců je 0 až 5 mm a u monolitických kon-
strukcí 5 až 10 mm.



Minimální tloušťky krycí vrstvy výztuže v mm

třída	prostředí	betonářská výztuž	předpínací výztuž
1.	suché	15	25
2.	vlhké		
	■ bez působení mrazu	20	30
	■ při působení mrazu	25	35
3.	vlhké, mráz a rozmrazovací soli	40	50
4.	mořská voda		
	■ bez působení mrazu	40	40
	■ při působení mrazu	50	50
5.	chemicky agresivní		
	■ mírně	25	35
	■ středně	30	40
	■ vysoce	40	50

7. SLOŽENÍ BETONU

- 7.1. Třídy betonu
- 7.2. Limity složení betonu podle klasifikace prostředí
- 7.3. Návrh složení betonu
- 7.4. Návrh složení betonu podle empirického množství vody
- 7.5. Silniční beton
- 7.6. Vodostavební beton
- 7.7. Beton odolný proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek (CH.R.L.)
- 7.8. Pěnobeton
- 7.9. Beton pro masivní konstrukce
- 7.10. Čerpaný čerstvý beton

7.1. TŘÍDY BETONU

Třídy pevnosti v tlaku obvyčejného a těžkého betonu podle ČSN EN 206-1

třída pevnosti v tlaku	min. charakteristická pevnost na krychlích $f_{ck, cube}$ [N.mm ⁻²]	kontrolní pevnost v tlaku f_{cm} [N.mm ⁻²] - průměr ze tří hodnot
C 8/10	10	14
C 12/15	15	19
C 16/20	20	24
C 20/25	25	29
C 25/30	30	34
C 30/37	37	41
C 35/45	45	49
C 40/50	50	54
C 45/55	55	59
C 50/60	60	64
C 55/67	67	71

třída pevnosti v tlaku	min. charakteristická pevnost na krychlích $f_{ck, cube}$ [N.mm ⁻²]	kontrolní pevnost v tlaku f_{cm} [N.mm ⁻²] - průměr ze tří hodnot
C 60/75	75	79
C 70/85	85	89
C 80/95	95	99
C 90/105	105	109
C 100/115	115	119

Třídy pevnosti v tlaku lehkého betonu podle ČSN EN 206-1

třída pevnosti v tlaku	min. charakteristická pevnost na krychlích $f_{ck, cube}$ [N.mm ⁻²]	kontrolní pevnost v tlaku f_{cm} [N.mm ⁻²] - průměr ze tří hodnot
C 8/9	9	14
C 12/13	13	17
C 16/18	18	22
C 20/22	22	26
C 25/28	28	32
C 30/33	33	37
C 35/38	38	42
C 40/44	44	48
C 45/50	50	59
C 50/55	55	59
C 55/60	60	64
C 60/66	66	70
C 70/77	77	81
C 80/88	88	92

Třídy dle objemové hmotnosti lehkého betonu podle ČSN EN 206-1 *

třída obj. hmotnosti [kg.m ⁻³]	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
	≥ 800 ≤ 1000	≥ 1000 ≤ 1200	≥ 1200 ≤ 1400	≥ 1400 ≤ 1600	≥ 1600 ≤ 1800	≥ 1800 ≤ 2000

* obj. hm. lehkého betonu může být předepsána i jako konkrétní hodnota.

Třídy pevnosti v tlaku obyčejného betonu podle technické normy SVB ČR 01-2004

třída pevnosti v tlaku	min. charakteristická pevnost na krychlích $f_{ck, cube}$ [N.mm ⁻²]
B 5 ¹⁾	5,0
B 7,5 ¹⁾	7,5
B 10 ¹⁾	10,0
B 12,5 ¹⁾	12,5
B 15	15,0
B 20	20,0
B 25	25,0
B 30	30,0
B 35	35,5
B 40	40,0
B 45	45,0

**Srovnání tříd pevnosti obyčejného betonu podle platných
a dříve používaných norem**

ČSN 73 1201 (1967) již neplatná	ČSN 73 2001 (1970) již neplatná	ČSN 73 2400 (1989) již neplatná	ČSN EN 206-1 (2001) platná	TN SVB ČR 01-2004 (2004) platná
0I	B 60 B 80	(B 3,5) B 5		B 5
0	B 105	B 7,5		B 7,5
I	B 135	B 10 B 12,5	C 8/10	B 10 B 12,5
II	B 170	(B 13,5) B 15	C 12/15	B 15 B 20
III	B 250	B 20 B 25	C 16/20 C 20/25	B 25 B 30
IV	B 330 B 400	(B 28) B 30 B 35	C 25/30 C 30/37	B 35 B 40 B 45
V	B 500	B 40 B 45	C 35/45	
VI	B 600	B 50 B 55 B 60	C 40/50 C 45/55 C 50/60 C 55/67 C 60/75 C 70/85 C 80/95 C 90/105 C 100/115	

7.2. LIMITY SLOŽENÍ BETONU PODLE PODLE KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ

Doporuč. požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

stupeň agresivity	max. w	min. m_c [kg.m ⁻³]	min. třída pevnosti bet.	min. V_z [%]	další požadavky
XO	-	-	C 12/15	-	
XC1	0,65	260	C 20/25	-	
XC2	0,60	280	C 25/30	-	
XC3	0,55	280	C 30/37	-	
XC4	0,50	300	C 30/37	-	
XS1	0,50	300	C 30/37	-	
XS2	0,45	320	C 35/45	-	
XS3	0,45	340	C 35/45	-	
XD1	0,55	300	C 30/37	-	
XD2	0,55	300	C 30/37	-	
XD3	0,45	320	C 35/45	-	
XF1	0,55	300	C 30/37	-	mrazu- vzdorné kamenivo
XF2	0,55	300	C 25/30	4,0	
XF3	0,50	320	C 30/37	4,0	
XF4	0,45	340	C 30/37	4,0	
XA1	0,55	300	C 30/37	-	
XA2	0,50	320	C 30/37	-	síranovzd. cement
XA3	0,45	360	C 35/45	-	

w - vodní součinitel

V_z - objem vzduchových bublin

m_c - množství cementu

Požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN P ENV 206

požadavky	stupeň agresivity									
	1	2		3		4		5		
		2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	5c
			2ba 2bb							
max. w										
■ prostý beton	-	0,70								
■ vyztužený beton	0,65	0,60	0,55	0,50		0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
■ předpjatý beton	0,60	0,60								
min. m_c [kg.m⁻³]										
■ prostý beton	150	200	200					200		
■ vyztužený beton	260	280	280	300		300	300	280	300	300
■ předpjatý beton	300	300	300					300		
min. V_z [% obj.] pro D_{max}										
■ 32 mm	-	-	- 4	- 4	-	- 4	-	-	-	-
■ 16 mm	-	-	- 5	- 5	-	- 5	-	-	-	-
■ 8 mm	-	-	- 6	- 6	-	- 6	-	-	-	-
mrazuvzdorné kamenivo	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-
nepropustný beton	-	-	A	A	A	A	A	A	A	A
síranovzdorný cement	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A

w - vodní součinitel, m_c - množství cementu

V_z - obsah vzduchu v čerstvém betonu v % obj., A - ano, N - ne

Stupně agresivity prostředí rozšířené o st. 2ba, 2bb, 3a a 3b uvádí změna normy ČSN 73 6206 Z2 z r. 1994, přičemž pro SAP 2ba a 3a nepředepisuje min. obsah vzduch V_z , viz tab. v 1.7.

7.3. NÁVRH SLOŽENÍ BETONU

Navrhnout technicky vyhovující a hospodárné složení (recepturu) betonu podle zadaných parametrů je složitý úkol a vyžaduje určité zkušenosti v technologii betonu. V literatuře v praxi se používá mnoho různých metod pro výpočet složení betonu. Tato kapitola uvádí přehled základních kroků

při zpracování návrhu složení betonu a následující kapitola uvádí příklad jednoduššího postupu s využitím tabelovaných hodnot uváděných v SRN.

Ekonomickým kritériem kvality složení betonu je **minimální spotřeba cementu**.

Stupeň vlivu prostředí, resp. třídu agresivity prostředí definují hodnoty pro max. vodní součinitel, min. množství cementu a stupeň provzdušnění (kap. 7.3.).

Třída pevnosti betonu (kap. 1.6.)

Se statickým výpočtem souvisí i určení vzdálenosti mezi pruty výztuže a její krytí, podle toho se stanovuje max. zrna kameniva.

Druh cementu

ČSN P ENV 206 doporučovala pevnosti cementu podle vodního součinitele a pevnosti betonu.

vodní součinitel w	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
■ CEM 32,5	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50
■ CEM 42,5	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55

7

Největší zrna kameniva D_{\max} se volí podle betonové konstrukce se snahou použít co největšího zrna.

Požaduje se největší zrna:

- menší než 1/4 nejmenšího rozměru konstrukce,
- menší o 5 mm než nejmenší vzdálenost mezi pruty výztuže,
- menší než 1,3násobek krycí vrstvy výztuže.

Vodní součinitel w, t.j. poměr účinného obsahu vody k hmotnosti cementu v čerstvém betonu. V případě dávky kapalné přísady větší jako 3 litry, připočítává se tato kapalina k množství vody ve směsi a tím se zvyšuje vodní součinitel. ČSN P ENV 206 předepisovala maximální vodní součinitel pro železobeton v mezích $\geq 0,45$ do $\leq 0,65$, pro prostý beton $\leq 0,70$ a pro předpjatý beton $\leq 0,60$. Vodotěsný beton $w \leq 0,55$ a vodní součinitel silničního betonu v mezích 0,45 až 0,50. ČSN EN 206-1 určuje max. w na

stupeň vlivu prostředí působící na beton. Minimální množství cementu je definováno třídou agresivity a maximální množství pak hospodárností složení.

Množství cementu se posuzuje v objemu cementového tmele, který musí být vždy vyšší, než mezerovitost kameniva. Přebytek cementového tmele υ je koeficient, kterým násobíme mezerovitost kameniva pro stanovení objemu cementového tmele. Jeho hodnota je min $\upsilon = 1,05$ a maximální $\upsilon = 1,3$ až výjimečně 1,4.

Limituje se **maximální obsah jemných podílů tuhých částic** do velikosti 0,25 mm pro $D_{\max} = 16$ mm do 530 kg.m^{-3} , $D_{\max} = 32$ mm do 460 a pro 63 mm do 430 kg.m^{-3} , v tomto limitu je zahrnutý cement, příměsi a jemné podíly kameniva.

Množství vzduchových pórů v betonu V_z se udává v % objemu. Čerstvý beton bez provzdušňovacích přísad lze prakticky ztuhnout až do minimální hodnoty asi 2 %. ČSN EN 206-1 předepisuje pro agresivní prostředí různý min. obsah vzduchu v čerstvém betonu v rozsahu 4 - 6 % obj., viz. tab. v 7.2.

Složení betonu většinou zkusmo upravujeme pro potřebnou konzistenci čerstvého betonu a dosažení potřebných pevností 28 denní pevnosti.

Zpracovatelnost zlepšíme (zvýšíme sednutí kužele nebo rozliti):

- zvýšením vodního součinitele,
- použitím plastifikátorů a superplastifikátorů,
- částečně zvýšením množství cementu a příměsí,
- kamenivem s větší mezerovitostí a menším měrným povrchem (snížíme podíl frakce 0/4 mm).

Výslednou **pevnost betonu** zvýšíme:

- snížením vodního součinitele,
- cementem vyšší pevnostní třídy,
- vyšším množstvím cementu, ale pouze po určitou hranici,
- kamenivem s menší mezerovitostí,
- snížením podílu vzduchových pórů v betonu.

Schéma návrhu složení betonu

fáze	zadání	stanovení
1. definování požadavků	<ul style="list-style-type: none"> třída vlivu prostředí betonová konstrukce technologie zpracování betonu ostatní požadavky 	min m_C , max w , min V_Z , min R_B , D_{max} konzistence, doba tuhnutí, nárůst pevnosti obj. hm., max. průsak tl. vodou
2. volba složek betonu	kamenivo cement přísady a příměsi	druh, zrnitost druh, pevnostní třída druh a dávka m_P
3.	výpočet návrhu složení	
4. experimentální ověření návrhu	<ul style="list-style-type: none"> stanovení konzistence čerstvého betonu úprava složení na požadovanou konzistenci zhotovení zkušebních krychlí úprava složení na potřebnou pevnost při zachování konzistence určení definitivního složení betonu 	

Základním vztahem pro výpočet složení betonu je **rovnice absolutních objemů**:

$$\frac{m_C}{\rho_C} + \frac{m_V}{\rho_V} + \frac{m_K}{\rho_K} + \frac{m_P}{\rho_P} = 1 - \frac{V_Z}{100}$$

m_C, m_V, m_K, m_P množství cementu, vody, kamenina a příměsí v kg.m^{-3} ,
 $\rho_C, \rho_V, \rho_K, \rho_P$ objemové hmotnosti cementu, vody, kameniva a příměsí
 v kg.m^{-3}
 V_Z objem vzduchu v betonu v % objemu

Pro technické předběžné výpočty používáme obj. hmotnosti složek:

- cementu CEM I $\rho_C = 3100 \text{ kg.m}^{-3}$
- CEM II $\rho_C = 3050 \text{ kg.m}^{-3}$
- vody $\rho_V = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- kameniva $\rho_K = 2650 \text{ kg.m}^{-3}$
- příměsí $\rho_P = 2100 \text{ kg.m}^{-3}$.

7.4. NÁVRH PODLE EMPIRICKÉHO MNOŽSTVÍ VODY

Schema výpočtu:

- a) Podle nomogramu z obrázku odečteme vodní součinitel w pro požadovanou pevnost X a zvolenou pevnostní třídu cementu R_b . Zkontrolujeme vodní součinitel dle kap. 7.3.
- b) Z tabulky zjistíme potřebné množství vody pro zvolenou konzistenci C nebo S (kap. 8.1.) a granulometrii kameniva podle zvolené křivky zrnitosti (kap. 3.8.) pro beton bez přísad.
- c) Pokud chceme použít plastifikátor nebo superplastifikátor se známým účinkem na snížení dávky vody, provedeme korekci dávky vody pro danou konzistenci.
- d) Vypočteme množství cementu z rovnice:

$$m_c = m_v / w$$

- e) Z rovnice absolutních objemů vypočteme celkové množství kameniva m_k (kap. 7.3.) a podle zvolené křivky zrnitosti rozdělíme na jednotlivé frakce.
- f) Sestavíme recepturu pro záměs 1m^3 betonu a zkontrolujeme množství tuhých částic do $0,25\text{mm}$ (kap. 7.3.), známe-li mezerovitost zvolené křivky kameniva zkontrolujeme i přebytek cementového tmele v (kap. 7.3.).
- g) Vyrobíme beton podle vypočtené receptury, požadovanou konzistenci betonu dosáhneme vhodnou dávkou plastifikátoru nebo superplastifikátoru.
- h) Sečteme skutečné navážky všech složek na 1m^3 betonu $\sum m_i$ v kg, stanovíme skutečnou objemovou hmotnost vyrobeného betonu (po zhuštění) ρ_b v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a vypočteme přepočítávací koeficient k :

$$k = \rho_b / \sum m_i$$

- i) Přesné dávky složek pro 1m^3 zhuštěného betonu m_{iu} získáme vynásobením použitých dávek jednotlivých složek m_i koeficientem k :

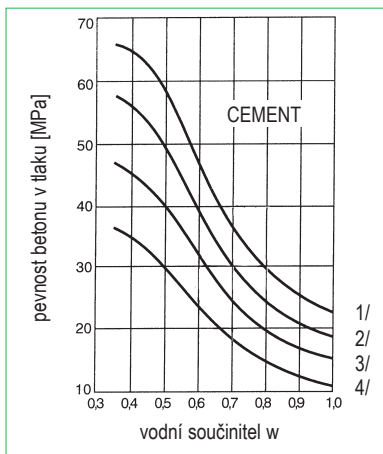
$$m_{iu} = k \cdot m_i$$

Potřeba vody v l na 1 m³ betonu v závislosti na konzistenci a granulometrii kameniva - m_v

konzistence	křivka zrnitosti											
	wA ₈	B ₈	C ₈	A ₁₆	B ₁₆	C ₁₆	A ₃₂	B ₃₂	C ₃₂	A ₆₃	B ₆₃	C ₆₃
C 0	160	178	197	139	160	183	133	152	171	123	139	163
S 1	166	184	205	145	166	189	137	158	177	127	145	169
S 2	176	194	217	155	176	200	145	167	188	135	155	180
S 3	192	212	235	170	192	217	159	181	207	148	170	197
S 4	204	227	250	181	204	232	171	197	223	159	181	211

Korektury potřeby vody:

- Použitím drtě od 8 mm zvyšuje se množství vody o 5 % a drtě 4 až 8 mm se voda zvyšuje až o 10 %.
- Zvýšením tuhých částic (cement, příměsi a jemné podíly kameniva do 0,25 mm) přes 350 kg.m⁻³ se přidává voda na každých 10 kg o 1 kg.m⁻³.
- Pro vzdušněním čerstvého betonu na 1 % obj. pórů, které převyšuje 1,5 % obj. se redukuje množství vody asi o 5 kg.m⁻³.
- Plastifikační přísady snižují množství vody nejméně o 5 % hmotnosti.



Závislost pevnosti betonu na vodním součiniteli a pevnosti cementu podle Walze

- 1/ $R_c^{28} = 63$
- 2/ CEM 52,5
- 3/ CEM 42,5
- 4/ CEM 32,5

Příklad:

Zadání:

Beton třídy C 25/30 XF2 podle ČSN EN 206-1, tzn. vodní součinitel w max. 0,55 a min. dávka cementu $m_c = 300 \text{ kg.m}^{-3}$ betonu, kontrolní pevnost betonu při neznámé stejnoměrnosti (směrodatné odchylce) betonu R_b min. 36 N.mm⁻² (MPa), krycí vrstva výztuže a vzdálenost prutů výztuže je 30 mm, volíme proto kamenivo o max. velikosti zrna D_{\max} 16 mm ($\rho_k = 2650 \text{ kg.m}^{-3}$), zrnitost kameniva podle křivky B 16 (viz. 3.8.), kamenivo frakce 0/4 mm obsahuje 8% hm. jemných tuhých částic do 0,25 mm. Provzdušnění čerstvého betonu (XP2) je min. 4% obj., pro provzdušněné betony volíme cement CEM I 42,5 R ($\rho_k = 3100 \text{ kg.m}^{-3}$ a $R_c^{28} = 50 \text{ MPa}$). Konzistence betonu stupeň S 3 - cca 120 mm sednutí kužele.

Postup:

- **add a)** z grafu odečteme pro $R_b = 42 \text{ MPa}$ vodní součinitel $w = 0,57$, který ovšem nevyhovuje požadavku na XF2, volíme proto $w = 0,55$
- **add b)** pro kamenivo s D_{\max} 16 mm, křivky B16 a konzistence S3 odečteme z tabulky dávku vody 192 kg.m^{-3}
- **add c)** nebudeme uvažovat
- **add d)** dávka cementu $m_c = 192/0,55 = 349 \text{ kg.m}^{-3}$
- **add e)** předpokládaný obsah vzduchu je 5% obj.

- celková dávka kameniva:

$$349/3100 + 192/1000 + m_k/2650 = 1 - 5/100 \rightarrow m_k = 1710 \text{ kg.m}^{-3}$$

- použijeme frakce kameniva 0/4, 4/8 a 8/16 a za předpokladu podobné objemové hmotnosti jednotlivých frakcí vypočteme navážky:

$$0/4 \text{ mm} \dots 0,56 \cdot 1710 = 958 \text{ kg}$$

$$4/8 \text{ mm} \dots 0,20 \cdot 1710 = 342 \text{ kg}$$

$$8/16 \text{ mm} \dots 0,24 \cdot 1710 = 410 \text{ kg}$$

- **add f)** dávka provzdušňující přísady 0,3% hm. z dávky cementu, tj. $349 \cdot 0,003 = 1,05 \text{ kg}$

Navržené složení záměsi betonu pro objem 1 m³ po zhutnění:

- | | |
|--------------------------|--------|
| ■ cement CEM I 42,5 R | 349 kg |
| ■ kamenivo frakce 0/4 mm | 958 kg |
| ■ kamenivo frakce 4/8 mm | 342 kg |

■ kamenivo frakce 8/16 mm	410 kg
■ voda	192 kg
■ provzdušňovací přísada	1,05 kg

Obsah jemných tuhých částic do 0,25 mm vyhovuje:
 $349 + 958 \cdot 0,08 = 426 \text{ kg} < 530 \text{ kg}$

■ **add g)** pro dosažení konzistence S 3 bylo nutno přidat 2,5 kg plastifikátoru, byl zjištěn obsah vzduchu v čerstvém betonu 5,7 % obj. a objemová hmotnost čerstvého betonu $\rho_b = 2230 \text{ kg.m}^{-3}$

■ **add h)** celková navážka záměsi

$$\Sigma m_i = 349 + 958 + 342 + 410 + 192 + 1,05 + 2,5 = 2254,55 = 2255 \text{ kg}$$

$$\text{koeficient } k = 2230/2255 = 0,989$$

Upravené složení záměsi betonu pro objem 1 m³ po zhutnění:

■ cement CEM I 42,5 R	346 kg
■ kamenivo frakce 0/4 mm	947 kg
■ kamenivo frakce 4/8 mm	338 kg
■ kamenivo frakce 8/16 mm	405 kg
■ voda	190 kg
■ provzdušňovací přísada	1,04 kg
■ plastifikační přísada	2,47 kg
■ konzistence betonu	S 3
■ obsah vzduchu	5,7 % obj.
■ obj. hmotnost čerstv. betonu	2230 kg.m ⁻³

7.5. SILNIČNÍ BETON

Problematiku zhotovení a zkoušení cementobetonových krytů vozovek dálnic, silnic, místních a účelových komunikací, dopravních a jiných ploch, letištních drah a ploch řeší norma ČSN 73 6123:1994. Norma člení cementobetonové kryty podle dopravního zatížení následovně - viz. tabulka.

Členění cementobetonových krytů dle ČSN 73 6123

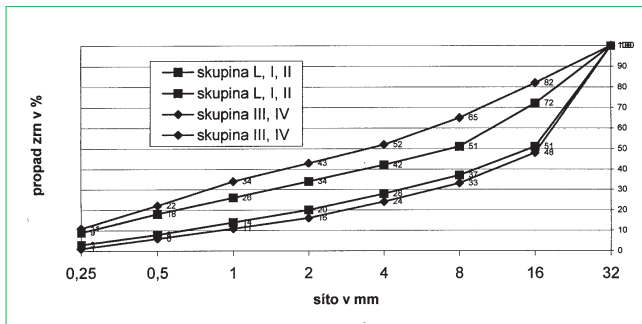
skupina	specifikace komunikace	tř. dopr. zatížení dle ČSN 73 6114
L	letištní dráhy a plochy	-
I	dálnice, mezinárodní silnice, rychlostní komunikace	I - II
II	silnice I. tř.	II - III
III	silnice II. a III. třídy, sběrné místní komunikace a parkoviště pro nákl. vozidla	III - IV
IV	ostatní místní komunikace, účelové komunikace a parkoviště pro osobní vozidla	IV - VI

Složení betonu:

Požadavky na kamenivo:

- max. zrno 32 mm,
- možno použít i přetržitou křivku zrnitosti,
- zpřísněné požadavky na mrazuvzdornost, trvanlivost kameniva,
- DK pro skupinu L, I, II s podílem zrn do 0,5mm 25 - 45 %,
- limitovaný obsah volné slídy - pod 1 %,
- pro skupiny II, III, IV lze použít i šterkopísek s max. obsahu odplavitelných částic 3 %.

Graf zrnitosti směsí kameniva s $D_{\max} = 32$ mm (propad zrn v % hm.)



Požadavky na cement:

- použitý portlandský cement CEM I 42,5 R dle ČSN EN 197-1,
- měrný povrch v rozmezí 223 - 350 kg.m⁻¹,
- limitovaný obsah MgO, SO₃, kyselinou rozložitelný podíl,
- obsah C₃A v cementu je max. 8 %.

Požadavky na složení betonu:

- doporučuje se obsah jemných částic do 0,25 mm, 350 - 450 kg.m⁻¹,
- minimální obsah cementu pro skupinu vozovek L, I, II je 370 kg.m⁻¹, pro skupinu III je 350 kg.m⁻¹, pro skupinu IV je 330 kg.m⁻¹,
- max. vodní součinitel 0,45 pro skupiny vozovek L, I, II; 0,50 pro skupiny III a IV,
- min. obsah vzduchu v čerstvém betonu je 4 % obj. ($D_{\max} = 32$ mm), 5 % obj. ($D_{\max} = 16$ mm). Součinitel prostorového rozložení obsahu účinného vzduchu A300 je maximálně SF = 0,25,
- pro betonáž finišerem s posuvnými bočnicemi je vhodná konzistence V 2, V 3.

Obrusná vrstva vozovky vyžaduje pevnostní tř. betonu min. C 30/37.

Kvalitativní parametry ztvrdlého betonu dle ČSN 73 6123

skupiny vozovek	L	I	II	III	IV
pevnost v tahu ohybem [MPa]	4,5	4,5	4,5	4,0	3,5
max. variační koeficient [%]	10	10	12	13,5	15
pevnost v tlaku na zlomcích trámek [MPa]	32	32	32	28	25
min. počet cyklů působení vody a rozmraz. solí	100/75	100/75	100/75	75/50	75/50
max. součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů [mm]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
min. součinitel mrazuvzdornosti po 300 cyklech [%]	80	80	80	-	-
pevnost v tlaku na válcích [MPa]	24	24	24	21	19
pevnost v prostém tahu na válcích [MPa]	2,3	2,3	2,3	-	-

7.6. VODOSTAVEBNÍ BETON

Beton určený pro konstrukce vystavené stojaté nebo proudící vodě v různých klimatických podmínkách, tedy i za mrazu.

Požadavky na vodostavební beton obsahuje dříve platná ČSN 73 1209:1985 Vodostavební beton a nově i ČSN EN 206-1 a TN SVB ČR 01-2004.

ČSN 73 1209:1985 Vodostavební beton zahrnuje:

- Vodotěsný beton stupňů vodotěsnosti V 2, V 4, V 8, V 12 - podle maximálního zatížení vodním tlakem při zkoušce podle ČSN 73 1321 Stanovení vodotěsnosti betonu.

- Mrazuvzdorný (trvanlivý) beton stupňů mrazuvzdornosti T50, T100 a T150 - podle počtu zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů, po kterém nepoklesne pevnost betonu v tahu za ohybu o více než 15 %. Poměr pevnosti v tahu za

ohybu betonu vystaveného zmrazování k pevnosti betonu před zmrazováním se označuje jako součinitel mrazuvzdornosti, vyhovující hodnota pro zkoušený stupeň mrazuvzdornosti je 0,85.

Potřebný stupeň mrazuvzdornosti pro danou oblast lze určit z charakteristického počtu zmrazovacích cyklů $n_{c,k}$ podle vztahu

$$n_{c,k} = t_{\text{reg}} / 65 \cdot (n_{c,m} + n_{gl,m} \cdot n_{hw,m})$$

kde t_{reg} je požadovaná životnost stavby v letech
 $n_{c,m}$ průměrný počet střídání mrazu a tání v průběhu jednoho roku - tabulka v ČSN 73 1209
 $n_{gl,m}$ průměrný počet ledových dnů v roce
- tabulka v ČSN 73 1209
 $n_{hw,m}$ průměrný počet střídání hladiny vody (změna více než 500 mm) za den v období ledových dnů

Podle výsledku se volí stupeň mrazuvzdornosti s nejbližším vyšším počtem cyklů.

7

Minimální stupeň vodotěsnosti mrazuvzdorného betonu nevystavenému vodnímu tlaku je V 4, jinak podle projektu.

■ Beton pro konstrukce v agresivním prostředí jako součást protikorozních opatření stupně A 1, A 2 nebo A 3.

Pro stupeň A 1 se požaduje minimální st. vodotěsnosti V 4, pro A 2 a A 3 st. vodotěsnosti V 8, přičemž při zkoušení je navíc limitována max. hloubka průsaku vody tělesem na 80 mm u stupně A 2 a na 40 mm u stupně A 3 (na zkušebním tělese 150 mm). Minimální požadovaná třída pevnosti betonu je B 20 (C16/20). Stupeň protikorozních opatření A 2 a A 3 zahrnuje i sekundární ochranu betonu v konstrukci.

■ Houževnatý beton odolný mechanickému namáhání působeného proudící vodou (obrus, otluk) HB. Požaduje se minimální třída pevnosti betonu B 45 (C 35/45), vhodné kamenivo ze silikátových hornin s nízkou otlukovostí.

- Beton pro konstrukce rozlišené podle jejich nejmenšího rozměru h . Beton pro masivní ($h > 2\text{ m}$) a středně masivní ($h = 1 - 2\text{ m}$) konstrukce se značí M a beton pro hrubostěnné ($0,6\text{ m} < h < 1\text{ m}$) a tenkostěnné ($h \leq 0,6\text{ m}$) konstrukce se značí H.

Nejvyšší přípustný vodní součinitel w pro vodostavební beton

druh betonu					vodní součinitel w
vodo- těsný ^{1/}	beton odolný proti korozi při požadovaném stupni vodotěsnosti			mrazu- vzdorný	
	V 4	V 8	V 12		
V 4	A 1			T 50	0,65
V 8		A 1		T 100	0,60
V 12		A 2	A 1	T 150	0,55
		A 3	A 2		0,50
			A 3		0,45

^{1/} nejvyšší přípustná hodnota pro tenkostěnný beton je 0,55

Zvláštní požadavky na složky betonu

Cement - použit především CEM II, CEM III, síranovzdorný cement SVC, CEM I pro mrazuvzdorné a provzdušněné betony, pro masivní konstrukce použít cement s vývinem hydratačního tepla max. 290 KJ/kg za 7 dní, jinak nutno přijmout zvláštní opatření pro snížení rizika vzniku trhlin. Pro masivní a středně masivní konstrukce se nesmí používat cementy CEM I a CEM II. Doporučená maximální dávka pro tenkostěnné konstrukce je 400 kg.m^{-3} betonu, pro masivní 320 kg.m^{-3} betonu.

Kamenivo - nesmí reagovat s alkáliemi, pro houževnatý beton se požaduje silikátové kamenivo s nízkou otlukovostí (ne z uhličitánových hornin), drobné kamenivo těžené, minimální počet frakcí hrubého kameniva a doporučené množství tuhých částic do $0,25\text{ mm}$ uvádí tabulka.

Doporučené složení vodostavebních betonů

max. zmo kameniva D_{\max} [mm]	8	16	22	32	63	125
min. počet frakcí hrubého kameniva	1	1	2	2	3	4
tuhé částice do 0,25 mm [kg.m ⁻³]	525	450	420	400	325	300
provzdušnění [% obj.]	-	6,5-7,5	6-7	5-5,5	4-4,5	3,5-4

ČSN EN 206-1:2001 Beton-Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda uvádí požadavky na beton vystavený vodě pouze v tabulce doporučeného složení betonu podle stupně vlivu prostředí, viz bod 7.2. Odolnost betonu proti působení tlaku vody V5 se stanoví podle maximálního zatížení vodním tlakem 0,5 MPa po dobu 72 hod. podle stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou podle ČSN EN 12390-8.

7.7. BETON ODOLNÝ PROTI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH LÁTEK (CH.R.L.)

7

Platná TN SVB ČR 01-2004 klasifikuje vodotěsnost a mrazuvzdornost

Stupeň vodotěsnosti - vodotěsnost betonu je kvalifikována nejvyšším tlakem vody V 4 a V 8.

Kvalifikace vodotěsnosti betonu

tloušťka konstrukce	nejvyšší vodní tlak na konstrukci v m vodního sloupce	
0,15m < h < 0,6m	7 až 10	15 až 25
doporučený stupeň vodotěsnosti betonu	V 4	V 8
minimální pevnostní třída dle tabulky 6	B 20	B 25

Stupeň mrazuvzdornosti

Mrazuvzdornost betonu je závislá od požadované životnosti stavby od počtu střídavého zmrazování a rozmrazování a od počtu střídání hladiny vody na povrchu betonu. Pokud je mrazuvzdorný beton vystaven vodnímu tlaku, musí současně splnit i požadavky vodotěsnosti.

Doporučené mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu

druh betonu		vodní součinitel	minimální obsah vzduchu ^{1/}
vodotěsný	mrazuvzdorný		
V 4	T 50	0,6	5
V 8	T 100	0,55	5

Beton vystavený účinkům mrazu je při použití rozmrazovacích prostředků, které vyvolají tání ledu i při teplotách pod 0 °C, extrémně namáhán a musí vykazovat zvýšenou odolnost. Pro zvýšení odolnosti se předepisuje provzdušnění betonu speciálními přísadami, minimální obsah vzduchu je předepsán v různé výši v závislosti na složení betonu, viz tabulka v bodě 7.2. nebo 7.6.

Obsah vzduchu v čerstvém betonu se stanoví podle ČSN EN 12350-7. Odolnost působení CH.R.L. se stanoví metodou A (automatické cyklování) nebo metodou B (ruční manipulace) podle ČSN 73 1326 Změny Z1 a běžně používaná zkouška je i stanovení metodou C (automatické cyklování II). Tato metoda je též popsána v Technických kvalitativních podmínkách (TKP) staveb pozemních komunikací, Kapitole 18. Beton pro konstrukce, vydaných MDS ČR. Kriteriem při stanovení odolnosti působení CH.R.L. je míra narušení povrchu betonu vystaveného zmrazovacím a rozmrazovacím cyklům v prostředí roztoku chloridu sodného. Výsledkem zkoušky je hmotnost odpadu betonu v g.m⁻² povrchu po stanoveném počtu cyklů. Metody se liší tvarem a způsobem přípravy vzorků, režimem cyklování a účinností na povrch betonu.

**Požadavky ČSN 73 6123 pro beton skupiny vozovek L, I a II
(viz bod 7.6.)**

metoda zkoušení	počet cyklů	stupeň narušení povrchu betonu	maximální odpad [g.m ⁻²]
A	100	3 - narušený povrch	1000
B	75	b - malé povrchové odlupování	není stanoven
C	75	bez popisu	1000

7.8. PĚNOBETON

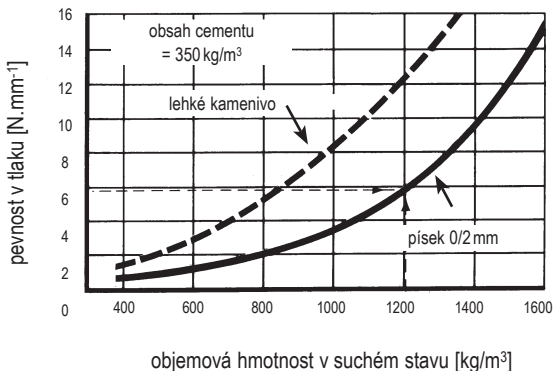
Používají se pěnотvorné přísady ADDIMENT (viz kap. 5.10.), které se přidávají buď přímo do míchačky s nuceným oběhem anebo se ve zvláštním přístroji (SG 300/600) vytvoří pěna a ta se zamíchá do čerstvého betonu hned v míchačce nebo v automíchači v různé fázi dopravy nebo až na staveništi.

Obsah cementu je 300 až 350 kg.m⁻³, obsah vody 100 až 200 litrů na m³ betonu. Objemová hmotnost pěny je cca 50 kg.m⁻³.

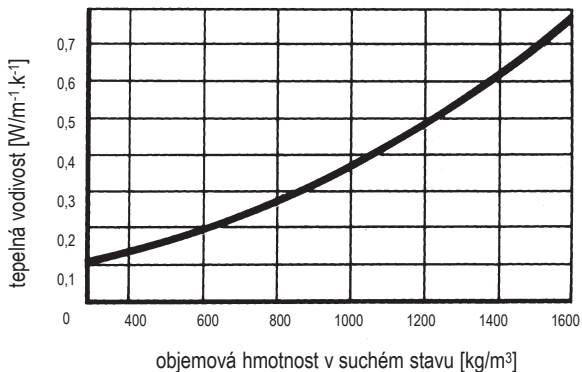
Příklad složení pěnobetonu s objemovou hmotností 1200 kg.m⁻³

■ CEM I 42,5 R	300 kg.m ⁻³
■ písek frakce 0/2 mm	810 kg.m ⁻³
■ voda	135 kg.m ⁻³
■ pěna	460 l.m ⁻³

Pevnost pěnobetonu v tlaku v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu a použitém kamenivě



Tepelná vodivost pěnobetonu v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu



7.9. BETON PRO MASIVNÍ KONSTRUKCE

Za masivní konstrukce z betonu lze považovat takové konstrukce, u kterých je tloušťka stěn větší než 1 m (případně 0,6 m). Složení betonu pro tyto konstrukce vyžaduje snížení hydratačního tepla a zejména omezení vzrůstu teploty betonu. Používá se cementů s nízkým hydratačním teplem (CEM II, CEM III, CEM V) s minimálním množstvím slínku a pro zajištění potřebné pevnosti se uplatňují latentně hydraulické příměsi. Volí se co největší maximální zrno kameniva, pokud to konstrukce dovoluje. Doporučuje se maximální množství cementu do 320 kg.m^{-3} . Během hydratace se uvolní za t hodin tvrdnutí teplo Q_{Ht} , vztažené na kg cementu:

Q_{H} - hydratační teplo cementu uvolněné za 28 dní:

$$Q_{\text{Ht}} = Q_{\text{H}} \cdot \{1 - \exp(-n \cdot t)\} \quad [\text{J.kg}^{-1}]$$

Informativní hydratační tepla cementů

druh cementu	hydratační teplo [kJ.kg^{-1}]	n
portlandský cement	375 až 525	0,009
portlandský struskový cement	355 až 440	0,010
vysokopecní cement	355 až 440	0,011

7

Hydratační teplo uvolněné z betonu za 7 dní nemá překročit hodnotu 290 kJ.kg^{-1} .

Masivní konstrukce (nad 1 m tloušťky) vyžadují:

- použití cementů s nízkým hydratačním teplem viz kap. 2.,
- minimalizaci obsahu cementu,
- optimalizaci průběhu tuhnutí a tvrdnutí betonu použitím přísad do betonu,
- snížení teploty čerstvého betonu, např. chlazením hrub. kameniva a vody,
- volbu vhodného stavebního postupu (pracovní spáry rozdělené na lamyly).

Měrná tepla složek betonu [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]:

cement $c_C = 0,88 - 1,10$ voda $c_V = 4,19$ kamenivo $c_K = 0,8 - 1,1$

Maximální zvýšení teploty betonu při hydrataci cementu:

Uvedená rovnice platí při adiabatických podmínkách hydratace cementu v betonu bez ohledu na okolní podmínky a množství ztrát tepla.

$$\Delta T_{\max} = m_C \cdot Q_H / (m_C \cdot c_C + m_K \cdot c_K + m_V \cdot c_V)$$

m_C ; m_K ; m_V - množství cementu, kameniva a vody v kg na m^3 betonu

c_C ; c_K ; c_V - měrná tepla cementu, kameniva a vody v $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Rychlost vývinu hydratačního tepla lze omezit použitím určitých typů přísad zpomalujících tuhnutí a tvrdnutí betonu, které dlouhodobě brzdí průběh hydratace cementu, například ADDIMENT VZ 1.

7.10. ČERPANÝ ČERSTVÝ BETON

Níže použitý text není normativně daný, vychází z již neplatné ČSN 73 1209, včetně použité tabulky. Nadále však může sloužit jako technologická pomůcka.

Největší zrno kameniva se řídí použitým druhem potrubí. Pro průměr 100 mm je $D_{\max} = 32$ mm těžného kameniva a $D_{\max} = 16$ mm drceného kameniva. Pro průměr potrubí 125 mm $D_{\max} = 40$ mm těžného kameniva a $D_{\max} = 22$ mm drceného kameniva. Doporučuje se těžné drobné kamenivo 0/4 mm. Tvarový index větší jak 3 max. 30 % obj. a je dovoleno max. 10 % obj. nad sítného podílu kameniva. Podíl zrn do 1 mm je vhodné zvýšit o 10 % proti hodnotám křivky zrnitosti (viz 3.8.). Jemné frakce zrn do 0,25 mm zajišťují přenos čerpacího tlaku, tvoří vrstvu na stěnách potrubí a tím snižují tření, snižují vnitřní tření čerstvého betonu, omezují odlučování a zvyšují soudržnost čerstvého betonu. Obsah jemných podílů do 0,25 mm má být do 8 % obj. a jejich množství spolu s cementem se limituje podle maximálního zrna

kameniva. K doplnění jemných podílů se používají příměsi: popílek (zbytek na síť 0,063 mm do 20 % obj., ztráta žíháním do 5-7 % obj., obsah $SO_3 \leq 3$ % obj. a síry $\leq 0,4$ % obj.), mletý vápenec, méně vhodné jsou prosivky drčeného kameniva (jsou ostrohranné). Nejvyšší teplota 30 °C.

Jemné podíly (cement, příměsi a kamenivo) do 0,25 mm pro čerpaný beton v $kg \cdot m^{-3}$ pro směsi kameniva do max. velikosti zrna D_{max}

D_{max} v mm		8	16	22	32
těžené kamenivo		520	450	420	400
kombinace s drceným kamenivem	4/8	600	550	520	500
od frakce	8/16		510	490	470
	16/22			470	450

Doporučuje se měkká konzistence těchto parametrů: rozlití F do 400 mm (tato metoda umožňuje posoudit i stabilitu čerstvého betonu, rozměšování), číslo zhutnitelnosti $C \in (1,1; 1,25)$, sednutí kužele $S \in (25; 100)$ mm (beton s těženým kamenivem a popínkem $S = 80 \pm 20$ mm a s drceným kamenivem $S = 140 \pm 20$ mm). Nejvhodnější je konzistence měřená rozlitím F od 360 do 400 mm a tomu odpovídá vodní součinitel cca $m_v/m_c = 0,45$ až $0,55$.

7

Zlepšení čerpatelnosti čerstvého betonu lze dosáhnout:

- zvýšením podílu částic do 0,25 mm,
- příměsemi s větším měrným povrchem,
- vyšším podílem drobného kameniva 0/4 mm,
- konzistencí s větším sednutím kužele, avšak nejvýše do $S \leq 150$ mm,
- náhradou drčeného kameniva kamenivem těženým,
- účelnou dávkou vhodné plastifikační přísady.



8. KONZISTENCE A ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

- 8.1. Měření konzistence (ČSN EN 206-1)
- 8.2. Doporučené konzistence čerstvého betonu
- 8.3. Zpracování čerstvého betonu
- 8.4. Stříkaný beton
- 8.5. Potěry a betonové podlahy
- 8.6. Zhutňování čerstvého betonu
- 8.7. Odformovací a čisticí přípravky

8.1. MĚŘENÍ KONZISTENCE (ČSN EN 206-1)

Ke zjištění konzistence transportbetonu se běžně používané zkoušky sednutí kužele a zkouška rozlitím. Pro potřeby prefabrikované výroby se používají i metody zhutnění případně přeformování VeBe.

Sednutí kužele (Abrams), ČSN EN 12350-2, označení S (= Slump test)

Postup zkoušky sednutí kužele:

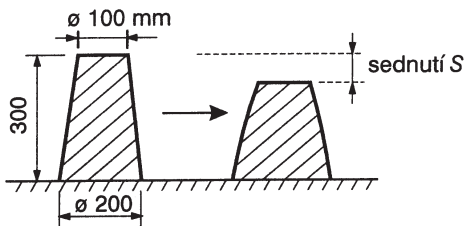
Na vlhkou podložku se postaví zevnitř zvlhčená forma kužele. Forma se postupně naplní třemi vrstvami čerstvého betonu. Každá z nich se zhutní 25 vpichy propichovací tyčí. Poté se odstraní přebytek betonu a povrch se srovná do roviny s formou valivým pohybem propichovací tyče. Z podložky se odstraní zbytky betonu. Forma se vyzdvihne tak, aby nebyla nikterak ovlivněna zkouška. Tzn. forma nesmí v průběhu zdvihání nikterak usměrňovat, případně podírat sesedající beton vně formy. Výsledkem zkoušky je rozdíl výšky sednutého kužele betonu měřeného v nejvyšším bodě oproti výšce formy kužele. Změřený rozdíl v mm se zaokrouhlí na 10 mm. Doba trvání zkoušky od plnění až po změření sednutí by neměla být delší než 150 s. Vhodnost metody sednutí je dána tvarem sednutého kužele po zkoušce. Pokud je část betonu kužele usmyknutá, je třeba zkoušku opakovat z jiného vzorku, případně zvolit jinou metodu zkoušení konzistence.



Sednutí kužele (Abrams), ČSN EN 12350-2, označení S (= Slumptest)

S 1	10 - 40 mm
S 2	50 - 90 mm
S 3	100 - 150 mm
S 4	160 - 210 mm
S 5	≥ 220 mm

zaokrouhleno na 10 mm

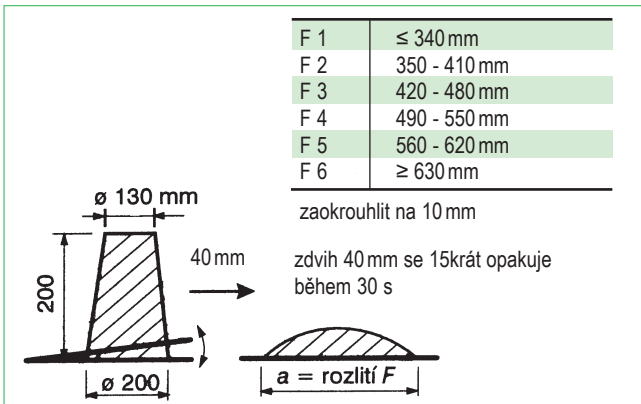


Rozlítí (Graf), ČSN EN 12350-5, označení F (= Flowtest)

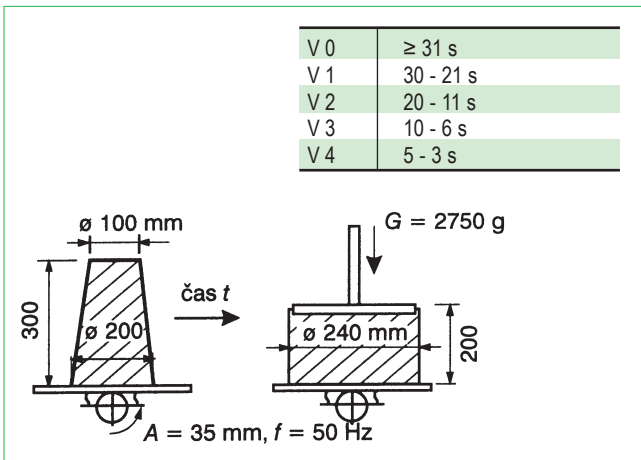
Postup zkoušky rozlítí:

Střásací stolek je nutné umístit na vodorovnou plochu. Na vlhký podklad střásacího stolku se postaví zevnitř zvlhčená forma kužele. Forma se postupně naplní dvěma vrstvami čerstvého betonu. Každá z nich se vyrovná desetinásobným dusáním předepsaným dusadlem. Jeho pomocí se poté srovná povrch betonu s hranou formy. Z povrchu stolku se odstraní zbytky betonu a forma se po 30 sekundách vyzdvihne. Vzniklý kužel se volným pádem pohyblivé části střásacího stolku rozlévá. Volný pád horní desky je dán vzdáleností dvou zářezek (40 mm) a opakuje se 15krát s frekvencí 2 až 5 sekund. Průměr rozlítí betonu se měří ve dvou na sobě kolmých směrech. Naměřená hodnota se zaokrouhlí na 10 mm. Na rozlitém betonu se též posuzuje případná segregace.

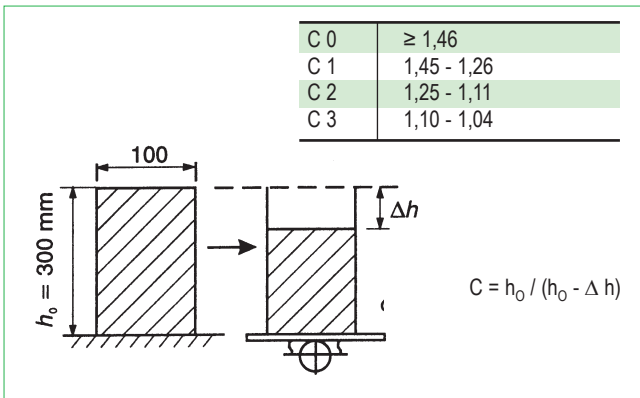
Rozlití (Graf), ČSN EN 12350-5, označení F (= Flowtest)



Přetvořování Vebe, ČSN EN 12350-3, označení V (= Vebe Test)



Stupeň zhutnění, ČSN EN 12350-4, označení C (= Compaction Test)



Poznámka: Výsledky měření jednotlivými metodami jsou korelačními závislostmi, není vhodné ani průkazné výsledky vzájemně přepočítávat z jedné metody na druhou.

8.2. DOPORUČENÉ KONZISTENCE ČERSTVÉHO BETONU

8

Čerstvý beton se doporučuje míchat a dodávat na staveniště velmi měkké konzistence (v SRN - Regelkonsistenz) s rozlitem F 3, tj. 420 až 480 mm nebo sednutím S 3, tj. 100 - 150 mm.

Tato konzistence čerstvého betonu má tyto výhody:

- univerzální použití,
- homogenní staveništní beton odolný k okolí,
- není nutná úprava na staveništi,
- dobré povrchy betonové konstrukce,
- vysoký výkon zpracování s malými náklady.

Doporučené konzistence čerstvého betonu

konzistence						
rozlití F v mm	≤ 340	-	350-410	490-550	560-620	≥ 630
sednutí kužele S v mm	-	10-40	50-90	160-210	≥ 220	≥ 160
stupeň zhutnění C	-	≥ 1,20	1,19-1,08	1,07-1,02	-	-
doprava a ukládání čerstvého betonu						
přímé ukládání do bednění				←→	←→	←→
doprava jeřábem	←→	←→	←→	←→	←→	←→
čerpání čerstvého betonu			←→	←→	←→	←→
zhutňování betonu						
dusání	←→					
vibrování	←→	←→	←→			
propichování			←→	←→	←→	
povrchová uprava čerstvého betonu ihned po uložení						
stažení				←→	←→	←→
hlazení	←→	←→	←→			
betonová konstrukce						
nevzdušený beton	←→	←→	←→	←→	←→	←→
velmi vzdušený beton		←→	←→	←→	←→	←→
železobeton pro vn. konstr.			←→	←→	←→	←→
pohledový beton		←→	←→	←→	←→	←→
beton pod vodou			←→	←→	←→	←→
beton odolný chem. korozi		←→	←→	←→	←→	←→
vodotěsný beton		←→	←→	←→	←→	←→
beton odolný proti obruš	←→	←→	←→	←→	←→	←→



8.3. ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Zpracování čerstvého betonu se rozděluje na fázi mísení složek čerstvého betonu, fázi dopravy a ukládání do bednění nebo do forem a fázi zhutňování. Cílem je dosažení stejnorodosti (homogenity) složení betonu, který se při dopravě a ukládání nerozmísí a také v poslední fázi dostatečně zhutní, t.j. bude obsahovat jen minimální množství vzduchových dutin (kromě provzdušněného betonu).

Výrobu betonu, dopravu a ukládání musí zajišťovat pracovníci s odpovídajícími vlastnostmi a zkušenostmi. Pracovníci odpovědní za výrobu betonu, příjem betonu a jeho dopravu na staveništi, jeho ukládání a ošetřování musí být přítomni po celou dobu tohoto procesu (nebo vyškolený zástupce). Rovněž musí být určen pracovník zodpovědný za kontrolu výroby, který má odpovídající znalosti a zkušenosti v technologii betonu, ve výrobním procesu, ze zkoušení a z kontrolního systému.

Dávkování složek do míchačky

Cement, kamenivo a příměsi se dávkují hmotnostně, voda, přísady a příměsi v suspenzi mohou být dávkovány i objemově. Požadovaná přesnost dávkování je $\pm 3\%$ u cementu, kameniva, příměsí a $\pm 5\%$ u přísad. Přesnost dávkovacího zařízení musí být pravidelně ověřována. Hmotnostní dávkování kameniva je ovlivněno vlhkostí, jak nasáklou, tak povrchovou. Počátek dávkování přísad se doporučuje opozdit asi o 30 s po dávce první části vody.

8

Mísení

Míchačky s nuceným oběhem (vanové, talířové) mají minimální dobu míchání 30 s a optimální 60 s, neuvádí-li výrobce jinak. Tuhá konzistence vyžaduje delší dobu míchání, optimální doba pro beton konzistence $C > 1,3$ je 90 až 120 s, pro konzistenci $C < 1,25$ postačuje 60 - 90 s. Doporučená konzistence podle ČSN P ENV 206 je S 3 (sednutí kužele 100 - 150 mm) nebo F 3 (rozlití 420 - 480 mm).

Bezodpadová technologie betonu

V centrálních betonárnách vzniká cca 2 - 4 % zbytků čerstvého betonu (z výplachu automíchačů a mytí míchačky apod.), které lze využít zpět do



výroby betonu. Po separaci kameniva se do výroby vrací cementový kal spolu se záměsovou vodou. Přídavek kalu může negativně ovlivnit pevnost betonu, jeho smrštění, příp. zvýšit jeho náchylnost k tvorbě výkvětů. Přesto vše je opětovná recyklace materiálů z hlediska životního prostředí lepším řešením než ukládání na skládky.

Transportbeton

je čerstvý beton, který je zamíchán na betonárně a dodán na staveniště v automícháči. Maximální doba dopravy se uvádí 90 min. při cca 20 °C nebo dopravní vzdálenost cca 25 - 30 km. Prodloužení této doby vyžaduje použití retardačních přísad. Např. při použití Addiment VZ 1 lze prodloužit dobu až na 20 hod.

Na staveništi lze sekundárně čerstvý beton dopravovat:

- samospádem (žlaby, koryta, sešupy atd.) s max. sklonem 45°,
- pásovým dopravníkem. Tento způsob dopravy je velmi citlivý na počasí (děšť, mraz aj.).

Doporučený sklon dopravníku v ° (dle konzistence betonu)

směr dopravy			
	tuhá (C 1)	měkká (S 2, F 3)	tekutá (S 4, F 4)
vzhůru	25 - 30	20	10
dolů	12,5 - 15	10	5

■ **pneumatickou dopravou** - používá se pro drobnozrnné betony s kamenivem frakce 0/4 mm při tlaku 400 kPa. Podle vlhkosti směsi se rozlišuje suchý způsob dopravy - materiál se v trysce těsně před použitím mísí s vodou nebo mokrá způsob, kdy směs vhodné konzistence je předem připravena v míchačce. Příkladem tohoto způsobu je technologie Mikscrete.

■ **hydraulickou dopravou pomocí (stabilních, mobilních) čerpadel.** Používají se pístová nebo rotační čerpadla. Pro dopravu pěnobetonu je vhodnější použít rotační čerpadlo, kdy nedochází k tlakovým rázům a k poruše struktury pěnobetonu. Potrubí je unifikované s vnitřní průměrem 100 nebo 125 mm, dosah výložníku čerpadla na mobilním podvozku je 20 - 40 m do výšky

a 15 - 30 m do dálky. Při delších dopravních vzdálenostech se zpravidla připojuje ocelové potrubí.

Ukládání čerstvého betonu

Před uložením se musí zkontrolovat uložení a spoje výztuže, poloha distančních tělísek. Je třeba zamezit odmísení čerstvého betonu v průběhu dopravy a ukládání a proto volit vhodné složení směsi (dobrá zrnitost kamenniva, dostatečný objem cementového tmele, nižší vodní součinitel), vhodný tvar násypek, dodržovat max. výšku pádu čerstvého betonu atd. Dle ČSN 73 2400 je max. přípustná výška volného pádu čerstvého betonu 1,5 m.

Pracovní a dilatační spáry

Důvodem pro zhotovení dilatačních spár je sedání konstrukce (rozdílné založení stavby, rozdílné zatížení konstrukce aj.), tepelná dilatace a smršťování betonu. Dilatační spáry se zpravidla u konstrukcí provádějí ve vzdálenosti 25 - 30 m, u konstrukčních prvků se vzdálenost vlivem klimatických změn snižuje na 10 - 15 m, těsnění se provádí bitumenovými zálivkami nebo elastickými polymerovými pásy.

Při přerušení betonáže zpravidla na dobu delší než 2 hod. vzniká pracovní spára.

Základním požadavkem je minimalizace počtu a délky pracovních spár. Je třeba zohlednit následující:

- spáry nesmí vzniknout v místech předpokládaného největšího smykového napětí konstrukce,
- betonáž ukončujeme podle polohy výztuže,
- polohu spár omezuje bednění a technologický postup,
- pohledový beton nemůže mít spáry tam, kde se tvoří stínová hrana.

Zásady řešení nutné pracovní spáry:

- spáru umístit tak, aby tlak nového čerstvého betonu směřoval kolmo na pracovní spáru,
- pracovní spáru profilovat (zalomit) u velmi namáhaných konstrukcí,
- vodotěsné konstrukce potřebují několikrát zalomenou spáru, aby tok vody se prodloužil, pokud je spára ve směru toku,

- spojení obou vrstev betonu přes pracovní spáru lze upravit vyčnívající výztuží nebo hustou síťovinou nebo vložením plechové spojky opatřené bituminovým nátěrem,
- povrch starší betonové vrstvy zdrsnit kartáčem, pískováním nebo otryskáním vodou,
- odstranit nevsáklou vodu a nanést vhodný spojovací můstek.

Betonování pod vodou

Betonová směs se nesmí volně sypat do vody. Při použití betonu bez speciálních přísad nesmí v místě ukládání betonu voda proudit.

Metody betonování pod vodou:

- čerstvý beton je sypan svislou násypkou, kdy vyústění násypky je pod hladinou vody a zároveň cca 1 m pod hladinou čerstvého betonu (metoda kontraktor) - používá se nejčastěji,
 - čerpaný beton s vyústěním potrubí pod hladinou čerstvého betonu,
 - přerušovaná betonáž hadicí s tuhým vyústěním (metoda s hydroventilem),
 - betonování kontejnerem s vysypáním betonu pod hladinou vody a zároveň pod hladinou čerstvého betonu,
 - dvoufázové betonování,
 - do vody se umísťuje čerstvý beton balený v průlinčitých pytlech (pytlovací metoda),
 - vybetonování plastových matrací na šikmém podkladu,
 - použití speciálních přísad do betonu s extrémně stabilizačním účinkem.
- Např. při použití přísady ADDIMENT UW-Compound 1 je možno čerstvý beton ukládat i do mírně tekoucí vody.

8.4. STŘÍKANÝ BETON

Pro zvýšení přídržnosti a soudržnosti čerstvého betonu se používá kamenivo s max. zrnem 8 mm (11 mm) s vyšším podílem jemné frakce. Přidává se až 20 % hm. (z cementu) příměsí - popílku, křemičitých úlětů aj. Používá se portlandský cement (CEM I) pevnostních tříd 32,5; 42,5 a 52,5 v množství

300 - 500 kg.m⁻³. Vodní součinitel pro nástřik mokrou cestou se udržuje v rozmezí 0,45 - 0,60. K urychlení tuhnutí a tvrdnutí betonu se přidávají speciální přísady. Doporučuje se používat bezalkalické přísady. Pro zvýšení pevnosti v tahu za ohybu, omezení smršťování a k zlepšení duktility se používají vlákna.

Z hlediska technologie je množství odpadu při stříkání závislé na:

■ vodním součiniteli a objemu cementového tmele. Pro mokrý způsob se volí vodní součinitel $w < 0,50$; pro suchý způsob se volí vodní součinitel také $w < 0,50$. Objem cementového tmele má být větší než mezerovitost kameniva, avšak $< 0,37 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ betonu.

Příklady složení stříkaného betonu

místo použití	ČR	Německo	USA	Švédsko
cement [kg.m ⁻³]	350-450	380	350-590	445
vodní součinitel	0,40-0,50	0,58	0,35-0,40	0,40-0,45
zrnitost D_{\max} [mm]	> 11	8	9,5	9
kamenivo [kg.m ⁻³]	cca 1800	1740	cca 1800	1580
vlákna	-	-	0,4-0,9 % obj.	40-150 kg.m ⁻³
příměs	popílek, křem. úlet	křem. úlet	-	-

Vlastnosti a zkoušení

jsou uvedeny v ČSN 732430:1989. NRTN požaduje rychlý nárůst počátečních pevností nastříkaného betonu takto: za 2 h 0,25 - 2 MPa, za 6 h 0,5 - 5 MPa, za 12 h 1 - 7,5 MPa a požadovaná 28 denní pevnost.

Kvalita nastříkané vrstvy se posuzuje především podle pevnosti v počátečním stadiu tvrdnutí a k tomu účelu se používají tři zkušební postupy:

■ Vytrhování zabetonovaného trnu (Kaindl-Meyco). Pevnost v tlaku vyvrátaného jádra je trojnásobkem smykové pevnosti zjištěné vytržením trnu při variačním koeficientu 20 %.



■ Penetrace jehlou (Kusterle-Meiko). Síla potřebná k zatlačení jehly je v korelační závislosti na pevnosti betonu v tlaku, avšak je třeba stanovit kalibrační křivku.

■ Vstřelování hřebu (Hilti). Závislost poměru síly působící na hřeb k hloubce proniknutí hřebu je velmi těsná na pevnosti betonu v tlaku.

8.5. POTĚRY A BETONOVÉ PODLAHY

Potěry

jsou betonové plochy v budovách prováděné jako podkladní (vyrovnání povrchu, řešení spádu, vrstva pod nebo nad izolací) a povrchové (podlahy, vyžadující odolnost proti ohrusu). Podkladní betony mohou být jednovrstvé tloušťky 25 - 70 mm s požadovanou pevností v tahu ohybem 1,5 - 4,5 MPa (cca tř. betonu B 10 - B 40) nebo jako plovoucí potěry na dělicích, uzavíracích nebo těsnicích vrstvách tloušťky 35 mm (na měkké izolaci až 40 mm) s pevností v tahu ohybem 2,5 - 3,5 MPa (cca tř. betonu B 20 - B 35). Čím nižší dynamická tuhost izolace, tím vyšší požadavek na pevnost v tahu ohybem. Potěry pro užitkové a ohrusné vrstvy mají tloušťku 35 - 40 mm, pevnost v tahu ohybem 2,5 - 4,5 MPa (cca tř. betonu B 20 - B 40).

Složení betonu se volí podle požadovaných vlastností. Pro ohrusné vrstvy je nutná znalost ohrusu kameniva v cm^3 na 50 cm^2 plochy (cementový kámen 17 - 25, křemen 9 - 10, korund 1 - 3 cm^3 na 50 cm^2). Podkladní beton by neměl mít větší nerovnost než 5 mm.m⁻¹.

Kvalita potěrových vrstev je značně závislá na míře zhuštění betonu, proto se někdy používá **vakuování ploch**. Tím se zvýší tvrdost povrchu a sníží smrštění (snížení obsahu vody o 10 - 20 %, doba vakuování 1 - 2 minuty na každých 10 mm tloušťky odsávané desky). Potěry vyžadují delší dobu ošetřování, t.j. udržení ve vlhkém stavu nejméně 7 dnů (v nepříznivých klimatických podmínkách potěr za 8 hodin zcela vyschne). Při nedostatečném ošetření může dojít k deformaci potěrové vrstvy - zvednutí na okrajích a v rozích.



8.6. ZHUTŇOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Zhutňování vibrací

Na čerstvý beton se působí kmitavými pohyby, čímž se uvedou jednotlivé částice do vzájemného pohybu a tak dochází k lepšímu uspořádání zrn kameniva a cementu a vzniká hutnější struktura betonu.

Uložení vibrátoru

Rozlišuje se vibrace přímá (vibrátor je ve styku s čerstvým betonem) - ponorná nebo povrchová, vibrace nepřímá (na čerstvý beton působí kmitání formy nebo bednění) - příložený vibrátor nebo vibrační stůl, příp. podložka.

Používané způsoby hutnění betonu v závislosti na konzistenci betonu:

- dusání - tuhá (C 1),
- povrchová vibrace - málo měkká (C 1 - C 2),
- vnitřní ponorná vibrace - měkká (C 2),
- příložená vibrace na bednění - velmi měkká až měkká (C 2 - C 3),
- propichování - velmi měkká (S 4, F 4).

Ponorná vibrace

- průměr hrušky vibrátoru 30 - 100 mm,
- vzdálenost sousedních vpichů vibrátoru nesmí přesáhnout 1,4 násobku viditelného poloměru účinnosti vibrátoru,
- rychlost ponořování a vytahování 5 - 8 cm.s⁻¹,
- ukládaná vrstva čerstvého betonu 300 - 500 mm, ponoření vibrátoru do předchozí, již zhutněné vrstvy do cca 100 - 150 mm,
- nejmenší vzdálenost mezi vibrátorem a bedněním cca 200 mm, příliš tuhá konzistence betonu způsobí, že otvory po vytažení vibrátoru se nezacelí,
- příliš měkká konzistence betonu umožní rozmísení čerstvého betonu a při velmi dlouhé době může docházet k nasávání vzduchu do směsi,
- lze dosáhnout zhutnění do 3 % obsahu vzduchu v betonu.

Povrchová vibrace

- vibrační lištou na povrchu betonu,

- použití pro plastické a málo měkké betony (konzistence cca S 1 - S 2),
- obvyklá frekvence 50 - 100 Hz, směrodatné zrychlení 2 - 10 g,
- doba hutnění záleží na chování betonu, obvykle cca 60 s při 50 Hz nebo cca 30 s při 100 Hz,
- posun vibrátoru cca 0,5 - 5 m.s⁻¹.

Příložná horizontální vibrace

- vibrátor a bednění nebo forma tvoří jeden celek,
- vyžaduje dostatečnou tuhost bednění,
- použití pro málo měkké betony (cca konzistence S 2 - S 3),
- obvyklá frekvence 50 - 150 Hz, zrychlení na naplněné formě cca 2 - 3 g,
- účinnost podle tuhosti formy do hloubky cca 300 mm,
- rozmístění vibrátorů po formě ve vzdálenosti cca 1,5 - 2,5 m od sebe,
- maximální doba hutnění cca 5 minut.

Vertikální spodní vibrace

- použití pro tuhé až málo měkké betony (cca konzistence C 1, S 1 - S 2),
- ve výrobě dílců hutnění na podložkách,
- usměrněná vibrace frekvence 25 - 250 Hz a zrychlení 2 - 4 g na naplněné formě,
- doba hutnění podle konstrukce formy a podložky a konzistence betonu cca 10 - 100 s.

Propichování

- pro měkký až tekutý beton (cca konzistence S 3 - S 5),
- tyče o průměru 15 - 25 mm po dlouhé dráze.

Dusání

- pro tuhý nebo zavlhlý beton (cca konzistence C 1, S 1),
- max. tloušťka ukládané vrstvy cca 100 - 150 mm,
- doba dusání podle chování směsi cca 2 min.,
- vyžaduje krytí výztuže min. 50 mm.

8.7. ODFORMOVACÍ A ČISTICÍ PŘÍPRAVKY

Separální přípravky (odbedňovací, odpofmovací) zajišťují dokonalé oddělení betonu od formy nebo bednění a ovlivňují kvalitu povrchu betonu.

Vhodnost použití separačních přípravků

separační přípravek	materiál formy nebo bednění				
	dřevo			ocel	plasty
	řezané	hoblované	překlíčka		
vodní emulze	vhodné, ale nesmí zmrznout			omezeně	omezeně
minerální a syntetické oleje	vhodné			vhodné s inhibitory	vhodné
vosky a pasty	nevhodné	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné

Odformovací přípravky ADDIMENT

ADDIMENT TR 1 - univerzální odformovací prostředek neohrožující vodu a půdu, vyrobený na bázi parafinového oleje. Působí konzervačně na dřevo a antikorozivně na ocel a tím podporuje samočisticí efekt bednění. Vydátnost 1 kg přípravku: asi 70 m² ocelového nebo plastového bednění, asi 60 m² dřevěného bednění s povrchovou úpravou a asi 30 m² neupraveného dřevěného bednění.

ADDIMENT TR 15 - je hotový, rozpouštědlový odformovací prostředek s chemicko-fyzikálním působením na bázi parafinového oleje. ADDIMENT TR 15 umožňuje dosažení velmi kvalitních pohledových ploch. Svým složením působí konzervačně na dřevo a protikorozivně na ocel a tím podporuje samočisticí efekt bednění. Nepůsobí nepříznivě na pokožku a při odborné manipulaci značně snižuje nebezpečí znečištění půdy a povrchových vod.

ADDIMENT TR 22 - rostlinný odformovací prostředek s výrazným potlačením pórů v betonu. Chrání ocelová bednění před korozí a prodlužuje životnost



dřevěných bednění. Potlačuje výskyt pórů na povrchu betonu. Je určen pro málo nasákavá a nenásákavá bednění a formy. Vydatnost 1 kg: asi 100 m² ocelového nebo plastového bednění, asi 90 m² překližky s povrchovou úpravou. Po nanesení přípravku je třeba dodržet dobu pro odpaření rozpouštědla.

ADDIMENT TR 41 - účinný odformovací prostředek potlačující póry, vyrobený na bázi speciálních syntetických olejů. Používá se pro dřevěná, ocelová i plastová bednění a zůstává stabilní a bez zápachu až do teploty 80 °C. Vydatnost 1 kg: asi 85 m² ocelová nebo plastová bednění, asi 75 m² dřevěné bednění s povrchovou úpravou, asi 35 m² neupravené dřevěné bednění. Nesmí se ředit. Po nanesení přípravku ihned betonovat. Nehoblované dřevěné bednění před prvním použitím penetrovat nátěrem TR 41.

ADDIMENT TR 5 - je pasta, použitelná pro všechna nenásákavá bednění a velmi vhodná pro pohledový beton k dosažení velmi kvalitní plochy. Nanáší se v tenké, ale souvislé vrstvě měkkým hadrem nebo houbou, přebytečný vosk se setře gumovou stěrkou. 1 kg ADDIMENTU TR 5 postačí na 20 až 50 m² plochy bednění. Obsahuje technický benzín a je proto hořlavý.

Nanášení separačních prostředků ADDIMENT se provádí **vysokotlakým postřikovačem ADDIMENT PLUS 3560** s pracovním přetlakem až 600 kPa (6 barů) s různými výměnnými tryskami, nejčastěji s plochou nebo kruhovou tryskou o průměru 1,5 mm.

Odformovací přípravky obsahují látky rozpouštějící tuky, proto jsou zpravidla klasifikovány jako zdraví škodlivé. Některé typy obsahují i rozpouštědla, a jsou proto hořlavé. Při používání je nutno dbát pokynů uvedených v technických návodech a bezpečnostních listech výrobků.

Čistící přípravky ADDIMENT

Pro čištění a údržbu stavebních strojů se používá **ADDIMET odstraňovač betonu BL**. Rozpouští cementové a betonové krusty a na kovovém povrchu



vytvoří film, který po určitou dobu působí jako antikorozivní ochrana a omezuje tvorbu nové vrstvy. Nanáší se natíráním nebo stříkáním neředěný nebo ředěný v poměru 1 : 1 až 1 : 5. Pozor! Obsahuje kyselinu a způsobuje poleptání, proto jsou nutné osobní ochranné pomůcky.

9. TVRDNUTÍ BETONU

- 9.1. Tvrdnutí betonu
- 9.2. Betonování v zimě
- 9.3. Ošetřování betonu
- 9.4. Odbedňování a odformování

9.1. TVRDNUTÍ BETONU

V technologické praxi rozlišujeme tři rozdílné rychlosti nárůstu počátečních pevností betonu:

1. normové podmínky tvrdnutí betonu při 20 ± 2 °C, relativní vlhkosti > 90 % nebo uložení ve vodě,
2. zpomalené tvrdnutí s použitím retardačních přísad nebo tvrdnutí při nižší teplotě než 15 °C,
3. urychlené tvrdnutí betonu (označované UTB), které lze docílit některým opatřením:
 - zvýšenou teplotou betonu
 - chemickými přísadami - urychlovači tvrdnutí,
 - použitím cementu s označením R,
 - složením betonu a jeho zpracováním (nízký vodní součinitel, tuhá konzistence),
 - aktivací, buď aktivačním mletím cementové suspenze, nebo revibrací ztuhlého betonu.

Doporučená složení betonu pro vývoj pevnosti betonu

vývoj pevnosti	vodní součinitel	druh cementu
rychlý	< 0,5	42,5 R; 52,5 N, R
střední	0,5 - 0,6	42,5 R
	< 0,5	32,5 R; 42,5
pomalý, velmi pomalý	vše ostatní	ostatní

Pro stanovení doby ošetřování betonu může být uvedena informace o průběhu nárůstu pevnosti betonu buď údaji podle tabulky 12 ČSN EN 206-1, nebo křivkou průběhu nárůstu pevnosti při 20 °C v době mezi 2 dny a 28 dny.

Průběh nárůstu pevnosti betonu při 20 °C

průběh nárůstu pevnosti	předpokládaný pevnostní součinitel $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
rychlý	$\geq 0,5$
střední	$\geq 0,3$ až $< 0,5$
pomalý	$\geq 0,15$ až $< 0,3$
velmi pomalý	$< 0,15$

Pevnostní součinitel, který vyjadřuje průběh nárůstu pevnosti, je poměr průměrné pevnosti v tlaku po 2 dnech ($f_{cm,2}$) k průměrné pevnosti v tlaku po 28 dnech ($f_{cm,28}$). Stanoví se při průkazných zkouškách nebo je založen na známých vlastnostech betonu srovnatelného složení. Pro tyto průkazní zkoušky pro stanovení pevnosti musí být zkušební tělesa odebrána, vyrobena, ošetřována a zkoušena podle EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2 a prEN 12390-3:1999.

Vyšší teploty při tvrdnutí betonu používáme k urychlování tvrdnutí betonu (UTB), zejména při výrobě dílců a betonového zboží. Za vyšší teploty se považují teploty nad 30 °C. Vyšší teplota urychluje hydrataci cementu a ovlivňuje pórovitou strukturu cementového kamene, která je způsobena obsahem vody a vzduchu. Voda a vzduch se zvyšováním teploty rozdílně roztahují a tak vzniká různé napětí, které může být příčinou vzniku trhlinek. V teplotním poli pórovitého prostředí migruje vlhkost a nerovnoměrné rozdělení vody vede k rozdílným stupňům hydratace na povrchu částic cementu. Celý proces ohřívání a ochlazování betonu je doprovázen teplotní roztažností, která při rozdílných součinitelích teplotní roztažnosti složek betonu ovlivňuje výsledné pevnosti betonu.

Režim proteplování betonu

Vlastnosti proteplování betonu jsou ovlivněny částečným porušením struktury. Většinou dochází ke snížení pevnosti proti betonu tvrdnoucímu

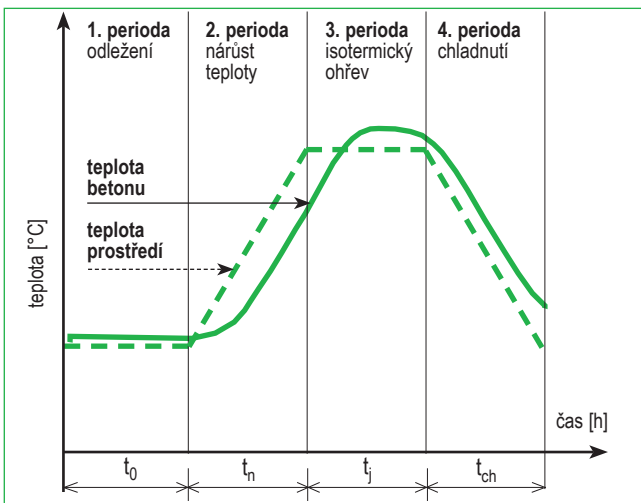
v normálních podmínkách. Snížení pevnosti se výrazněji projevuje u pevnosti v tahu, než u pevnosti v tlaku a zejména při rychlých změnách teploty (více jak $20\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$) a vyšších teplotách proteplování (nad $80\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Normový režim proteplování platí pro betony umístěné v jakémkoli prostředí, kromě suchého prostředí:

- teplota do 3 hodin od zamíchání nesmí překročit $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- teplota do 4 hodin nemá překročit $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- maximální teplota prohřevu nesmí překročit $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- dovolený nárůst teploty je maximálně $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ za hodinu,
- dovolený pokles teploty při chladnutí nejvýše rychlostí $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ za hodinu.

Režim proteplování je předepsaná a vyzkoušená závislost regulované teploty betonu (většinou však prostředí) v čase. Rozděluje se do čtyř period, které jsou definovány teplotou $T\text{ }[^{\circ}\text{C}]$ a dobou $t\text{ [h]}$:

Režim proteplování betonu



Betonování v horkém letním počasí

Při vyšších letních teplotách dochází k rychlejšímu tuhnutí a tvrdnutí betonu, k intenzivnějšímu odpařování vody z povrchu betonu a mohou vznikat v betonu trhlinky. Doba zpracování betonu se výrazně zkracuje.

Doporučená doba zpracování betonu při vyšších teplotách v minutách

konzistence	velmi tuhá C 1	tuhá až měkká S 2 - S 3	tekutá S 4 - F 4
teplota [°C] 20	35	50	35
30	30	40	30
45	25	30	25
60	20	25	20

Při betonování se uplatňují následující opatření, buď jednotlivě nebo ve vzájemném spojení, s cílem, že teplota betonu nemá překročit teplotu + 30 °C:

- omezit působení přímých slunečních paprsků na kamenivo, strojní zařízení a beton,
- dávkovat do míchačky studené kamenivo (uložené ve stínu) a vodu,
- používat cementy s nízkým hydratačním teplem (např. CEM III),
- používat zpomalovací přísady (VZ),
- v mimořádných situacích raději betonovat v noci.

9.2. BETONOVÁNÍ V ZIMĚ

Z hlediska klimatu rozlišujeme počasí se silnými mrazy (< -10 °C) a dlouhým mrazivým obdobím a počasí s mírnými, krátce trvajících mrazy (0° až - 10 °C). V prvním případě je nutno vedle aktivní ochrany provádět ještě intenzivní pasivní ochranu betonové konstrukce, anebo pokud je to možné, betonáž neprovádět. V druhém případě postačují aktivní metody ochrany a ochránit beton před ztrátami hydratačního tepla.

Příčiny problémů zimního betonování

1. Zpomalený vývoj pevnosti betonu. Hydratace se výrazně zpomaluje při teplotě nižší než +5 °C a při teplotách pod 0 °C se téměř zastavuje.

Vývoj pevnosti betonu v % normové 28 denní pevnosti

pevnostní třída cementu	venkovní teplota +20 °C			venkovní teplota +5 °C		
	3 d	7 d	28 d	3 d	7 d	28 d
22,5	30-50	45-65	100	10-15	20-40	70-80
32,5 (N, R)	45-60	55-70	100	20-45	35-60	80-85
42,5 (N, R)	55-65	70-80	100	40-50	50-65	85-95

2. Tvorba ledu ve struktuře betonu.

Objem vody přechodem do tuhého skupenství se zvětšuje o 9 %. Beton je třeba v ranném stadiu tvrdnutí chránit do té doby, než dosáhne minimální pevnosti. Tuto minimální pevnost nazýváme **zmrazovací pevností R_z** a její velikost uvádí ČSN P ENV 13670-1 hodnotou nejméně 5 MPa, stejně jako bývalá ČSN P ENV 206. Dříve platná ČSN 73 2400 uváděla meze od 4 do 8 MPa. Tato minimální pevnost R_z je nedostačující pro vícenásobné zmrazování a rozmrazování. Pro odolnost betonu proti 25 zmrazovacím cyklům je potřeba minimální pevnosti v tlaku 12 - 15 MPa (pro předpjatý beton min. 20 MPa).

Vliv záporných teplot na kvalitu betonové konstrukce lze rozdělit na tři časová období:

■ $R_B \geq 0,1$ MPa. Hydratace prakticky ještě nezačala a při teplotách pod bodem mrazu hydratace ustává. Zvýší-li se později teplota nad +5 °C, hydratace nerušeně pokračuje a prakticky nedojde k porušení struktury a snížení konečných pevností.

■ $R_z (= 5 \text{ MPa}) > R_B > 0,1$ MPa. Působením záporných teplot a vytvořením ledu ve struktuře betonu dojde k destrukci, poruší se struktura cementového kamene, vzniknou trhlinky a betonová konstrukce je znehodnocena, nedosáhne požadovaných pevností ani v budoucnu.

■ $R_z < R_B < R_{\min} (= 12 - 15 \text{ MPa})$. Tvrdnoucí beton může i jedenkrát zmrznout bez výraznějšího porušení struktury nebo snížení konečných pevností. Beton

v tomto stadiu nárůstu pevnosti však není odolný k několika zmrazovacím cyklům.

3. Sníh a led v bednění a na výztuži. Před betonáží je nutné velmi pečlivě odstranit případný do bednění napadlý sníh a led, nejlépe vysušením horkým vzduchem (méně vhodná je pára). Ocelovou výztuž (pruty $\geq \varnothing 25$ mm a zámečnické vložky) rovněž očistit od ledu a zahřát ji na teplotu alespoň 0 °C. V žádném případě nebetonovat na zmrzlou a zledovatělou pracovní spáru.

4. Teplotní difference v průřezu konstrukce. Velmi účinnou ochranou betonu před zmrznutím je využívání hydratačního tepla cementu. Nebezpečným obdobím je odbedňování a zkušenostmi je prokázáno, že rozdíl teplot mezi středem konstrukce a vnějším povrchem nemá překročit 15 °C, jinak dojde ke vzniku poruch.

Složení betonu

Doporučení pro betonáž v zimě:

- zvýšit obsah cementu, použít cement CEM I vyšší pevnostní třídy (42,5 R, 52,5 R),
- snížit vodní součinitel použitím plastifikátorů,
- použít přísad urychlujících tvrdnutí betonu,
- udržet teplotu čerstvého betonu při ukládání min. +5 °C (do teploty prostředí -3 °C) až +10 °C (při teplotách pod -3 °C),
- udržet teplotu betonu po uložení na cca +5 °C po dobu min. 72 hod.,
- u transportbetonu dodržet teplotu čerstvého betonu v okamžiku dodávky na stavbu nejméně + 5 °C až 10 °C (podle ČSN 73 2400),
- chránit beton před mrazem až do dosažení zmrazovací pevnosti R_{Zt} .

Tepelná izolace bednění

Tímto opatřením se snižuje rychlost ochlazování čerstvého betonu, který má určitou teplotu a cement obsažený v betonu vyvíjí hydratační teplo. Tepelnou izolaci je třeba navrhnout s ohledem na dobu ochrany betonu, než dosáhne potřebné zmrazovací pevnosti R_{Zt} , s ohledem na venkovní teploty a dobu působení mrazu, s ohledem na množství vyvinutého hydratačního tepla a vzhledem k rozměrům konstrukce (poměr objemu k povrchu).

Ohřev betonu v bednění

Zahřívání betonu lze provádět vnitřkem konstrukce přímými nebo nepřímými metodami a podobně i vně betonové konstrukce přímo či nepřímo.

9.3. OŠETŘOVÁNÍ BETONU

Cílem ošetřování betonu je dosažení co největší pevnosti betonu, využitím hydratace cementu a nerušené tvorby struktury cementového kamene. Je nutno omezit nežádoucí tahová nebo tlaková napětí ve struktuře betonu, která mohou vzniknout rychlým vysušením povrchu betonu nebo jeho zmraznutím. Zhoršení kvality konstrukce může nastat také předčasným odbedněním nebo odformováním. Ošetřování a ochrana povrchu betonu začíná co nejdříve po vytvarování a zhutnění betonu.

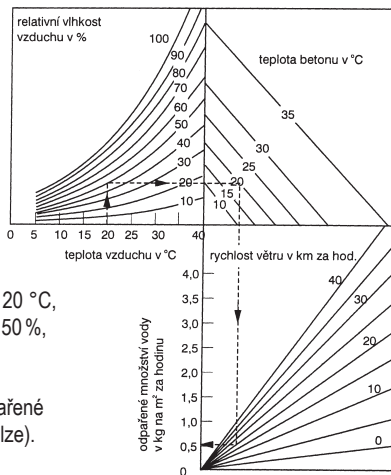
Vlhké ošetřování zajišťuje dostatečnou hydrataci cementu na povrchu betonu. Vysušení povrchu snižuje pevnost betonu, způsobuje smršťovací trhlinky, vznikají deformace, které snižují trvanlivost betonu. Povrch betonu musí být udržován vlhký nebo se musí zamezit odpařování vody z jeho povrchu.

Ochrana se provádí metodami:

- ponecháním betonu v bednění delší dobu, zvláště v horkém počasí,
- pravidelným mlžením vodou v krátkých intervalech,
- překrytím povrchu betonu foliemi nebo vlhkými tkaninami,
- nástřikem parotěsnou látkou (většinou emulze na bázi parafinů), která vytvoří ochranný film zamezující odpařování vody; film se po několika týdnech rozpadne vlivem UV záření (např. ADDIMENT NB 1).

Množství odpařené vody z povrchu betonu závisí na povětrnostních podmínkách: teplotě a relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru. Množství odpařené vody lze odečíst z nomogramu.

Odpařování vody z povrchu betonu v závislosti na počasí



Příklad: teplota vzduchu 20 °C,
relativní vlhkost vzduchu 50 %,
teplota betonu 20 °C,
rychlost větru 20 km.h⁻¹
a potom je množství odpařené
vody 0,6 kg.m⁻².h⁻¹ (Schulze).

Pro betony do stupně vlivu prostředí SVP X0 a XC1 požaduje ČSN P ENV 13670-1 minimální dobu ošetřování při teplotě povrchu betonu vyšší než +5 °C v délce 12 hodin.

Pro SVP jiné než X0 a XC1 pak předepisuje takovou dobu ošetřování dokud pevnost betonu povrchové vrstvy nedosáhne 50 % stanovené pevnosti v tlaku. Je možno se řídit i podle hodnot předepsaných v tabulce E.1 v příloze této normy.

Nejkratší doba ošetřování betonu pro SVP jiné než X0 a XC1 (ČSN P ENV 13670-1)

Teplota povrchu betonu (t) v °C	Nejkratší doba ošetřování ve dnech ^{1) 2)} Vývoj pevnosti betonu (f_{cm2}/f_{cm28}) ⁴⁾			
	rychlý $r \geq 0,50$	střední $r = 0,30$	pomalý $r = 0,15$	velmi pomalý $r < 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	2,0	3,0
$25 > t \geq 15$	1,0	2,0	3,0	5
$15 > t \geq 10$	2,0	4,0	7	10
$10 > t \geq 5^{3)}$	3,0	6	10	15

1) Plus doba tuhnutí přesahující 5 hodin.

2) Mezi hodnotami lze interpolovat.

3) Pro teploty nižší než +5 °C se může doba prodloužit o dobu trvání teploty nižší než +5 °C.

4) Charakteristika vývoje pevnosti betonu podle ČSN EN 206-1.

Praktické rady pro ošetřování betonu podle povětrnostních podmínek:

1. Běžné počasí s teplotou 20 ± 5 °C, rel. vlhkostí nad 50 %, střední sluneční svit nebo střední vítr. Po dobu tuhnutí asi 12 až 24 hodin, ale minimálně 6 hodin, zakrýt povrch betonu vodozadržující textilní matrací nebo slaměnou rohoží. Při tvrdnutí betonu udržovat povrch vlhký nejméně 3 dny nebo nastříkat parotěsnou látku.

2. Horké počasí s teplotami nad 25 °C, relativní vlhkostí do 50 %, s intenzivním slunečním svitem nebo větrným počasím. Po dobu tuhnutí stejně jako v 1. případě. Při tvrdnutí betonu udržovat povrch betonu stále vlhký nebo zakrýt foliemi, lze také nasypat na povrch 5 cm vrstvu vlhkého písku. Doba ošetřování nejméně 4 - 7 dnů, desky až 14 dnů včetně, 10 dnů je postříkávat mlhovinou vody.

3. Studené a vlhké počasí s teplotami kolem 15 °C, vysokou relativní vlhkostí vzduchu ($\varphi > 0,8$), slunce nesvítlí a je většinou bezvětrí. Po dobu tuhnutí a tvrdnutí betonu po dobu nejméně 3 dnů zakrýt povrch plastovými foliemi nebo světlým, nepropustným papírem. Další možností je nástřik povrchu parotěsnou látkou.

4. Mrazivé počasí s teplotami +5 až -5 °C. Doba ošetřování minimálně týden (9.3.).

Minimální doba tvrdnutí betonu pro dosažení pevnosti v tlaku 5 MPa

pevnostní třída cementu	vodní součinitel	doba tvrdnutí ve dnech při tepl. betonu [°C]	
		+ 5 °C	+ 20 °C
52,5 R; 42,5 R	0,4	0,5	0,25
52,5 N	0,6	0,8	0,5
32,5 R	0,4	1	0,5
42,5 N	0,6	2	1
32,5 N	0,4	2	1
	0,6	5	2

9.4. ODBEDŇOVÁNÍ A ODFORMOVÁNÍ

Odbedňování monolitických konstrukcí

Betonovou konstrukci lze odbednit, když dosáhla potřebné pevnosti k přenesení bez deformací předpokládaného maximálního zatížení.

Podle náročnosti betonové konstrukce rozlišujeme:

- odbednění bez průkazu pevnosti betonu (základové konstrukce, boční díly bednění nezátěžované konstrukce apod.),
- odbednění s průkazem pevnosti betonu (bednění průvlaků, desek, stropů)
- odbedňování v zimních podmínkách.

Předčasným odbedněním se zvyšuje dotvarování konstrukce, dochází k poškozování hran a rohů. Minimální pevnost betonu, aniž by došlo k poškozování hran konstrukce, je 3 MPa (u dřevěného bednění min. 5 MPa). Doba odbedňování ovlivňuje ekonomii využití systémového bednění, ale na druhé straně brzké odbednění může znehodnotit celou konstrukci. Doporučuje se odbedňovat podhledové bednění desek po dosažení 60 - 70 % návrhové pevnosti betonu a sloupů, stěny lze odbednit již při poloviční hodnotě charakteristické pevnosti dané třídy betonu.

Orientační doba odbedňování konstrukce ve dnech při teplotách nad +5 °C

pevnostní třída cementu	32,5 N	32,5 R 42,5 N	42,5 R 52,5 N
boční bednění, sloupy, stěny	3	2	1
stropy o rozpětí			
■ do 4,5 m	8	4	3
■ nad 4,5 m	21	8	6

Odformování dílců

Ve výrobních dílců je potřeba z ekonomických důvodů v krátkém čase po vyrobení s dílci manipulovat a expedovat je. Manipulační pevnost R_M je pevnost betonu, jakou má dílec, s kterým lze bez poškození manipulovat (bez formy a podložky) a dílec lze vyvést na venkovní skládku. Expediční pevnost R_E je pevnost betonu umožňující vyvážku dílce ze skládky závodu na staveniště.

Doporučené manipulační pevnosti dílců:

Otevření bočnice 1 - 3 MPa, přemísťování hmotnějších dílců 7 - 9 MPa, přeprava tenkostěnných dílců 9 - 11 MPa, odformování z vertikální baterie (dílece jsou stále ve vertikální poloze) 8 MPa. Expediční pevnost je 0,8 · R_B a montáž dílců na stavbě lze provádět, dosáhne-li pevnost betonu 75 až 90 % charakteristické pevnosti.

Provozní zkušenosti s odformováním dílců:

- odformování dílců neprovádět při teplotách okolí pod +5 °C, pokud jejich teplota neklesla na 30 - 40 °C,
- odformované dílce ponechat na vnitřních skládkách do té doby, pokud nedosáhly alespoň 2/3 normové pevnosti, na skládce je ošetřovat kropením vodou nejvýše o 20 °C teplejší, než je teplota dílce,
- dobu pobytu dílce na vnitřní skládce určit individuálně podle ročního období, může být 4 h, ale také až 2 dny.

10. VLASTNOSTI BETONU

- 10.1. Normy na zkoušení betonu
- 10.2. Pevnost betonu
- 10.3. Zkoušení pevnosti betonu
- 10.4. Deformace betonu
- 10.5. Vodotěsnost betonu
- 10.6. Trvanlivost betonu

10.1. NORMY NA ZKOUŠENÍ BETONU

ČSN EN 12350-1

Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

ČSN EN 12350-2

Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutí

ČSN EN 12350-3

Zkoušení čerstvého betonu - Část 3: Zkouška VeBe

ČSN EN 12350-4

Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti

ČSN EN 12350-5

Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitem

ČSN EN 12350-6

Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost

ČSN EN 12350-7

Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody

ČSN EN 12390-1

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy

ČSN EN 12390-2

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti

ČSN EN 12390-3

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

EN 12390-4

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 4: Pevnost v tlaku - Požadavky na zkušební lisy

9

10

EN 12390-5

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

ČSN EN 12390-6

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 6: Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

ČSN EN 12390-7

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

EN 12390-8

Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou

EN 12504-1

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

EN 12504-2

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

prEN 12504-3

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 3: Stanovení síly na vytržení

prEN 12504-4

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 4: Stanovení rychlostí šíření ultrazvukového impulsu

prEN 13791:1999

Posouzení pevnosti v tlaku betonu v konstrukcích nebo konstrukčních prvcích

Zkušební postup dle ČSN 73 1321 (neplatná), kapitoly 1, 2, 3

Zkouška vodotěsnosti (platí pro betony dle TN SVB ČR 01-2004)

ČSN EN 12504-1

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

ČSN EN 12504-2

Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

ISO 6784

Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku

ČSN 73 1330

Urychlené zkoušky krychelné pevnosti betonu

ČSN 73 1372

Rezonanční metoda stanovení dynamického modulu pružnosti

ČSN 73 1327

Stanovení sorpčních vlastností betonu

ČSN 73 1322

Stanovení mrazuvzdornosti betonu

ČSN 73 1320

Stanovení objemových změn betonu

ČSN 73 1325

Stanovení mrazuvzdornosti betonu zkrácenými zkouškami

ČSN 73 1326 Změna Z1

Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích prostředků

ČSN 73 1340

Zkoušení korozivní odolnosti betonu

10.2. PEVNOST BETONU

Beton vzdoruje rozdílnou měrou všem druhům napětí, která v betonové konstrukci vznikají. Beton je křehká látka, která vzdoruje napětím v tahu a ve smyku podstatně méně než pevnosti v tlaku.

Rozlišujeme:

- pevnost v tlaku (prostém R_B , v sevřeném stavu, v soustředěném),
- pevnost v tahu (prostém R_T , ohybem R_{TO} , příčném R_{PT}),
- pevnost ve smyku (stříhu R_τ , propichování) a v kroucení.

Vzájemné vztahy mezi druhy pevností betonu mají empirický charakter a vyplývají z regresní analýzy mnoha výsledků:

- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| ■ pevnost v tlaku | $R_B = (5 \div 8) \cdot R_{TO}$ | [N/mm ²] |
| | $R_B = (10 \div 13) \cdot R_\tau$ | [N/mm ²] |
| ■ pevnost v prostém tahu | $R_T \cong 0,232 \cdot R_B^{2/3}$ | [N/mm ²] |
| | $R_T = 0,8 \cdot R_\tau$ | [N/mm ²] |
| ■ pevnost v příčném tahu | $R_{PT} \cong 0,255 \cdot R_B^{2/3}$ | [N/mm ²] |

- pevnost v tahu ohybem $R_{TO} \cong 0,371 \cdot R_B^{2/3}$ [N/mm²]
 $R_{TO} = 2 \cdot R_T = 1,7 \cdot R_c$ [N/mm²]
- pevnost ve smyku $R_c \cong 0,38 \cdot R_B$ [N/mm²]

R_B - pevnost betonu v tlaku [N/mm²] na krychlích o hraně 150 mm; v ČSN EN 206-1 značená jako $f_{c,cube}$

Poměr pevnosti v tahu i v tahu ohybem k pevnosti v tlaku se u vyšší pevnosti betonu snižuje, podobně se tento poměr snižuje i stářím betonu.

Poměry pevnosti v tlaku R_B k pevnosti v tahu ohybem R_{TO}

pevnost betonu v tlaku R_b [N/mm ²]	poměr pevností betonu R_B / R_{TO}	
	s těžným kamenivem	s drceným kamenivem
10	5,0	4,0
20	5,9	4,7
30	6,8	5,4
40	7,5	6,0
50	8,3	6,8
60	9,0	7,5

Technologické ovlivňování pevnosti betonu

Pevnost betonu prakticky určuje kvalita cementového kamene (zejména vodní součinitel) a podíl cementového kamene a pevnost (soudržnost) rozhraní vnitřního povrchu betonu (povrchu kameniva). Čím vyšší vodní součinitel, tím lze očekávat nižší pevnost betonu. Množství cementového kamene má být takové, aby zaplnilo mezery mezi zrny kameniva a obalilo povrch zrn kameniva tenkou vrstvou. Nadbytek cementového tmele v (poměr objemu cementového tmele k mezerovitosti kameniva) má být minimálně 1,05 a maximálně 1,3 až 1,5. Je žádoucí co největší podíl kameniva, takové granulometrie, která vykazuje minimální mezerovitost. Rozhodující je vlhkost a teplota prostředí, ve kterém beton tvrdne.

Vliv stáří betonu ve dnech na jeho pevnost v %

pevnostní třída cementu	3 dny	7 dnů	28 dnů	180 dnů	1 rok
32,5 N, R	45 - 65	60 - 75	100	105 - 125	105 - 130
42,5 a 52,5 N, R	55 - 70	70 - 80	100	105 - 115	105 - 120

Pro cementy CEM I a CEM II za normálních podmínek zrání betonu.

10.3. ZKOUŠENÍ PEVNOSTI BETONU

ČSN EN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy

ČSN EN 12390-2 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti

Normy uvádějí pojmy: dávka (objem betonu, z něhož se požaduje odběr vzorku) a vzorek reprezentující dávku a obvykle sestává nejméně ze tří dílčích vzorků (= množství jednorázově odebraného čerstvého betonu). Objem musí být 1,5 násobkem potřebného množství a nejméně 0,02 m³. Doba mezi odběrem a plněním forem má být co nejkratší.

Používané formy musí být vodotěsné z nenasákavého materiálu a lze použít plnicích nástavců. Formy se plní nejméně ve dvou vrstvách. Zhutnění čerstvého betonu ve formě lze provést třemi způsoby:

- a) vibračním stolem s minimální frekvencí budiče vibrace $f = 40$ Hz, forma musí být přitlačena ke stolu a vibruje se tak dlouho, až se na povrchu betonu objeví tenká, souvislá vrstva cementového tmele. Používá se pro konzistence S 1, S 2, V 0, V 1, V 2, C 0, C 1, C 2.
- b) ponorným vibrátorem s minimální frekvencí $f = 120$ Hz o průměru hrušky vibrátoru maximálně 1/4 nejmenšího rozměru zkušební tělesa, využívá se plnicího nástavce formy. Vibrátor se ponořuje svisle do hloubky asi 20 mm od dna formy. Používá se pro konzistence S 2, V 2, C 2.

- c) ručně, propichovací tyčí o průměru 16 mm, délky asi 600 mm, na jednom konci půlkruhovitě zaoblené. Propichuje se zaobleným koncem do celé hloubky předchozí vrstvy čerstvého betonu vždy jedním vpichem na každých 10 cm². Používá se pro konzistence S 3, S 4, V 3, V 4, C 3.

Betony označované jako samozhutňující se do forem nalévají pouze v jedné vrstvě bez jakéhokoliv následného hutnění.

Ošetřování vzorků je v prostředí s teplotou 20 ± 2 °C (v zemích s tropickým podnebím 25 ± 3 °C) a minimálně 16 hodin a nejvíce 3 dny jsou ponechány ve formě. Pak se uloží do vody nebo do prostředí s relativní vlhkostí vzduchu nad 95 %, stále při požadované teplotě.

Poznámka: beton uložený v prostředí s relativní vlhkostí asi 60 % nikdy nedosáhne potřebné pevnosti, uvádí se jen asi 80 - 90 % proti uložení v normových podmínkách.

Norma definuje jmenovitý rozměr d zkušebních těles s povolenou mezní odchylkou rovinnosti tlačných ploch max. $\pm 0,0005$ d, mezní odchylkou přímosti přímků válců pro zkoušku příčným tahem max. $\pm 0,001$ d, toleranci úhlu mezi dvěma protilehlými plochami ($90 \pm 0,5^\circ$ C). Zatěžovací plochu lze vypočítat ze jmenovitých rozměrů zkušebního tělesa, pokud se skutečný rozměr neliší více jak o 1 %, jinak se vypočítává skutečná plocha ze změřených rozměrů, měřených s přesností na 1 mm. Použitý jmenovitý rozměr tělesa má být nejméně čtyřnásobkem největšího zrna kameniva. Základní rozměry zkušebních těles:

- krychle $d = 150$ mm, pro zkoušení pevnosti v tlaku a v příčném tahu,
 - válece $d = 150$ mm a výšky = 2d, pro zkoušení pevnosti v tlaku, v prostém a v příčném tahu,
 - hranoly $d = 150$ mm a délky = 4d, pro zkoušení pevnosti v tahu ohybem (zlomky lze použít pro pevnost v tlaku a v příčném tahu).
- Ostatní použitelné rozměry: $d = 100, 200, 250, 300$ mm (u hranolů i délka = 5d).

ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

- změření rozměrů zkušební tělesa s přesností 1 mm a případná úprava tělesa. Zkušební těleso musí vyhovovat rozměry ČSN EN 12390-1 (kap.10.3.),
- zatěžování v lise rychlostí od 0,2 - 1,0 MPa/s,
- odečtení maximálního zatížení při porušení tělesa,
- stanovení pevnosti v tlaku s přesností 0,5 N.mm⁻²,
- posouzení způsobu porušení zkušebních těles.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}] \equiv [\text{N/mm}^2]$$

Nedestruktivní zkoušky betonu nejsou náhradními metodami zkoušení pevnosti betonu. Pevnost však může být odhadována, pokud se dostatečně stanoví vztahy mezi pevností a výslednými hodnotami nedestruktivní metody (stupnicí na tvrdoměru, rychlost impulsu ultrazvukové metody). Určování přesných hodnot pevnosti betonu z tvrdosti se nedoporučuje. Odhad pevnosti na základě měření rychlosti impulsu se rovněž nedoporučuje.

ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

Tvrdoměr sestává z ocelového úderného zařízení a pružiny, která vymršťuje ocelový razník proti povrchu betonu. Pružinové kladívko se pohybuje stanovenou a reprodukovatelnou rychlostí. Velikost odrazu razníku se měří na stupnici umístěné v pouzdru tvrdoměru. Každý typ a velikost tvrdoměru se má používat pro druh a pevnostní třídu betonu, pro který je vhodný. Nejběžněji se používá tvrdoměr Schmidt typ N. Hladké povrchy nebo povrchy uhlazené hladítkem se mohou zkoušet bez broušení. Ostatní hrubé, měkké povrchy nebo povrchy s uvolněnou maltou je nutné upravit brusným kamenem.

Zkušební postup:

Před sérií zkoušek a po zkoušení se ověří tvrdoměr na kalibrační kovadlině. Tvrdoměr se přiloží kolmo na povrch betonu, plynule se zvyšuje tlak na razník až do úderu kladívka. Na každé zkušební ploše se provede min. 9 měření, která jsou od sebe vzdálena min. 25 mm a jsou vzdálena od hran min. 25 mm. Zaznamená se poloha a směr působení tvrdoměru pro každou sadu

měření. Ze všech měření se vypočte aritmetický průměr a výsledek se vyjádří jako celé číslo. Jestliže více než 20 % všech čtení se liší od střední hodnoty o více než 6 jednotek, pak celá sada čtení musí být zamítnuta.

Pevnost betonu v konstrukci je nutno stanovit pomocí statistických metod podle platných norem, např. ČSN 73 2011:1986 Nedestruktivní skúšanie betónových konstrukcií.

Zkušnosti:

Suchý nebo zkarbonizovaný beton dává vyšší výsledky tvrdosti, než vlhký beton. Obroušený povrch ukazuje vyšší tvrdost, než povrchy po odstranění dřevěného bednění. Beton s teplotou do 0 °C může vykazovat velmi vysokou pevnost, podobně výsledky může ovlivnit i teplota kladívka (má být 10 °C). Jednotlivá měření se mohou porovnávat jen tehdy, je-li směr úderu stejný a je-li použito stejného kladívka (kladívka stejného typu a velikosti mohou vykazovat různě zjištěné hodnoty tvrdosti).

10.4. DEFORMACE BETONU

Deformace betonu dělíme na reversibilní (vratné) a irreversibilní (plastické, nevratné). Vratnými jsou pružné deformace charakterizované modulem pružnosti, teplotní dilatace a částečně i smrštění betonu, způsobené migrací vlhkosti. Plastickými deformacemi jsou dotvarování betonu, způsobené dlouhodobým zatížením a částečně smrštění, které vyvolává hydratace a karbonatace.

Modul pružnosti

Je jedním ze základních parametrů betonu jako stavebního materiálu z hlediska navrhování a užitnosti konstrukce. Vyjadřuje závislost mezi přetvořením a namáháním materiálu. Pro beton je tato závislost lineární pouze v počátku zatěžování, při vyšších napětích není modul pružnosti konstantní, klesá. Při napětí dosahující cca 30 % zlomového napětí začínají vznikat trhlinky a projevují se trvalé (plastické) deformace.



Stanovení modulu pružnosti betonu se provádí destruktivními (měření přetvoření při daném zatížení) a nedestruktivními (ultrazvukovými, rezonančními) metodami. Přesné pracovní postupy stanovené modulu pružnosti postupy jsou uvedeny v příslušných normách (ČSN, ISO, ČSN P ENV).

Modul pružnosti betonu je ovlivněn mnoha činiteli, např. stářím betonu, uložením betonu, objemem cementového tmele v betonu, modulem pružnosti použitého kameniva, prostředím působícím na beton aj. Pružnější materiály mají nižší modul pružnosti.

Dotvarování betonu (creep)

Dotvarováním betonu rozumíme trvalé změny objemu nebo tvaru betonu způsobené dlouhodobým zatížením.

Technologické ovlivňování dotvarování betonu:

- **Druh cementu.** Portlandské cementy vyšších pevností mají malé dotvarování, směsné cementy vykazují velké dotvarování.
- **Obsah cementu.** Předávkování cementu způsobí větší dotvarování, při stejném vodním součiniteli mají betony s nižším obsahem cementu menší dotvarování.
- **Vodní součinitel** má rozhodující význam pro dotvarování, které vzrůstá s dvojnásobkem vodního součinitele.
- **Druh kameniva.** Dotvarování není ovlivněno vlastnostmi horniny, výhodnější jsou pevné a drcené horniny.
- **Granulometrie kameniva.** Zrnitost v oblasti velmi dobré snižuje dotvarování.
- **Pórovitost.** Čím nižší pórovitost, tím menší dotvarování.
- **Ošetřování betonu.** Nejmenší dotvarování vykazuje beton uložený ve vodě a největší pak uložený v prostředí suchého vzduchu, teplotní změny způsobují zvýšení dotvarování. Tepelné ošetření betonu před jeho zatížením snižuje dotvarování až o 30 %.
- **Stáří betonu při zatížení.** Je jedním z významných parametrů ovlivňujících dotvarování, čím je beton před zatěžováním starší, tím má menší dotvarování.
- **Stupeň zatížení.** Dotvarování je úměrné napětí asi do 40 % pevnosti betonu, vyšší napětí zvyšují dotvarování.
- **Doba zatížení.** Asi za dva roky je dotvarování ukončeno, po této době



se může zvýšit nejvíce o 5 %. Po 28 dnech zatížení se dosáhne asi 1/3 celkového dotvarování.

■ **Druh zatížení.** Tlakové nebo tahové napětí vyvolá zhruba stejné dotvarování při stejném stupni zatížení.

■ **Velikost zkušebního tělesa (konstrukce).** Se zvětšující se velikostí, snižuje se dotvarování.

Smršťování betonu

Je způsobeno migrací vlhkosti v betonu, hydratací cementu a karbonatací betonu. V jeho důsledku dochází ke vzniku trhlinek, kdy se snižují užité vlastnosti nejen materiálu, ale i celé konstrukce. Trhliny se mohou vytvořit při smrštění $> 2 \text{ mm.m}^{-1}$.

Pro omezení smršťování betonu se doporučuje:

- minimalizovat vodní součinitel, s jeho rostoucí hodnotou roste i smrštění betonu, betony s vodním součinitelem $w > 0,60$ vykazují smrštění nad 1 mm.m^{-1} ,
- použít vhodné příměsi,
- použít vlákna (rozptýlenou výztuž) v množství větším než 0,1 % hm. cementového tmelu, která v počáteční fázi tuhnutí a tvrdnutí betonu omezí vznik trhlin v betonu,
- ošetřovat beton dostatečně dlouho, tj. zabránit odpařování vody z povrchu betonu např. vlhčením nebo vytvořením parotěsné zábrany nástřikem prostředku pro ošetření čerstvého betonu ADDIMENT NB 1,
- vyloučit teplotní rozdíly mezi podkladem a vrstvou betonu, nelze-li jinak, provést dilatační spáry ve vzdálenostech 60 m, 20 m nebo 10 m podle rozdílu teplot (20°C , 30°C , 40°C).

10.5. VODOTĚSNOST BETONU

Pro odolnost betonu proti působení tlakové vody jsou rozhodující otevřené kapiláry velikosti větší než 10^{-7} m , kterými prochází voda působením tlakového gradientu. Menší póry (mikropóry) průchod vody neumožňují.



Zkouška na odolnost betonu proti působení tlakové vody je prováděna podle ČSN EN 12390-8 Zkoušení ztvrdlého betonu-Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou

Stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou. Zkouška se provádí na hranolových tělesech s délkou hrany 150 mm (max zrno kameniva do 32 mm), 200 mm, 300 mm nebo vývrtech. Poměr výšky k délce hrany se doporučuje větší než 0,5. Stáří betonu je nejméně 28 dnů. Před zkouškou se stanoví objemová hmotnost betonu. Zkušební vzorek se upne do měřicího zařízení a zatíží tlakem vody. Objeví-li se voda na ploše tělesa, které není vystaveno tlaku vody, skutečnost se zaznamená a uváží se platnost výsledku. Po skončení zkoušky se těleso rozlomí a zaznamená se maximální hodnota průsaku na nejbližší milimetr. Vodotěsnost betonu zvýšíme tím, když snížíme množství makropilár.

Zkouška vodotěsnosti podle ČSN 73 1321

Stanovení vodotěsnosti se provádějí na třech hranolových tělesech s délkou hrany 200 mm, případně na válcích o průměru min. 150 mm, pro předepsaný stupeň vodotěsnosti dle TN SVB ČR 01-2004. Stáří betonu je nejméně 28 dnů. Před zkouškou se stanoví objemová hmotnost betonu. Zkušební tělesa se upnou do měřicího zařízení a zatíží tlakem vody. Objeví-li se voda na ploše tělesa, které není vystaveno tlaku vody, zaznamená se tlak a doba a zkouška se ukončí. Po skončení zkoušky se těleso rozlomí a zaznamená se u každého tělesa průběh průsaku.

Technologicky odolnosti betonu proti tlakové vodě (vodotěsnost) ovlivníme:

- hutností a podílem cementového kamene (nízký vodní součinitel, dokonale zhutnění čerstvého betonu, řádným a dlouhodobým ošetřováním betonu),
- použitím hydrofobních přísad nebo příměsí polymerů,
- impregnací betonu nebo jinou vhodnou povrchovou úpravou.

Vodotěsnost je velmi významná vlastnost betonových trub, které musí být vyráběny s vodním součinitelem $w \leq 0,4$.



Materiálové parametry betonu

beton	objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	vzduchová propustnost ε_m [s]	dífuze vodních par δ [s]	tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
prostý	2100 - 2300	$(1,2 - 1,4) \cdot 10^{-9}$	$0,013 \cdot 10^{-9}$	1,28 - 1,54
železobeton	2300 - 2500	$(1,2 - 1,4) \cdot 10^{-9}$	$0,008 \cdot 10^{-9}$	1,63 - 1,72
keramzitbeton	700 - 1700	$(1,5 - 3,6) \cdot 10^{-4}$	$(0,013-0,025) \cdot 10^{-9}$	0,3 - 1,2
lehký beton	do 1000			0,49
LC	1000 - 1200			0,62
	1200 - 1400			0,79
	1400 - 1600			1,00
	1600 - 1800			1,30
	1800 - 2000			1,60

10.6. TRVANLIVOST BETONU

Trvanlivost je časově omezený, relativní pojem, který závisí na době působení fyzikálních a chemických vlivů. Hovoříme o korozi betonu, čímž rozumíme děje, vedoucí k jeho rozrušování cestou chemických pochodů nebo fyzikálními vlivy.

V betonu nebo na jeho povrchu a povrchu ocelové výztuže vznikají různé závady (lom, trhlinky, deformace, odprýskávání, výkvěty, skvrny a pod.) způsobené korozivními procesy:

- chemickými vlivy (roztoky kyselin a solí, organické sloučeniny, plyny, znečištěné ovzduší, tuhé škodlivé látky),
- fyzikální pochody (teploty pod bodem mrazu, vysoké teploty, mech. ořtř),
- biologické působení organismů (plísňe, mikroorganismy).

Intenzita působení těchto vlivů závisí na vlastnostech betonu a betonové konstrukce (povrchu a pórovitosti cementového kamene) a na agresivitě prostředí (druhu a koncentraci agresivních látek, teplotě a relativní vlhkosti prostředí a na ostatních vlivech působících na rozhraní beton - prostředí).



V betonu se většinou vyskytují trhlinky, které zvyšují rychlost působení agresivního prostředí. Trhlinky vznikají všude tam, kde lokální napětí v mikrostruktuře betonu překročilo pevnost betonu (cementového kamene). Lokální stav napjatosti je vyvolán vnějšími silami (zátížení, teplota) a vnitřními účinky (smršťování, teplotní roztlačnost aj.). Trhlinky o velikosti do 100 μm většinou nesnižují únosnost konstrukce, trhlinky do 50 μm nezhoršují ani vodotěsnost, ale vždy každá trhlina snižuje trvanlivost betonu. Trhlinky vznikají již při tuhnutí betonu a především po jeho zatvrdnutí.

Mrazuvzdornost betonu

Mrazuvzdorností se rozumí schopnost betonu ve vodou nasyceném stavu odolávat opakovanému zmrazování a rozmrazování.

Mrazuvzdornost betonu závisí na několika činitelích:

- **Stáří betonu.** Beton postupně získává stále vyšší mrazuvzdornost, jak se zvyšuje jeho pevnost.
- **Kontakt s vodním prostředím.** Není-li beton nasáklý vodou pak snižování teploty pod bod mrazu se projeví pouze tepelnými dilatacemi. Pokud na beton působí vodní prostředí, beton nasákne vodou a zamrznutí se projeví objemovými změnami skupenství vody v led, tepelnými dilatacemi a působením hydraulického tlaku.
- **Pórovitá struktura cementového kamene** je rozhodujícím kritériem mrazuvzdornosti, zejména distribuce pórů zaplněných vodou. Voda zamrzá snižováním teploty postupně od největších kapilár k nejmenším. Uzavřené póry, vodou nezaplněné, mrazuvzdornost neovlivňují.
- **Koncentrace roztoku,** který je obsažen v pórovité struktuře cementového kamene. Čím je roztok koncentrovanější, tím je bod tání nižší, beton je odolnější.
- **Pevnost betonu** musí odolávat napětí, které vznikne zvětšováním objemu vody, přecházející v led (objemová změna o 9 %). Mac Innis stanovil minimální pevnost betonu odpovídající této kritické objemové změně hodnotou $R_B \geq 33,5 \text{ MPa}$.
- **Provzdušnění betonu** je umělé vytvoření uzavřených vzduchových pórů definované velikosti ($< 300 \mu\text{m}$) s definovaným rozložením v cementovém



kameni. Póry vzniklé provzdušněním, nejsou vodou zaplněny, slouží jako kompenzační prostor pro zvětšování objemu ledu.

■ **Odolnost povrchu betonu proti působení chemickým rozmrazovacím prostředkům**

Vlastnost povrchu betonu odolávat zejména působení agresivních posypových solí používaných v zimním období. Beton je používán zejména v dopravním stavitelství.

* Odolnosti povrchu betonu ovlivňují stejné zásady uvedené u mrazu-vzdorného betonu.

Obrusnost betonu

je závislá především na vlastnostech kameniva a je významná zejména u cementobetonových krytů vozovek nebo u betonové dlažby.

Vlastnosti kameniva z hlediska obrusnosti betonu (beton s pevností v tlaku 52 N.mm⁻¹)

obrusnost betonu [%]	druh a vlastnosti kameniva				
	druh	pevnost [MPa]	ohladitelnost [%]	otlukovost [%]	obrus [%]
3,02	čedič	301	0,45 - 0,53	9 - 30	0,08
3,44	žula	151	0,48 - 0,53	13 - 40	0,10
8,10	křemenec	220	0,49 - 0,51	14 - 30	0,10
5,52	vápenec	80 - 160	0,39 - 0,57	24 - 32	0,53
4,0 - 5,2	pískovec	110 - 132	0,64	34	0,45 - 2,75

Požární odolnost vybraných betonových konstrukcí

Tloušťky konstrukcí v mm

požární odolnost [min.]	15	30	45	60	90	120	180	240
stěna z prostého betonu	80	90	100	110	135	155	200	240
stěna ze železobetonu	50	75	90	100	120	140	170	200
železobetonový strop	-	60	70	80	100	120	150	175
krytí výztuže stropu [mm]	-	10	15	20	30	40	55	65

Chemická koroze betonu

Beton je chemicky napadán kyselými činidly podle jejich koncentrace a skupenství. Podle stupně agresivity prostředí se musí navrhovat i složení betonu, tak jak předepisuje ČSN EN 206-1 (příp. ČSN ENV 206, ČSN 73 2400).

Agresivně působí plyny podle složení a vlhkosti vzduchu, kapaliny (roztoky) a voda obsahující agresivní CO_2 a tuhé látky, které jsou vyluhovány kapalným prostředím.

Korózi betonu lze rozdělit na tři typy:

- **I. typ** - vyluhováním CaO z betonu ve formě Ca(OH)_2 , který vzniká hydratací cementu,
- **II. typ** - chemické látky, obsažené v agresivním prostředí vytvářejí s hydratovanými minerály cementu rozpustné sloučeniny, které jsou z betonu postupně vyluhovány,
- **III. typ** - agresivní činidla tvoří s hydratovanými minerály cementu novotvary se zvětšeným objemem. Jedná se většinou o hygroskopické látky (sloučeniny) přijímající vodu z vlhkého vzduchu a krystalizující a více molekulami vody, čímž zvětšují objem a porušují strukturu betonu.

Obecně je beton napadán řadou látek, které působí na jeho strukturu a vlastnosti. Nejslabším místem v betonovém kompozitu je cementový kámen. Již roztoky od $\text{pH} < 5,5$ jsou zřetelně agresivní a se snižujícím se pH se agresivita stupňuje. Proti alkalicky reagujícím látkám je beton z portlandského cementu odolný, ale hlinitanový cement je již napadán 5 % roztokem sodného louhu (NaOH) a při vyšší koncentraci se rychle rozpadá. Čistá voda, obsahující málo rozpustných látek, je velmi agresivní. Rychlost koroze betonu čistou vodou je přímo úměrná tlaku vody a propustnosti betonu, v případě základových konstrukcí také rychlosti proudění vody. Beton rozrušují kyseliny, které tvoří s vápníkem lehce rozpustné sloučeniny.

Vody obsahující kyselinu uhličitou (minerální a bažinaté vody) vedou nejdříve ke tvorbě CaCO_3 (karbonatáci betonu), který je málo rozpustný a částečně utěsňuje póry v cementovém kameni. Tento uhličitán je však další kyselinou uhličitou převáděn do rozpustné formy na kyselý uhličitán $\text{Ca(HCO}_3)_2$, který je dobře rozpustný. Mezi karbonátovou tvrdostí a agresivitou vody existuje nepřímá závislost. Korózi betonu způsobují »měkké« vody, s nízkou karbonátovou (přechodnou) tvrdostí do 6° dH (1° dH = 10 mg CaO/l). Čím je vyšší

karbonátová tvrdost vody, tím více může být přítomno CO_3^{2-} , aniž by korozivně ohrožovalo beton. Ve stojatých vodách rychlost koroze »hladovou vodou« postupně klesá.

Beton také korodují látky tvořící těžce rozpustné, mýdelnaté vápenaté sloučeniny, organické mastné kyseliny a také kyseliny octová, mléčná, máselná.

Beton koroduje mořská voda (obsahuje ionty SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+}), splaškové vody (obsahují sloučeniny síry H_2S , H_2SO_4 , SO_4^{2-} a sloučeniny amoniaku). Agresivní sloučeniny NH_4^+ jsou také přítomny v močůvce a kejdě vedle obsahu organických kyselin. Škodlivé jsou většinou i průmyslové odpadní vody.

Chemická koroze se vyskytuje všude tam, kde beton přichází do styku s agresivním vodním prostředím anebo agresivní látky v ovzduší působí spolu s vlhkostí vzduchu (CO_2 , SO_2). Beton je napadán a korodován tím více, čím má vyšší pórovitost, t.j. byl vyroben s vysokým vodním součinitelem, obsahuje otevřené kapiláry a byl nedostatečně zhutněn.

Karbonatace betonu

je projevem »stárnutí« betonu, který je soustavně napadán oxidem uhličitým z ovzduší. Obvyklý obsah CO_2 ve vzduchu je 0,03 % objemu ($60 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$), ale v průmyslových oblastech bývá násobně vyšší. Rozklad probíhá na povrchu betonu a časem postupně proniká otevřenou pórovitostí do hloubky, napadá korozivně ocelovou výztuž v železobetonu a konečným produktem je karbonát a především výrazné snížení pH betonu. Snižuje se hodnota pH, což má mimořádný význam pro korozi oceli (proto je také předepsáno minimální krytí výztuže betonem 20 až 50 mm).

Rychlost karbonatace za rok je v rozmezí od 0,1 do 1 mm. Nižší hodnota platí pro velmi hutné betony vyšší pevnostní třídy, vyšší hodnota pro málo pevné betony. Betonová konstrukce vystavená dešti a venkovnímu prostředí zkarbonovala do hloubky 10 mm a stejný beton (pevnosti 35 MPa), chráněný před deštěm do 30 mm, obě konstrukce byly hodnoceny za 30 roků.

Výkvěty

se objevují na pórovitých látkách tehdy, obsahují-li rozpustné soli nebo rozpustné soli vznikají chemickou korozi nebo je látka napadána roztokem solí.

Difúzí roztoku k povrchu konstrukce, se voda na povrchu odpaří a rozpuštěné soli na povrchu vykrystalizují, většinou jako sloučeniny s mnoha molekulami vody. Zpravidla nemají negativní vliv na vlastnosti betonu, jsou optickou vadou povrchu betonu.

Koroze ocele v betonu

V betonu je povrch oceli obalen cementovým kamenem, jehož pórová voda obsahuje nasycený roztok Ca(OH)_2 s $\text{pH} = 12,6$. Tato vysoká alkalita, pokud nepůsobí jiné agresivní ionty (na př. Cl^-), zajišťuje pasivitu povrchu oceli ochranou vrstvou.

Koroze oceli v betonu nastává snížením koncentrace iontů OH^- ($\text{pH} < 11,5$) nebo působením chloridových iontů. Koroze oceli probíhá pouze za přítomnosti vody (nebo ve vlhkém vzduchu s relativní vlhkostí větší jak 65 %), ovšem voda je v cementovém kameni vždy absorbována v gelových pórech.

Ocel v betonu je vystavena korozi v těchto případech:

- Snížením hodnoty pH pod 11,5 působením kyselého prostředí, vyluhováním minerálů, karbonatací povrchových vrstev betonu.
- Působením chloridových iontů. ČSN EN 206-1 omezuje množství chloridů na 0,4 - 0,2 % hm. u železobetonu a na 0,2 - 0,1 % hm. u předpjatého betonu. Obsah chloridů je také omezen ve složkách betonu, v cementu 0,1 % hm., ve vodě 0,06 až 0,2 % hm. a v kamenivu 0,03 % hm.

Opatření ke snížení možnosti koroze oceli v betonu jsou:

- snížení pórovitosti,
 - nízký vodní součinitel,
 - dostatečná tloušťka krycí vrstvy betonu,
 - omezení vzniku trhlinek, zejména širších jak 0,1 mm.
- Především je třeba zamezit snížení pH na povrchu oceli pod 11,5.

11. SPECIFIKACE BETONU A KONTROLA KVALITY BETONU

- 11.1. Specifikace betonu
- 11.2. Kontrola kvality betonu
- 11.3. Činnost v případě neshody výrobku

11.1. SPECIFIKACE BETONU

ČSN EN 206-1 zavádí pojem specifikace betonu, což je jednoznačné a přesné určení požadavků nejen na vlastnosti betonu po ztvrdnutí, ale i požadavků na vlastnosti betonu nutné pro přepravu, ukládání, hutnění, ošetřování a případnou následnou úpravu betonu. Specifikaci vypracuje specifikátor a odběratel betonu ji předává výrobci betonu. Specifikátorem může být přímo odběratel betonu nebo jiná osoba, která specifikaci pro odběratele vypracuje např. projektant, stavební dozor aj.

Beton může být specifikován jako:

Typový beton - beton, pro který jsou výrobci specifikovány požadované vlastnosti a doplňující charakteristiky betonu a výrobce zodpovídá za dodání betonu vyhovujícího požadovaným vlastnostem a doplňujícím charakteristikám.

Základní požadavky specifikace

- požadavek, aby beton vyhovoval EN 206-1,
- pevnostní třída betonu v tlaku,
- stupně vlivu prostředí (zkratky, viz kapitola 11.),
- maximální jmenovitá horní mez frakce kameniva,
- stupeň obsahu chloridu podle tabulky 10.

Pro lehký beton navíc:

- třída objemové hmotnosti nebo určená objemová hmotnost.

Pro těžký beton navíc:

- požadovaná objemová hmotnost.

Pro transportbeton a beton vyráběný na staveništi navíc:

- stupeň konzistence, nebo ve zvláštních případech, určená hodnota konzistence.

Doplňující požadavky specifikace

Následující požadavky se mohou specifikovat buď podle požadavků na vlastnosti nebo pomocí zkušebních metod:

- zvláštní druhy nebo třídy cementu (např. cement s nízkým hydratačním teplem),
- zvláštní druhy nebo třídy kameniva.

Poznámka 1 V těchto případech je specifikátor odpovědný za složení betonu, které minimalizuje nepříznivý účinek alkalicko křemičité reakce.

- charakteristiky, požadované k zajištění odolnosti proti účinkům mrazu a rozmrazování (např. obsah vzduchu, viz 5.4.3.),

Poznámka 2 Pokud se stanoví obsah vzduchu při dodání, musí vzít specifikátor v úvahu možné následné ztráty vzduchu během čerpání, ukládání, zhutňování atd.

- požadavky na teplotu čerstvého betonu, pokud se liší od požadavků v 5.2.8.,
- nárůst pevnosti (viz tabulka 12),
- vývin tepla během hydratace,
- pomalé tunutí,
- odolnost proti průsaku vody,
- odolnost proti obrušování,
- pevnost v příčném tahu,
- další technické požadavky (např. požadavky na zvláštní povrchovou úpravu nebo na zvláštní způsob ukládání).

Beton předepsaného složení - beton, pro který je výrobci předepsáno složení betonu včetně používaných složek a výrobce zodpovídá za dodání betonu předepsaného složení.

Základní požadavky specifikace

Specifikace musí obsahovat tyto údaje:

- požadavek, aby beton vyhovoval EN 206-1,
- obsah cementu,
- druh a třída cementu,
- buď vodní součinitel nebo konzistence určená stupněm, nebo ve zvláštních případech, určenou hodnotou,

Poznámka - Stanovená (určená) hodnota vodního součinitele by měla být o 0,02 menší než případně požadovaná mezní hodnota.

- druh, kategorie a maximální obsah chloridů v kamenivu; v případě lehkého nebo těžkého betonu minimální nebo maximální objemová hmotnost zrn kameniva,
- maximální jmenovitá horní mez frakce kameniva a případná omezení pro zrnitost,
- druh a množství přísady nebo příměsi, pokud se používají,
- pokud se používají přísady nebo příměsi, původ těchto složek a cementu, jako náhrada za charakteristiky, které nejsou definovatelné jiným způsobem.

Doplňující požadavky

Specifikace může obsahovat:

- původ některých nebo všech složek betonu jako náhrada za charakteristiky, které nejsou definovatelné jiným způsobem,
- doplňující požadavky na kamenivo,
- požadavky na teplotu čerstvého betonu, pokud se liší od požadavků v 5.2.8.,
- další technické požadavky.

Normalizovaný beton - beton, jehož složení je předepsáno v normě platné v místě použití betonu.

Poznámka:

V ČR se nepředpokládá zavedení normalizovaného betonu.

Specifikace normalizovaného betonu

Normalizovaný beton musí být specifikován citací:

- normy platné v místě použití betonu, která stanovuje příslušné požadavky,
- označení betonu podle citované normy.

11.2. KONTROLA KVALITY BETONU

Kontrola výroby

Kontrola výroby zahrnuje všechna opatření k dodržení a usměrňování jakosti betonu v souladu se stanovenými požadavky. Provádějí se vizuální kontroly a zkoušky, využívají se výsledky ověřování výrobního zařízení, zkoušek vstupních materiálů, vizuální kontroly během dopravy, ukládání, hutnění a ošetřování čerstvého betonu. Všechny údaje z kontrol výroby na staveništi, ve výrobě transportbetonu a ve výrobě dílců musí být zaznamenány ve stavebním deníku nebo v jiném dokumentu.

Provádění kontroly výroby v souladu s normou ČSN ENV 206-1 může být ověřováno odsouhlaseným certifikačním orgánem jako část kontroly shody.

Kontrola betonu

Výrobce betonu zajišťuje tzv. ověřování složek betonu (předpokládá se tzv. přiměřená kontrola výrobcem a dodavatelem), zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu - viz kapitola 11.2.1. Kontrola betonu po dodání na staveniště při používání transportbetonu je převážně kontrolou dodacích listů (kontrola shody parametrů dodaného betonu s požadavky - specifikovaná objednávka), z vizuální kontroly (rozměšování, znečištění) a z případné kontroly vlastností čerstvého betonu (konzistence, provzdušnění) je-li požadována nebo v případě pochybností

Výrobce je rovněž povinen zajistit kontrolu shody vlastností vyráběného betonu s kritérii shody dle normy.

11.2.1 OVĚŘOVÁNÍ SLOŽEK BETONU, ZAŘÍZENÍ, VÝROBNÍCH POSTUPŮ A VLASTNOSTÍ BETONU

Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu patří k vstupní, mezioperační a výstupní kontrole a je součástí systému řízení výroby.

Ověřování složek betonu

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
1	cement	kontrola dodacího listu ^{d)} před vyložením	k zjištění, zda je dodávka dle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
2	kamenivo	kontrola dodacího listu ^{b) d)} před vyložením	k zjištění, zda je dodávka dle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
3	kamenivo	kontrola kameniva před vyložením	k vizuálnímu porovnání zrnitosti, tvaru a znečištění	každá dodávka; pokud se kamenivo dodává dopravníkovým pasem, pravidelně v závislosti na místních nebo dodacích podmínkách

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
4	kamenivo	zkouška zrnitosti podle EN 933-1	k posouzení, zda vyhovuje normě nebo odsouhlasené zrnitosti	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek ^{e)}
5	kamenivo	zkouška na znečištění	k posouzení přítomnosti a množství nečistot	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek ^{e)}
6	kamenivo	zkouška nasákavosti podle EN 1097-6	k posouzení účinného obsahu vody v betonu	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti
7	doplňující ověřování pro pórovité nebo těžké kamenivo	zkouška podle EN 1097-3	k zjištění sypané hmotnosti	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek ^{e)}

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
8	přísady ^{c)}	kontrola dodacího listu a štítku na obalu ^{d)} před vyložení	k zjištění, zda je dodávka podle objednávky a je správně označena	každá dodávka
9	přísady ^{c)}	zkoušky pro identifikaci podle EN 934-2, např. objemová hmotnost, infračervená analýza	k porovnání s údaji uvedenými dodavatelem	v případě pochybnosti
10	příměsi ^{c)} práškové	kontrola dodacího listu ^{d)} před vyložení	k zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
11	příměsi ^{c)} práškové	zkouška ztráty žiháním popílku	k identifikaci změny obsahu uhlíku, které může ovlivnit provzdušněný beton	každá dodávka, která se použije pro provzdušněný beton, pokud nejsou informace k dispozici od dodavatele
12	příměsi v suspenzi ^{c)}	kontrola dodacího listu ^{d)} před vyložení	k zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
13	příměsi v suspenzi ^{c)}	zkouška objemové hmotnosti	k zjištění stejnorodosti	každá dodávka a pravidelně během výroby betonu
14	voda	zkouška podle prEN 1008:1997	k zjištění, že voda, pokud není pitná, neobsahuje škodlivé látky	pokud se začne používat nový zdroj nepitné vody; v případě pochybnosti

- a) Doporučuje se, aby vzorky byly odebírány a uschovány jednou za týden pro každý druh cementu pro zkoušky v případě pochybnosti.
- b) Dodací list nebo údaje o výrobku má také obsahovat informace o maximálním obsahu chloridu a má obsahovat zařazení s ohledem na alkalicko-křemičitou reakci v souladu s předpisy platnými v místě použití betonu.
- c) Doporučuje se, aby vzorky byly odebírány z každé dodávky a uchovány.
- d) Dodací list musí obsahovat nebo musí být doprovázen prohlášením o shodě nebo certifikátem shody, jak je vyžadováno v příslušné normě nebo specifikaci.
- e) Toto není nutné, pokud je řízení výroby kameniva certifikováno.

Ověřování zařízení

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
1	sklárky, zásobníky, apod.	vizuální kontrola	k ověření shody s požadavky	jednou týdně
2	váhy	vizuální kontrola při provozu	k ověření vah, že jsou čisté a správně fungují	denně
3	váhy	zkouška přesnosti vah	k ověření, že přesnost vyhovuje článku 9.6.2.2.	při instalaci; periodicky ^{a)} , podle národních předpisů; v případě pochybnosti
4	dávkovač přísad (včetně těch, které jsou namontované na automích)	vizuální kontrola při provozu	k ověření měřícího zařízení, že je čisté a správně funguje	denně při prvním použití každé přísady
5	dávkovač přísad (včetně těch, které jsou namontované na automích)	zkouška přesnosti	k zabránění nepřesného dávkování	při instalaci; periodicky ^{a)} po instalaci; v případě pochybnosti

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
6	vodoměr	zkouška přesnosti měření	k ověření, zda přesnost vyhovuje článku 9.6.2.2.	při instalaci periodicky ^{a)} po instalaci v případě pochybnosti
7	zařízení k průběžnému měření obsahu vody v drobném kamenivu	porovnání skutečného množství s údajem na měřidle	k ověření přesnosti	při instalaci; periodicky ^{a)} po instalaci; v případě pochybnosti
8	dávkovací zařízení	vizuální kontrola	k zjištění, zda dávkovací zařízení správně funguje	denně
9	dávkovací zařízení	porovnání (vhodnou metodou, závislou na dávkovacím zařízení) skutečné hmotnosti složek v záměsi s požadovanou hodnotou a v případě s automatickým záznamovým zařízením dávkovače, se záznamem hmotností	k ověření, zda přesnost dávkovacího zařízení vyhovuje tabulce 21	při instalaci; periodicky ^{a)} po instalaci; v případě pochybnosti

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
10	zkušební zařízení	kalibrace podle příslušných národních nebo EN norem	k posouzení shody	periodicky ^{a)} ; pro zkušební lisy nejméně jednou ročně
11	míchačky (včetně auto-míchačů)	vizuální kontrola	kontrola opotřebování mísicího zařízení	periodicky ^{a)}

^{a)} Četnost záleží na druhu zařízení, jeho citlivosti při používání a provozních podmínkách betonárny.

Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
1	vlastnosti typového betonu	průkazní zkouška (viz příloha A)	k získání důkazu, že lze požadované vlastnosti dosáhnout navrženým složením s průměrnou jistotou	před použitím nového složení betonu
2	vlhkost drobného kameniva	průběžný měřicí systém, zkouška sušením nebo ekvivalentní zkouška	stanovení hmotnosti suchého kameniva a dávkování vody	denně, pokud není průběžné, v závislosti na klimatických a místních podmínkách může být požadovaná četnost větší nebo menší

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
3	vlhkost hrubého kameniva	zkouška sušením nebo ekvivalentní	stanovení hmotnosti suchého kameniva a dávkování vody	závisí na klimatických a místních podmínkách
4	obsah vody v čerstv. betonu	kontrola množství dávkované vody ^{a)}	k získání údajů pro vodní součinitel	každá záměs
5	obsah chloridu v betonu	počáteční údaj výpočtem	k ověření, že není překročen maximální obsah chloridu	při průkazní zkoušce; v případě překročení obsahu chloridu ve složkách betonu
6	konzistence	vizuální kontrola	k posouzení běžného vzhledu	každá záměs
7	konzistence	zkouška konzistence podle EN 12350-2, -3, -4 nebo -5	k posouzení dosažení určené hodnoty konzistence a ke kontrole možné změny obsahu vody	pokud je konzistence určená, u pevnosti v tlaku dle tabulky 13 při zkoušce obsahu vzduchu; v případě pochybnosti při vizuální inspekci
8	objemová hmotnost čerstvého betonu	zkouška objemové hmotnosti podle EN 12350-6	u lehkého a těžkého betonu ke kontrole dávkování a objemové hmotnosti	denně

	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
9	obsah cementu v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti cementu v záměsi ^{a)}	ke kontrole obsahu cementu a získání údajů pro vodní součinitel	každá záměs
10	obsah příměsí v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti příměsí v záměsi ^{a)}	ke kontrole obsahu příměsí a získání údajů pro vodní součinitel (viz 5.4.2.)	každá záměs
11	obsah přísady v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti nebo objemu přísady v záměsi ^{a)}	ke kontrole obsahu přísady	každá záměs
12	vodní součinitel čerstvého betonu	výpočet nebo zkušební metoda, viz 5.4.2	k posouzení dosažení požadovaného vodního součinitele	denně, pokud je požadován
13	obsah vzduchu v čerstvém betonu, pokud je požadován	zkouška podle EN 12350-7 pro běžný a těžký beton, ASTM C 173 pro lehký beton	k posouzení dosažení požadovaného obsahu vzduchu	u provzdušněného betonu: první záměs nebo dávka z každé denní výroby, dokud se hodnoty neustálí

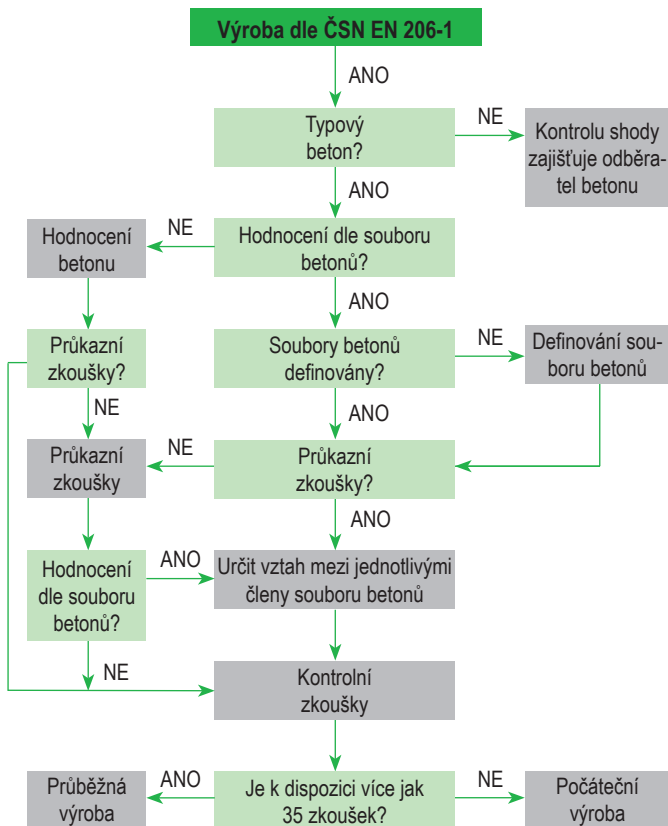
	složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
14	teplota čerstvého betonu	měření teploty	k posouzení dosažení minimální teploty 5 °C nebo specifikované meze	v případě pochybnosti; pokud je teplota specifikována: ■ pravidelně, podle situace, ■ každá záměs nebo dávka; pokud je teplota blízko mezní hodnoty
15	objemová hmotnost ztvrdlého lehkého nebo těžkého betonu	zkouška podle EN 12390-7 ^{b)}	k posouzení dosažení požadované objemové hmotnosti betonu	pokud je požadována objemová hmotnost betonu, četnost jako pro pevnost v tlaku
16	zkouška pevnosti v tlaku zhotovených zkušebních betonových těles	zkouška podle prEN 12390-3:1999	k posouzení dosažení požadované pevnosti	pokud je pevnost v tlaku požadována, četnost zkoušek je jako pro kontrolu shody, viz 8.1 a 8.2.1.

a) Pokud se nepoužívá záznamové zařízení a tolerance dávkování pro záměs nebo dávku jsou překročeny, zaznamenaná se dávkované množství v záznamu výroby.

b) Může být také zkoušen v nasyceném stavu, pokud je bezpečně stanoven vztah k objemové hmotnosti ve vysušeném stavu.

11.2.2 KONTROLA SHODY A KRITERIA SHODY PRO TYPOVÝ BETON DLE ČSN EN 206-1

Postupový diagram pro prokazování shody – pevnost betonu v tlaku



Kontrola shody pevnosti betonu v tlaku

Obyčejný a těžký beton tř. C 8/10 až C 55/67 a lehký beton tř. LC 8/9 až LC 55/60 se kontroluje na vzorcích buď pro každé jednotlivé složení betonu zvlášť nebo na vhodně určeném souboru betonů. Vyšší třídy betonů se kontrolují pouze jednotlivě.

Soubor betonů - soubor betonů různých složení, pro které byl stanoven a dokumentován spolehlivý vztah pro příslušné vlastnosti. Pro kontrolu musí být odebírány vzorky z celého rozsahu složení vyráběných betonů daného souboru.

Pro soubor se doporučuje

- cement stejného druhu, třídy pevnosti i původu,
- prokazatelně stejné kamenivo (geologicky, druh - drcené, těžené, vlastnosti) i příměs I. druhu,
- betony jen s použitím nebo jen bez použití plastifikačních přísad,
- úplný rozsah stupňů konzistence,
- omezený rozsah tříd pevnosti,
- samostatný soubor pro betony s příměsí II. druhu,
- samostatný soubor pro betony s přísadami ovlivňujícími pevnost (plastifikační, urychlující, zpomalující, provzdušňující).

Posouzení členů a shody souboru betonů

- výsledek každé zkoušky pevnosti betonu ze souboru ve stáří 28 dní $\geq (f_{ck} - 4)$,
- průměr všech výsledků zkoušek pevnosti pro jednotlivého člena souboru vyhovuje tab. BB,
- v každém posuzovaném období vyhovuje průměrná hodnota výsledků všech zkoušek pevnosti betonů v souboru kritériu 1 z tab. AA.

Referenční beton - nejvíce vyráběný beton souboru nebo beton uprostřed souboru betonů. Výsledky zkoušek jednotlivých betonů se převádějí na referenční beton pomocí předem stanovených referenčních vztahů mezi jednotlivými členy souboru a referenčním betonem. Pro celý soubor betonů se pak provádí kontrola shody jen na získaných hodnotách pevnosti referenčního betonu.

Počáteční výroba - výroba betonu do získání nejméně 35 výsledků zkoušek v časovém období nejméně 3 měsíce.

Průběžná výroba - výroba betonu po získání nejméně 35 výsledků zkoušek v období do 12 měsíců. Po přerušení výroby delším než 12 měsíců se jedná opět o počáteční výrobu.

Minimální četnost odběrů vzorků

- a) Odběry vzorků rozložit rovnoměrně během výroby, na 25 m³ výroby max. 1 vzorek.
- b) Pokud směrodatná odchylka z posledních 15 výsledků $s_{15} > 1,37 \sigma$ (zavedené směrodatné odchylky) zvýší se četnost na úroveň počáteční výroby.

výroba	prvních 50 m ³ výroby	následně po prvních 50 m ³ vyroben. betonu ^{a)}	
		beton s certifikací řízení výroby	beton bez certifikace řízení výroby
počáteční (do získání 35 výsledků zkoušek	3 vzorky	1/ 200 m ³ nebo 2 během týdenní výroby	1/ 150 m ³ nebo 1 denně při výrobě
průběžná ^{b)} (pokud je k dispozici nejméně 35 výsledků zkoušek)		1/ 400 m ³ nebo 1 během týdenní výroby	

Posuzování shody pro pevnost betonu v tlaku

- posuzovací období v délce nejvíce posledních 12 měsíců,
- zpracování výsledků zkoušek zkušebních těles ve stáří 28 dní.

Počáteční výroba (do získání 35 výsledků)

- posouzení průměru skupiny po sobě jdoucích překrývajících se nebo nepřekrývajících se výsledků zkoušek - f_{cm} podle kritéria 1,
- posouzení každého jednotlivého výsledku zkoušky - f_{ci} podle kritéria 2.

Průběžná výroba

- zpracování min. 35 výsledků z počáteční výroby, výpočet a zavedení stanovené směrodatné odchylky základního souboru σ ,
- výpočet směrodatné odchylky z posledních 15 výsledků zkoušek s_{15} z průběžné výroby,
- pro průběžné hodnocení lze použít již zavedenou hodnotu σ (metoda 1) nebo hodnotu s vypočtenou ze všech výsledků průb. zkoušek (metoda 2), v obou případech pouze za předpokladu, že platí $0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$, jinak je nutno stanovit novou hodnotu s z posledních 35 výsledků zkoušek,
- posouzení průměru skupiny po sobě jdoucích překrývajících se nebo nepřekrývajících se výsledků zkoušek - f_{cm} podle kritéria 1,
- posouzení každého jednotlivého výsledku zkoušky - f_{ci} podle kritéria 2.

Soubor betonů

- prokázání příslušnosti jednotlivého betonu k souboru podle průměru nepřevedených výsledků zkoušek tohoto betonu f_{cm} podle kritéria 3,
- posouzení převedených výsledků zkoušek na referenčním betonu podle kritéria 1,
- posouzení původních výsledků zkoušek podle kritéria 2,
- nevyhoví-li beton kritériu 3 musí být posuzován samostatně.

Kritéria shody pro pevnost betonu v tlaku

výroba	počet »n« výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve skupině	kritérium 1	kritérium 2
		průměr z »n« výsledků zkoušek f_{cm} [N.mm ⁻²]	každý jednotlivý výsledek zkoušky f_{ci} [N.mm ⁻²]
počáteční	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
průběžná	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

f_{ck} - charakteristická pevnost betonu v tlaku, viz bod 7.1.

σ - vyhovující zavedená stanovená směrodatná odchylka základního souboru

Potvrzující kritéria pro členy souboru betonů

počet výsledků zkoušek »n« pevnosti v tlaku pro jednotlivý beton souboru	kriterium 3
	průměr z »n« výsledků zkoušek f_{cm} pro jednotlivý beton souboru [N.mm ⁻²]
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$

Posuzování shody pevnosti betonu v příčném tahu

Pevnost betonu v příčném tahu se posuzuje stejně jako pevnost v tlaku, pouze nelze použít posouzení na souboru betonů.

Kritéria shody pro pevnost betonu v příčném tahu

výroba	počet »n« výsledků zkoušek pev- nosti v tlaku ve skupině	kriterium 1	kriterium 2
		průměr z »n« výsledků zkoušek f_{tm} [N.mm ⁻²]	každý jednotlivý výsledek zkoušky f_{ti} [N.mm ⁻²]
počáteční	3	$\geq f_{tk} + 0,5$	$\geq f_{tk} - 0,5$
průběžná	15	$\geq f_{tk} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{tk} - 0,5$

f_{tk} – charakteristická pevnost betonu v příčném tahu, viz bod 7.1.

σ - vyhovující zavedená stanovená směrodatná odchylka základního souboru

Kontrola shody pro jiné vlastnosti než pevnost

Náhodný odběr vzorků musí odpovídat podle ČSN EN 12350-1, minimální počet vzorků nebo stanovení a kritéria uvádí tabulka.

Posuzování shody vlastností

- všechny jednotlivé výsledky zkoušek musí být v rozmezí největší přípustné odchylky,
- počet výsledků zkoušek mimo předepsanou limitní hodnotu nebo meze třídy nebo toleranci předepsané hodnoty nesmí být větší než přejímací číslo podle tabulky 19a nebo 19b v ČSN EN 206-1 (např. pro konzistenci jsou to 2 výsledky při 5 - 7 stanoveních nebo 5 výsledků při 13 - 19 stanoveních; pro ostatní vlastnosti 2 výsledky při 20 - 31 stanoveních a 5 výsledků při 50 - 64 stanoveních).

Kriteria shody pro jiné vlastnosti betonu

vlastnost	minimální počet vzorků nebo stanovení	max. dovolená odchylka jednotl. zkoušky od mezí předepsané třídy nebo od tolerance určené hodnoty	
		dolní mez	horní mez
objem. hmotnost těžkého betonu	jako pevnost v tlaku	- 30 kg.m ⁻³	neomezeno
objem. hmotnost lehkého betonu	jako pevnost v tlaku	- 30 kg.m ⁻³	+ 30 kg.m ⁻³
vodní součinitel	1x denně	neomezeno ^{a)}	+ 0,02
obsah cementu	1x denně	- 10 kg.m ⁻³	neomezeno ^{a)}
obsah vzduchu v čerstvém provzdušněném betonu	1x denně při ustálené výrobě	- 0,5 % absolutní hodnoty	+ 1,0 % absolutní hodnoty
obsah chloridů v betonu	pro každé složení betonu a při změně obsahu ve složkách	neomezeno ^{a)}	není povolena vyšší hodnota

vlastnost	minimální počet vzorků nebo stanovení	max. dovolená odchylka jednotliv. zkoušky od mezí předepsané třídy nebo od tolerance určené hodnoty	
		dolní mez	horní mez
konzistence	■ jako		
■ stupeň sednutí	pevnost v tlaku	- 10 mm - 20 mm ^{c)}	+ 20 mm + 30 mm
■ stupeň rozlití	■ při zkoušce	- 15 mm - 25 mm	+ 30 mm + 40 mm
■ stupeň zhutnitelnosti	provzdušnění ■ při	- 0,05 - 0,07	+ 0,03 + 0,05
■ stupeň VeBe	pochyb- nostech	- 4 s - 6 s	+ 2 s + 4 s

a) Není-li předepsáno jinak.

b) Tolerance neplatí, pokud není předepsaná dolní nebo horní mez.

c) Vyšší hodnoty tolerance platí pro zkoušení na začátku vyprazdňování z automichače.

11.2.3 KONTROLA SHODY BETONU PŘEDEPSANÉHO SLOŽENÍ

Posuzování shody vlastností

Podle výrobních záznamů se u každé záměsi posuzuje shoda složení betonu v daných tolerancích s obsahem specifikace. Pro normalizovaný beton platí požadavky příslušné normy.

Posuzování shody složení betonu podle rozboru čerstvého betonu lze provádět pouze podle zkušební metody předem odsouhlasené mezi odběratelem a výrobcem.

Posouzení shody konzistence se provádí stejně jako u typového betonu.

Tolerance dávkování složek a hodnoty vodního součinitele

složka betonu	tolerance požad. hodnoty
■ cement ■ voda ■ kamenivo celkem ■ příměsi v množství > 5 % hm. cementu	± 3 %
příměsi a přísady v množství ≤ 5 % hm. cementu	± 5 %
vodní součinitel	0,04

Tolerance - rozdíl mezi požadovanou a změřenou hodnotou.

11.2.4 KONTROLA SHODY DLE TECHNICKÉ NORMY SVB ČR 01-2004

Technická norma SVB ČR 01-2004 Obyčejný a vodostavebný beton obsahuje shodné postupy pro ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu a pro kontrolu shody jako ČSN EN 206-1.

Tato norma nezavádí soubory betonů a tudíž ani kritéria pro jejich hodnocení. Odlišná ustanovení pro kritéria a hodnocení jsou obsaženy v následujících tabulkách.

Stupeň vodotěsnosti

Vodotěsnost betonu je kvalifikována nejvyšším tlakem vody uvedených v tabulce 1, kritéria shody pro vodotěsnost jsou uvedena v tabulce 1a.

Tolerance dávkování složek a hodnoty vodního součinitele

tloušťka konstrukce	nejvyšší vodní tlak na konstrukci v m vod. sloupce	
$0,15\text{ m} < h < 0,6\text{ m}$	7 až 10	15 až 25
doporučený stupeň vodotěsnosti betonu	V 4	V 8
minimální pevnostní třída dle tabulky 6	B 20	B 25

Tabulka 1a - Kritéria shody pro vodotěsnost

vlastnost	zkušební metoda nebo metoda stanovení	minimální počet vzorků nebo stanovení	maximální dovolená odchylka jednotlivého výsledku zkoušky od mezí předepsané třídy nebo od tolerance určené hodnoty	
			dolní mez	horní mez
vodotěsnost betonu V4	ČSN 73 1321	1 stanovení na 3000 m ³ vodotěsného betonu stejného složení	neomezeno	pro konstrukce $0,15\text{ m} < h < 0,6\text{ m}$ max. průsak 75 mm
vodotěsnost betonu V8	ČSN 73 1321	1 stanovení na 3000 m ³ vodotěsného betonu stejného složení	neomezeno	pro konstrukce $0,15\text{ m} < h < 0,6\text{ m}$ max. průsak 80 mm

Volba stupně vodotěsnosti pro konstrukce o jiné než uvedené tloušťce určí specifikátor.

Vodotěsnost V 4 a V 8 se zkouší metodou dle přílohy C této technické normy která je identická se zkušební metodou ve zrušené ČSN 73 1321 Stanovení vodotěsnosti betonu.

Stupeň mrazuvzdornosti

Mrazuvzdornost betonu je závislá od požadované životnosti stavby od počtu střídavého zmrazování a rozmrazování a od počtu střídání hladiny vody na povrchu betonu. Stupeň mrazuvzdornosti určuje specifikační kód. Pokud je mrazuvzdorný beton vystaven vodnímu tlaku, musí současně splnit i požadavky vodotěsnosti (označení viz. čl. 4.1.1).

Tabulka 2a - Kritéria shody pro mezní hodnoty

vlastnost	zkušební metoda nebo metoda stanovení	minimální počet vzorků nebo stanovení	maximální dovolená odchylka jednotlivého výsledku zkoušky od mezí předepsané třídy nebo od tolerance určené hodnoty	
			dolní mez	horní mez
obsah vzduchu v čerstvém provzdušněném betonu	EN 12350-7	1 vzorek výrobního dne pokud je výroba ustálena	- 0,5 % absolutní hodnoty	+1,0 % absolutní hodnoty
mrazuvzdornost betonu T 50	ČSN 73 1322	průkazní zkoušky a podle požadavků specifikace příp. projektové dokumentace	neomezeno	součinitel mrazuvzdornosti > 0,75
mrazuvzdornost betonu T 100	ČSN 73 1322	průkazní zkoušky a podle požadavků specifikace příp. projektové dokumentace	neomezeno	součinitel mrazuvzdornosti > 0,75

Přejímací číslo: viz tabulka 19a

Tabulka 2 Doporučené mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu

druh betonu		vodní součinitel	minimální obsah vzduchu ¹⁾
vodotěsný	mrazuvzdorný		
V 4	T 50	0,6	5
V 8	T 100	0,55	5

Tabulka 8 - Minimální četnost odběru vzorků pro posouzení shody

výroba	minimální četnost odběru vzorků		
	prvních 50 m ³ výroby	následně po prvních 50 m ³ vyrobeného betonu ^{a)}	
		beton s certifikací řízení výroby	beton bez certifikace řízení výroby
počáteční (do získání nejméně 35 výsledků zkoušek)	3 vzorky	1 / 200 m ³ nebo 2 během týdenní výroby	1 / 150 m ³ nebo 1 denně při výrobě
průběžná ^{b)} (pokud je k dispo- zici nejméně 35 výsledků zkoušek)		1 / 400 m ³ nebo 1 během týdenní výroby	

^{a)} Odběr vzorků se musí rovnoměrně rozložit během výroby a na každých 25 m³ se nemá odebrat více než jeden vzorek

^{b)} Pokud směrodatná odchylka z posledních 15 výsledků zkoušek je větší než 1,37 σ , četnost odběru vzorků se musí zvýšit tak, jak je požadováno pro počáteční výrobu pro příštích 35 výsledků zkoušek

Tabulka 9 - Kriteria shody pro pevnost v tlaku

druh zkoušky	kritérium 1 f_{cm28} Nmm ²	kritérium 2 f_{ci} Nmm ²
zkoušky z řízení výroby (kontrolní zkoušky)	$\geq f_{ck} + 3$	$\geq f_{ck} - 2$
ověření vlastností typového betonu (průkazní zkoušky)	$\geq f_{ck} + 6$	$\geq f_{ck} - 2$

11.2.5. KONTROLA JAKOSTI BETONOVÉ SMĚSI A BETONU PODLE ČSN 73 2400 (neplatná od 1.1. 2004)

Minimální četnost kontrolních zkoušek betonové směsi

kontrolovaná vlastnost	minimální četnost zkoušek betonové směsi stejného složení
zpracovatelnost (konzistence) na betonárně a v místě přejímky	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1x denně ■ vždy při odběru vzorku pro zkoušku pevnosti v tlaku ■ při podstatné změně
obsah vzduchu v čerstvém betonu	<ul style="list-style-type: none"> ■ jako u zpracovatelnosti ■ nejméně 3x denně
objemová hmotnost čerstvého betonu	<ul style="list-style-type: none"> ■ jako u zkoušky pevnosti v tlaku
složení betonové směsi rozbořem	<ul style="list-style-type: none"> ■ záměs, u které jsou pochybnosti
ostatní vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> ■ podle požadavku technologického předpisu

Mezní odchylky pro zkoušky zpracovatelnosti

metoda		mezní odchylky
sednutí kužele	■ do hodnoty 120 mm	± 20 mm
	■ nad hodnotu 120 mm	± 30 mm
rozliti		± 30 mm
zhuťnitelnosti	■ do hodnoty 1,2	± 0,03
	■ nad hodnotu 1,2	± 0,05
přístrojem VeBe		± 25 %

Minimální četnost kontrolních zkoušek pevnosti betonu

vyráběné betony	zkoušky betonu stejné třídy	
	kontrola v místě výroby betonové směsi	kontrola v místě přejímky betonové směsi
tř. B 12,5 a nižší	1x / 200 m ³ betonu, ale vždy 3 zkoušky na hodnocení celek betonu	1x / záměs při pochybnostech
tř. B 15 a vyšší	1x / 100 m ³ betonu, ale vždy 3 zkoušky na hodnocení celek betonu	
se zvýšenými požadavky na jakost	podle požadavků normy nebo výrobní dokumentace, ne méně než u běžných betonů	

Hodnocení celek betonu - kontrolovaný objem betonu vyrobený a zpracovaný stejným způsobem v období ne delším než 1 měsíc pro beton téhož druhu a téže třídy.

Hodnocení krychelné pevnosti betonu při kontrolních zkouškách

- vypočte se průměr ze tří po sobě jdoucích výsledků zkoušek pevnosti betonu v tlaku R_1 , R_2 , R_3 , kterými je reprezentován hodnocení celek betonu,

- při dostatečném počtu výsledků zkoušek daného betonu v průběhu posledních 3 měsíců (min. 15 výsledků) se vypočítá ověřená směrodatná odchylka krychelných pevností betonu S_{Rb} (výběrového souboru).

Kriteria hodnocení krychelné pevnosti betonu v tlaku

hodnocení	kriterium 1	kriterium 2
	průměr z 3 výsledků zkoušek R_j v $N.mm^{-2}$ (MPa)	každý jednotlivý výsledek zkoušky R_j v $N.mm^{-2}$ (MPa)
	kontrolní zkoušky v místě výroby betonu	
konvenční	$(R_1+R_2+R_3) / 3 \geq R_{b, cn}$	$R_j \geq R_{b, g}$
statické	$(R_1+R_2+R_3) / 3 \geq R_{bg} + 0,8 S_{Rb}$	$R_j \geq R_{b, g}$
	kontrolní zkoušky v místě přejímky betonu	
	nepoužívá se	$R_j \geq R_{b, g}$

R_j, R_1, R_2, R_3 - hodnoty krychelné pevnosti betonu stanovené 1 zkouškou
 $R_{b, cn}$ - kontrolní krychelná pevnost betonu dané třídy viz tabulka v bodě 7.1.
 $R_{b, g}$ - zaručená krychelná pevnost betonu dané třídy viz tabulka v bodě 7.1.

Pevnost betonu v tahu se hodnotí stejným způsobem jako krychelná pevnost betonu v tlaku.

11.3. ČINNOST V PŘÍPADĚ NESHODY VÝROBKU

- kontrola výsledků zkoušek, v případě neplatnosti provést opatření k vyloučení chyb,
- při potvrzení neshody, např. dalšími zkouškami, nedestruktivním zkoušením apod., musí výrobce provést nápravná opatření včetně přezkoumání výrobně řídicích postupů,
- záznam všech činností,
- je-li neshoda výsledků zkoušek betonu důsledkem přidání vody nebo přísad na staveništi, provede výrobce opatření jen tehdy pokud přidání odsouhlasil.

12. MĚROVÉ JEDNOTKY

Vybrané základní jednotky SI

veličina	název	značka
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
termodynamická teplota	kelvin	K

Některé odvozené jednotky SI a jejich přepočty

veličina	název	značka	přepočty
síla	newton	N	$1 \text{ kg.m.s}^{-2} = 1 \text{ N}$; $\text{kp} \approx 10 \text{ N}$
tlak, napětí	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = \text{N.m}^{-2}$, $\text{N.mm}^{-2} = 1 \text{ MPa}$, $\text{kp.cm}^{-2} \approx 100 \text{ kPa}$
energie, práce, tepelné množství	joule	J	$1 \text{ W.s} = 1 \text{ J}$, $\text{kWh} = 3,6 \text{ MJ}$, $1 \text{ kcal} \approx 4,2 \text{ kJ}$
výkon	watt	W	$\text{kp.m.s}^{-1} \approx 10 \text{ W}$; $\text{HS (PS)} = 736 \text{ W}$
Celsiova teplota	Celsiův stupeň	°C	$^{\circ}\text{C} = \text{K}$

Převodová tabulka energetiků

jednotka	1 MJ =	1 kWh =
MJ	1	3,6 MJ
kWh	0,278 kWh	1
kcal	239 kcal	860 kcal
tmp	$0,34 \cdot 10^{-4} \text{ tmp}$	$0,123 \cdot 10^{-3} \text{ tmp}$
toe	$0,24 \cdot 10^{-4} \text{ toe}$	$0,856 \cdot 10^{-4} \text{ toe}$

tmp = tuna měrného paliva

toe = tuna ropného ekvivalentu

HEIDELBERGCEMENT Group

HEIDELBERG CEMENT GROUP:

Společnosti Českomoravský beton, Českomoravský cement a Českomoravské štěrkovny jsou součástí nadnárodní skupiny HeidelbergCement.

- Skupina HeidelbergCement je jedním z nejvýznamnějších dodavatelů stavebních materiálů na světě.
- Je to společnost s dlouholetou tradicí - byla založena v roce 1873 v jižním Německu. V druhé polovině 20. století se začala rozšiřovat na mezinárodní trhy a dnes její pobočky najdete ve čtyřech světadílech. V padesáti zemích po celém světě HeidelbergCement zaměstnává více než 37 000 lidí.
- Veškeré aktivity skupiny HeidelbergCement se řídí osmi hlavními principy, které spolu tvoří společnou firemní politiku. Patří mezi ně zásada udržování vysoké kvality výrobků a trvalá snaha o spokojenost zákazníka, ochrana životního prostředí, modernizace a rozvoj nových technologií, důvěra ve znalosti a schopnosti zaměstnanců a podpora jejich růstu. Právě tyto principy se staly klíčem k úspěchu skupiny HeidelbergCement nejen v České republice, ale i v mnoha dalších zemích, kde skupina působí.
- Spolupráce mezi našimi společnostmi nám umožňuje zvyšovat kvalitu výrobků, rozšiřovat sortiment a poskytovat komplexní služby.
- Naším cílem je spokojený zákazník.

ČESKOMORAVSKÝ BETON

HEIDELBERGCEMENT Group

Českomoravský beton, a.s.

Skupina Českomoravský beton patří k předním výrobcům transportbetonu v ČR.

- Na 50 betonárnách vyrábí beton v širokém rozsahu pevnostních tříd a druhů. Jedná se o betony vyráběné především podle normy ČSN EN 206-1 a stavebního technického osvědčení STO č. 205/123/2003. Vedle transportbetonu vyrábí Českomoravský beton, a.s. i speciální směsi, malty omítkové a zdicí, prefabrikáty a betonové výrobky, které jsou vyráběny ve dvou prefa výrobnách.
- Výroba transportbetonu je doplněna širokou škálou služeb - doprava, čerpání a ukládání betonových směsí.
- Prostřednictvím sítě laboratoří jsou zajišťovány zkoušky betonu a kameniva, ale také poradenství v oblasti technologie výroby betonu.

Transportbeton a malty

Umístění, adresy výrobních provozů a objednávky betonů prostřednictvím internetového poptávkového systému na www.cmbeton.cz.

Speciální produkty

Cementové pěny Poriment® a lité samonivelační podlahové směsi na bázi síranu vápenatého Anhyment® jsou vyráběny společností TBG Pražské malty na jediné specializované maltárně v ČR v Praze.

Kontakt: tel.: 728 173 893

www.cmbeton.cz

ČESKOMORAVSKÝ BETON

HEIDELBERGCEMENT Group

KONTAKTY:

**Mobilní výroba litých
podlahových směsí TBG
Čechy a Morava a.s.**

Kontakt:

Tel.: 724 361 523

www.cmbeton.cz

Služby

**Čerpání transportbetonu
40-ti mobilními
a 5-ti stabilními čerpadly**

Kontakt:

Tel.: 222 241 395

724 040 100 - Čechy,

602 586 711 - Morava

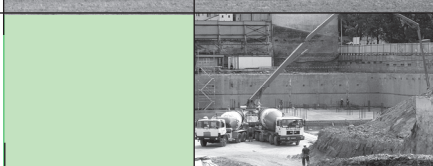
www.cmbeton.cz

**Zkoušky betonu
a kameniva, technologické
poradenství
v 7 zkušebních
laboratořích Betotech**

Kontakt:

Tel.: 311 644 780

www.cmbeton.cz



www.cmbeton.cz

ČESKOMORAVSKÝ CEMENT

HEIDELBERGCEMENT Group

Českomoravský cement, a.s. nástupnická společnost,

nabízí cementy v široké škále druhů a tříd, které jsou vhodné nejen na výrobu betonů pro nejrůznější konstrukce a výrobky, ale také na výrobu suchých i čerstvých maltových směsí, lepidel, sanačních materiálů, speciálních malt a potěrů, atd.

CEMENTY:

portlandské

- CEM I 52,5 N
- CEM I 42,5 R

portlandské struskové

- CEM II/A-S 42,5 N
- CEM II/B-S 32,5 R

vysokopecní

- CEM III/A 32,5 R

s upravenými vlastnostmi

- CEM I 42,5 R - sc
- CEM III/A 32,5 R - svc

STAVEBNÍ CHEMIE:

ADDIMENT[®]

PŘÍSADEY DO BETONU
A MALT

ČESKOMORAVSKÝ CEMENT

HEIDELBERGCEMENT Group

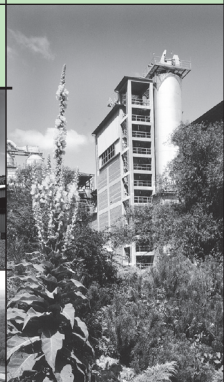
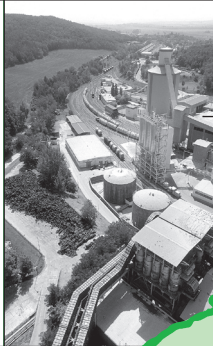
PRODEJNÍ STŘEDISKA:

■ prodejní středisko BEROUN

areál cementárny
Králov Dvůr
tel.: 311 643 056
311 643 055
fax: 311 643 001

■ prodejní středisko MOKRÁ

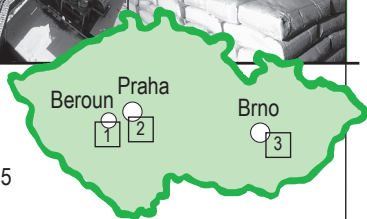
664 04 Mokrý
tel.: 544 122 219
fax: 544 226 151



1 Cementárna Králov Dvůr
267 01 Králov Dvůr u Berouna
tel.: 311 643 056, fax: 311 643 001

2 Cementárna Radotín, 153 02 Praha 5
tel.: 257 002 111, fax: 257 002 202

3 Cementárna Mokrý, 664 04 Mokrý, tel.: 544 122 111, fax: 544 226 151



www.cmcem.cz

e-mail: info@cmcem.cz



ČESKOMORAVSKÉ ŠTĚRKOVNY

HEIDELBERGCEMENT Group

Českomoravské štěrkovny

vyrábí ve svých 20-ti provozovnách v oblasti jižní a severní Moravy a Vysočiny kompletní sortiment drceného kameniva a štěrkopísku.

VÝROBNÍ PROGRAM:

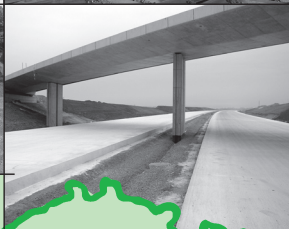
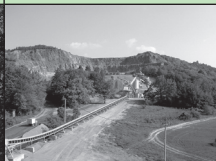
- kamenivo do betonu (EN12620)
- kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch (EN 13043)
- kamenivo pro malty (EN 13139)
- kamenivo pro stmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a komunikace (EN 13242)
- kamenivo pro kolejové lože (EN 13450)

KONTROLA KVALITY:

Vlastní zkušebna kameniva umožňuje konstantní sledování a udržování kvality kameniva a provádění specifických zkoušek dle požadavků zákazníka.

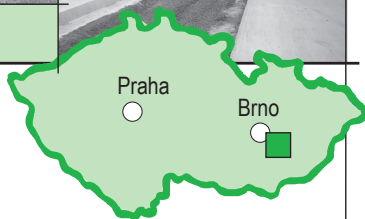
ČESKOMORAVSKÉ ŠŤERKOVNY

HEIDELBERGCEMENTGroup



KONTAKT:

- Mokrá 359
664 04 Mokrá
tel.: 544 122 104
fax: 544 122 536



www.cmsterk.cz

cmsterk@cmsterk.cz

[illegible]