

“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

# **Európske smernice pre samozhutniteľný betón**

**Požiadavky, výroba a použitie**



**Máj 2005**

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### PREDSLOV

Tieto smernice a požiadavky boli pripravené Európskou projektovou skupinou (EPS) zahrňujúcou päť európskych federácií zameranou na podporu moderných materiálov a systémov pre dodávku a použitie betónu. Projektová skupina pre samozhutniteľný betón bola založená v roku 2004 zástupcami z:

<b>BIBM</b>	The European Precast Concrete Organisation (Európska organizácia výrobcov prefabrikovaného betónu).
<b>CEMBUREAU</b>	The European Cement Association (Európska asociácia výrobcov cementu).
<b>ERMCO</b>	The European Ready-mix Concrete Organisation (Európska organizácia výrobcov transportbetónu).
<b>EFCA</b>	The European Federation of Concrete Admixture Associations (Európska federácia výrobcov prísad do betónu)
<b>EFNARC</b>	The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (Európska federácia špecialistov pre stavebnú chémiu a systémy z betónu).

Všetky pripomienky k európskym smerniciam pre samozhutniteľný betón je treba predložiť sekretárovi  
EPS na:  
**[www.efca.info](http://www.efca.info)** alebo **[www.efnarc.org](http://www.efnarc.org)**

### POĎAKOVANIE

Európska projektová skupina ďakuje širokej skupine expertov betonárskeho a stavebného priemyslu za ich príspevok pri príprave návrhu tohto dokumentu. Päť pracovných skupín EPS čerpalo skúsenosti zo samozhutniteľným betónom od viacej ako 50 ľudí z 12 európskych krajín, zo spolupráce s betonárskou spoločnosťou Veľkej Británie a z projektu EC „TESTING-SCC“ z rokov 2001 – 2004.

Grafy a fotografie boli dodané:

Betonsol BV, NL

Degussa

Doka Schalungstechnik GmbH

Hanson

Holcim

Price and Myers Consulting Engineers

Lafarge

Sika

The “TESTING-SCC” project

W. Bennenk

I keď bola veľká pozornosť, zodpovedajúca našim najlepším znalostiam, venovaná všetkým údajom a informáciám tu uvedeným, tieto sú presne v tom rozsahu aký bol daný buď bežne používanou praxou alebo obecným technickým názorom v čase vydania tejto publikácie. Preto projektová skupina pre samozhutniteľný betón neberie na seba žiadnu zodpovednosť za žiadne chyby alebo nesprávny výklad týchto údajov a/alebo informácií a ani za straty a škody spôsobené týmto alebo použitím týchto smerníc.

Všetky práva sú vyhradené, žiadna časť tohto dokumentu nesmie byť rozmnožovaná a reprodukováná bez súhlasu EPS. Vydanie týchto smerníc a ich preklad bol povolený ERMCO pre všetky národné organizácie výrobcov transportbetónu ERMCO.

Vydala Slovenská asociácia výrobcov transportbetónu ako interný dokument pre svojich členov, október 2005. Smernice neprešli jazykovou kontrolou.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Rozsah</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Súvisiace normy</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Názvy a definície</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Technické vlastnosti</b>	<b>9</b>
5.1	Všeobecne	9
5.2	Pevnosť v tlaku	9
5.3	Pevnosť v ťahu	9
5.4	Statický modul pružnosti	10
5.5	Dotvarovanie	10
5.6	Zmrašťovanie	10
5.7	Súčiniteľ tepelnej rozťažnosti	11
5.8	Súdržnosť s výstužou, predpínanie a predpínacie drôty	11
5.9	Schopnosť prenášať šmykovú silu medzi jednotlivými liatymi vrstvami	12
5.10	Odolnosť voči ohňu	12
5.11	Trvanlivosť	12
5.12	Literatúra	13
<b>6</b>	<b>Stanovenie minimálnych požiadaviek na SZB pre transportbetón a betón miešaný na stavbe</b>	<b>14</b>
6.1	Všeobecne	14
6.2	Technické požiadavky (špecifikácie)	14
6.3	Požiadavky v čerstvom stave	15
6.4	Klasifikácia spracovateľnosti (konzistencie)	16
6.5	Príklady technických požiadaviek (špecifikácií)	18
<b>7</b>	<b>Základné materiály</b>	<b>19</b>
7.1	Všeobecne	19
7.2	Cement	19
7.3	Prímesi	19
7.4	Kamenivo	20
7.5	Prísady	21
7.6	Farbivá	22
7.7	Vlákná	22
7.8	Zámesová voda	22
<b>8</b>	<b>Zloženie čerstvého betónu</b>	<b>23</b>
8.1	Všeobecne	23
8.2	Zásady návrhu zloženia čerstvého betónu	23
8.3	Skúšobné metódy	23
8.4	Základný návrh čerstvého betónu	24
8.5	Prístup k návrhu zloženia čerstvého betónu	25
8.6	Znížená citlivosť na malé odchýlky v hmotnosti (robustnosť) v čerstvom stave	27
<b>9</b>	<b>Výroba SZB pre transportbetón a betón miešaný na stavbe</b>	<b>28</b>
9.1	Všeobecne	28
9.2	Skladovanie základných materiálov	28
9.3	Miešacie zariadenie a pokusné zmesi	28
9.4	Miešací proces na betonárni	29
9.5	Výrobná kontrola	30
9.6	Doprava a dodávky	30
9.7	Preberanie na stavbe	31

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

<b>10 Požiadavky na stavenisku a príprava</b>	<b>32</b>
10.1 Všeobecne	32
10.2 Kontrola na stavenisku	32
10.3 Úprava zmesi	32
10.4 Kontrola a kvalifikácia	32
10.5 Tlak na debnenie	33
10.6 Návrh debnenia	33
10.7 Príprava debnenia	33
10.8 Debnenie pre čerpanie betónu zospodu	34
<b>11 Ukladanie a konečná úprava na stavenisku</b>	<b>36</b>
11.1 Všeobecne	36
11.2 Vykládka	36
11.3 Ukladací proces a jeho rýchlosť	36
11.4 Ukladanie betónu pomocou čerpadla	38
11.5 Ukladanie betónu pomocou klzného žľabu a skipu	38
11.6 Vibrácia	39
11.7 Konečná úprava povrchu dosiek	39
11.8 Ošetrovanie	40
<b>12 Prefabrikované výrobky</b>	<b>41</b>
12.1 Všeobecne	41
12.2 Technické požiadavky na výrobky z prefabrikovaného betónu pri použití SZB	41
12.3 Návrh zloženia čerstvého SZB pre prefabrikované výrobky	41
12.4 Formy	42
12.5 Výroba v závode	42
12.6 Ukladanie	43
12.7 Konečná úprava povrchu, ošetrovanie a odformovanie	43
<b>13 Vzhľad a úprava povrchu</b>	<b>44</b>
13.1 Všeobecne	44
13.2 Bublíny	45
13.3 Štrkové hniezda	45
13.4 Rovnomernosť zafarbenia a odchýlky povrchu	46
13.5 Zníženie počtu povrchových trhlín	46

## PRÍLOHY

<b>Príloha A: Požiadavky na samozhutniteľný betón</b>	<b>47</b>
A.1 Rozsah	47
A.2 Odkazy na normy	47
A.3 Definície, symboly a skratky	47
A.4 Klasifikácia	48
A.5 Požiadavky na betón a metódy overovania	49
A.6 Dodávky čerstvého betónu	49
A.7 Kontrola zhody a kritériá zhody	50
A.8 Kontrola výroby	51
<b>Príloha B: Skúšobné metódy</b>	<b>52</b>
Skúšanie čerstvého betónu – Časť B1: Skúška rozliatím a stanovenie hodnoty času $T_{500}$ pre samozhutniteľný betón	52
Skúšanie čerstvého betónu – Časť B2: Skúška „V-lievikom“	55
Skúšanie čerstvého betónu – Časť B3: Skúška „L-forma“	58
Skúšanie čerstvého betónu – Časť B4: Sitová skúška odolnosti voči segregácii	62
<b>Príloha C: Zlepšovanie konečného vzhľadu SZB</b>	<b>64</b>

## 1 ÚVOD

Samozhutniteľný betón (SZB) je inovovaný betón, ktorý nevyžaduje vibrovanie pri ukladaní a zhutňovaní. Je v stave tieť vplyvom vlastnej váhy, úplne vyplniť debnenie a dosiahnuť plné zhutnenie aj v silne vystužených prierezoch. Zatvrdnutý betón je hutný, homogénny a má tie isté technické vlastnosti a trvanlivosť ako tradičný vibrovaný betón.

Betón, ktorý vyžaduje len málo vibrácie sa používal v Európe už po roku 1970, ale samozhutniteľný betón bol vyvinutý koncom 80 – tých rokov minulého storočia v Japonsku. V Európe bol pravdepodobne po prvý krát použitý v stavebníctve na výstavbu dopravnej siete vo Švédsku uprostred 90 –tých rokov minulého storočia. Európska rada založila pre roky 1997 – 2000 nadnárodný projekt vedený priemyslom „SZB“ a od vtedy SZB zaznamenal stále rastúce používanie v európskych krajinách.

SZB ponúka vysokú rýchlosť ukladania betónu, s rýchlejším tempom výstavby a ľahkosťou obtekania výstuže v silne vystužených prierezoch. Tekutosť a odolnosť voči segregácii samozhutniteľného betónu zabezpečuje vysokú úroveň homogenity betónu, minimum dutín v betóne a rovnomernú pevnosť betónu, vytvárajúcu predpoklady pre vysokú úroveň konečného vzhľadu a trvanlivosť konštrukcie. SZB sa často vyrába s nízkym vodným súčiniteľom, ktorý vytvára predpoklad pre dosiahnutie vysokej počiatkovej pevnosti a tým pre rýchlejšie odformovanie a možnosť skoršieho využívania prvkov a konštrukcií.

Vylúčenie vibračného zariadenia zlepšuje životné prostredie v mieste a okolí zhotovovania stavebnej konštrukcie a ďalej vo výrobní prefabrikátov, tam kde sa ukladá betón, pričom sa znižuje vystavenie pracovníkov hluku a vibrácií.

Zlepšenie stavebného využitia a výkonnosti, spojené s prínosmi z hľadiska zdravia a bezpečnosti pracovníkov vytvárajú zo SZB veľmi atraktívne riešenie pre oboje: prefabrikáciu i stavebnú výrobu.

V roku 2002 EFNARC publikovala jej „Požiadavky a smernice pre SZB“, ktoré v tejto dobe predstavovali dosiahnutý stav vedomostí a poznatkov pre výrobcov a užívateľov. Odvtedy bolo publikovaných veľa dodatočných technických informácií o SZB, ale európske technické normy pre navrhovanie, výroby a konštrukcie sa dosiaľ špeciálne neodvolávajú na SZB a tým sa obmedzila širšia akceptácia SZB pre použitie na stavbách, hlavne u špecifikátorov a kupujúcich.

V roku 1994<sup>1</sup> päť európskych organizácií BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA a EFNARC, ktoré sa venujú podpore nových moderných materiálov a systémov pre dodávky a použitie betónu vytvorilo „Európsku projektovú skupinu“ na posúdenie súčasných najlepších praktických postupov a na vytvorenie nového dokumentu zahrňujúceho všetky aspekty SZB. Tento dokument **„Európske smernice pre samozhutniteľný betón“** sa zameriava hlavne na otázky a problémy, ktoré nie sú v európskych špecifikáciách technických noriem a dohodnutých skúšobných metódach.

## 2 ROZSAH

**„Európske smernice pre samozhutniteľný betón“**, ktoré predstavujú súčasný stav znalostí a poznatkov sú adresované k tým špecifikátorom, projektantom, kupujúcim, výrobcom a užívateľom, ktorí si želajú zvýšiť svoju profesionalitu a používať SZB. Smernice boli pripravené za použitia rozsiahlych skúseností a poznatkov dostupných Európskej projektovej skupine. Navrhované špecifikácie a súvisiace skúšobné metódy pre transportbetón a betón miešaný na stavbe sú uvádzané vo forme, ktorá predchádza formátu technickej normy, s predpokladom umožnenia vytvorenia normy na európskej úrovni. Tento prístup by mal povzbudiť nárast akceptácie a používania SZB.

**„Európske smernice pre samozhutniteľný betón“** definujú SZB a viacero technických názvov, ktoré sa používajú na popis jeho vlastností a použitia. Poskytujú tiež informácie o technických normách vzťahujúcich sa na skúšanie a na súvisiace základné materiály používané pri výrobe SZB.

---

<sup>1</sup> Správne má byť 2004 – pozn. prekl.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Trvanlivosť a ostatné technické vlastnosti zatvrdnutého betónu sú tiež zahrnuté, aby sa tak znovu zabezpečil pre projektantov súlad SZB s EN1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií (Eurokód 2).

Smernice zahrňujú informácie, ktoré sú spoločné pre transportbetón, betón miešaný na stavbe a prefabrikovaný betón. Kapitola 12 je venovaná špeciálnym požiadavkám prefabrikovaných výrobkov.

Smernice sú koncipované s dôrazom na transportbetón a betón miešaný na stavbe, kde sú požiadavky medzi kupujúcim a dodávateľom vo vzťahu k špecifikácii betónu v čerstvom i zatvrdnutom stave. Navyše zahrňujú smernice špecifické a dôležité požiadavky pre kupujúceho SZB s ohľadom na prípravu staveniska a metódy ukladania, ktoré sú odlišné od tradičného vibrovaného betónu.

Špecifikácia prefabrikovaného betónu je spravidla založená na kvalite finálneho betónového výrobku v jeho zatvrdnutom stave podľa požiadaviek príslušných výrobových noriem a na EN 13369: Spoločné zásady pre prefabrikované výrobky. EN 13369 sa vzťahuje len na časti EN 206-1, týkajúce sa požiadaviek na betón v zatvrdnutom stave. Požiadavky na betón v čerstvom stave budú stanovené výrobcami vo vlastných interných špecifikáciách.

Dokument popisuje vlastnosti SZB v čerstvom a zatvrdnutom stave a dáva odporúčenia kupujúcemu transportbetón a betón miešaný na stavbe a tiež ako má byť SZB špecifikovaný vo vzťahu k platnej norme pre konštrukčný betón – EN 206-1. Popisuje tiež skúšobné metódy, ktoré sa používajú pre podporu tejto špecifikácie. Priložené špecifikácie a skúšobné metódy sú uvádzané v pred normovej podobe, ktorá odzrkadľuje platné európske normy pre betón.

Dáva sa tiež odporúčenie pre výrobcov základných materiálov, ich kontrolu a vzájomné pôsobenie. Pretože existujú viaceré rozdielne prístupy k návrhu zloženia zmesí SZB, žiadna z uvedených metód nie je uprednostňovaná, ale sa uvádza zoznam článkov popisujúcich rôzne metódy návrhu zloženia zmesí.

Odberateľovi/užívateľovi transportbetónu a betónu miešaného na stavbe sú dané odporúčania pre dodávky a ukladanie betónu. Pretože sa akceptuje, že SZB je výrobok používaný v oboch odvetviach: prefabrikácii a stavebnej výrobe, smernice sa pokúšajú dať špecifické odporúčenia vzťahujúce sa na rôzne požiadavky obidvoch odvetví stavebníctva. Napr. skorý začiatok tuhnutia a vysoká počiatočná pevnosť je dôležitá pre výrobcov prefabrikátov, zatiaľ čo udržanie spracovateľnosti môže byť dôležitejšie pre použitie na stavbe.



### 3 SÚVISIACE NORMY

EN 197-1	Cement. Časť 1: Zloženie, špecifikácia a kritériá na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie
EN 206-1	Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
EN 450-1	Popolček do betónu. Časť 1: Definície, špecifikácie a kontrola kvality
EN 450-2	Popolček do betónu. Časť 2: Kontrola zhody
EN 934-2	Prísady do betónu, mált a zalielok. Časť 2: Prísady do betónu – definície, požiadavky, zhoda, označovanie a etiketovanie
EN 1008	Zámesová voda do betónu. Špecifikácia odberu vzoriek, skúšania a preukazovania vhodnosti vody, vrátane recyklovanej vody z postupov betonárskych prác, ako zámesovej vody do betónu
EN1992-1	Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby Časť 1-2: Všeobecné pravidlá – Navrhovanie konštrukcií na účinky zaťaženia požiarom
EN 12350-1	Skúšanie čerstvého betónu: Časť 1: Odber vzoriek
EN 12350-2	Skúšanie čerstvého betónu: Časť 2: Skúška sadnutím
EN 12620	Kamenivo do betónu
EN 12878	Pigmenty na farbenie stavebných materiálov na báze cementu a/alebo vápna. Špecifikácie a skúšobné metódy
EN 13055-1	Ľahké kamenivo. Časť 1: Ľahké kamenivo do betónu, malty a injektážnej malty
EN 13263-1	Kremičitý úlet do betónu. Časť 1: Definície, požiadavky a kontrola zhody
EN 13263-2	Kremičitý úlet do betónu. Časť 2: Hodnotenie zhody
EN 13369	Spoločné pravidlá pre betónové prefabrikáty
EN 13670	Vykonávanie betónových konštrukcií
EN 14889	Vlákná do betónu
EN 15167-1	Mletá granulovaná vysokopecná troska do betónu, mált a zalielok. Časť 1: Definície, špecifikácie a kritériá zhody
EN 15167 -2	Mletá granulovaná vysokopecná troska do betónu, mált a zalielok. Časť 2: Hodnotenie zhody
EN ISO 5725	Presnosť (pravdivosť a presnosť) meracích metód a výsledky
EN ISO 9001	Systémy manažérstva kvality. Požiadavky

**POZNÁMKA:** Niektoré z týchto európskych noriem sú ešte stále v príprave (niektoré ešte nie sú zavedené do sústavy slovenských noriem); odkazy by mali byť urobené na najnovšiu verziu noriem, u noriem bez uvedenia dátumu.

### 4 NÁZVY A DEFINÍCIE

Pre účely tejto publikácie boli použité nasledovné definície:

#### **Prímes**

Jemne delené anorganické látky používané do betónu za účelom zlepšenia určitých vlastností, alebo na dosiahnutie špeciálnych vlastností. Táto publikácia uvádza dva druhy anorganických prímiesí definovaných v EN 206-1 a to: temer inertné prímеси (druh I.), puzolánové alebo latentne hydraulické prímеси (druh II.).

#### **Prísady**

Materiál pridávaný počas miešania betónu v malých množstvách, ktoré sú vo vzťahu k množstvu cementového spojiva, za účelom úpravy vlastností čerstvého a zatvrdnutého betónu.

#### **Spojivo**

Kombinácia cementu a prímiesi druh II.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### **Vyplňovacia schopnosť**

Schopnosť čerstvého betónu roztekať sa a vyplniť všetok priestor v debnení pôsobením vlastnej hmotnosti.

### **Jemná frakcia**

Pozri „Múčka“.

### **Roztekavosť**

Ľahkosť roztekania čerstvého betónu neobmedzeného debnením a/alebo výstužou.

### **Tekutosť**

Ľahkosť roztekania čerstvého betónu.

### **Malta**

Časť betónu zahrňujúca pastu a kamenivo menšie ako 4 mm.

### **Pasta**

Časť betónu zahrňujúca múčku, vodu a vzduch, plus prísadu, ak sa používa.

### **Schopnosť pretekať**

Schopnosť čerstvého betónu pretekať cez úzke otvory, aké sú medzi výstužnými tyčami, bez odlučovania a zaklínovania (blokovania).

### **Múčka (jemné častice)**

Materiál s veľkosťou zrna menšou ako 0,125 mm .

POZNÁMKA: Zahrňuje časť cementu, prímiesí a kameniva s touto veľkosťou zrn.

### **Betón špecifikovaných vlastností**

Betón u ktorého výrobca zabezpečí splnenie požiadaviek na dobré ukladanie, zhutnenie a ošetrovanie a pre ktorý výrobca nemusí deklarovať jeho zloženie.

### **Znížená citlivosť na malé odchýlky v množstve (robustnosť)**

Schopnosť betónu udržať svoje vlastnosti v čerstvom stave, v prípade výskytu malých odchýlok vo vlastnostiach alebo množstvách základných materiálov.

### **Samozhutniteľný betón (SZB)**

Betón, ktorý je schopný tiecť a spevňovať sa účinkom vlastnej hmotnosti, úplne vyplniť debnenie, aj vo vysoko vystuženom priereze, za súčasného udržiavania homogenity a bez potreby hocijakého dodatočného zhutnenia.

### **Odolnosť voči segregácii**

Schopnosť betónu zostať homogénny vo svojom zložení, pokiaľ je v čerstvom stave.

### **Rozliatie**

Stredná hodnota priemeru rozliatia čerstvého betónu pri použití bežného kužela na stanovenie spracovateľnosti.

### **Tixotropia**

Tendencia materiálu (napr. SZB) k postupnej strate tekutosti v prípade, že sa ponechá v kľude a schopnosť znovu ju získať ak sa použije energia.

### **Viskozita**

Odpor voči tečeniu materiálu (napr. SZB), ak tečenie už započalo.

POZNÁMKA: V prípade SZB môže byť vzťahované k rýchlosti tečenia  $T_{500}$  pri skúške rozliatia alebo čas vytečenia pri skúške V – lievikom.

### **Prísada upravujúca viskozitu (VMP)**

Prísada pridaná do čerstvého betónu za účelom zvyšovania súdržnosti a odolnosti voči rozmiešavaniu (segregácii).



## 5 TECHNICKÉ VLASTNOSTI

### 5.1 Všeobecne

Samozhutniteľný betón a tradičný vibrovaný betón rovnakej pevnosti v tlaku majú porovnateľné vlastnosti a v prípade, že existujú rozdiely, tieto sú spravidla pokryté bezpečnostnými predpokladmi (rezervami) pri návrhu, na ktorých sú založené normy (kódy) pre navrhovanie. Avšak zloženie SZB sa odlišuje od tradičného betónu a tak informácie o hociktorých malých odlišnostiach, ktoré môžu byť pozorované sa uvádzajú v nasledujúcich odsekoch. Všade, kde je to možné je vykonaný odkaz na EN 1992-1 a EN 206-1:2000 [1] [2].

Trvanlivosť, schopnosť betónovej konštrukcie odolávať okolitému agresívnemu prostrediu počas svojej navrhutej životnosti bez narušenia požadovaných vlastností, sa spravidla berie v úvahu pri špecifikácii účinkov prostredia. To vedie k medzným hodnotám v zložení betónu a k minimálnym hodnotám krytia výstuže.

Pri návrhu betónových konštrukcií môžu inžinieri upozorniť na rad vlastností betónu, ktoré nie sú vždy súčasťou špecifikácie betónu. Najvýznamnejšie sú:

- Pevnosť betónu v tlaku
- Pevnosť betónu v ťahu
- Modul pružnosti
- Dotvarovanie
- Zmrašťovanie
- Súčiniteľ tepelnej rozťažnosti
- Súdržnosť s výstužou
- Únosnosť v šmyku v studených spojoch
- Odolnosť voči ohňu

Tam kde je hodnota a/alebo vývoj špecifickej vlastnosti betónu v čase kritický, musia sa vykonať skúšky berúc v úvahu účinky prostredia a rozmery konštrukcie.

### 5.2 Pevnosť v tlaku

Samozhutniteľný betón s obdobným vodným súčiniteľom alebo s obdobným pomerom spojiva a vody, bude mať spravidla o trochu vyššiu pevnosť v porovnaní s tradičným vibrovaným betónom, vzhľadom na nedostatok vibrácie, ktorá dáva zlepšenú väzbu medzi kamenivom a tvrdnúcou pastou. Nárast pevnosti bude rovnaký a tak skúška zretia betónu (maturity test) je efektívny spôsob kontroly nárastu pevnosti bez ohľadu na to, či sa používa alebo nepoužíva urýchľovanie tuhnutia a tvrdnutia za použitia ohrevu.

Veľa vlastností betónu je vo vzťahu k pevnosti betónu v tlaku, je to jedna z technických vlastností betónu, ktorá sa rutinne predpisuje a skúša.

### 5.3 Pevnosť v ťahu

Samozhutniteľný betón môže byť dodávaný v každej predpísanej triede pevnosti v tlaku. Pre danú pevnostnú triedu a vek, pevnosť v ťahu sa bezpečne môže predpokladať, že bude rovnaká, ako tá, ktorá je u bežného betónu, pretože objem pasty (cement + jemné častice + voda) nemá žiaden významný vplyv na pevnosť v ťahu.

Pri návrhu vystužených betónových prierezov, pevnosť betónu v ťahu za ohybu sa používa pre vyhodnotenie času vzniku trhlín v predpätých konštrukciách, pre návrh výstuže na kontrolu šírky a rozmiestnenia trhlín, ktoré sú výsledkom obmedzovaného tepelného zmraštenia „mladého“ betónu, pre

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

kreslenie obrázkov ohybových momentov, pre navrhovanie nevystužených betónových vozoviek (dlažieb) a pre betón vystužený vláknami.

U predpätých prvkov pevnosť v priečnom ťahu okolo predpínacích lán rovnako ako i rozsah vtiahnutia lán (pokiaľ) v koncových častiach prvkov pri uvoľňovaní predpínacích síl, sú vo vzťahu k hodnote  $f_{ct}$ , pevnosť v tlaku pri uvoľňovaní predpätia. Všeobecne je potrebné sa vyhnúť trhlinám vznikajúcim vplyvom pevnosti v priečnom ťahu.

### 5.4 Statický modul pružnosti

Modul pružnosti ( $E$  – hodnota, pomer medzi napätím a deformáciou) sa používa vo výpočtoch priehybov v pružnosti, často ako kontrolný ukazovateľ pri návrhu dosiek a predpätých prvkov (predom predpätých i dodatočne predpínaných).

Pretože podstatnou časťou v objeme betónu je kamenivo, druh a množstvo kameniva, rovnako aj jeho hodnota  $E$  – modulu majú najväčší vplyv na hodnotu  $E$  – modulu betónu. Avšak zvyšujúce sa množstvo objemu pasty môže znížiť  $E$  – hodnotu. Pretože SZB má často vyšší obsah pasty ako tradičný vibrovaný betón, určité rozdiely sa očakávajú a  $E$  – hodnota môže byť o niečo nižšia, ale toto môže byť primerane vykryté bezpečnostnou rezervou pri navrhovaní, na ktorej je založený vzorec stanovený v EN 1992-1-1.

Ak má SZB mierne nižší  $E$  – modul ako tradičný vibrovaný betón, toto ovplyvní vzťah medzi pevnosťou v tlaku a vzopätím z dôvodu predopnutia alebo dodatočného predpätia. Z týchto dôvodov by sa mal starostlivo overiť a kontrolovať vzťah medzi pevnosťou a vhodnou dobou na predpínanie, respektíve na dodatočné predpínanie predpínacích drôtov alebo ich uvoľnenie.

### 5.5 Dotvarovanie

Dotvarovanie je definované ako postupný nárast deformácií v čase pri konštantnom napätí, tiež berúc do úvahy iné deformácie závislé na čase, ktoré nesúvisia s použitým napätím, t.j. zmršťovanie, naboptnávanie a teplotné deformácie.

Dotvarovanie v tlaku znižuje predpínacie sily v predpätých betónových prvkoch a spôsobuje pomalý prenos zaťaženia z betónu na výstuž. Dotvarovanie v ťahu môže byť prospešné, pretože v takom prípade čiastočne uvoľňuje napätie vyvolané inými obmedzujúcimi pohybmi, napr. zmršťovaním vysúšaním a teplotnými vplyvmi.

Dotvarovanie sa vyskytuje v cementovej paste a je ovplyvnené pórovitosťou, ktorá je v priamom vzťahu s vodným súčiniteľom. Počas hydratácie sa pórovitosť cementovej pasty znižuje a tak pre daný betón sa dotvarovanie znižuje, pokiaľ pevnosť narastá. Druh cementu je dôležitý, ak čas na vyvodenie zaťaženia je pevne stanovený. Cementy, ktoré hydratujú rýchlejšie budú mať vyššiu pevnosť v čase zaťaženia, nižší pomer napätie / pevnosť a nižšie dotvarovanie. Pretože kamenivo obmedzuje dotvarovanie cementovej pasty, preto čím bude väčší objem kameniva v betóne a vyššia  $E$  – hodnota kameniva, tým bude menšia i hodnota dotvarovania.

Vzhľadom na vyšší objem cementovej pasty, súčiniteľ dotvarovania v SZB sa očakáva vyšší ako u bežného betónu rovnakej pevnosti, ale tieto rozdiely sú malé a sú vykryté bezpečnostnou rezervou pri navrhovaní zahrnutou v tabuľkách a vzorcoch stanovených v Eurokóde.

### 5.6 Zmrašťovanie

Zmrašťovanie predstavuje súčet vlastného zmrašťovania a zmrašťovania vysúšaním. Vlastné zmrašťovanie sa objavuje počas tuhnutia a je spôsobené vnútornou spotrebou vody počas hydratácie. Objem hydratačných produktov je menší ako pôvodný objem nezhydratovaného cementu a vody a toto zmenšenie objemu spôsobuje ťahové napätia, ktorých výsledkom je vlastné zmrašťovanie.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Zmrašťovanie vysušovaním je spôsobené stratou vody z betónu do atmosféry. Všeobecne je táto strata vody z cementovej pasty, ale u niekoľko málo druhov kameniva je hlavná strata vody z kameniva. Zmrašťovanie vysušovaním je relatívne pomalé a napätia, ktoré vyvoláva sú čiastočne vyvažované pomocou dotvarovania v ťahu.

Kamenivo obmedzuje zmrašťovanie cementovej pasty a tak čím je vyšší objem kameniva v betóne a vyššia E – hodnota kameniva, tým je nižšie zmrašťovanie vysušovaním. Zníženie maximálneho zrna kameniva, ktoré má za následok vyšší objem cementovej pasty, zvyšuje zmrašťovanie vysušovaním.

Hodnoty a vzorce dané v Eurokódoch pre bežný betón sú tiež platné pre SZB. Pretože pevnosť v tlaku je vo vzťahu k vodnému súčiniteľu, u SZB s nízkym vodným súčiniteľom je zmrašťovanie vysušovaním zmenšené a vlastné zmrašťovanie ho môže prevýšiť.

Vykonané skúšky dotvarovania a zmrašťovania rôznych typov SZB a referenčných (porovnávacích) betónov [7] ukazujú že:

- deformácia spôsobená zmrašťovaním môže byť väčšia
- deformácia spôsobená dotvarovaním môže byť menšia
- hodnota pre súčet deformácií od zmrašťovania a dotvarovania je takmer rovnaká.

Vzhľadom na obmedzovanie prítomnosti výstuže v priereze zmrašťovacie deformácie spôsobia ťah v betóne a tlak vo výstuži.

### 5.7 Súčiniteľ tepelnej rozťažnosti

Súčiniteľ tepelnej rozťažnosti betónu je charakterizovaný deformáciou spôsobenou v betóne pri zmene teploty o jednu jednotku, ak betón nie je obmedzovaný ani vnútorne (tyčami výstuže) ani navonok (externe).

Súčiniteľ tepelnej rozťažnosti betónu sa mení zložením betónu, jeho vekom a obsahom vlhkosti. Pretože hlavný objem v betóne predstavuje kamenivo, použitie kameniva s nižším súčiniteľom tepelnej rozťažnosti zníži súčiniteľ tepelnej rozťažnosti i výsledného betónu. Zníženie súčiniteľu tepelnej rozťažnosti vedie k proporcionálnemu zníženiu množstva výstuže, ktorá slúži na kontrolu vzniku trhlin.

Pretože rozsah koeficienta tepelnej rozťažnosti je  $8 - 13 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ , EN 1992-1-1 uvádza, že pokiaľ nieje dostupná presnejšia informácia, môže sa uvažovať ako  $10 - 13 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ . To isté sa môže uvažovať i v prípade SZB.

### 5.8 Súdržnosť s výstužou, predpínanie a predpínacie drôty

Železobetón je založený na účinnej súdržnosti medzi betónom a tyčami výstuže. Pevnosť betónu v súdržnosti musí byť dostatočná, aby sa predišlo porušeniu súdržnosti. Účinnosť súdržnosti je ovplyvnená polohou zaliatych tyčí a kvalitou ukladaného betónu. Je nutné primerané krytie výstuže, aby sa zabezpečil prenos napätí v súdržnosti medzi oceľou a betónom.

Nízka súdržnosť je často výsledkom zlyhania betónu úplne zaliať výstužné tyče počas ukladania betónu alebo odlučovania vody a rozmiešavania (segregácie) betónu pred zatvrdnutím, čo zníži kvalitu spojenia na spodnom povrchu. Tekutosť SZB a jeho súdržnosť minimalizuje tieto negatívne účinky, hlavne u horných výstužných tyčí u prierezov s veľkou výškou [5].

V prípade predpínacích lán sa prenos napätia a kotevná dĺžka v rôznych druhoch SZB porovnávala s chovaním vo vibrovanom betóne o tej istej pevnosti betónu v tlaku. Prenosová dĺžka pre predpínacie láná zapustené do SZB sa ukázala byť na strane bezpečnosti, ak sa porovnávala s vypočítanou hodnotou podľa EN 1992-1 a EN 206-1, pozri tiež [7] [8].

Hoci sú všeobecné vlastnosti v súdržnosti priaznivejšie ak sa použije SZB, pre danú pevnosť v tlaku sa musí použiť vzorec uvedený v Eurokóde.

### 5.9 Schopnosť prenášať šmykovú silu medzi jednotlivými liatymi vrstvami

Povrch tvrdnúceho SZB po jeho uložení a zatvrdnutí mal by byť skôr hladký a nepriepustný. Bez ďalšieho ošetrovania povrchu betónu po uložení prvej vrstvy, by schopnosť prenášať šmykovú silu medzi prvou a druhou vrstvou SZB mohla byť menšia ako u vibrovaného betónu a preto by mohla byť nedostatočná na prenos hocijakkej šmykovej sily. Ošetrovanie povrchu betónu, akým je použitie spomaľovačov tuhnutia povrchu betónu, úprava povrchu kefami a zdršňovanie povrchu by malo byť dostatočné na to, aby sa tomu zabránilo [7] [9].

### 5.10 Odolnosť voči ohňu

Betón je nehorľavý a nepodporuje šírenie plameňov. Nevytvára dym, toxické plyny alebo emisie, keď je vystavený ohňu a neprispieva k požiarnejmu zaťaženiu. Betón má nízku rýchlosť prenosu tepla, čo ho robí účinným ochranným štítom proti požiaru pre susediace oddelené priestory a pri bežných podmienkach požiaru, betón zachová väčšinu svojej pevnosti. Európska komisia dala betónu najvyššie možné protipožiarne označenie A1.

Požiarne odolnosť SZB je obdobná ako u bežného betónu [7]. všeobecne je nízko priepustný betón možno viac náchylný na vznik trhliniek a odpraskávanie, ale jeho závažnosť závisí na typu použitého druhu kameniva, kvalite betónu a obsahu vlhkosti [6]. SZB môže ľahko splniť požiadavky na betón o vysokej pevnosti, nízkej priepustnosti a bude sa pri požiaroch chovať obdobne ako bežný vysokopevnostný betón [7].

Použitie polypropylénových vlákien sa ukázalo ako účinné na zvýšenie odolnosti voči vzniku trhliniek a odpraskávaniu betónu. Tento jav sa vysvetľuje tým, že pri požiaroch sa vlákna tavia a sú absorbované do cementovej mriežky. Vlákňové dutinky vytvárajú potom expanzné komôrky pre paru, čo znižuje riziko odpraskávania betónu. Polypropylénové vlákna boli úspešne použité v SZB.

### 5.11 Trvanlivosť

Trvanlivosť betónovej konštrukcie je úzko spojená s priepustnosťou povrchovej vrstvy, ktorá by mala obmedziť prístup látok, ktoré môžu začať alebo podporovať možné rozrušovacie procesy (CO<sub>2</sub>, chloridy, sulfáty, voda, kyslík, alkálie, kyseliny, atď.) V praxi závisí trvanlivosť od výberu materiálu, zloženia betónu, rovnako ako aj na stupni kontroly počas ukladania, zhutňovania, konečnej úpravy povrchu a na ošetrovaní betónu.

Nedostatok zhutnenia povrchovej vrstvy spôsobený ťažkosťami pri vibrovaní v úzkom priestore medzi debnením a výstužnými tyčami alebo inými vložkami (napr. kotvy pre dodatočné predpínanie) bol zistený ako kľúčový faktor pre nízku trvanlivosť železobetónových konštrukcií vystavených agresívnemu prostrediu. Snaha o odstránenie tohto nedostatku bola jednou z hlavných príčin pre vývoj SZB v Japonsku.

Tradičný vibrovaný betón je vystavený zhutneniu pomocou vibrácie (alebo dusaním), čo je prerušovaný proces. V prípade vibrácie ponornými vibrátormi, aj keď je táto správne vykonaná, objem betónu v účinnej zóne vibrátora nedostáva všade rovnakú zhutňovaciu energiu. Rovnako v prípade vibrácie zvonku je výsledné zhutnenie v podstate nerovnomerné, závisí od vzdialenosti od zdroja vibrácie.

Výsledkom vibrácie je preto betón v konštrukcii s nerovnakým zhutnením a preto s rôznou priepustnosťou (permeabilitou), čo zvyšuje možnosť nerovnakého vstupu agresívnych látok. Prírodné dôsledky nesprávnej vibrácie (vytváranie štrkových hniezd, rozmiešavanie a odlučovanie vody v betóne, atď.) majú oveľa negatívnejší vplyv na priepustnosť a tak i na trvanlivosť. SZB so správnymi vlastnosťami by mal byť bez týchto nedostatkov a výsledkom by mal byť materiál s podstatne nižšou a rovnomernou priepustnosťou, ktorý má menej slabých miest pre rozrušovacie procesy vonkajšieho prostredia

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

a tak i lepšiu trvanlivosť. Porovnávanie priepustnosti medzi SZB a bežným vibrovaným betónom bude závisieť na výbere materiálov a na skutočnom vodnom súčiniteli alebo pomere vody a spojiva. Existujú skúšobné metódy buď normované v jednotlivých štátoch, alebo doporučené RILEM-om na meranie priepustnosti betónu v laboratóriu i na stavbe, ako ukazovateľa trvanlivosti. Obe EN 1992-1 a EN 206-1 berú do úvahy trvanlivosť stanovením normovaných požiadaviek pre stupne vplyvu prostredia, ktoré vedú k stanoveniu medzných hodnôt pre zloženie betónu a k stanoveniu minimálnych hodnôt krytia výstuže [1] [2].

### 5.12 Literatúra

- [1] EN1992-1 – Eurocode 2:Design of concrete structures Part 1 –1 – General rules and rules for buildings -Part 1-2 – General rules – Structural file design
- [2] EN206-1: 2000 - Concrete Part 1 – Specification, performance, production and conformity
- [3] BROOKS, J *Elasticity, shrinkage, creep and thermal movement*. Advanced Concrete Technology – Concrete properties, Edited by John Newman and Ban Seng Choo, ISBN 0 7506 5104 0, 2003.
- [4] HARRISON, T A *Early-age thermal crack control in concrete*. CIRIA Report 91, Revised edition 1992 ISBN 0 86017 329 1
- [5] SONEBI, M, WENZHONG,Z and GIBBS, J *Bond of reinforcement in self-compacting concrete – CONCRETE* July-August 2001
- [6] CATHER, R *Concrete and fire exposure*. Advanced Concrete Technology – Concrete properties, Edited by John Newman and Ban Seng Choo, ISBN 0 7506 5104 0, 2003.
- [7] DEN UIJL, J.A., *Zelfverdichtend Beton, CUR Rapport 2002-4* -Onderzoek in opdracht van CUR Commissie B79 Zelfverdichtend Beton, Stichting CUR, ISBN 90 3760 242 8.
- [8] VAN KEULEN, D, C, *Onderzoek naar eigenschappen van Zelfverdichtend Beton*, Rapport TUE/BCO/00.07, April 2000.
- [9] JANMAAT, D, WELZEN.M.J.P, *Schuifkrachtoverdracht in schuifvlakken van zelfverdichtend beton bij prefab elementen*, Master Thesis, Rapport TUE/CCO/A-2004-6.



Obrázok 5.1: Detail povrchu prefabrikátu zo SZB plneného pod debnením.

## 6 STANOVENIE MINIMÁLNYCH POŽIADAVIEK NA SZB PRE TRANSPORTBETÓN A BETÓN MIEŠANÝ NA STAVBE

### 6.1 Všeobecne

Špecifikácie, požiadavky na vlastnosti a na preukazovanie zhody pre konštrukčný betón sú dané v EN 206-1. Avšak v prípade SZB niektoré vlastnosti betónu v čerstvom stave prekračujú medzné hodnoty a triedy dané v týchto normách. Žiadna zo série skúšobných metód uvedených v platnej EN 12350 „Skúšanie čerstvého betónu“ nie je vhodná pre posúdenie kľúčových vlastností čerstvého SZB. Vhodné skúšobné metódy pre SZB sú uvedené v prílohe B týchto smerníc a uvažuje sa, že séria skúšobných metód v EN12350 bude rozšírená tak, aby pokryla i tieto skúšobné metódy.

Vyplňovacia schopnosť a stabilita betónu v čerstvom stave môže byť definovaná štyrmi hlavnými charakteristikami. Každá z týchto charakteristík môže byť skúšaná jednou, alebo viacerými skúšobnými metódami.

Charakteristika	Doporučená skúšobná metóda
Tekutosť	Skúška rozliatím
Viskozita (posudzovaná mierou roztekania)	T <sub>500</sub> , skúška rozliatím alebo skúška „V-lievik“
Schopnosť pretekať	Skúška „L-forma“
Segregácia (rozmiešavanie)	Skúška odolnosti voči segregácii (sitová)

Skúšobné metódy pre SZB sú popísané v prílohe B.

Všetky podrobnosti o špecifikáciách, výrobe a posudzovaní zhody SZB, kde tieto dopĺňajú EN 206-1, sú popísané v prílohe A.

Ďalšie odporúčenia na technické požiadavky pre SZB v čerstvom betóne sú uvedené v odseku 6.3. a 6.4.

### 6.2 Technické požiadavky (špecifikácie)

SZB sa bežne označuje ako betón predpísaného zloženia alebo betón špecifikovaných vlastností.

Metóda betónu predpísaného zloženia je vhodnejšia, kde špecifikátor a výrobca/užívateľ sú jedna skupina, napr. pri betóne miešanom na stavenisku.

Z obchodných dôvodov výrobca transportbetónu bude pravdepodobne uprednostňovať označenie betón špecifikovaných vlastností (pozri prílohu A), vyplývajúci z konzultácii medzi kupujúcim a výrobcom. Metóda betónu špecifikovaných vlastností sa zameriava na chovanie betónu a zodpovednosť výrobcu za dosiahnutie tohto chovania betónu. Pre špecifikátora nie je spravidla praktické navrhovať vlastný SZB a potom určovať zloženie čerstvého betónu pre výrobcu a ak ide touto cestou, nemôže tiež stanoviť pevnostnú triedu betónu.

Technické požiadavky pre SZB pri použití metódy betónu špecifikovaných vlastností by mali obsahovať:

- a) základné požiadavky dané v pododstavci 6.2.1 smernice
- b) dodatočné požiadavky dané v pododstavci 6.2.2 smernice, kde sa to požaduje

#### 6.2.1 Základné požiadavky

Technické požiadavky pre SZB by mali obsahovať:

- a) požiadavky zhodné s „Európskymi smernicami pre SZB, máj 2005, príloha A“;
- b) triedu pevnosti betónu (pozri poznámku 1 v EN 206-1:2000, 4.3.1)

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

- c) stupeň vplyvu prostredia a/alebo medzné hodnoty pre zloženie betónu, napr. max. hodnota v/c, min. obsah cementu. (pozri ustanovenia platné v mieste použitia)
- d) maximálnu veľkosť zrna kameniva
- e) kategóriu obsahu chloridov (pozri EN 206-1:2000, **5.2.7**)
- f) stupeň rozliatia alebo v špeciálnych prípadoch cieľovú hodnotu (pozri prílohu A, tabuľka A.6).

POZNÁMKA 1: V niektorých členských štátoch EU je stanovená len trieda pevnosti v zmysle národnej prílohy (NAD) k EN 206-1.

POZNÁMKA 2: treba zvážiť požiadavku na výrobcu, aby tento mal certifikovaný systém riadenia kvality spĺňajúci požiadavky EN ISO 9001.

### 6.2.2 Dodatočné požiadavky

Naviac ku základným požiadavkám (podostavec 6.2.1) technické požiadavky na SZB by mali obsahovať ktorúkoľvek z nasledujúcich dodatočných požiadaviek a ustanovení, ktoré sa pokladajú za nevyhnutné, určujúc pritom požiadavky na ich splnenie a skúšobné metódy, ak je to vhodné:

- a)  $T_{500}$  hodnota pre skúšku rozliatím (pozri prílohu A, tabuľku A.2) alebo stupeň podľa skúšobnej metódy „V – lievnik“ (pozri prílohu A, tabuľku A.3)
- b) Stupeň podľa skúšobnej metódy „L-forma“ alebo v špeciálnych prípadoch cieľovú hodnotu (pozri prílohu A, tabuľku A.4)
- c) Triedu odolnosti voči segregácii, alebo v špeciálnych prípadoch cieľovú hodnotu (pozri prílohu A, tabuľku A.5)
- d) Požiadavku na teplotu čerstvého betónu, ak sa odlišuje od hodnôt uvedených v EN 206-1:2000, **5.2.8**
- e) Iné technické požiadavky.

POZNÁMKA 1: Ak sa tieto skúšky vyžadujú, aby boli vykonávané pravidelne, mala by byť určená ich frekvencia.

### 6.3 Požiadavky v čerstvom stave

Špecifické požiadavky na SZB v čerstvom stave závisia od druhu použitia a zvlášť na:

- obmedzujúcich podmienkach vzťahujúcich sa ku geometrickému tvaru betónového prvku a množstva, druhu a umiestnenia výstuže, vložiek, výklenkov atď.
- zariadení na ukladanie betónu (napr. čerpadlo na betón, ukladanie priamo z domiešavača, skip, rúra)
- metóde ukladania betónu (napr. počet a poloha miest, z ktorých sa betónuje konštrukcia)
- metóde konečnej úpravy povrchu konštrukcie

Klasifikačný systém podrobne uvedený v prílohe A umožňuje stanoviť primerané technické požiadavky na SZB, aby boli pokryté tieto požiadavky, ktoré sú charakterizované ako:

• roztekание	Rozliatie R	3 stupne
• viskozita (meraná rýchlosťou roztekания)	Viskozita R alebo L	2 stupne
• schopnosť pretekať	Schopnosť pretekať SP	2 stupne
• odolnosť voči segregácii	Odolnosť voči segregácii OVS	2 stupne

Podrobnosti týchto skúšobných metód na skúšanie vyššie uvedených charakteristík sú uvedené v prílohe B. Informácie o výbere parametrov a stupňov sú uvedené v odseku 6.4.

Požiadavky na SZB v čerstvom stave, ktoré sú vhodné pre dané použitie by mali byť vybrané z jednej alebo viacerých charakteristík a potom určené stupňom alebo cieľovou hodnotou podľa prílohy A.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Pre transportbetón alebo betón miešaný na stavbe by mali byť charakteristiky a triedy starostlivo zvolené, kontrolované a posudzované na základe skúseností odberateľa a výrobcu betónu alebo na základe špeciálnych skúšok. Je preto veľmi dôležité, aby ten kto kupuje betón a výrobca betónu jasne definovali tieto charakteristiky pred začiatkom stavby (projektu).

Kupujúci betónu by mal vybrať len tie charakteristiky čerstvého betónu nevyhnutné pre určité použitie SZB a malo by sa vyhnúť nadmerným požiadavkám, či je to už v počte charakteristík alebo určených hodnotách stupňov. Rozliatie sa spravidla stanovuje pre všetky SZB.

Schopnosť pretekať, viskozita a odolnosť voči segregácii budú ovplyvňovať vlastnosti zatvrdnutého betónu na stavbe, ale mali by byť určené len vtedy, ak sú výslovne potrebné.

- ak je málo, alebo žiadna výstuž v betóne, tam nieje potrebné stanoviť ako požiadavku „schopnosť pretekať“
- viskozita môže byť dôležitá, ak sa vyžaduje dobrý vzhľad povrchu, alebo prierez je vysoko vystužený, ale nemala by byť požadovaná vo väčšine ostatných prípadoch
- odolnosť voči segregácii sa stáva čoraz viac dôležitejšia pri vyššej tekutosti a nižšej viskozite SZB, ale ak má byť stanovená jej hodnota, stupeň 1 sa ukazuje byť postačujúca pre väčšinu aplikácií.

Pozri odstavec 6.4 pre ďalšie odporúčenia a stanovenie požiadaviek.

Požadovaný čas na zachovanie konzistencie bude závisieť na čase dopravy a ukladania. Toto by malo byť určené a stanovené a je zodpovednosťou výrobcu zabezpečiť, aby SZB udržal svoje stanovené vlastnosti v čerstvom stave počas tejto doby.

SZB by sa mal ukladať v jednom neprerušenom liatí a preto rýchlosť dodávok betónu by mala byť prispôbena k rýchlosti ukladania betónu a tiež by mala byť odsúhlasená výrobcom, aby sa tak vyhlo prerušovania ukladania betónu pre nedostatok betónu alebo veľkým čakacím dobám medzi dodávkou betónu na stavbu a začiatkom jeho ukladania.

### 6.4 Klasifikácia spracovateľnosti (konzistencie)

#### 6.4.1 Rozliatie

Stupeň rozliatia charakterizuje roztekavosť čerstvého betónu bez obmedzení (napr. výstužou). Je to veľmi citlivá skúška, ktorá by spravidla mala byť stanovená pre všetky SZB, pretože v prvom rade odskúša, či konzistencia čerstvého betónu dosahuje predpísané hodnoty. Vizualne pozorovania počas skúšky a/alebo meranie  $T_{500}$  času môže dať dodatočné informácie o odolnosti voči segregácii a homogenite každej dodávky.

Nižšie sú uvedené typické stupne rozliatia pre rozsah použitia:

SF1 (550-650mm) je vhodná pre:

- nevystužené alebo málo vystužené betónové konštrukcie, ktoré sú betónované zhora s voľným pohybom z miesta dodávky (napr. stropné dosky)
- betonáž pomocou striekania čerpadlom (napr. tunelové ostenie)
- časti konštrukcie, ktoré sú dostatočne malé, aby sa tak zabránilo dlhému horizontálnemu roztekaniu (napr. pilóty a niektoré hlboké základy)

SF2 (660-750mm) je vhodná pre mnoho bežných použití (napr. steny, stĺpy)

SF3 (760-850mm) sa typicky vyrába z kameniva s malým maximálnym zrnom (menej ako 16mm) a je používaná pre zvislé aplikácie vo veľmi vystužených konštrukciách, konštrukciách veľmi zložitých tvarov, alebo plnenie zospodu debnenia. SF3 bude často dávať lepší vzhľad povrchu ako SF2 pre bežné vertikálne aplikácie ale odolnosť voči segregácii je ťažšie riadiť.



## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Cieľové hodnoty vyššie ako 850mm môžu byť stanovené v špeciálnych prípadoch, ale pritom sa musí venovať veľká pozornosť segregácii betónu a max. zrno kameniva by obvykle malo byť menšie ako 12mm.

### 6.4.2 Viskozita

Viskozita môže byť odhadnutá pri skúške „Čas  $T_{500}$ “ počas skúšky rozliatia alebo odhadnutá pomocou času pri skúške „V-lievik“. Získaná hodnota času nemeria viskozitu SZB, ale je v priamom vzťahu k nej tým, že udáva rýchlosť roztekania. Betón s nízkou viskozitou bude mať veľmi rýchle počiatkové roztekanie a potom sa zastaví. Betón s vysokou viskozitou môže pokračovať v pomalom pohybe dopredu i po dlhší čas.

Viskozita (nízka alebo vysoká) mala by byť stanovovaná len v špeciálnych prípadoch, aké sú nižšie uvedené. Meranie by bolo užitočné počas návrhu betónovej zmesi a tiež by bolo vhodné zaznamenávať čas  $T_{500}$  počas skúšky rozliatia, ako spôsob pre potvrdenie rovnorodosti jednotlivých dodávok SZB.

VS1/VF1 má dobrú vyplňovaciu schopnosť aj pri vysokom vystužení. Je schopná samozhutňovania a všeobecne má najlepší povrch. Avšak je viac pravdepodobné, že bude náchylná k odlučovaniu vody a segregácii.

VS2/VF2 nemá medznú hornú hranicu, ale s narastajúcim časom rozliatia je viacej pravdepodobné, že bude preukazovať tixotropické efekty, čo môže byť nápomocné v ohraničení tlaku debnenia (pozri odstavec 10.5) alebo zlepšovať odolnosť voči segregácii. Nepriaznivé účinky sa môžu prejaviť pri konečnom povrchu (bubliny) a citlivosti na zastavenia alebo omeškania medzi nasledujúcimi vztlakmi.

### 6.4.3 Schopnosť pretekať

Schopnosť pretekať popisuje schopnosť čerstvého betónu tiecť cez obmedzené priestory a úzke otvory akými sú medzery medzi tyčami hustej výstuže, bez segregácie a straty homogénosti, alebo spôsobenia blokovania prietoku. Pri definovaní schopnosti pretekať je nevyhnutné brať v úvahu geometriu a hustotu výstuže, roztekavosť/vyplňovaciu schopnosť betónu a max. zrno kameniva.

Definovaný rozmer kameniva je najmenšia medzera (obmedzujúca medzera) cez ktorú musí byť SZB kontinuálne pretekať, aby zaplnil debnenie. Medzera je spravidla, ale nie vždy vzťahovaná na umiestnenie výstuže. Pokiaľ je výstuž veľmi prehustená, priestor medzi výstužou a debnením sa zvyčajne neberie v úvahu, pretože SZB môže obklopiť tyče výstuže a nemusí nepretržite tiecť cez tieto priestory.

Príklady schopnosti pretekať sú uvedené nižšie:

- PA1 konštrukcie s medzerou od 80 do 100mm (napr. výstavba bytov, vertikálne konštrukcie)
- PA2 konštrukcie s medzerou od 60 do 80mm (napr. inžinierske stavebné konštrukcie)

Pre tenké dosky, kde je medzera väčšia ako 80mm a iné konštrukcie, kde medzera je väčšia ako 100mm sa nevyžaduje žiadne stanovenie schopnosti pretekať.

Pre konštrukcie zložitého tvaru s medzerou menšou ako 60mm môžu byť potrebné špeciálne skúšky na modeli.

### 6.4.4 Odolnosť voči segregácii

Odolnosť voči segregácii je podstatná pre homogenitu a kvalitu SZB na stavenisku. SZB môže mať segregáciu počas ukladania a tiež po ukladaní betónu, ale pred zatuhnutím. Segregácia, ktorá sa objavuje po uložení betónu bude viacej škodlivá v štíhlych prvkoch ale aj v tenkých doskách, môže viesť k povrchovým defektom, akými sú výskyt trhlín alebo mäkký povrch.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

V prípade nedostatku príslušných skúseností je uvedená nasledovná obecná smernica pre stupne odolnosti voči segregácii:

Odolnosť voči segregácii sa stáva dôležitým parametrom pri vyšších stupňoch rozliatia a/alebo pri nižších stupňoch viskozity, alebo pri takých podmienkach ukladania betónu, ktoré podporujú segregáciu. Ak sa nedá aplikovať žiadna z týchto podmienok, spravidla nie je nutné stanoviť triedu odolnosti voči segregácii.

SR1 sa dá všeobecne použiť pre tenké dosky a pre vertikálne použitie so vzdialenosťou rozliatia menšou ako 5 metrov a s obmedzujúcou medzerou väčšou ako 80mm.

SR2 je vhodná pre vertikálne použitie, ak je vzdialenosť rozliatia väčšia ako 5 metrov a s obmedzujúcou medzerou väčšou ako 80mm, s vedomím, že je treba vziať v úvahu možnosť vzniku segregácie počas roztekania.

SR2 sa môže tiež použiť pre vertikálne aplikácie s obmedzujúcou medzerou menšou ako 80mm, ak je vzdialenosť rozliatia menšia ako 5 metrov, ale ak rozliatie je väčšie ako 5 metrov, doporučuje sa cieľová hodnota pre SR menšia ako 10%.

SR2 alebo cieľová hodnota môžu byť stanovené, ak pevnosť a kvalita horného povrchu je zvlášť kritická.

### 6.5 Príklady technických požiadaviek (špecifikácií)

Nasledovná tabuľka vysvetľuje počiatočné parametre a triedy, ktoré sa musia vziať v úvahu pri stanovovaní technických požiadaviek na SZB pri jeho rôznych použitíach. Neberie v úvahu špeciálne obmedzujúce podmienky, geometrie prvkov, metódu ukladania betónu alebo charakteristiky materiálov, ktoré sa majú použiť v betónovej zmesi. Predtým ako sa stanovia konečné technické požiadavky, zvyčajne by sa mali prejednať s výrobcom betónu.

Viskozita				Odolnosť voči segregácii/schopnosť pretekať
VS 2 VF 2	Rampy			Stanov schopnosť pretekať pre SF1& 2
VS 1 alebo 2 VF 1 alebo 2 alebo cieľová hodnota.	Steny a piloty      štíhle a ihlovité			Stanov odolnosť voči segregácii pre SF 3
VS 1 VF 1	podlahy a dosky			Stanov odolnosť voči segregácii pre SF 2 & 3
	SF 1	SF 2	SF 3	
	Rozliatie			

### Vlastnosti SZB pre rôzne druhy použitia podľa Walraven, 2003

Walraven J (2003) Structural applications of self compacting concrete *Proceedings of 3rd RILEM International Symposium on Self Compacting Concrete*, Reykjavik, Iceland, ed. Wallevik O and Nielsson I, RILEM Publications PRO 33, Bagneux, France, August 2003 pp 15-22

## 7 ZÁKLADNÉ MATERIÁLY

### 7.1 Všeobecne

Základné materiály v SZB sú rovnaké, ako sa používajú v tradičnom vibrovanom betóne podľa EN 206-1. Vo väčšine prípadov požiadavky na základné materiály sú individuálne pokryté špecifickými európskymi normami. Avšak, aby bolo zaistené rovnaké správanie sa SZB, je potrebná dodatočná starostlivosť pri počiatocnom výbere a tiež pri priebežnom monitorovaní rovnomernosti prichádzajúcich dodávok. Aby sa splnili tieto požiadavky musí byť zvýšená kontrola základných vstupných materiálov a obmedzené dovolené odchýlky vlastností. Preto denná výroba SZB je v rámci kritérií pre preukazovanie zhody bez potreby skúšať a/alebo upravovať každú dodávku.

### 7.2 Cement

Všetky cementy, ktoré zodpovedajú EN 197-1 sa môžu použiť na výrobu SZB. Správny výber druhu cementu je bežne určený špeciálnymi požiadavkami pre každé použitie alebo tým, ktorý cement používa výrobca, skôr ako špecifickými požiadavkami na SZB.

### 7.3 Prímеси

S ohľadom na požiadavky na čerstvý SZB sa bežne používajú inertné alebo puzolánové hydraulické prímеси, aby sa tak zlepšila a udržala súdržnosť betónu a jeho odolnosť voči segregácii.

Prímеси sú hodnotené podľa ich reakčnej schopnosti s vodou:

Druh I.	inertná alebo semi-inertná	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minerálne plnivo (vápenec, dolomit, atď)</li> <li>• pigmenty</li> </ul>
Druh II.	puzolánová	<ul style="list-style-type: none"> <li>• popolček podľa EN 450</li> <li>• kremičitý úlet podľa EN 13263</li> </ul>
	hydraulická	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mletá granulovaná vysokopecná troska (ak nieje zahrnutá v cemente podľa EN 197-1, môžu sa použiť národné normy, pokiaľ nebude publikovaná nová norma EN 15167)</li> </ul>

Prímеси, ktoré nie sú zahrnuté v cemente podľa EN 197-1, nemôžu byť tak dobre kontrolované, čo sa týka krivky zrnitosti a zloženia, ako iné zložky betónu a preto je nutné u nich zvýšiť sledovanie jednotlivých dodávok.

SZB sa často vyberá vzhľadom na jeho vysokú kvalitu povrchu a dobrý vzhľad, ale tu sa musí urobiť ústupok, ak zdroj prímесí nemá dobrú farebnú rovnomernosť.

#### 7.3.1 Minerálne plnivá

Krivka zrnitosti, tvar a absorpcia vody minerálnych plnív môže ovplyvňovať potrebu vody/citlivosť a preto i vhodnosť na použitie pri výrobe SZB. Vápenecové minerálne plnivo sa široko používa a môže dodať výborné reologické vlastnosti a dobrý konečný vzhľad. Najvýhodnejšou frakciou je frakcia menšia ako 0,125mm a všeobecne je žiadúce, aby 70% zrn prepadlo na site 0,063mm. Plnivo, ktoré sa špeciálne melie pre toto použitie ponúka výhodu zlepšenej rovnomernosti kriviek zrnitosti jednotlivých dávok, prináša zlepšenú kontrolu nad potrebným množstvom vody a robí ho zvlášť vhodným pre použitie v SZB v porovnaní s inými dostupnými materiálmi.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 7.3.2 Popolček

Popolček sa preukázal ako účinná prímies do SZB, prinášajúca zvýšenú súdržnosť a zníženú citlivosť na zmeny vodného súčiniteľa. Avšak väčšie dávky popolčeka môžu vytvoriť pastovú frakciu, ktorá je tak súdržná, že môže brániť tečeniu.

### 7.3.3 Kremičitý úlet

Vysoký obsah jemných častíc a prakticky guľový tvar zŕn kremičitého úletu majú za následok dobrú súdržnosť a zlepšenú odolnosť voči segregácii. Avšak kremičitý úlet je veľmi účinný v znížení alebo vylúčení odlučovania vody v betóne a toto môže prívodiť problémy s rýchlym vytváraním zatvrdnutého povlaku na povrchu betónu. Toto môže mať za následok studené spoje alebo poškodenia povrchu, ak sa vyskytnú prerušenia v dodávkach betónu a tiež ťažkosti pri konečnej úprave horného povrchu betónu.

### 7.3.4 Mletá vysokopecná troska

Mletá granulovaná vysokopecná troska (MGVT) prináša reaktívne jemné častice a nízke hydratačné teplo. MGVT je už prítomná v niektorých cementoch CEM II a/alebo CEM III ale je tiež v niektorých krajinách dostupná ako prímies a môže byť pridaná do miešačky. Vysoký podiel MGVT môže ovplyvniť stabilitu SZB majúca za následok zvýšenú citlivosť na zmeny v zložení betónu, čo prináša problémy pri kontrole konzistencie, zatiaľ čo pomalšie tuhnutie môže zvýšiť riziko segregácie. MGVT je v niektorých krajinách dostupná ako prímies Typu I.

### 7.3.5 Ostatné prímiesi

Metakaolín, prírodný puzolán, mleté sklo, vzduchom chladená troska a iné jemné plnivá sa tiež používajú alebo považujú ako prímiesi do SZB, ale ich účinok je potrebné starostlivo a individuálne posúdiť na oboje – krátkodobý a dlhodobý účinok na betón.

## 7.4 Kamenivo

Kamenivo s bežnou hmotnosťou by malo byť v súlade s EN 12620 a dosahovať požiadavky na trvanlivosť podľa EN 206-1. Ľahké kamenivo musí byť v súlade s EN 13055-1.

POZNÁMKA: Častice kameniva menšie ako 0,125mm sú považované za príspevok k obsahu jemných častíc v SZB.

Obsah vlhkosti, absorpcia vody, zrnitosť a odchýlky v obsahu jemných častíc u všetkých druhov kameniva by mali byť dôkladne a neustále sledované a musia sa vziať v úvahu, aby sa zabezpečila výroba SZB konštantnej kvality. Používanie praného kameniva bežne prináša viac stabilný výrobok. Zmeny zdroja kameniva veľmi pravdepodobne prinesú významné zmeny vo vlastnostiach betónu a preto musia byť starostlivo a komplexne hodnotené.

Tvar a krivka zrnitosti kameniva sú veľmi dôležité a ovplyvňujú udusanie betónu a obsah pórov. Niektoré metódy pre návrh zloženia čerstvého betónu používajú obsah pórov v kamenive na odhad požadovaných objemov pasty a malty. Veľkosť zrna kameniva a/alebo medzera v zrnitosti hrubého a jemného kameniva sa používajú pri návrhoch niektorých zloženia čerstvého betónu.

### 7.4.1 Hrubé kamenivo

Hrubé kamenivo podľa EN 12620 je vhodné na výrobu SZB. Ľahké kamenivo bolo úspešne použité na výrobu SBZ, ale je treba poznamenať, že toto kamenivo putuje k povrchu, ak viskozita pasty je nízka a toto nemusí byť zistené pri sitovej skúške odolnosti voči segregácii.

Vzdialenosť medzi prútmí výstuže je určujúcim faktorom pri stanovení max. zrna kameniva. Je potrebné sa vyhnúť zaklinovaniu (blokácii) SZB pri jeho tečení cez výstuž a skúška metódou „L-forma“ naznačuje u daného SZB jeho schopnosť pretekať. Max. zrno kameniva by všeobecne malo byť obmedzené hodnotami 12-20mm, hoci sa používa i kamenivo s väčším zrnom.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Krivka zrnitosti a tvar hrubého kameniva priamo ovplyvňuje tečenie a schopnosť pretekať u SZB a tiež jeho potrebu pasty. Čím je kamenivo viacej zaguľatené, tým je menšia pravdepodobnosť, že toto kamenivo spôsobí zaklinovanie (blokovanie) a tiež je lepšie roztekanie betónu vzhľadom na znížené vnútorné trenie.

### 7.4.2 Drobné kamenivo/piesky

Vplyv drobného kameniva na vlastnosti čerstvého SZB je významne väčší ako vplyv hrubého kameniva. Zrná kameniva frakcie menšej ako 0,125mm by mali byť zahrnuté do obsahu jemných častíc pasty a mali by sa tiež vziať v úvahu pri výpočte pomeru voda/jemné častice.

Veľký objem pasty v SZB pomáha znížiť vnútorné trenie medzi časticami piesku, ale dobrá krivka zrnitosti je stále dôležitá. Mnohé metódy návrhu čerstvého betónu pre SZB používajú pridávanie piesku, aby sa tak dosiahla optimálna krivka zrnitosti kameniva a to môže tiež napomôcť znížiť obsah pasty. Niektorí výrobcovia uprednostňujú piesok s prerušovanou zrnitosťou.

### 7.5 Prísady

Superplastifikátory alebo prísady s vysokým znížením potreby vody podľa EN 934-2, tab. 3.1 a 3.2 sú podstatnou zložkou SZB. Viskozitu modifikujúce prísady (VMP) sa môžu tiež použiť, aby sa tak napomohlo zníženiu segregácie a citlivosti zmesi vzhľadom na odchýlky v ostatných zložkách betónu, hlavne v obsahu vlhkosti. Ostatné prísady vrátane prevzdušňovacích, urýchľovacích a spomaľujúcich sa môžu použiť rovnakým spôsobom ako v tradičnom vibrovanom betóne, ale je potrebné sa poradiť s výrobcom prísad o použití a o optimálnom čase na pridanie prísady. Prísady musia zodpovedať EN 934-2.

Výber prísady pre optimálne správanie v betóne môže byť ovplyvnený fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami spojiva/prímеси. Vplyv môžu mať tiež faktory, akými sú jemnosť, obsah uhlíka, alkálie a C<sub>3</sub>A. Preto sa doporučuje, aby sa kompatibilita (zlučiteľnosť) starostlivo kontrolovala, ak sa ide robiť zmena dodávok hociktorej z týchto zložiek.

Prísady sú spravidla veľmi stáleho zloženia pri jednotlivých dodávkach, ale prechod na iný zdroj, alebo na iný druh od toho istého výrobcu bude mať pravdepodobne veľký vplyv na správanie SZB a preto musí byť vykonané kompletne posúdenie pred každou pripravovanou zmenou.

#### 7.5.1 Superplastifikátory/prísady s vysokým znížením potreby vody

Väčšina výrobcov prísad má veľký rozsah superplastifikátorov upravených pre špecifické potreby užívateľa a pre účinky ostatných zložiek čerstvého betónu.

Prísady by mali zapríčiniť požadované zníženie potreby vody a tekutosť, ale by mali tiež udržať svoj disperzný účinok počas požadovanej doby potrebnej na dopravu a uloženie betónu. Požadované udržanie konzistencie bude závisieť na aplikácii SZB. Prefabrikovaný betón pravdepodobne vyžaduje kratší čas udržania konzistencie ako betón, ktorý sa musí dopraviť a uložiť na stavbe.

#### 7.5.2 Prísady upravujúce viskozitu (VMP)

Prísady, ktoré upravujú súdržnosť SZB bez toho, aby významne menili jeho tekutosť sa nazývajú viskozitu modifikujúce prísady (VMP). Tieto prísady sú používané v SZB na minimalizáciu vplyvov odchýlok v obsahu vlhkosti, jemných súčastí v piesku alebo jeho krivky zrnitosti a robia SZB viacej odolným voči zmenám a menej citlivým na malé odchýlky v pomeroch a stavoch iných zložiek betónu. Avšak sa pri tom nesmú považovať ako spôsob na vyhnutie sa dobrému návrhu zloženia čerstvého betónu a starostlivému výberu ostatných zložiek SZB.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

V súčasne platnej EN 934-2 nie sú VMP zahrnuté, ale musia zodpovedať všeobecným požiadavkám v tabuľke 1 v EN 934-2. Navyiac, dôkaz o účinkoch musí byť poskytnutý dodávateľom. Návrh metódy na stanovenie vhodnosti VMP (na základe EN 934-2) je uvedený na webovej stránke EFCA [www.efca.info](http://www.efca.info).

### 7.5.3 Prevzdušňujúce prísady

Prevzdušňujúce prísady sa môžu použiť pri výrobe SZB za účelom zvýšenia jeho odolnosti voči zmrazovaniu a rozmrazovaniu. Používajú sa tiež na zlepšenie konečného vzhľadu plochých dosiek a prevzdušnenie je zvlášť užitočné pri stabilizácii nízkeho obsahu jemných častíc v SZB nižšej pevnosti.

### 7.6 Farbivá

Farbivá (pigmenty) podľa EN 12878 sa dajú úspešne použiť v SZB, ak sa im venuje rovnaká pozornosť a obmedzenia ako pri tradičnom vibrovanom betóne. Avšak môžu ovplyvniť vlastnosti čerstvého betónu a preto nemôžu byť pridané k existujúcemu SZB bez toho aby sa predtým nevykonali skúšky vhodnosti. Všeobecne, vzhľadom na vysokú tekutosť SZB je disperzia farbív viac účinná a dosahuje sa rovnomernejšia farba a to ako v rámci jednej dodávky, ale tiež medzi viacerými dodávkami. Avšak vyšší obsah pasty v SZB môže mať za následok vyššie dávkovanie farbív, ak chceme dosiahnuť požadovanú sýtosť farby.

### 7.7 Vlákna

Oboje kovové i polymérové vlákna sa použili pri výrobe SZB, ale môžu znížiť roztekanie a schopnosť pretekať. Sú preto potrebné predbežné pokusy, aby sa stanovil optimálny druh, dĺžka a množstvo vlákien pre dosiahnutie požadovaných vlastností čerstvého a zatvrdnutého betónu.

Polymérové vlákna sa môžu použiť na zlepšenie stability SZB, pretože preventívne napomáhajú sedimentácii a vzniku trhlín z dôvodu plastického zmrašťovania betónu.

Oceľové alebo dlhé polymérové konštrukčné vlákna sa používajú na úpravu duktility (tvárnosti)/tuhosti zatvrdnutého betónu. Ich dĺžka a množstvo sa zvolí v závislosti od max. zrna kameniva a podľa konštrukčných požiadaviek. Ak sa používajú ako náhrada za bežnú výstuž, riziko zaklinovania (blokowania) nie je viac aktuálne, ale o to viac sa musí zdôrazniť pri použití SZB s vláknami v konštrukciách s bežnou výstužou, kde význame narastá riziko blokowania betónu pri jeho roztekaní.

### 7.8 Zámesová voda

Iba voda zodpovedajúca EN 1008 by sa mala použiť do zmesí SZB. Ak sa používa recyklovaná voda, opätovne získaná z postupov betonárskych prác, musí sa vziať v úvahu použitý druh/obsah a obzvlášť všetky odchýlky v obsahu častíc v suspenzii, pretože toto všetko môže ovplyvniť rovnomernosť jednotlivých dodávok SZB.

## 8 ZLOŽENIE ČERSTVÉHO BETÓNU

### 8.1 Všeobecne

Zloženie čerstvého betónu sa volí tak, aby uspokojilo všetky požadované kritéria na betón v čerstvom i zatvrdnutom stave. V prípade transportbetónu sa tieto kritéria predložia ako špecifikácie (technické požiadavky) kupujúcim a tieto by mali spĺňať požiadavky stanovené kapitole 6 tohto dokumentu.

### 8.2 Zásady návrhu zloženia čerstvého betónu

Aby sa dosiahla požadovaná kombinácia vlastností čerstvého SZB:

- tekutosť a viskozita pasty sa upravujú a vyvažujú starostlivým výberom a dávkovaním cementu a prímiesí pri stanovení medznej hodnoty pomeru voda/jemné častice a potom pridaním superplastifikátora a (voliteľne) pridaním viskozitu modifikujúcich prísad. Správna kontrola týchto zložiek SZB, ich vzájomnej kompatibility (zlučiteľnosti) a interakcie (vzájomného spolupôsobenia) je kľúčovou podmienkou dosiahnutia dobrej vyplňovacej schopnosti, schopnosti pretekať a odolnosti voči segregácii.
- Za účelom kontroly nárastu teploty a teplotného zmrašťovania, rovnako aj pevnosti, obsah jemných častíc môže zahrňovať významné dávkovanie prímiesí druhu I. a II., aby sa tak udržal obsah cementu na priateľnej úrovni.
- Pasta je prostriedkom pre dopravu kameniva, preto objem pasty musí byť väčší ako objem pórov v kamenive, aby tak všetky jednotlivé častice kameniva boli plne obalené a mazané vrstvou pasty. Toto zvyšuje tekutosť a znižuje trenie v kamenive
- Pomer hrubého a drobného kameniva v čerstvom betóne je znížený a tak jednotlivé zrná hrubého kameniva sú úplne obklopené vrstvou malty. Toto znižuje vzájomné zapadanie kameniva do seba a uviaznutie kameniva, vtedy keď betón preteká cez úzke otvory alebo medzery medzi tyčami výstuže a tak sa zvyšuje schopnosť pretekať u SZB.

Tieto zásady návrhu zloženia čerstvého betónu v porovnaní s tradičným vibrovaným betónom dávajú betón, ktorý spravidla má:

- nižší obsah hrubého kameniva
- zvýšený objem pasty
- nízky pomer voda/jemné častice (múčka)
- zvýšené množstvo superplastifikátora
- v niektorých prípadoch - prítomnosť viskozitu modifikujúcej prísady

### 8.3 Skúšobné metódy

Bola vyvinutá široká škála skúšobných metód na meranie a posúdenie vlastností SZB. Tabuľka 8.1 uvádza zoznam najbežnejších skúšok zoskupených podľa posudzovaných vlastností. Všetky podrobnosti o piatich z týchto skúšobných metód možno nájsť v prílohe B. Toto sú metódy, ktoré dosiahli najrozšírenejšie použitie v Európe a podľa ktorých môžu byť s určitou istotou pridelené stupne u jednotlivých vlastností, ako je podrobne uvedené v prílohe A. Podrobnosti o väčšine ďalších metód uvedených v tab. 8.1 je možné nájsť v „Smernici EFNARC pre SZB“. Tieto smernice sú dostupné na webovej stránke EFNARC: [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org), alebo v záverečnej správe projektu „Skúšanie SZB“, ktorý bol financovaný EÚ a riadený Paisley Univerzitou. Webová stránka projektu: <http://www.civeng.ucl.ac.uk/research/concrete/Testing-SCC/>.

Žiadna ojedinelá skúška nieje schopná posúdiť všetky kľúčové parametre a preto sa vyžaduje kombinácia skúšok, aby sa tak dal charakterizovať SZB. Európska projektová skupina, ktorá pripravila návrh týchto

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

smerníc dospela k názoru, že by mal byť len malý počet skúšobných metód používaných pre účely stanovenia kritérií a preto navrhla päť skúšobných metód podrobne uvedených v prílohe B, pretože tieto môžu byť vo vzťahu ku stanoveným stupňom vlastností tak, ako je podrobne uvedené v prílohe A.

Iné skúšobné metódy môžu byť vhodné pre návrh SZB, pre vyhodnotenie jeho vlastností k špeciálnym druhom použitia a tiež pre preukazovanie vlastností na stavbe, ak existuje vzájomná dohoda medzi výrobcom a kupujúcim.

Skúšobná metóda „J-prstenec“ je silne konkurenčná pre vyhodnotenie schopnosti SZB pretekať, ale v čase prípravy návrhu týchto smerníc sa pokladalo za nutné vykonať ďalšie výskumné práce, predtým ako môžu byť určené stupne vlastností pri jej používaní.

Charakteristika	Skúšobná metóda	Meraná hodnota
Tekutosť/vyplňovacia schopnosť	Rozlievanie	celkové rozliatie
	„Kajima“ forma	vizuálne vyplnenie
Viskozita/tekutosť	T <sub>500</sub>	čas rozliatia
	V-lievik	čas rozliatia
	O-lievik	čas rozliatia
	Orimet	čas rozliatia
Schopnosť pretekať	L-forma	pomer
	U-forma	rozdiel vo výškach
	J-prstenec	výška stupňa, celkové rozliatie
	„Kajima“ forma	vizuálne - schopnosť pretekať
Odolnosť voči segregácii	penetrácia	hĺbka
	sitová skúška segregácie	percentuálny
	usadzovací stípec	segregačný pomer

**Tab. 8.1. Skúšky vlastností a metódy pre vyhodnotenie SZB**

Naviac, k metódam uvedeným v tab. 8.1 sa používala skúška malým kuželom a lieviková skúška pri príprave návrhov čerstvého SZB v laboratóriu, za účelom získania hodnôt rozliatia pasty a zložiek malty v SZB. Malý zrezaný kužel je spravidla 60mm vysoký s priemerom 100mm pri dne a 70mm pri hornom okraji kužela. Malý V-lievik má typicky výšku 240mm, šírku 270mm a hĺbku 30mm zužujúci sa do výlevkovej sekcie o rozmeroch 30x30x60mm. „Marsh“ kužel sa tiež používa na posúdenie tekutosti pasty a zložiek malty.

### 8.4 Základný návrh čerstvého betónu

Neexistuje normová metóda pre návrh čerstvého SZB. Mnoho akademických inštitúcií, výrobcov prísad, transportbetónu, prefabrikovaného betónu a stavebných spoločností -odberateľov SZB vyvinulo vlastné metódy na návrh zloženia čerstvého SZB.

Návrh čerstvého betónu často používa objem ako kľúčový parameter vzhľadom na dôležitosť potreby prepniť dutiny medzi časticami kameniva. Niektoré metódy sa snažia prispôsobiť dostupné zložky k optimálnej krivke zrnitosti. Iné metódy napr. vyhodnocujú a optimalizujú rozliatie a stabilitu pasty a potom maltovej časti, skôr ako sa pridá hrubé kamenivo a skúša sa celý čerstvý SZB.

Ďalšie informácie o návrhu zloženia čerstvého betónu a o metódach hodnotenia vlastností SZB je možné nájsť v „Smernici EFNARC pre SZB“, (ktoré sú dostupné a ich text je možné voľne si stiahnuť z [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org))

Niektoré návrhové metódy boli vyvinuté akademickými a inými inštitúciami a boli publikované:

- Okamura H and Ozawa K. *Self-compacTabulka high performance concrete*. International Workshop on High Performance Concrete. American Concrete Institute; Detroit. 1994, pp31-44. (Samozhutniteľný vysokohodnotný betón)



### “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

- Ouchi M, Hibino M, Ozawa K, and Okamura H. *A rational mix-design method for mortar in self-compacting concrete*. Proceedings of Sixth South-East Asia Pacific Conference of Structural Engineering and Construction. Taipei, Taiwan, 1998, pp1307-1312. (Úsporná návrhová metóda pre maltu v SZB)
- Nawa T, Izumi T, and Edamatsu Y. *State-of -the-art report on materials and design of self-compacting concrete*. Proceedings of International Workshop on Self-compacting Concrete. August 1998; Kochi University of Technology, Japan. pp160-190. (Správa o súčasnom stave znalostí materiálov a návrh zloženia SZB)
- Domone P, Chai H and Jin J. *Optimum mix proportioning of self-compacting concrete*. Proceedings of International Conference on Innovation in Concrete Structures: Design and Construction, Dundee, September 1999. Thomas Telford; London. pp277-285. (Optimálne dávkovanie čerstvého SZB)
- Billberg, P. *Self-compacting concrete for civil engineering structures - the Swedish Experience*. Report no 2:99. Swedish Cement and Concrete Research Institute. Stockholm, 1999 (SZB pre stavebné konštrukcie inžinierskeho staviteľstva – skúsenosť zo Švédska)
- Su N, Hsu K-C and Chai H-W *A simple mix design method for self-compacting concrete* Cement and Concrete Research, 31, (2001) pp 1799-1807 (Jednoduchá návrhová metóda pre SZB)
- Gomes P.C.C, Gettu R, Agullo L, Bernard C, *Mixture proportioning of high strength, Self-Compacting Concrete: Performance and Quality of concrete structures*. Third CANMET/ACI Intl Conf. (Recefi, Brazil) Supplementary CD, 2002, 12p. (Dávkovanie čerstvého vysoko pevnostného SZB)
- Bennenk, H. W. & J.Van Schiindel: *The mix design of SCC, suiTabulka for the precast concrete industry*. Proceedings of the BIBM Congress, 2002 Istanbul, Turkey. (Návrh zloženia čerstvého SZB vhodného pre prefabrikáciu)
- Billberg, P. *Mix design model for SCC (the blocking criteria)*. Proceedings of the first North American conference on the design and use of SCC, Chicago 2002. (Model návrhu čerstvého SZB (blokujúce kritériá)).

Tieto smernice nemajú zámer dávať špecifické doporučené pre návrh zloženia čerstvého betónu, ale v tab. 8.2 naznačujú typický rozsah zložiek v SZB podľa hmotnosti a podľa objemu. Tieto pomery nie sú v žiadnom prípade obmedzujúce a veľa SZB padne svojim zložením mimo rozsah jednou alebo viacerými svojimi zložkami.

Zložka	Typický rozsah podľa hmotnosti (kg/m <sup>3</sup> )	Typický rozsah podľa objemu (l/m <sup>3</sup> )
Múčka (jemné častice)	380 - 600	
Pasta		300 - 380
Voda	150 - 210	150 - 210
Hrubé kamenivo	750 - 1000	270 - 360
Drobné kamenivo (piesok)	Obsah vyvažuje objem ostatných zložiek, typicky: 48 – 55% celkovej váhy kameniva	
Pomer: voda/múčka podľa objemu		0,85 – 1,10

**Tab 8.2 Typický rozsah zloženia čerstvého SZB**

#### 8.5 Prístup k návrhu zloženia čerstvého betónu

Laboratórne pokusné zmesi by sa mali použiť na overenie vlastností počiatočného zloženia čerstvého betónu s ohľadom na stanovené charakteristiky a stupne. Ak je to nutné, mali by sa potom urobiť úpravy v zložení čerstvého betónu. Keď sú už splnené všetky požiadavky, čerstvý betón by mal byť odskúšaný vo

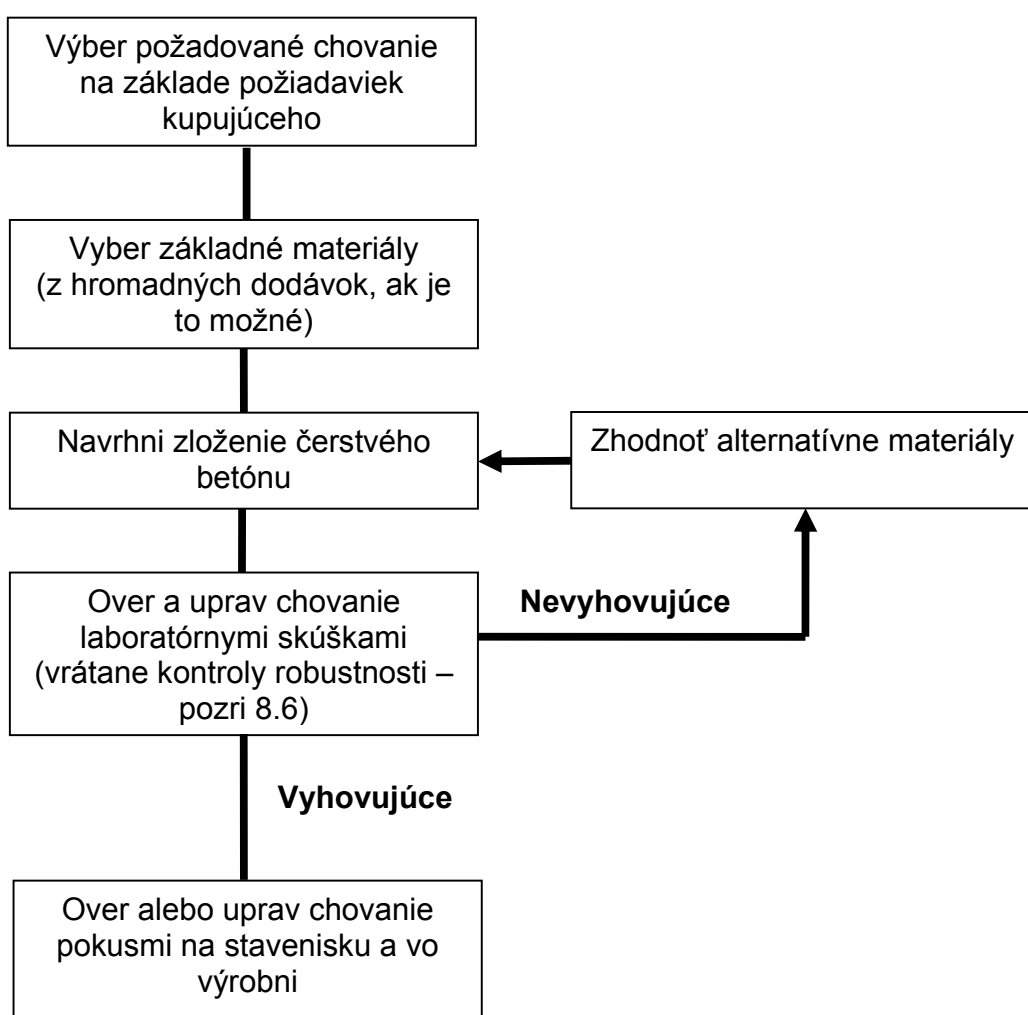
### “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

veľkom na betonárni a ak je to nutné i na stavbe, aby sa tak overili vlastnosti čerstvého i zatvrdnutého betónu.

Všeobecne je návrh zloženia čerstvého betónu založený na nižšie uvedenom prístupe:

- zhodnoť potrebu vody a optimalizuj roztekanie a stabilitu pasty
- urči pomer piesku a dávky prísady, ktorý dáva požadovanú zníženú citlivosť na malé odchýlky v množstve (robustnosť)
- odskúšaj citlivosť na malé odchýlky v množstve (robustnosť)
- pridaj vhodné množstvo hrubého kameniva
- vyrob čerstvý SZB v laboratórnej miešačke, vykonaj požadované skúšky
- odskúšaj vlastnosti SZB v zatvrdnutom stave
- vyrob pokusné zmesi v miešačke betonárne

Proces návrhu je Graficky uvedený na obr. 8.3.



Obr. 8.3 Proces navrhovania zloženia čerstvého betónu

### “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

V prípade ak sa nezíska uspokojujúce správanie betónu, mala by sa zväziť zásadná zmena zloženia betónu. V závislosti od viditeľnosti problému by mal byť vhodný nasledujúci postup činnosti:

- uprav pomer: cement/jemné častice(múčka) a pomer: voda/jemné častice (múčka) a odskúšaj roztekanie a iné vlastnosti pasty
- odskúšaj rôzne druhy prímiesí (ak sú dostupné)
- uprav pomer drobného kameniva a dávkovanie superplastifikátora
- uvažuj o použití viskozitu modifikujúcej prísady, aby sa tak znížila citlivosť čerstvého betónu
- uprav pomer alebo zrnitosť hrubého kameniva

Ďalší návod pre prípad neuspokojivého správania SZB je možné nájsť v prílohe C – Zlepšenie konečného vzhľadu SZB.

#### 8.6 Znížená citlivosť na malé odchýlky v hmotnosti (robustnosť) v čerstvom stave

Návrh čerstvého SZB má za cieľ dosiahnuť akceptovateľnú vyváženosť medzi charakteristikami čerstvého stavu betónu. Každá zmena rovnomernosti zložiek môže zvrátiť túto vyváženosť majúca za následok nedostatok schopnosti vyplniť alebo schopnosti pretekať, prípadne vyvolať segregáciu. Väčšina variability zložiek betónu môže byť porovnávaná so zmenou v potrebe vody a to buď z dôvodu zmeny obsahu vlhkosti materiálov alebo zmenám zrnitosti/špecifického povrchu, pretože oboje spôsobuje zmeny v potrebe vody v čerstvom betóne.

Dobre navrhnutý SZB môže dať akceptovateľnú toleranciu k denným výkyvom u týchto parametrov, uľahčujúc tým tlak na skúšanie/kontrolu výroby a znižujúc možnosť výskytu problémov na stavenisku. Táto tolerancia je obvyčajne označovaná termínom „robustnosť“ a je riadená dobrými skúsenosťami vo výbere zdrojov, uskladňovaní a manipulácii so základnými materiálmi a vhodným obsahom jemnej múčky a/alebo použitím VMP.

Dobre navrhnutý SZB so zníženou citlivosťou (robustnosťou) typicky znáša zmeny od 5 do 10 litrov/m<sup>3</sup> v obsahu vody bez toho aby sa dostal mimo stanovený stupeň vlastnosti, ak je v čerstvom stave. Pri návrhu čerstvého SZB je vhodnou pomôckou odskúšať dávkovanie vody  $\pm 5$  až 10 litrov od cieľovej hodnoty a merať zmeny vo vlastnostiach čerstvého betónu. Toto potvrdí zníženú citlivosť (robustnosť) čerstvého betónu alebo upozorní na to, že sú potrebné ďalšie úpravy v návrhu SZB.



Obr. 8.4 Sitová skúška odolnosti voči segregácii

## 9 VÝROBA SZB PRE TRANSPORTBETÓN A BETÓN MIEŠANÝ NA STAVBE

### 9.1 Všeobecne

SZB je menej tolerantný na zmeny v základných zložkách a odchýlky v dávkovaní ako betóny s nižšou spracovateľnosťou. Preto je veľmi dôležité, aby sa všetky stránky výroby a ukladania betónu starostlivo kontrolovali.

Výroba SZB by sa mala vykonávať na betonárňach, kde zariadenie, priebeh výroby a materiály sú vhodne kontrolované podľa systému zabezpečovania kvality. Doporučuje sa (a v niektorých krajinách EÚ je požadované), aby mal výrobca certifikovaný systém zabezpečovania kvality podľa ISO 9001 alebo rovnocenného systému.

Je veľmi dôležité, aby všetko obslužný personál, ktorý bude zapojený do výroby a dodávania SZB dostal primeraný výcvik od osoby, ktorá mala už predtým skúsenosti s výrobou SZB, skôr ako sa započne výroba. Tento výcvik by mal zahŕňať aj sledovanie pokusných zmesí, ktoré sa vyrábajú a skúšajú.

### 9.2 Skladovanie základných materiálov

Skladovanie materiálov pre výrobu SZB je rovnaké, aké sa má dodržiavať aj pre bežný betón, ale pretože čerstvý SZB je viac citlivý na zmeny, navyiac je dôležité a pozornosť by sa mala venovať nasledujúcim veciam:

**Kamenivo:** malo by byť správne skladované, aby sa tak vyhlo vzájomnému zmiešavaniu rôznych frakcií a malo by byť chránené pred vplyvmi počasia, aby sa tak minimalizovalo kolísanie vlhkosti a zmeny v obsahu jemných častíc kameniva. Mala by sa vybudovať pozemná skládka kameniva, aby sa tak dali vytvoriť oddelené sekcie pre skladovanie rôznych frakcií a ktorá by dovolila voľné odtekanie prebytočnej vody z kameniva a tiež odtekanie dažďovej vody.

Skládka kameniva musí byť primerane veľká, pretože každé významné prerušenie v dodávkach, ktoré by spôsobilo prestávku v ukladaní SZB, by mohlo spôsobiť vážne komplikácie. Doporučuje sa, aby všetky skládky boli naplnené skôr ako sa začne ukladania SZB.

**Cement, prímеси, prísady:** Neexistujú žiadne špeciálne požiadavky na skladovanie týchto materiálov, odlišné od požiadaviek pre bežný betón. Doporučenia dané výrobcom týchto materiálov pre skladovanie by sa mali dodržiavať. Doporučuje sa, aby boli skládky všetkých materiálov plné, skôr ako sa započne výroba SZB, aby sa tak vyhlo možným zmenám v ich správaní z dôvodu čerstvej dodávky.

### 9.3 Miešacie zariadenie a pokusné zmesi

SZB môže byť vyrábaný každou účinnou miešačkou na betón, vrátane lopatkovej miešačky, miešačky miešajúcej presýpaním (gravitačná - samospádová), miešačka miešajúca prehrabávaním (s núteným miešaním) a tiež miešaním v autodomiešavači, ale všeobecne sa preferujú miešačky s núteným miešaním. Avšak pri výrobe SZB je zvlášť dôležité, aby bola miešačka v dobrom technickom stave a tak mohla zabezpečiť dôkladné a rovnomerné miešanie tuhých materiálov s dostatočnou šmykovou účinnosťou na disperziu a aktiváciu supreplastifikátora.

Skúsenosti ukazujú, že čas nevyhnutný na kompletne zamiešanie SZB môže byť o niečo dlhší, ako čas potrebný na zamiešanie bežného betónu vzhľadom na zníženie trecej sily a vzhľadom na potrebu plne aktivovať superplastifikátor. Je preto dôležité, aby sa urobili predbežné pokusné zmesi a aby sa tak zistila účinnosť jednotlivých miešačiek a optimálne poradie pridávania jednotlivých zložiek betónu. Množstvo betónu pre pokusnú zmes by nemalo byť menšie ako polovička objemu miešačky.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Predtým ako sa započne s dodávkami betónu doporučuje sa, aby boli vyrobené pokusné zmesi i na betonárni, aby sa tak zabezpečilo, že tiež pri výrobe SZB vo veľkom, navrhnutý SZB bude zodpovedať technickým požiadavkám a to ako požiadavkám na čerstvý, tak aj na zatvrdnutý betón.

### 9.4 Miešací proces na betonárni

Vysoký obsah pasty a tekutosť SZB spôsobuje, že je ťažšie dosiahnuť u neho rovnomernú zmes ako u betónu a s nižšou konzistenciou. Hlavnou ťažkosťou je vytvorenie nerozmiešaných „gúľ“ (zhlukov) zložiek betónu a ak sa raz už tieto vytvorili, nie je ľahké ich rozbiť. Vytváranie „gúľ“ sa objaví pravdepodobne skôr v samospádových miešačkách (zvlášť v autodomiešavačoch), ako v miešačkách s núteným obehom. Tomuto problému sa dá vyhnúť tak, že sa betón najprv nadávkuje na betón s nízkou konzistenciou a rovnomerne sa zamieša a až potom sa zamieša na úroveň konzistencie SZB. Pridanie ďalšej vody a superplastifikátora zvýši konzistenciu na požadovanú úroveň a pritom sa vyhne vytváraniu „gúľ“.

Dôležitý je čas pridania prísady počas dávkovania zložiek, pretože môže zmeniť jej účinnosť. Ak sa použije VMP prísada preferuje sa jej neskoršie pridanie do zmesi. Štandardný postup pridávania by sa mal urobiť podľa postupu použitého pri príprave skúšobných zmesí a tento postup by sa mal striktnie dodržiavať, aby sa tak znížila možnosť variácie vlastností medzi jednotlivými zamiešaniami betónu

Prísady by sa nemali dávkovať priamo do suchých zložiek betónu, ale mali by sa dávkovať spolu so zámesovou vodou, alebo priamo v nej. Rôzne prísady by sa nemali spolu miešať skôr ako sa dávkujú, pokiaľ sa to zvlášť neschváli výrobcom prísad. To isté je možné aplikovať aj na možné miešanie rôznych prísad v dávkovači, alebo v dávkovacích linkách. Pokiaľ sa používajú prevzdušňovacie prísady, tie je najlepšie pridávať pred superplastifikátorom, pokiaľ má betón ešte nízku konzistenciu.

Vzhľadom na veľkú účinnosť moderných superplastifikátorov je dôležité, aby sa dávkovače kalibrovali pravidelne a tam kde sa používa ručné dávkovanie prísad, meranie dávky by sa malo vykonávať pomocou kalibrovanej nádoby alebo kalibrovaného dávkovacieho zariadenia. Ak sa vyžaduje pridanie viac ako jednej dávky, aby sa tak dosiahlo celkové požadované množstvo, musí byť navyše pridané zariadenie, ktoré umožňuje počítanie jednotlivých množstiev.

Počas výroby sa môže vyskytnúť rad faktorov, ktoré jednotlivo alebo vzájomne prispievajú k odchýlkam v rovnomernosti. Hlavnými faktormi sú zmeny obsahu voľnej vlhkosti kameniva, zmeny v krivke zrnitosti kameniva a zmeny v poradí dávkovania zložiek. Zmeny vlastností môžu byť tiež pozorované, ak sa pridáva nová šarža (dodávka) ostatných zložiek betónu. Pretože bežne nie je možné hneď identifikovať špecifickú príčinu odchýlky, doporučuje sa, aby sa potrebné prispôsobenie konzistencie dosiahlo úpravou množstva superplastifikátora.

Existuje viacero spôsobov, ako plniť miešačku betónu a ďalej uvedené príklady sa ukázali, ako spôsoby dodávajúce dobré výsledky:

#### 9.4.1 Betonárne miešajúce samospádom a miešačky autodomiešavačov

Do miešačky sa pridajú približne dve tretiny zámesovej vody. Potom nasleduje kamenivo a cement. Keď sa dosiahne rovnomerne zamiešanie zmesi, pridá sa ostávajúca zámesová voda a superplastifikátor. Ak sa používa VMP, tá by mala byť pridaná po superplastifikátore, ale predtým ako sa vodou upravuje konečná konzistencia.

Autodomiešavače pravdepodobne vyžadujú dlhší čas miešania SZB, ak sú menej účinné ako miešačky na betonárni. Rozdelenie nákladu na dve alebo viaceré dávky môže zvýšiť účinnosť miešania. Zvlášť dôležitý je technický stav bubna autodomiešavača a stav miešacích lopatiek (čepelí), ktoré musia byť pravidelne kontrolované. Rýchlosť rotácie bubna počas miešacieho cyklu mala by byť v súlade s doporučeniami výrobcu autodomiešavačov, ale rýchlosť rotácie pre SZB je obvyčajne v rozsahu 10 - 15 otáčok/min.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 9.4.2 Miešačky s núteným obehom

Do miešačky sa obyčajne pridá najprv kamenivo spolu s cementom. Toto je hneď nasledované hlavnou dávkou zámesovej vody a superplastifikátorom. Ak sa používa VMP prísada, táto sa pridáva s konečnou dávkou vody. Veľká šmyková sila vytváraná núteným obehom zlepšuje tekutosť a preto býva možné znížiť množstvo pridávaného superplastifikátora v porovnaní so samospádovou miešačkou.

Vzhľadom na veľký počet dostupných miešačiek, presný postup pridávania zložiek do miešačky musí byť stanovený pri skúšobných zmesiach (miešaniach) pred začiatkom výroby SZB.

## 9.5 Výrobná kontrola

### 9.5.1 Základné zložky (materiály)

SZB je viac citlivý ako bežný betón na zmeny fyzikálnych vlastností jeho zložiek a špeciálne na zmeny v obsahu vlhkosti kameniva, zrnenia, tvaru zŕn, a preto sú potrebné častejšie výrobné kontroly.

Doporučuje sa, aby sa kamenivo vyhodnotilo každý deň výroby SZB a to skôr ako sa začne dávkovanie. Okrem toho sa musí vykonávať vizuálna kontrola každej dodávky kameniva; každá povšimnutia vhodná zmena sa musí vyhodnotiť skôr ako sa prijme, alebo zamietne dodávka. Obsah vlhkosti kameniva musí byť kontinuálne sledovaný a zmes musí byť upravená vzhľadom na každú zmenu. Ak sa dodajú nové šarže (dodávky) cementu, prímiesí a prísad, môžu byť potrebné dodatočné skúšky chovania betónu, aby sa tak sledovali všetky významné zmeny alebo vzájomné pôsobenia medzi zložkami betónu.

### 9.5.2 Výroba

Výroba a dodávky SZB by mali podliehať bežnej výrobnej kontrole v zmysle zodpovednosti výrobcu a v prípade transportbetónu, táto kontrola by mala byť podľa zmluvných dohôd medzi kupujúcim a výrobcom a v zmysle požiadaviek EN 206-1:2000, kapitoly 9.

Spôsob použitia SZB určí špeciálne charakteristiky a stupne, ktoré sú dané výrobcovi. Výrobná kontrola musí zabezpečiť, aby tieto boli starostlivo porovnávané s požiadavkami počas výroby a každá odchýlka mimo určených parametrov musí byť hneď oznámená strojníkovi betonárne a technickému vedúcemu. V prípade absencie predchádzajúcich skúseností s určitým návrhom čerstvého betónu, môžu byť potrebné dodatočné prostriedky na kontrolu všetkých stránok začínajúcej výroby a skúšania SZB.

Aby sa zabezpečili rovnomerné vlastnosti SZB, doporučuje sa, aby výrobca vykonával skúšku rozliatia každej dodávky betónu, pokiaľ sa nezískajú konzistentné (rovnomerné) výsledky. Môžu byť potrebné aj ďalšie kľúčové skúšky, aby sa potvrdil súlad vlastností betónu s požiadavkami zmluvy. Ďalej každá dodaná dodávka musí byť vizuálne kontrolovaná pred dopravou na stavenisko, alebo na miesto ukladania a musia sa vykonať rutinné skúšky s frekvenciou určenou v prílohe A. Zvláštna pozornosť je potrebná pri sledovaní každej dodávky základných materiálov (zložiek), zvlášť kameniva. Napr. môže byť potrebná úprava množstva vody na kompenzáciu odchýlok vlhkosti kameniva.

## 9.6 Doprava a dodávky

Jednou z hlavných predností SZB je zvýšenie rýchlosti pri ukladaní betónu na stavbe. Avšak je podstatné, aby výrobná kapacita betonárne, čas dopravy betónu a kapacita pri ukladaní betónu boli vyvážené a aby sa tak zabezpečilo, že pracovníci na stavbe môžu ukladať betón bez prerušenia dodávok a s rovnakým časom zdržania pri ukladaní. Prestávky vo výrobe môžu mať za následok tixotropické zgelovanie betónu, ktorý bol už uložený a to môže ovplyvniť vyplňovaciu schopnosť po jej znovu naštartovaní a môže mať za následok vytvorenie neestetických zdvíhacích pásov na vertikálnom povrchu konštrukcie.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 9.7 Preberanie na stavbe

V prípade transportbetónu je dôležité, aby existoval v písomnej forme vzájomne odsúhlasený postup pre preberanie a akceptovanie SZB na stavbe. Výrobca a špecifikátor musia tento postup odsúhlasiť na začiatku zmluvy o dodávkach. Tento by mal zahŕňať vizuálnu kontrolu každej dodávky betónu a všetky špeciálne skúšky a parametre, ktoré musia vyhovovať.

EN 206-1 vyžaduje od výrobcu, aby skúšal betón najmenej v minimálnej frekvencii danej EN 206-1 a to konzistenciu (spracovateľnosť), pevnosť a ostatné vlastnosti. Toto sa nazýva „overovanie skúškami zhody“. Pre skúšobné účely môže výrobca zoskupiť betóny do skupín, ale pokiaľ sa nezíska viac skúseností so SZB, doporučuje sa aby sa SZB nespájali do jednej skupiny s obyčajným betónom.

Príloha A stanovuje min. frekvencie pre skúšky vlastností čerstvého SZB a používa bežné frekvencie skúšok dané EN 206-1 pre vlastnosti zatvrdnutého betónu. Ak sa vyžadujú skúšky navyše, akými sú napr. skúšanie spracovateľnosti každej dodávky (pozri 9.5.2) dovtedy, kým sa nedosiahne požadovaná rovnomernosť dodávok. Takáto požiadavka môže byť súčasťou zmluvy o dodávkach betónu.

Alternatívne, špecifikátor môže zorganizovať dodatočné skúšky, ktoré sa v tomto prípade nazývajú „skúšky zhody“. Kritériá pre prijatie / zamietnutie SZB sú dané v prílohe A. Dokumentovaný postup by mal obsahovať podrobnosti o zodpovednosti za skúšanie rovnako ako aj postup na prijatie opatrení, ktoré sa musia urobiť, v prípade nesplnenia požiadaviek:

- Špecifikátor by mal zabezpečiť, aby sa všetky skúšky zhody vykonávali kompetentným, zacvičeným personálom v prostredí bez vibrácie a chránenom voči vplyvom počasia. Zariadenie by malo byť dobre udržiavané a kalibrované a miesto na vykonávanie skúšok by malo mať pevný, rovný podklad.
- Betón by mal byť najmenej jednu minútu (pri vysokej rýchlosti) premiešaný v autodomiešavači, predtým ako sú odobraté reprezentatívne vzorky.
- Vzorkovanie by sa malo vykonať v súlade s EN 12350-1. Prvý SZB z domiešavača nemusí byť reprezentatívny. (POZNÁMKA: Tam kde sa nedajú získať reprezentatívne vzorky, odchýlky uvedené v prílohe A by mali byť zvýšené).
- Ak sa vyrábajú vzorky SZB pre pevnosť v tlaku a iné skúšky, forma by mala byť naplnená v jednej vrstve bez zhutňovania.

Skúška rozliatia je doporučená skúška pre charakterizáciu SZB na stavbe. Táto dáva dobrú informáciu o rovnomernosti dodávok betónu. Skúška rozliatím je mierou celkovej tekutosti a preto aj vyplňovacej schopnosti betónu. Vizuálne vyhodnotenie každého údaju o oddeľovaní malty/pasty po obvode rozliatia a každé oddeľovanie kameniva v centrálnej časti rozliatia dáva určitú informáciu o odolnosti voči segregácii betónu. Ukladanie betónu by malo byť nepretržite pozorované, aby sa sledovala vyplňovacia schopnosť a každý náznak zaklinovania (blokovania), segregácie alebo sadania SZB.



Obr. 9.1. Skúška rozliatia

## 10 POŽIADAVKY NA STAVENISKU A PRÍPRAVA

### 10.1 Všeobecne

Skôr ako sa započne s dodávkami betónu, stavebný dodávateľ/užívateľ musí zabezpečiť, aby bola vykonaná vhodná príprava staveniska. Táto by mala zahŕňať:

- potvrdenie, že špecifikovaný SZB je vhodný pre toto použitie (pozri kapitolu 6)
- že stavba je schopná ukladať betón odsúhlasenou rýchlosťou
- že postupy preberania SZB sú odsúhlasené a dokumentované
- že pracovníci na stavbe sú zacvičení v špecifických požiadavkách na ukladanie SZB
- že debnenie je správne pripravené.

### 10.2 Kontrola na stavenisku

Aby mohol byť SZB na stavenisku preberaný postup kontroly kvality by mal byť dokumentovaný a dodržiavaný (pozri odsek 9.7).

Doporučuje sa, aby každá dodávka SZB bola skúšaná skúškou rozliatím, až kým sa nedosiahne rovnomernosť dodávok. Vizuálna kontrola zodpovednou osobou je spravidla postačujúca, ak sa dodávka považuje za marginálnu (menej dôležitú). Ak sa od výrobcu vyžaduje, aby vykonal overovanie skúškami zhody, dodatočné skúšky zhody na stavenisku nie sú spravidla nutné a mali by byť obmedzené na kritické použitia.

### 10.3 Úprava zmesi

Vo všeobecnosti sú úpravy SZB na stavenisku nežiadúce, pretože výrobca by mal byť schopný dodávať na stavbu určený druh betónu s požadovanými vlastnosťami. Avšak ak existujú zvláštne okolnosti alebo ak sa očakáva/plánuje určité experimentovanie pre optimalizáciu SZB pre špecifické usporiadanie debnenia a konečnú úpravu povrchu, môže byť hospodárne vytvoriť ďalší dokumentovaný postup pre malé úpravy betónu, vykonané pod kontrolou na stavenisku.

Úpravy by mali kontrolované a vyhodnocované technologom výrobcu betónu a na jeho zodpovednosť. Všetky úpravy musia byť zaznamenané:

- Pridanie prísad pre kontrolu tuhnutia sa ako také môže urobiť na stavenisku pred ukladaním, s podmienkou, že jeho účinok bude kompletne vyhodnotený.
- Betóny, u ktorých sa zistilo, že majú rozliate mimo kritéria zhody (pozri prílohu A, tab. A.6) môžu byť upravené len ak je postup úpravy odsúhlasený a zdokumentovaný. Každé pridanie zložiek betónu do autodomiešavača bude vyžadovať dohodnutý minimálny čas miešania betónu (napr. jednu minútu pre každý m<sup>3</sup> betónu s minimálnym časom miešania – štyri minúty).

### 10.4 Kontrola a kvalifikácia

Podstatné je, aby pracovníci na stavbe, ktorí majú ukladať SZB boli zaškolení/poučení o špeciálnych požiadavkách pre ukladanie tohto druhu betónu.

Pracovníci na stavbe by si mali byť vedomí doporučená uvedeného v kapitole 10 a 11 týchto smerníc a zvláštny dôraz musí byť kladený na nasledujúce:

- účinok vibrácie na stabilitu zmesi
- rýchlosť ukladania betónu
- účinok prerušenia / zastavenia počas ukladania betónu
- opatrenia, ktoré majú byť urobené v prípade ak nastane prerušenie / zastavenie
- pozorovanie zaklinovania (blokovania), segregácie alebo uvoľňovania vzduchu



## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

- požiadavky pri ukladaní betónu pomocou čerpadla na betón, skipom alebo sklzným žľabom, vrátane určenia polohy pre vyvolanie tečenia
- zahľadania horného povrchu betónu a jeho ošetrovania

### 10.5 Tlak na debnenie

Tlak na debnenie závisí od tekutosti a súdržnosti SZB, rýchlosti vertikálneho stúpania a spôsobu ukladania (zhora/zospodu). Návrh debnenia, vrátane podpôr a upevňovacích systémov by mal bežne predpokladať, že na debnenie pôsobí plný hydrostatický tlak betónu. Ak sa SZB čerpá zospodu len miestne, môže vzniknúť tlak nad hydrostatickým uzáverom (v mieste vstupu čerpadla), zvlášť pri znovu zahájení čerpania, ak bolo prerušenie v čerpaní betónu.

Experimentálne pokusy ukázali, že vhodnou úrovňou tixotropie, sa môže dosiahnuť tlak na debnenie nižší ako je hydrostatický, ak sa betónuje zhora, ale toto sa môže použiť len na základe overovacích experimentov a dohody medzi stavebným dodávateľom, výrobcom a dodávateľom debnenia.

Odkazy:

- Andreas Leeman, Cathleen Hoffman. *Pressure of self-compacting concrete on the formwork*. EMPA, Swiss Federal Laboratories of Materials Testing and Research, Switzerland. (Tlak SZB na debnenie)
- Peter Billberg. *Formwork pressure generated by self-compacting concrete*. Swedish Cement Research Institute, CBI. (Tlak na debnenie vytváraný SZB)
- Wolfgang Brameshuber, Stephan Uebachs. *Investigations on the formwork pressure using self-compacting concrete*. Institute of Building Materials Research (ibac) Aachen University. (Výskum tlaku na debnenie pri použití SZB)

### 10.6 Návrh debnenia

Neprítomnosť vibrácie umožňuje realizovať niektoré nové detaily debnenia, aké sa napr. dosiahli použitím magneticky upevňovaných tvarovacích trňov (vložíek) ku kovovému debneniu. Toto môže byť zvlášť užitočné pri aplikácii SZB v prefabrikácii, kde návrh detailov môže vytvoriť výrobok vyššej hodnoty so zložitými detailmi na povrchu. Možné je vytvárať neobvyklé a zložité tvary, ktoré by nebolo možné vytvoriť z vibrovaného betónu.

Vysoká tekutosť SZB môže mať za následok vyplavovanie každého prvku debnenia, ďalej koncoviek a detailov, ktoré nie sú bezpečne ukotvené a ktoré sa môžu vznášať v betóne vztlakom. Zvláštna pozornosť musí byť preto venovaná upevneniu a utesneniu debnenia k základu, kde vztlak môže spôsobiť problémy. Môže sa tiež objaviť netesnosť spojov a znížiť ináč vysokú kvalitu povrchu. SZB vo všeobecnosti však uniká menej ako betón, ktorí má byť vibrovaný. Ak sa používa SZB mal by sa uvažovať plný hydrostatický tlak betónu. Preto osobitná pozornosť by sa mala venovať vonkajším podperám, spojovacím tyčiam a rozperným vložkám, aby sa tak zabezpečilo, že nenastane deformácia debnenia počas ukladania betónu.

### 10.7 Príprava debnenia

SZB spravidla dáva povrch vysokej kvality a vytvára zrkadlový otláčok debnenia. Toto umožňuje náročnejšie návrhy tvaru povrchu, ale ak sa nedáva pozor, SZB zviditeľní všetky nedostatky materiálu debnenia, nedostatky v kvalite prísad a odformovacieho prostriedku, čo znehodnotí konečný vzhľad betónu. Pohyb v spojoch, alebo ohýbanie debnenia pod tlakom betónu je tiež viacej zjavné u SZB.

Dobrá príprava debnenia, ako je detailnejšie uvedené ďalej, by mala byť použitá u všetkých betónoch, ale je podstatná ak konečný vzhľad SZB má byť optimálny.

#### 10.7.1 Oddebňovacie (odformovacie) prostriedky

SZB kladie výslovné požiadavky na druh a použiteľný rozsah odformovacieho prostriedku, vzhľadom na jeho schopnosť dosiahnuť veľmi vysokú kvalitu konečného vzhľadu. Väčšina debnenia používaného pri

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

SZB bude z ocele alebo živicom potiahnutej preglejky. To sú materiály buď nenasiakavé, alebo majú veľmi nízku nasiakavosť. Nadbytok odformovacieho prostriedku na povrchu formy a betónovej styčnej plochy môže mať za následok vznik škvŕn, zadržiavanie bublín a iné nedostatky vzhľadu.

Odformovacie prostriedky založené na rastlinnej, minerálnej báze, alebo na báze vody je potrebné nanášať vo zvlášť tenkej vrstve, až do takej miery, že sú len namazané pomocou handry. Je tiež nevyhnutné, aby odformovacie prostriedky neboli žiadnym spôsobom riediteľné alebo zrážanlivé.

SZB bežne dovoľuje zadržanému vzduchu uniknúť medzi betónom a debnením. A preto odformovací prostriedok musí byť tiež takého druhu, aby dovolil pohybovať sa vzduchu kontrolovaným spôsobom a uniknúť z betónu. Niektoré oddebňovacie prostriedky, ak sú použité v kombinácii s nepriepustným debnením, sú príliš viskózne na to, aby dovolili účinnému úniku vzduchu a to môže mať za následok, že vzduchové dutiny sú pripútané k povrchu debnenia a spôsobujú bubliny v betóne. Bez predbežného vyhodnotenia by oddebňovacie prostriedky mali byť použité len s priedušným alebo polopriedušným debnením, aby sa tak spoľahlivo zabezpečil dobrý vzhľad povrchu.

Druh debnenia môže diktovať predbežnú úpravu a druh oddebňovacieho prostriedku a tiež spôsob akým bude použitý.

### 10.7.2 Nepotiahnuté drevené debnenie

Ak sa vyžaduje pekný povrch betónu je treba sa vyhnúť suchému a úplne novému drevu, ktoré je silne nasiakavé, čo môže spôsobiť chemickú reakciu a viesť k vytvoreniu škvŕn na povrchu, alebo k spomaleniu tvrdnutia povrchu betónu. Poškodenia povrchu alebo textúry dreva sa objavia na povrchu betónu a každá textúra dreva môže byť zachytená na povrchu betónu.

Nové drevené debnenie by malo byť dobre povrchovo upravené, utesnené a mal by sa použiť vysoko aktívny oddebňovací prostriedok. Neošetrované drevo by malo byť navlhčené a prednostne vopred ošetrené rozriedenou cementovou riedkou kašou, ktorá ho utesní a zníži riziko vzniku škvŕn alebo spomalenia tuhnutia vplyvom cukrov v dreve. Použitím debnenia z dreva, ktoré sa už viackrát použilo, môže byť znížené množstvo oddebňovacieho prostriedku, aby sa tak vyhlo povrchovým škvŕnám.

### 10.7.3 Synteticky alebo živicom potiahnuté drevo a debnenie pokryté tenkým ocelovým plechom

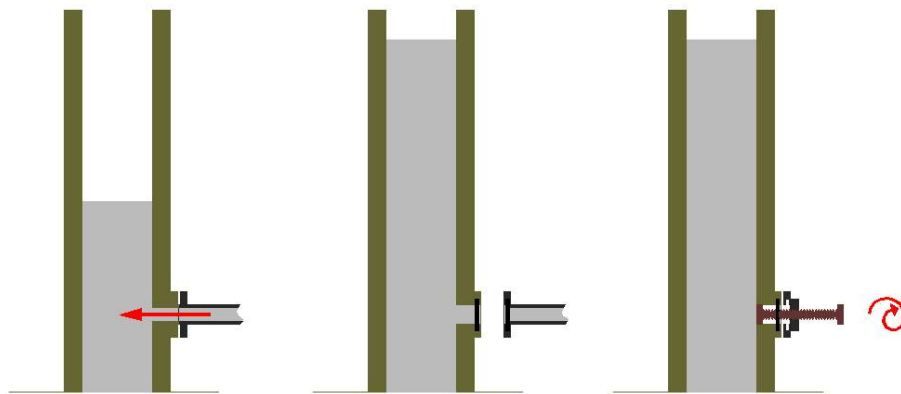
Takéto materiály sú nenasiakavé alebo majú nízku nasiakavosť. Preto je dôležitý hospodárny, v tenkej vrstve, ale dôkladne nanosený odformovací prostriedok dobrej kvality. Extrémne hladké debnenie používané pre vysoké steny volá po zvýšenej väzobnej schopnosti odformovacieho prostriedku. Pre dosiahnutie optimálneho vzhľadu je potrebné si vyžiadať radu od výrobcu odformovacích prostriedkov.

## 10.8 Debnenie pre čerpanie betónu zospodu

SZB dovoľujú nové metódy ukladania betónu vrátane čerpania betónu zospodu. V tomto prípade je čerpadlo na betón pripojené pomocou špeciálneho spojovacieho kusu so šupátkom v debnení. Návrh debnenia sa musí počítať tak, aby odolával pri najmenšom plnomo hydrostatickému tlaku betónu.

Ak je to možné miesto čerpania by malo byť v strede steny, tým sa minimalizuje horizontálna dĺžka roztekania. Vodorovné rozmiestnenie čerpacích miest bude závisieť na výstuži a na schopnosti SZB tiecť a malo by byť odsúhlasené s dodávateľom betónu. Vertikálne usporiadanie miest na čerpanie betónu závisí od maximálneho tlaku, ktoré môže debnenie prevziať a musí byť odsúhlasené s dodávateľom debnenia.

Po pumpovaní zospodu je uzatvárací ventil uzavretý a uzamknutý. V tom čase prečnievajúcí betón v mieste ventilu môže byť vyrovnaný s vnútorným povrchom debnenia pomocou špeciálneho vretena – pozri obr. 10.1. Alternatívne prečnievajúcí betón musí byť odstránený a povrch musí byť upravený po odstránení debnenia.



Obrázok 10.1: Po pumpovaní zospodu, prečnievajúci betón v mieste čerpania môže byť vyrovnaný s vnútorným povrchom debnenia pomocou špeciálneho vretena alebo sa povrch urovná po odstránení debnenia.

## 11 UKLADANIE A KONEČNÁ ÚPRAVA NA STAVENISKU

### 11.1 Všeobecne

SZB je navrhnutý tak, aby mal vysokú tekutosť kombinovanú so súdržnosťou, ktorá zaručí, že kamenivo je rovnomerne unášané a nesegreguje (neodlučuje sa). Použitie vibrátorov ovplyvní túto rovnováhu a obyčajne vedie k značnej segregácii. Z tohto dôvodu by sa vibračné zariadenie nemalo používať u SZB s výnimkou špeciálnych okolností popísaných v odseku 11.6. Zvláštna pozornosť sa musí venovať možným vonkajším zdrojom vibrácie, napr. zo zariadenia, ktoré je v blízkosti betonáže.

Počas ukladania by mal byť betón pravidelne kontrolovaný, aby sa tak zabezpečilo, že hrubé kamenivo zostáva pri alebo veľmi blízko povrchu a že nie sú žiadne náznaky segregácie. Betón by mal vytvárať pravidelne postupujúci front s veľkým polomerom krivosti a mal by tiecť okolo výstužných tyčí a úplne obkolesiť výstužné tyče betónom bez vytvárania vzduchových hniezd. Nemal by nastať nadmerný únik veľkých vzduchových bublín, ktorý by predpokladal, že vzduch bol zadržaný pri procese ukladania. Skontroluj debnenie, či na ňom nie sú znaky unikania betónu.

Po ukončení prvého úseku práce by mala byť skontrolovaná kvalita zatvrdnutého betónu a táto vyhodnotená obidvoma: výrobcom i špecifikátorom. Pozri sa na stopy výkvetov na hornom povrchu, na nerovnomernú farbu povrchu, na určité miesta kde bol zadržaný vzduch a na všetky ostatné nežiaduce účinky, ktoré sú viditeľné.

Vysokokvalitná konečná úprava povrchu je charakteristická pre SZB, ale aby sa získal povrch bez bublín, vád, alebo rôznofarebnosti, to vyžaduje viac ako len betón dobre navrhnutý a s dobrou kvalitou. V súčasnosti neexistuje žiadna smernica ako získať spoľahlivo a sústavne výbornú kvalitu konečnej úpravy povrchu pri použití SZB. Povrch debnenia však musí byť bez chýb a vykonanie ukladania (liatia) betónu a ošetrovanie konečného povrchu musia byť v najvyššej kvalite. Pracovníci ukladajúci betón rovnako ako stavbyvedúci/predák musia rozumieť a vziať v úvahu dôležitosť každej jednotlivej časti prevedenia betonáže a musia ju vykonať efektívne.

Podstatné je, aby pracovníci ktorí ukladajú SZB boli zacvičení/poučení o špeciálnych požiadavkách na ukladanie tohto betónu.

### 11.2 Vykládka

Vykládka by sa nemala vykonať predtým, ako sa vykonali kontrolné skúšky (pozri odstavec 9.7).

SZB môže byť ukladáný priamym vykladaním z autodomiešavača za pomoci klzného žľabu. Alternatívne môže byť najprv vyložený do skipu (s vyprázdňovacou rúrou), alebo do čerpadla na betón. Môže sa použiť aj nakladacia násypka/udržiavacia nádoba s miešacím zariadením, ak je to nutné a ak sa má SZB držať na stavenisku počas ľubovoľnej doby pred jeho ukladáním.

### 11.3 Ukladací proces a jeho rýchlosť

Pred ukladáním SZB by sa malo potvrdiť, že výstuž a debnenie sú umiestnené tak ako sa plánovalo a debnenie je bez vody a úlomkov. Napúšťanie betónu do debnenia musí byť robené s ohľadom na hustotu výstuže, charakteristiky tečenia betónu a na možnosť zadržiavania vzduchu. Primeraná dĺžka rozliatia pomáha uniknúť všetkému nadbytočnému vzduchu. Avšak ak je dĺžka rozliatia väčšia ako cca. 10 m môže sa vytvoriť veľké riziko dynamickej segregácie alebo vytvárania dutín.

Rýchle zvislé liatie betónu môže nedovoliť dostatočný čas na výstup vzduchu na povrch a na jeho únik, čo spôsobí zvýšený počet zadržovaných vzduchových dutín v betóne a vytvorenie bublín na povrchu betónu.

Liací proces by mal byť nepretržitý - bez prerušenia, čo pomáha udržať roztekание a znižuje výskyt povrchových škvŕn a farebných odchýlok.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Niektoré SZB, zvlášť tie s nízkou rýchlosťou tečenia (s vysokou hodnotou  $T_{500}$  alebo času zisteného pri skúške „V – lievnik“), môžu ukazovať tendenciu ku tixotropickému gelovateniu, spôsobujúcemu stuhnutie, ak sa tečenie zastaví. Ale tieto SZB znovu získajú tekutosť, ak sa použije dostatočná ďalšia šmyková/miešacia energia. Tixotropickému gelovateniu sa dá vyhnúť, ak sa betón premiešava počas dopravy na stavenisko a pred jeho ukladaním. Ukladanie má byť bez prestávok a miesto na plnenie foriem má byť umiestnené tak, aby sa vždy udržalo pohyblivé čelo zalievania foriem. Po ukončení ukladania betónu tixotropické gelovatenie môže byť prednosťou, pretože po ukončení pohybu betónu sa veľmi skoro zníži prepúšťanie spojov a tlak debnenia.

SZB je viacej súdržný a obyčajne menej náchylný k segregácii ako obyčajný betón, ale voľný pád betónu počas jeho ukladania môže stále spôsobiť určitú segregáciu a zvýšiť obsah zadržaného vzduchu a preto sa mu treba vyhnúť. V prípade, že nie je možné sa mu vyhnúť, výška voľného pádu by mala byť obmedzená a mali by sa vykonať skúšky na určenie vplyvu voľného pádu.



Obr. 11.1: Zalievanie dosky zo SZB, Obchodné centrum, Ferrara, Taliansko.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Ak sa zalievajú rozsiahle vodorovné plochy, kde časť celkovej plochy musí byť ukončená pred zalievaním nasledujúcich plôch, vyžadujú sa trvalé zakončenia a na tento účel sa pri SZB úspešne použilo ohraničenie kovovými latami.

### 11.4 Ukladanie betónu pomocou čerpadla

Čerpanie je najčastejším spôsobom ukladania SZB a tak je to spôsob, pri ktorom bolo získaných najviac skúseností.

Ak čerpadlo na betón nebolo „premazané“ cementovým mliekom, prvá časť dodávky (100 – 150 litrov betónu) by sa malo nechať prebehnúť cez čerpadlo a znova vrátiť do autodomiešavača. Toto premaže potrubie čerpadla, zatiaľ čo zbytok hrubého kameniva je znovu premiešaný so zostávajúcim množstvom SZB.

SZB je veľmi vhodný na čerpanie cez čerpací uzáver zospodu debnenia dávajúc pritom dobrú odolnosť voči segregácii. Táto metóda dáva hladký a čistý povrch betónu a ukázala sa ako veľmi úspešná pri odlievaní stien v budovách za pomoci systémového debnenia a tiež pri vytváraní ostenia tunelov a betonáží stĺpov. Bola tiež použitá na spevnenie existujúcich betónov a na ukladanie nového betónu vo vnútri existujúcich konštrukcií.

Čerpanie betónu zospodu debnenia cez čerpací uzáver bežne dáva najlepšiu konečnú úpravu povrchu každého vertikálneho prvku. Prináša do betónu menej vzduchu a dovoľí vyššiu rýchlosť betonáže ako čerpanie betónu zhora. Násypka a hadice musia byť úplne vyplnené betónom, aby sa tak zabezpečilo, že vzduch sa nezavlečie do betónu pri dne debnenia. Musí sa tiež pamätať na to, že znovu začatie čerpania po jeho prerušení môže viesť k nárastu tlaku na debnenie.

Po ukončení čerpania zospodu sa čerpací uzáver uzavrie a uzamkne. Prečnievajúci betón sa môže odstrániť po oddebnení, ale k dispozícii je aj špeciálny prípravok na dosiahnutie hladkého povrchu betónu bez toho, aby sa toto muselo urobiť až po oddebnení (pozri odsek 10.8).

Ak sa čerpá betón z hora a ak konečný povrch betónu musí byť upravený, SZB sa môže ukladať pomocou ponornej hadice, aby sa tak minimalizovala možnosť zavlečenia vzduchu. Liatie betónu by sa malo začať na najnižšom bode formy a na mieste, kde hadica čerpadla môže byť umiestnená najbližšie ako je to len možné ku dnu formy. Keď sa vytvorí dostatočná výška betónu, hadica by mala byť ponorená do betónu. Pokiaľ je to možné, koniec hadice čerpadla by sa mal držať pod hladinou betónu počas celej doby čerpania betónu, aj v prípade, že mení svoju polohu, aby sa tak zabránilo vnikaniu vzduchu do hadice.

Čerpanie by sa malo riadiť tak, aby bolo neprerušované s rovnakou rýchlosťou nárastu hladiny v debnení a s čo najmenším možným počtom prerušení dodávok betónu.

### 11.5 Ukladanie betónu pomocou klzného žľabu a skipu

Napriek tomu, že sa doporučené čerpať SZB, úspešne sa využil pri ukladaní betónu aj klzný žľab a skip. Pri vyprázdňovaní betónu za pomoci klzného žľabu, vývod zo žľabu by mal byť nasmerovaný smerom k najvzdialenejšiemu bodu betonáže a postupne odťahovaný tak ako postupuje betonáž.

Ak sa betónuje za pomoci žeriavu a skipu, mali by sa vziať do úvahy nasledujúce body:

- Spôsob betonáže za použitia skipu je bežne užitočný len pre pomerne malé prvky, alebo krátke steny, vzhľadom na kapacitu betonáže (typická je 12 – 20 m<sup>3</sup>/h), ale záleží tiež na veľkosti skipu a na manévrovacích schopnostiach žeriavu.
- Skip musí byť utesnený, aby sa zabránilo strate malty alebo pasty počas dopravy.
- Skip by nemal byť vystavený vibrácii, alebo nadmernému natriasaniu, aby sa tak vyhllo segregácii betónu.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

- Dlhšie státie čerstvého betónu v skipe môže spôsobiť tixotropické tuhnutie a tak betón nebude zo skipu vytekať spontánne a hladko, po otvorení skipu na vyprázdnenie.
- Pomalé dodávanie betónu môže predĺžiť dobu státia betónu vo forme, ktoré má za následok vytváranie škrupiny na povrchu, alebo tixotropického tuhnutia a to môže viesť k viditeľným vodorovným značkám medzi jednotlivými výškovými úsekmi.
- Ak sa betónujú vysoké a tenké steny, betonáž zo skipu by mala prebiehať cez výpustné hadice alebo cez zásobné (skladacie) hadice. Použitie skladacej hadice skôr ako tuhej hadice pomáha držať hadicu plnú a predchádza zavlečeniu vzduchu do betónu, to je zvlášť dôležité, ak sa má dosiahnuť optimálna povrchová úprava betónu. Ak sa použije tuhá výpustná hadica, jej koniec by sa mal držať pod hladinou betónu počas celej doby a zvláštna pozornosť sa musí venovať tomu, aby vzduch nebol zavlečený do betónu.

### 11.6 Vibrácia

Všeobecne je potrebné sa vyhnúť vibrovaniu SZB, pretože by veľmi pravdepodobne zapríčinilo významné sadanie hrubého kameniva. Ak sa nedosiahlo požadované zhutnenie, najprv je potrebné prekontrolovať betón, či zodpovedá požiadavkám. Ak je betón v zhode a napriek tomu sa nedosiahlo plné zhutnenie, je treba uvažovať so zmenou požiadaviek.

V niektorých prípadoch môže byť potrebné urobiť starostlivo kontrolované a mierne vibrovanie:

- U niektorých konštrukcií, kde tvar debnenia môže spôsobiť, že vzduch sa zachytí na niektorých miestach. Toto všeobecne môže byť odstránené lokálnym poklepom, alebo jednoducho prepichovaním tyčou v postihnutom mieste.
- Dosky, zvlášť tie, ktoré sú betónované so SZB s nízkou triedou rozliatia môžu vyžadovať ľahké dusanie alebo veľmi jemné vibrovanie hladiacou tyčou (latou), aby sa tak dostal hladký povrch, bez prečnievajúceho hrubého kameniva.
- Následne po prerušení ukladania betónu, ak aktívny povrch betónu sa prikryje škrupinou, alebo zatuhne do takej miery, že by sa mohol vytvoriť studený spoj (styk) alebo vady povrchu betónu.

### 11.7 Konečná úprava povrchu dosiek

Dosky spravidla vyžadujú nižšiu triedu rozliatia, ako SZB pre steny a stĺpy. Táto konzistencia spolu s nedostatkom odlučovania vody a tendenciou k tixotropickému tuhnutiu môže spôsobiť, že betón je lepkavý a ťažko sa vykonáva konečná úprava jeho povrchu. Počiatočnú úpravu povrchu je potrebné vykonať tak rýchlo, ako je to možné, keď sa už dosiahla správna úroveň horného povrchu, skôr ako započne tixotropické tuhnutie a skôr ako sa objaví akékoľvek vysušenie povrchu (alebo vytváranie škrupín).

Vibračné hladičky a ľahko vibrujúce laty sa ukázali ako účinné nástroje na hladenie SZB, zabezpečujúce, že povrch dosky nie je šikmý. Ale ručné náradie sa musí použiť, ak je tam hocikaké riziko výskytu segregácie kameniva. Ocelové hladítka dávajú lepšie výsledky, ako drevené hladítka, alebo hladítka z polyuretánovej peny.

Ak sklon povrchu dosky je väčší ako 2 – 3%, musí sa venovať veľká pozornosť aj ľahko vibrujúcemu zariadeniu, pretože toto môže spôsobiť bočný posun, alebo iný neželaný pohyb čerstvého SZB.

Vyrovnanie povrchu dosiek je najlepšie vykonať striedavými pohybmi za pomoci hladiacej dosky (pozri obr. 11.1). Toto „aktivuje“ povrch betónu a vytvára dostatočnú zhutňujúcu silu, bez toho aby sa pri tom vyvolala neželateľná segregácia kameniva. Správna konzistencia a správne vykonanie betonáže vytvorí

### “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

správnou hladinu a hladký horný povrch betónu bez nevhodnej úpravy matrice na povrchu. V niektorých prípadoch sa použitie prevzdušňovacej prísady preukázalo ako vhodné na dosiahnutie uspokojivých vlastností betónu na konečnú úpravu jeho povrchu.



**Obr. 11.1 Hladenie povrchu SZB striedavými pohybmi za pomoci hladiacej dosky**

Po takejto úprave povrchu, akou je použitie oceleového plochého hladítka, alebo hladenie doskou so striedavými pohybmi, možno považovať betón za mierne vibrovaný. Avšak ak SZB preukazuje tixotropické tuhnutie, je veľmi ťažké odhadnúť správny čas pre vykonanie tejto časti konečnej úpravy povrchu.

### 11.8 Ošetrovanie

Ošetrovanie je dôležité pre všetky betóny, ale zvlášť pre horný povrch prvkov vyrobených zo SZB. Tieto môžu vysychať veľmi rýchlo vzhľadom na zvýšené množstvo pasty, nižšieho pomeru vody a jemných častíc a nedostatok odlučovanej vody. Počiatočné ošetrovanie betónu by malo preto začať čo najskôr – hneď ako je to možné, po uložení a konečnej úprave povrchu, aby sa tak minimalizovalo riziko vytvárania škrupiny na povrchu betónu a vytváranie zmršťovacích trhlín spôsobených vyparovaním vody v počiatočnom štádiu.



## 12 PREFABRIKOVANÉ VÝROBKY

### 12.1 Všeobecne

Prefabrikácia dodáva svojim zákazníkom výrobky zo zatvrdnutého betónu, ktoré sú montované na stavenisku a ktoré môžu byť, v závislosti od konštrukčného návrhu, kombinované s monolitickým betónom. Proces začína vtedy, keď zákazník stanoví technické požiadavky prefabrikovanej konštrukcie alebo prefabrikovaného prvku.

### 12.2 Technické požiadavky na výrobky z prefabrikovaného betónu pri použití SZB

Technické požiadavky pre konštrukčné prvky by mali byť buď podľa príslušnej harmonizovanej výrobkovej normy (založenej EN 13369: *Spoločné pravidlá pre betónové prefabrikáty*) alebo, ak je to aktuálne, priamo podľa EN 13369, ktorá sa odvoláva na príslušné časti EN 1992-1 (Eurokód 2) a na EN 206-1.

Vlastnosti čerstvého betónu sú definované výrobcom betónu v závislosti od požiadaviek výrobu a charakteristík výrobného procesu.

Ak sa majú určiť vlastnosti čerstvého SZB pre prefabrikát na určité použitie, technické požiadavky na SZB by sa mali stanoviť podľa kapitoly 6 tohto dokumentu a klasifikačného systému podrobne popísaného v prílohe A.

Požiadavky na trvanlivosť a na kryciu vrstvu betónu sú rovnaké ako tie pre tradičný vibrovaný betón a sú definované v príslušných výrobkových normách a/alebo EN 13369.

### 12.3 Návrh zloženia čerstvého SZB pre prefabrikované výrobky

Prvotné technické požiadavky na použitie prefabrikátu obsahujú požiadavku, aby vyhovel stupňu účinku vonkajšieho prostredia (klasifikácii prostredia) a charakteristickej pevnosti v tlaku po 28 dňoch. Avšak pre výrobcu môže byť rozhodujúca počiatočná pevnosť betónu, aby sa tak umožnilo včasné odformovanie, predopnutie a doprava prvku v rámci jeho výrobného cyklu.

Základné materiály sa volia v súlade s kapitolou 7 a navyše tiež v súlade s ostatnými požiadavkami v príslušných výrobkových normách a/alebo EN 13369.

Návrh čerstvého betónu musí spĺňať vopred definované požiadavky na zatvrdnutý SZB, kombinované s nevyhnutnými požiadavkami na SZB v čerstvom stave, akými sú tekutosť, viskozita a stabilita v závislosti od obmedzení, ukladania a podmienok konečnej úpravy.

Znížený čas požadovaný pre dopravu a ukladanie betónu, typické je nie viac ako 30 min. znamená, že predĺžovanie doby spracovateľnosti nie je nutné, čo umožňuje použiť SZB, ktorý má krátky čas predĺženia spracovateľnosti, rýchle tuhnutie a rýchly vývoj počiatočných pevností. Tento rýchlejší štart procesu tvrdnutia je výhodný pre počiatočnú pevnosť typicky pre dobu 14±2 hodín, vyžadovanú pre udržanie výrobného cyklu.

Vysoká počiatočná pevnosť SZB sa môže dosiahnuť pomocou správneho návrhu zloženia čerstvého betónu a/alebo podporou tepelným ošetrovaním betónu, veľmi často riadeným a kontrolovaným skúšobným zariadením pre kontrolu zretia betónu (maturity testing).

Výrobne prefabrikátov bežne vyvinú sadu štandardných návrhov čerstvého betónu, ktoré spĺňajú všeobecné požiadavky pre každý druh výrobku. Tieto štandardné návrhy môžu byť potom modifikované pre špeciálne požiadavky. Návrh zloženia SZB na výrobu prefabrikátov je všeobecne založený na prístupe uvedenom v kapitole 8.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 12.4 Formy

Druhy foriem pre väčšinu prefabrikátov, či už ide o ocelové formy pre opakované použitie alebo potáhané preglejkové formy pre obmedzený počet použití, sa nebudú veľmi odlišovať od foriem, ktoré sa používajú pre tradičný vibrovaný betón.

Nedostatok vibrácie môže dovoliť niektoré novinky v úprave debnenia, aké sa dosiahlo napr. pri magneticky upínaných tvarovacích kusoch (upínaných k ocelovému debneniu). Toto môže byť zvlášť užitočné pri aplikácii SZB v prefabrikácii, kde detailný návrh môže umožniť vyrobiť výrobok vyšších nárokov so zložitými povrchovými detailmi. Môžu sa tiež vyrábať nezvyčajné alebo komplikované tvary, ktoré by bolo nemožné vyrobiť z tradičného vibrovaného betónu.

Použitím SZB môže u niektorých výrobkov dovoliť ich betonáž počas jednej operácie, zatiaľ čo pri použití tradičného vibrovaného betónu je potrebné jednodňové prerušenie betonáže. Nižšie bude tiež opotrebenie foriem vzhľadom na neprítomnosť vibračného zariadenia alebo nárazov ponorného vibrátora na povrch formy; tuhosť a pevnosť foriem závisí od tlaku betónu počas betonáže, pričom by sa mal uvažovať plný hydrostatický tlak (pozri kapitolu 10.5). Ďalšie informácie o návrhu foriem, príprave povrchu a odformovacích prostriedkoch sú uvedené v odseku 10.6 a 10.7.

### 12.5 Výroba v závode

Výroba prefabrikátov má tie isté všeobecné princípy ako sú uvedené v kapitole 9. Výrobca prefabrikátov by mal dbať na nasledovné odporúčenia. Všetky betóny dopravené k forme by mali byť vizuálne kontrolované čo sa týka ich rovnorodosti a konzistencie predtým ako sa preberú a začnú ukladať. Úmerne by mali byť kontrolované na rozliatie i jednotlivé dodávky betónu. V prípade pochybností iné príslušné skúšobné metódy môžu priniesť doplňujúce informácie o vlastnostiach čerstvého SZB.

Doporučuje sa (u niektorých členských krajín EÚ je to aj požiadavka), aby výrobca uplatňoval vnútropodnikovú kontrolu podľa požiadaviek príslušných výrobných noriem a/alebo EN 13369, Príloha D. Výrobná kontrola zahŕňa:

- kontrolu výrobného zariadenia
- kontrolu materiálov
- kontrolu výrobného procesu
- kontrolu finálnych výrobkov
- pravidlá pre upínanie výrobkov.

Ak sa vyžaduje dočasné skladovanie čerstvého betónu, vzhľadom na kapacitu miešačky a/alebo požiadavky výroby, môže sa v takom prípade použiť zásobník s aktivujúcim zariadením, aby sa tak pre každý individuálny výrobok umožnilo nepretržované ukladanie SZB.



Obr. 12.1 Použitie zásobníka/násypky so šnekom na aktiváciu SZB tesne pred jeho ukladaním

## **12.6 Ukladanie**

U prefabrikovaného betónu je veľmi dôležité, rovnako ako u betónu ukladaného na stavbe, aby všetci pracovníci, ktorí budú zapojení do ukladania SZB mali primeraný zácvik skôr ako sa začne ukladanie betónu, vzhľadom na rozdielnu techniku ukladania vyžadovanú pre SZB.

Používa sa návod na ukladanie betónu uvedený v kapitole 11 a zvlášť v odsekoch 11.1 až 11.3 a 11.6. Je veľmi dôležité, aby sa forma zaplňovala tempom, ktoré dovoľí únik vzduchu a spôsobom, ktorý zabezpečí, že žiaden vzduch nie je zadržovaný. Ukladanie betónu by sa malo vykonávať kontinuálne, pretože dočasné prestávky môžu spôsobiť vnútorné styky medzi vrstvami, ktoré môžu ovplyvniť pevnosť, trvanlivosť a vzhľad. Ak sa objaví prerušenie pri zvislom ukladaní betónu, kontaktná energia čerstvého betónu v nasledujúcej vrstve by mala byť zvýšená napr. zvýšením výšky vrstvy betónu a tak povrch prvej vrstvy je oživený a tým sa vyhne tvorbe studených spojov (stykov).

Niektoré betonážne zariadenia majú otvory so zmenšenou veľkosťou, aby sa tak zvýšila energia vytekajúceho SZB počas ukladania betónu.

Kotvy na spojenie prefabrikovaného prvku napr. s murovanými stenami môžu byť dopredu ohnuté a následne po betonáži umiestnené na povrchu betónu.

## **12.7 Konečná úprava povrchu, ošetrovanie a odformovanie**

Ak SZB nie je úplne samozhutniteľný, povrch môže byť ľahko stiahnutý alebo hladný, aby sa tak dostal zarovnaný povrch. Mechanická vibrácia by sa mala použiť len, ak boli starostlivo vykonané pokusy na vylúčenie segregácie (pozri odstavec 11.6).

Technika úpravy konečného povrchu je rovnaká ako u bežného vibrovaného betónu, ale všeobecne začína neskôr v závislosti na zložení, vlastnostiach a na teplote okolia a betónu.

Vonkajšie povrchy čerstvého betónu prefabrikátov vyrobených zo SZB by mali byť ošetrované rovnakým spôsobom ako povrchy bežného vibrovaného betónu (pozri odsek 11.8).

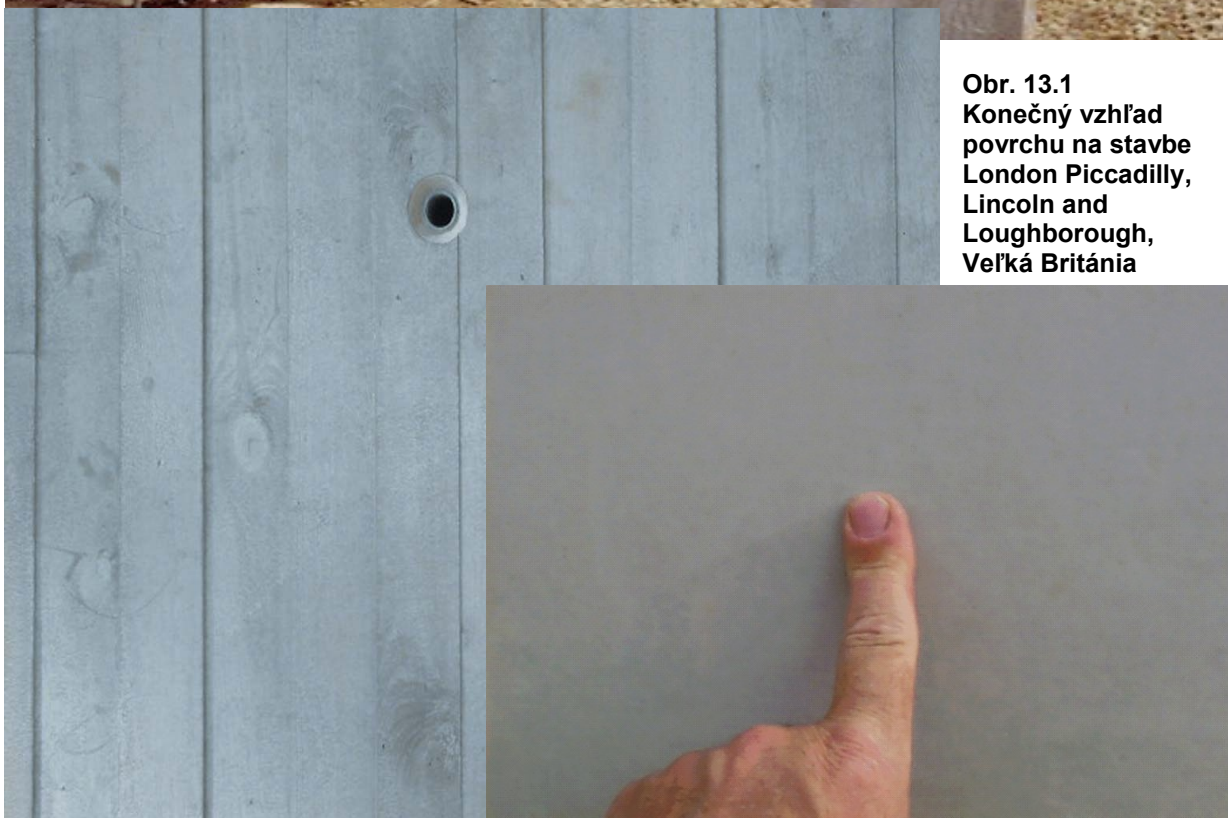
Použitie tepla na podporu a urýchlenie nárastu pevnosti betónovaných prvkov je rovnako účinné pri SZB ako keď sa použije pri bežnom betóne. Skúšobná metóda sledujúce „zretie“ betónu (maturity test) sa využíva na riadenie a kontrolu vývoja pevnosti.

Ak sa použije pretepľovanie pri SZB za účelom urýchlenia jeho tuhnutia a tvrdnutia, charakteristiky pretepľovania by mali spĺňať požiadavky EN 13369, odsek 4.2.1.4.

## 13 VZHĽAD A ÚPRAVA POVRCHU

### 13.1 Všeobecne

Konečné povrchy vysokej kvality sú jednou z charakteristík SZB, ale ak sa to má dosiahnuť, musí sa veľká starostlivosť venovať návrhu zloženia čerstvého betónu a vyžaduje sa zručnosť pri práci v prefe.



Obr. 13.1  
Konečný vzhľad  
povrchu na stavbe  
London Piccadilly,  
Lincoln and  
Loughborough,  
Veľká Británia

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Vzhľad prvku betónovaného zo SZB závisí hlavne na:

- druhu použitého cementu a prímiesí
- zložení čerstvého SZB
- kvalite formy a odformovacieho prostriedku
- procese ukladania SZB.

Vzhľad je spravidla lepší ako u bežného betónu:

- farba je vo všeobecnosti viacej rovnorodá
- je ľahšie sa vyhnúť poškodeniam spôsobeným vadami z netesnosti spojov formy a poškodeniam v mieste výstupu lán alebo drôtov z formy
- hrany by mali byť ostré, ak je forma dobre navrhnutá a udržiavaná
- bubliny sú vždy prítomné, ale sú obmedzené čo do počtu a veľkosti
- ak sa forma správne napĺňa, vzduchové dutiny pod vodorovnými časťami formy môžu byť obmedzené čo do počtu a veľkosti.

Ďalej uvedený zoznam vád sa môže vyskytnúť u všetkých druhov betónov, ale pri dostatočnej starostlivosti môže SZB dať zlepšený konečný vzhľad v porovnaní s tradičným betónom:

- bubliny
- štrkové hniezda
- vertikálne prúžky (pásky) a iné odchýlky vo farbe
- trhlinky spôsobené plastickým zmršťovaním a zmršťovaním vysušením.

Kontrolný zoznam pravdepodobných príčin vád a prevencie ich výskytu je uvedený v Prílohe C. Dodatočné informácie o niektorých vadách sú uvedené v nasledujúcich odstavcoch.

### 13.2 Bubliny

Vzduch je zavádzaný do betónu počas miešacieho procesu, ale tiež počas dopravy a ukladania betónu. Rozsah, v akom je vzduch buď stabilizovaný vo vnútri SZB, alebo zmizne počas betonáže závisí na súdržnosti čerstvého betónu. Vysoká hodnota rozliatia – SF3 a nízka plastická viskozita – VS/VF1 napomáhajú pri dosiahnutí povrchov vysokej kvality, pretože umožňujú aby sa vzduch ľahšie uvoľnil z betónu. Čerstvý betón, ktorý má blízko k segregácii spravidla vytvorí najlepší povrch.

Bubliny sa vytvoria, ak malé vzduchové bublinky sú zadržované alebo priľnú na povrchu debnenia. Okrem vyššie uvedených príčin, bubliny môžu vzniknúť tiež z dôvodu kvality povrchu debnenia a druhu a/alebo množstva odformovacieho prostriedku. Je treba získať doporučenia od oboch: od dodávateľa odformovacieho prostriedku, ako aj výrobcu betónu.

Vzduch sa uvoľňuje ľahšie ak rýchlosť stúpania betónu v debnení je obmedzená a tiež, ak sa má betón vo forme pohybovať bokom na vzdialenosť niekoľkých metrov.

Čerpanie betónu zospodu debnenia vytvára vo všeobecnosti lepší povrch betónu. Ak to nie je možné, betonážna hadica by mala byť počas celej doby betonáže držaná pod povrchom betónu. Ak betón môže padať voľným pádom, toto môže to zvýšiť počet veľkých zavlečených vzduchových dutín a to na povrch betónu a tiež do vnútra masy betónu.

### 13.3 Štrkové hniezda

Štrkové hniezda môžu byť spôsobené netesnosťou debnenia, ale častejšie sú spôsobené nízkou schopnosťou pretekať, ktorá je výsledkom uviaznutia kameniva a vzniku dutín za výstužou.

Príčinou SZB s nízkou schopnosťou pretekať je obyčajne:

- stupeň rozliatia je nízky
- viskozita je príliš vysoká

### “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

- max. zrno kameniva je príliš veľké
- existuje nedostatok pasty, alebo je príliš veľa hrubého kameniva

Ak sa objavia štrkové hniezda, ktoré nie sú spôsobené netesnosťou debnenia, betón by sa mal porovnať s technickými požiadavkami. Ak je potvrdená zhoda betónu s technickými požiadavkami, malo by sa uvažovať o revízii (zmene) týchto technických požiadaviek na SZB.

#### 13.4 Rovnomernosť zafarbenia a odchýlky povrchu

Vertikálne pruhy na povrchu SZB sú zriedkavé a obvyčajne sú spôsobené odlučovanou vodou. Každá odlučovaná voda má tendenciu zhromažďovať sa pri zvislom povrchu formy a jej pohyb smerom nahor neskôr zanecháva viditeľné pruhy na zatvrdnutom povrchu betónu vplyvom vymývania a/alebo vyplavovania odformovacieho oleja.

Existuje viacero príčin, prečo sa môže objaviť odlučovanie vody:

- vysoký pomer vody a jemných súčastí
- viskozita je príliš nízka
- nízka teplota
- spomalené tuhnutie.

Iné príčiny pre výskyt odchýlok vo farbe:

- nerovnomerné vysychanie povrchu (napr. spôsobené formami z nového a suchého dreva, alebo plastickým štítkom, ktorý sa dotýkal časti betónu počas preteplovania)
- predávkovanie alebo nesprávny výber odformovacieho prostriedku
- rozdiely v zdrojoch základných materiálov medzi jednotlivými šaržami betónu.

#### 13.5 Zníženie počtu povrchových trhlín

SZB je navrhnutý tak, aby bol stabilný a odolný voči segregácii, ale rovnako ako tradičný vibrovaný betón môže trpieť vytváranými plastickými trhlinami spôsobenými sadaním betónu nad výstužnými tyčami, v prípade, že sa vyskytne sadanie kameniva. Niektoré návrhy zloženia čerstvého SZB, zvlášť tie, u ktorých sa vyžaduje vysoká kvalita konečného povrchu, môžu byť veľmi blízko k bodu segregácie kameniva, preto sa môže u nich vyžadovať osobitná kontrola. Použitie VMP spolu s primeraným obsahom jemných častíc môžu napomôcť tomu, aby mal betón zníženú citlivosť na malé odchýlky v množstve (robustnosť) a aby sa znížilo riziko plastického sadania a tvorby trhlín.

Trhliny spôsobené sadaním môžu byť široké, ale spravidla nie sú hlboké, preto často môže byť povrch opravený – uhladením plochým hladítkom, skôr ako betón začne tuhnúť.

Pretože SZB má malé, alebo žiadne odlučovanie vody, môže preto stratiť povrchovú vodu, čo má za následok tvorbu trhlín od zmrašťovania vysúšaním, ak sa nezačne ošetrovanie betónu už v rannom štádiu.

## EURÓPSKE SMERNICE PRE SAMOZHUTNITEĽNÝ BETÓN

### Príloha A: Požiadavky na samozhutniteľný betón

#### Úvod

SZB by mal byť považovaný za rozšírenie bežného betónu s vysokou konzistenciou.

Predpisujú sa charakteristiky založené na chovaní betónu, za použitia primeranej vhodnej metódy stanovenia technických požiadaviek. Pre vlastnosti a požiadavky, ktoré sú iné ako tie čo sú vo vzťahu k samozhutniteľnému javu, existuje vždy odkaz na EN 206-1, alebo v prípade prefabrikovaných výrobkov na a/alebo EN 13369.

#### A.1 Rozsah

Táto príloha uvádza požiadavky a kritériá na preukazovanie zhody pre SZB.

#### A.2 Odkazy na normy

Táto príloha spája odkazy s dátumom i bez dátumu a ustanovenia z iných publikácií. Tieto odkazy na normy sú citované na príslušných miestach v texte a publikácie sú uvádzané neskôr. Datované odkazy, následné dodatky alebo zmeny hociktorej z týchto publikácií sa týkajú tejto prílohy, len keď sú do nej zahrnuté dodatkom alebo zmenou. Pre odkazy bez dátumu sa použije posledné vydanie uvádzanej publikácie (bez zahrnutia hocijakého dodatku).

EN 206-1      Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda  
EN 13369      Spoločné pravidlá pre betónové prefabrikáty

Príloha B, Skúšanie čerstvého betónu – Časť 1: Skúška rozliatím  
Príloha B, Skúšanie čerstvého betónu – Časť 2: Skúška „V - lievikom“  
Príloha B, Skúšanie čerstvého betónu – Časť 3: Skúška „L - formou“  
Príloha B, Skúšanie čerstvého betónu – Časť 4: Skúška odolnosti voči segregácii

POZNÁMKA: Tieto skúšobné metódy sú doporučované pre normovanie na európskej úrovni.

#### A.3 Definície, symboly a skratky

Pre účely tejto prílohy sa používajú termíny a definície dané v EN 206-1 a nasledujúce termíny a definície:

##### A.3.1.1

##### **betón špecifikovaných vlastností**

betón, pre ktorý výrobca zabezpečí jeho chovanie za predpokladu zručnosti pri ukladaní, zhutňovaní a ošetrovaní betónu, a pre ktorý sa od výrobcu nevyžaduje predloženie jeho zloženia.

##### A.3.1.2

##### **samozhutniteľný betón (SZB)**

betón, ktorý je schopný tiecť a zhutňovať sa vplyvom vlastnej hmotnosti, úplne vyplniť debnenie, aj v prípade výskytu hustej výstuže, pričom sa udržiava homogenita betónu a bez potreby hocijakého dodatočného zhutnenia.

##### A.3.1.3

##### **vyplňovacia schopnosť**

schopnosť čerstvého betónu tiecť a vyplniť všetok priestor v debnení pôsobením vlastnej hmotnosti.

##### A.3.1.4

##### **viskozita**

Odpor voči tečeniu čerstvého betónu, ak sa už začalo tečenie.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

POZNÁMKA: Táto vlastnosť SZB sa posudzuje nepriamo meraním času vytečenia pri skúške „V – lievikom“ alebo hodnotou  $T_{500}$ .

### A.3.1.5

#### **schopnosť pretekať**

schopnosť čerstvého betónu pretekať cez úzke otvory, aké sú medzery medzi výstužnými tyčami, bez odlučovania a zaklinovania (blokowania)

### A.3.1.6

#### **odolnosť voči segregácii**

schopnosť čerstvého betónu zostať homogénnym vo svojom zložení, pokiaľ je čerstvom stave

### A.3.2 Symboly a skratky

Pre účely tejto prílohy sa používajú symboly a skratky uvedené v EN 206-1 a nasledujúce symboly a skratky:

SZB	Samozhutniteľný betón
SF1 - SF3	Stupne konzistencie vyjadrené rozliatím
VS1 - VS2	Stupne viskozity vyjadrené hodnotou $T_{500}$
VF1 - VF2	Stupne viskozity vyjadrené časom podľa metódy „V – lievik“
PA1 - PA2	Stupne schopnosti pretekať vyjadrené schopnosťou pretekať (podľa metódy „L – forma“)
SR1 - SR2	Stupne odolnosti voči segregácii vyjadrené hodnotami podľa sitovej skúšky segregácie

## A.4 Klasifikácia

### A.4.1 Všeobecne

Použi klasifikáciu danú v EN 206-1: 2000, odstavec 4.

### A.4.2 Klasifikácia používaná pri technických požiadavkách na SZB

Tam kde sa klasifikujú stupne SZB, použi tab. A.1.

POZNÁMKA: Bežne sa klasifikuje len stupeň rozliatia. V niektorých situáciách je tiež nutné stanoviť ako počiatočné skúšky, stupeň stanovený metódou “L - forma” a/alebo triedou odolnosti voči segregácii a/alebo buď hodnotou  $T_{500}$  alebo stupňom stanoveným metódou „V - lievik“.

Tabuľka A.1 – Stupne

Stupeň	Rozliatie (mm)
SF1	550 - 650
SF2	660 - 750
SF3	760 - 850

Tabuľka A.2 – Stupne viskozity

Stupeň	$T_{500}$ (s)	Čas podľa metódy “V-lievik” (s)
VS1/ VF1	$\leq 2$	$\leq 8$
VS2/ VF2	$> 2$	9 to 25

Tabuľka A.3 – Stupne schopnosti pretekať (L-forma)

Stupeň	Schopnosť pretekať
PA1	$\geq 0,80$ s 2-mi tyčami
PA2	$\geq 0,80$ s 3-mi tyčami



## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Tabuľka A.4 – Stupne odolnosti voči segregácii (sitová segregácia)

Stupeň	Odolnosť voči segregácii v %
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

POZNÁMKA: Uprednostňovanou metódou stanovenia hodnôt je používanie vyššie uvedenej klasifikácie, ale v špeciálnych prípadoch sa môžu stanoviť cieľové hodnoty,

### A.5 Požiadavky na betón a metódy overovania

#### A.5.1 Základné požiadavky na základné materiály

Použi EN 206-1: 2000, odsek 5.1, alebo v prípade prefabrikovaných výrobkov, použi príslušnú výrobovú normu a/alebo EN 13369: 2004, odsek 4.1.

#### A.5.2 Základné požiadavky na zloženie betónu

Použi EN 206-1: 2000, odsek 5.2, alebo v prípade prefabrikovaných výrobkov, použi príslušnú výrobovú normu a/alebo EN 13369: 2004, odsek 4.2.1.

#### A.5.3 Požiadavky vzťahujúce sa na stupne vplyvu prostredia

Betón by mal spĺňať požiadavky dané v ustanoveniach platných v mieste použitia betónu, vzťahujúcich sa na stanovený stupeň(e) vplyvu prostredia a/alebo stanoveným medzným hodnotám alebo špecifickým normám pre prefabrikované výrobky.

#### A.5.4 Požiadavky na čerstvý betón

Tam, kde sa majú určiť vlastnosti SZB, mali by byť merané s pomocou nasledujúcich skúšok:

- Skúška rozliatím a  $T_{500}$  skúška zodpovedajúca prílohe B, časť 1
- Skúška “V-lievik” zodpovedajúca prílohe B, časť 2
- Skúška “L-forma” zodpovedajúca prílohe B, časť 3
- Skúška odolnosti voči segregácii zodpovedajúca prílohe B, časť 4.

Ak sa vlastnosti stanovujú priamo, alebo nepriamo cez stupne vplyvu prostredia, betón by mal zodpovedať príslušným požiadavkám daným v EN 206-1: 2000, 5.4.2 až 5.4.4., alebo príslušnej výrobovej norme a/alebo EN 13369: 2004, odsek 4.2.2.

#### A.5.5 Požiadavky na zatvrdnutý betón

Použi EN 206-1: 2000, odsek 5.5, alebo v prípade, že sú skúšky vykonávané na prefabrikovaných výrobkoch, použi EN 13369 a/alebo iné príslušné výrobové normy.

### A.6 Dodávky čerstvého betónu

#### A.6.1 Informácie od používateľa betónu k výrobcovi

Použi EN 206-1: 2000, 7.1.

#### A.6.2 Informácie od výrobcu betónu k používateľovi

Na požiadanie by mal výrobca dodať nasledujúce informácie:

- a) výsledky relevantných predchádzajúcich skúšok betónu
- b) vývoj pevnosti betónu.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### A.6.3 Dodací list pre transportbetón

Obecné informácie sú uvedené v EN 206-1: 2000, 7.3 a mali by byť zahrnuté do dodacieho listu a navyše nasledujúce údaje:

- trieda pevnosti;
- stupeň vplyvu prostredia;
- stupeň obsahu chloridov;
- stupne, alebo cieľové hodnoty stanovené pre vlastnosti samozhutniteľnosti;
- medzné hodnoty pre zloženie betónu ak sú stanovené;
- max. zrno kameniva;
- každá iná stanovená vlastnosť.

### A.7 Kontrola zhody a kritériá zhody

POZNÁMKA: V prípade transportbetónu sa skúška zhody vykonáva za účelom overenia či sú platné tvrdenia uvedené na dodacom liste.

V prípade prefabrikovaného betónu a betónu vyrobeného na stavbe, kde užívateľ a výrobca sú tá istá strana, skúšanie a overovanie sa vykonáva ako súčasť kontroly výroby v takom istom rozsahu skúšania za použitia tých istých kritérií, aké sú pri skúškach zhody. V tomto prípade nesplnenie kritérií zhody nevedie k vyhláseniu nezahody, ale k internému preskúmaniu, aby sa odhadlo, či toto naznačuje nezohodu s požiadavkami zatvrdnutého betónu.

Rozsah skúšania rozliatia by mal byť rovnaký, ako ten ktorý je daný pre konzistenciu v EN 206-1, alebo v prípade prefabrikovaných výrobkov v EN 13369 a/alebo v iných príslušných výrobkových normách. Ak je to predpísané, mali by byť vykonané len skúšky hodnoty  $T_{500}$ , času stanoveného pri skúške „V-lievik“, skúška „L-formou“ a sitová skúška odolnosti voči segregácii, ak sa to predpíše.

Zhoda vlastností SZB je potvrdená, ak stanovené kritériá spĺňajú medzné hodnoty uvedené v tab. A.6.

Tabuľka A.6 – Kritériá zhody pre vlastnosti SZB	
Vlastnosť	Kritériá
Rozliatie stupeň SF1	$\geq 520\text{mm}, \leq 700\text{mm}$
Rozliatie stupeň SF2	$\geq 640\text{mm}, \leq 800\text{mm}$
Rozliatie stupeň SF3	$\geq 740\text{mm}, \leq 900\text{mm}$
Cieľová hodnota skúškou rozliatia	$\pm 80\text{mm}$ z cieľovej hodnoty
Stupeň VF1 stanovený skúškou „V-lievik“	$\leq 10\text{s}$
Stupeň VF2 stanovený skúškou „V-lievik“	$\geq 7\text{s}, \leq 27\text{s}$
Cieľová hodnota stanovená skúškou „V-lievik“	$\pm 3\text{s}$
Stupeň PA1 stanovený skúškou „L-forma“	$\geq 0,75$
Stupeň PA2 stanovený skúškou „L-forma“	$\geq 0,75$
Cieľová hodnota stanovená skúškou „L-forma“	Max. 0,05 pod cieľovou hodnotou
Stupeň odolnosti voči segregácii (sitová skúška) SR1	$\leq 23$
Stupeň odolnosti voči segregácii (sitová skúška) SR2	$\leq 18$

Pre iné stanovené vlastnosti a požiadavky je potrebné použiť rozsah skúšok a kritériá zhody uvedené v EN 206-1, alebo v prípade prefabrikovaných výrobkov rozsah skúšok a kritériá zhody uvedené v príslušných výrobkových normách a/alebo EN 13369.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### **A.8 Kontrola výroby**

Princípy kontroly výroby čerstvého betónu uvedené v EN 206-1: 2000, odseku 9 je potrebné použiť aj pre predpísané vlastnosti SZB. V prípade prefabrikovaných výrobkov pre iné aspekty výroby je treba použiť EN 13369: 2004, odsek 6.3 a/alebo iné príslušné výrobkové normy.

**Príloha B: Skúšobné metódy**  
**Príloha B.1**

**Skúšanie čerstvého betónu – Časť B1: Skúška rozliatím a stanovenie hodnoty času  $T_{500}$  pre samozhutniteľný betón**

## Úvod

Rozliatie a čas  $T_{500}$  je skúškou na preukázanie tekutosti a rýchlosti roztekania SZB, ak sa nevyskytujú prekážky. Skúška je založená na skúške sadnutia kužela popísanej v EN 12350-2. Výsledok skúšky naznačuje vyplňovaciu schopnosť SZB. Hodnota  $T_{500}$  je tiež mierou rýchlosti rozlievania sa betónu a tak i viskozity SZB.

## 1 Rozsah

Tento dokument stanovuje postup pre určenie rozliatia a času  $T_{500}$  pre SZB. Skúška nie je vhodná ak max. zrno kameniva presahuje 40 mm.

## 2 Odkazy na normy

Táto príloha spája odkazy s dátumom i bez dátumu a ustanovenia z iných publikácií. Tieto odkazy na normy sú citované na príslušných miestach v texte a publikácie sú uvádzané neskôr. Datované odkazy, následné dodatky alebo zmeny hociktorej z týchto publikácií sa týkajú tejto prílohy, len keď sú do nej zahrnuté dodatkom alebo zmenou. Pre odkazy bez dátumu sa použije posledné vydanie uvádzanej publikácie (bez zahrnutia hocijakého dodatku).

EN 12350-1, *Skúšanie čerstvého betónu – Časť 1: Vzorkovanie*

EN 12350-2, *Skúšanie čerstvého betónu – Časť 2: Skúška sadnutím kužela*

ISO 5725:1994, *Presnosť skúšobných metód – stanovenie opakovateľnosti a reprodukovateľnosti pre normové skúšobné metódy pri porovnávacích skúškach medzi laboratóriami.*

## 3 Základný princíp

Čerstvý betón sa leje do kužela, aký sa používa pre skúšku sadnutia podľa EN 12350-2. Keď sa kužel zdvihne nahor, meria sa čas od začiatku pohybu kužela smerom nahor, až po čas, keď sa betón roztečie do priemeru o veľkosti 500 mm (toto je čas  $T_{500}$ ). Merajú sa hodnoty najväčšieho priemeru rozliatia betónu a priemer rozliatia kolmý k tomuto meraniu, priemer z týchto dvoch hodnôt je hodnota rozliatia.

POZNÁMKA: Meranie hodnoty času  $T_{500}$  sa môže vynechať, ak to nie je požadované.

## 4 Prístroj

Prístroj by mal byť v súlade s EN 12350-2 s výnimkou nižšie uvedeného:

**4.1 Podkladová platňa (doska)**, vyrobená z plochej platne s rovinnou plochou o rozmeroch najmenej 900mm x 900mm, na ktorú môže byť betón položený. Platňa by mala mať plochý, hladký a nenasiakavý povrch s minimálnou hrúbkou 2 mm. Povrch by nemal byť ľahko napadnuteľný cementovou pastou, alebo náchylný na hrdzavenie. Stavba platne by mala byť taká, aby zabraňovala jej skriveniu. Odchýlky od plochosti by nemali prekročiť 3mm v žiadnom bode, ak sa priloží pravítko medzi stredy náprotivných strán.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

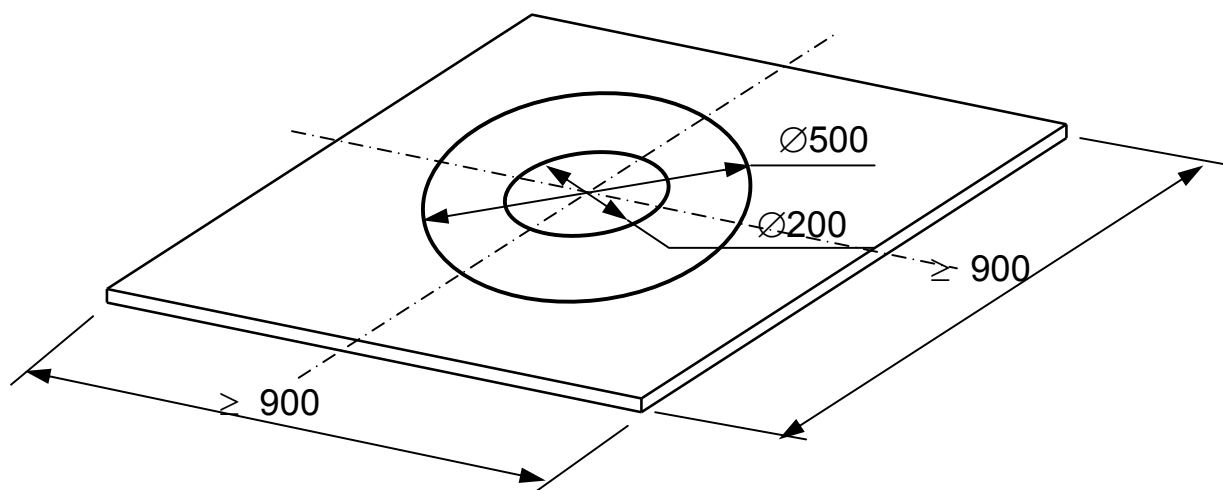
Stred platne by mal byť vyznačený krížom, ramená ktorého bežia paralelne s hranami platne a tiež kruhom o priemere 200 mm a priemere 500 mm, pričom kruhy majú svoj stred totožný so stredom platne – pozri obr. 1.

**4.2 Pravítko**, so stupnicou od 0 mm do 1000 mm s delením po 1 mm.

**4.3 Stopky**, s delením po 0,1 s.

**4.4 Zaťažný prstenec (voliteľné)**, ktorý váži min. 9 kg

**POZNÁMKA:** Zaťažný prstenec umožňuje, aby skúška mohla byť vykonaná jednou osobou.



Obrázok 1, Podkladová doska podľa odseku 4.1

## 5 Skúšobné vzorky

Vzorky by mali byť získané v súlade s EN 12350-1.

## 6 Postup

Priprav kužeľ a podkladovú dosku, tak ako je uvedené v EN 12350-2.

Prispôb prstenec ku kužeľu (ak sa používa).

Umiestni kužeľ tak, aby sa prekryval na podkladovej doske s kruhom o priemere 200 mm a drž ho v tejto polohe postavením sa na výčnelky kužeľa pre nohy (alebo použi zaťažný prstenec, aby sa tak zabránilo vytekaniu betónu spod kužeľa).

Napln kužeľ bez miešania alebo prepichovania a stiahni prebytočný betón z vrchu kužeľa. Dovoľ aby kužeľ stál max. 30s; počas tejto doby odstráň vyspaný betón z podkladovej dosky a zabezpeč, aby podkladová doska bola po celej hornej ploche vlhká, ale bez akejkoľvek nadbytočnej vody.

Zdvihni vertikálne kužeľ jedným rázom bez toho, aby sa prekážalo roztekaniu betónu. Ak sa vyžaduje čas  $T_{500}$ , ihneď spusti stopky v momente, keď kužeľ stratil kontakt s podkladovou doskou a zaznamenaj čas, s presnosťou na 0,1 s, keď betón dosiahol kruh s priemerom 500mm hociktorom bode. Bez narušenia podkladovej dosky alebo betónu, zmeraj najväčší priemer rozliatia a zaznamenaj ako  $d_m$  so zokrúhlením

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

na najbližších 10mm. Zmeraj polomer roztekania v pravom uhle k  $d_m$  so zaokrúhlením na najbližších 10mm a zaznamenaj  $d_r$  so zaokrúhlením na najbližších 10mm.

Skontroluj rozliatie betónu čo do segregácie. Cementová pasta/malta sa môže odlučovať (segregovať) od hrubého kameniva, pričom sa vytvára prstenec pasty/malty siahajúcej niekoľko mm za hrubé kamenivo. Odlúčené (segregované) kamenivo môže byť tiež pozorované v centrálnej oblasti. Oznam, že sa objavila segregácia a preto skúšky boli nevyhovujúce.

### 7 Výsledky skúšok

Rozliatie je priemer z  $d_m$  a  $d_r$  zaokrúhlený na najbližších 10mm.

Čas  $T_{500}$  je zaznamenaný so zaokrúhlením na najbližšiu 0,1s.

### 8 Správa o skúške

Správa o skúške by mala obsahovať:

- označenie skúšobnej vzorky
- miesto, kde bola skúška vykonaná
- dátum, kedy bola skúška vykonaná
- rozliatie so zaokrúhlením na najbližších 10mm
- každé zistenie segregácie betónu
- čas medzi ukončením miešania betónu a uskutočnením skúšok
- každú odchýlku od postupu uvedeného v tomto dokumente

Správa môže tiež obsahovať:

- čas  $T_{500}$  zaokrúhlený na najbližšiu 0,1s
- teplotu betónu v čase skúšok
- čas, kedy sa skúška vykonala

## B.1 Príloha (informatívna)

### Presnosť

Opakovateľnosť  $r$  a reprodukovateľnosť  $R$  sa stanovili v rámci programu zahrňujúceho 8 laboratórií, 16 pracovníkov a 2 opakovania skúšok a boli interpretované podľa ISO 5725:1994.

Výsledné hodnoty  $r$  a  $R$  sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka A.1 — Výsledky skúšok presnosti

Rozliatie (mm)	< 600	600 – 750	> 750
Opakovateľnosť $r$ (mm)	neaktuálne	42	22
Reprodukovateľnosť $R$ (mm)	neaktuálne	43	28
Čas $T_{500}$ (s)	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
Opakovateľnosť $r$ (s)	0,66	1,18	neaktuálne
Reprodukovateľnosť $R$ (s)	0,88	1,18	neaktuálne

**Príloha B: Skúšobné metódy**  
**Príloha B.2**

**Skúšanie čerstvého betónu – Časť B2: Skúška „V-lievikom“**

**Úvod**

Skúška “V-lievikom” sa používa na posúdenie viskozity a vyplňovacej schopnosti SZB.

**1 Rozsah**

Tento dokument stanovuje postup na určenie času tečenia SZB skúškou „V-lievikom“. Skúška nie je vhodná ak max. veľkosť kameniva je väčšia ako 20 mm.

**2 Odkazy na normy**

Táto príloha spája odkazy s dátumom i bez dátumu a ustanovenia z iných publikácií. Tieto odkazy na normy sú citované na príslušných miestach v texte a publikácie sú uvádzané neskôr. Datované odkazy, následné dodatky alebo zmeny hociktorej z týchto publikácií sa týkajú tejto prílohy, len keď sú do nej zahrnuté dodatkom alebo zmenou. Pre odkazy bez dátumu sa použije posledné vydanie uvádzanej publikácie (bez zahrnutia hocijakého dodatku).

EN 12350-1, *Skúšanie čerstvého betónu – Časť 1: Vzorkovanie*

ISO 5725:1994, *Presnosť skúšobných metód – stanovenie opakovateľnosti a reprodukovateľnosti pre normové skúšobné metódy pri porovnávacích skúškach medzi laboratóriami.*

**3 Základný princíp**

Lievik vo tvare „V“ je naplnený čerstvým betónom a meria sa čas potrebný na vytečenie betónu z lievika, ktorý sa zaznamená ako hodnota času, zistená metódou „V-lieviku“.

**4 Prístroj**

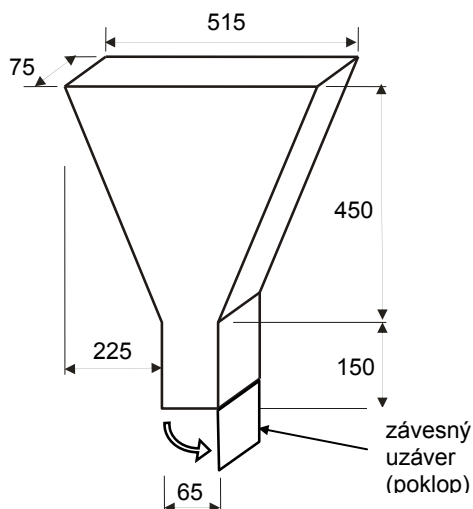
**4.1** “V-lievik”, vyrobený s rozmermi uvedenými na obr. 1 (tolerancia rozmerov  $\pm 1$ mm), vybavený uzáverom s rýchlym uvoľnením a s vodonepriepustným uzáverom na dne a podopretý tak, že vrch lieviku je vodorovný. „V-lievik“ by mal byť vyrobený z kovu; povrch by mal byť hladký a nemal by byť ľahko napadnuteľný cementovou pastou, alebo náchylný na hrdzavenie.

**4.2 Nádrž**, slúži na zadržanie skúšobnej vzorky a má objem väčší ako je objem lievika a nie menší ako 12 litrov.

**4.3 Stopky**, s delením po 0,1s.

**4.4 Pravítok**, na zarovnanie úrovne betónu s hornou plochou lievika.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”



Obrázok 1 – „V-lievik“

### 5 Skúšobné vzorky

Mala by sa odobrať vzorka o objeme najmenej 12 litrov v súlade s EN 12350-1.

### 6 Postup

Vyčisti lievnik a spodný uzáver, navlhči celý vnútorný povrch lievniku vrátane uzáveru. Zavri uzáver a nalej vzorku betónu do lieviku, bez miešania alebo prepichovania, potom stiahni horný povrch pravítkom, tak aby bol betón zároveň s vrchnou časťou lieviku. Podlož nádobu pod lievnik, aby sa zadržal betón, ktorý bude pretekať. Po odležaní betónu ( $10 \pm 2$ ) sekúnd od naplnenia lieviku, otvor uzáver a zmeraj čas  $t_v$  s presnosťou 0,1s, od otvorenia uzáveru až do doby kedy je po prvý krát možné vidieť smerom zhora cez lievnik do nádoby pod lievnikom. Tento čas  $t_v$  je hodnota času zistená metódou „V-lieviku“.

### 7 Správa o skúške

Správa o skúške by mala obsahovať:

- označenie skúšobnej vzorky
- miesto kde bola skúška vykonaná
- dátum kedy bola skúška vykonaná
- čas tečenia ( $t_v$ ) s presnosťou na 0,1s stanovený metódou „V - lieviku“
- čas medzi ukončením miešania betónu a uskutočnením skúšok
- každú odchýlku od postupu uvedeného v tomto dokumente.

Správa môže tiež obsahovať:

- teplotu betónu v čase skúšok
- čas, kedy sa skúška vykonala.



## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### B.2 Príloha (informatívna)

#### Presnosť

Opakovateľnosť  $r$  a reprodukovateľnosť  $R$  sa stanovili v rámci programu zahrňujúceho 10 laboratórií, 20 pracovníkov a 2 opakovania skúšok a boli interpretované podľa ISO 5725:1994.

Hodnoty  $r$  a  $R$  sú dané nasledujúcimi rovnicami, kde  $C$  je koeficient korelácie.

$$r = 0,335 t_v - 0,62, \text{ s } C^2 = 0,823, \text{ keď } 3 \leq t_v \leq 15; \text{ a } r = 4,4, \text{ ak } t_v > 15$$

a

$$R = 0,502 t_v - 0,943, \text{ s } C^2 = 0,984, \text{ keď } 3 \leq t_v \leq 15; \text{ a } R = 6,6, \text{ ak } t_v > 15$$

Hodnoty  $r$  a  $R$  pre typické hodnoty  $t_v$ , vypočítané z týchto rovníc sú uvedené v Tabuľke A.1.

**Tabuľka A.1 — Opakovateľnosť a reprodukovateľnosť pre typické hodnoty času tečenia podľa metódy „V-lieviku“**

Čas tečenia podľa metódy „V-lieviku“ (s)	3,0	5,0	8,0	12,0	> 15,0
Opakovateľnosť $r$ (s)	0,4	1,1	2,1	3,4	4,4
Reprodukovateľnosť $R$ (s)	0,6	1,6	3,1	5,1	6,6

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### Príloha B: Skúšobné metódy Príloha B.3

#### Skúšanie čerstvého betónu – Časť B3: Skúška „L-forma“

##### Úvod

Skúška „L-forma“ sa používa na posúdenie schopnosti SZB pretekať cez úzke otvory vrátane priestoru medzi výstužnými tyčami a inými prekážkami bez segregácie alebo zakliňovania (blokácie). Existujú dve variácie skúšky; skúška s dvomi tyčami a skúška s tromi tyčami. Skúška s tromi tyčami napodobňuje prierez betónu s viac zahustenou výstužou.

##### 1 Rozsah

Tento dokument stanovuje postup na určenie prietochného pomeru v SZB za použitia skúšky „L-forma“.

##### 2 Odkazy na normy

Táto príloha spája odkazy s dátumom i bez dátumu a ustanovenia z iných publikácií. Tieto odkazy na normy sú citované na príslušných miestach v texte a publikácie sú uvádzané neskôr. Datované odkazy, následné dodatky alebo zmeny hociktorej z týchto publikácií sa týkajú tejto prílohy, len keď sú do nej zahrnuté dodatkom alebo zmenou. Pre odkazy bez dátumu sa použije posledné vydanie uvádzanej publikácie (bez zahrnutia hocijakého dodatku).

EN 12350-1, *Skúšanie čerstvého betónu – Časť 1: Vzorkovanie*

ISO 5725:1994, *Presnosť skúšobných metód – stanovenie opakovateľnosti a reprodukovateľnosti pre normové skúšobné metódy pri porovnávacích skúškach medzi laboratóriami.*

##### 3 Základný princíp

Odmeranému množstvu betónu je dovolené pretekať vodorovným smerom cez otvory medzi zvislými, hladkými tyčami výstuže a meria sa výška betónu za výstužou.

##### 4 Prístroj

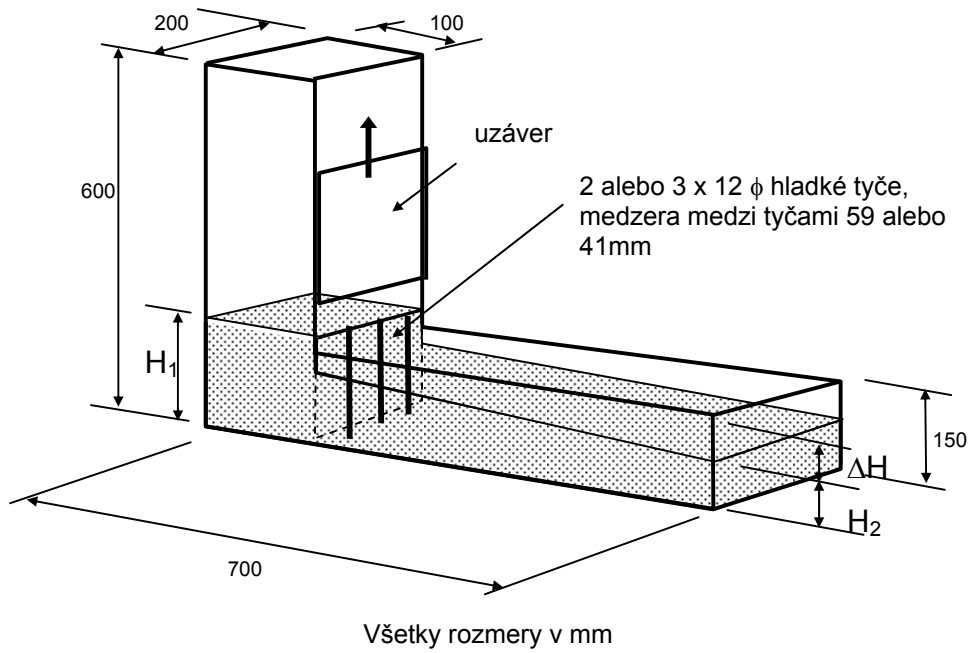
**4.1** „L-forma“, ktorá má usporiadanie tak, ako je to ukázané na obr.1 a s rozmermi uvedenými v obr. 2 (tolerancia  $\pm 1$  mm). „L-forma“ má byť tuhej konštrukcie s povrchom, ktorý je hladký, rovný a nie je ľahko napadnuteľný cementovou pastou, alebo náchylný na hrdzavenie. Zvislá násypka by mala byť odnímateľná pre umožnenie ľahkého čistenia. So zavretým uzáverom by mal byť objem zvislej násypky (12,6 – 12,8) litrov, ak je plniaca hladina hore. Prípravky držiace výstužné tyče by mali obsahovať dve hladké tyče o priemere 12 mm a s medzerou 59 mm pre skúšku s dvomi tyčami a tri hladké tyče o priemere 12 mm s medzerou medzi tyčami 41 mm, pre skúšku s tromi tyčami. Tieto prípravky by mali byť nezameniteľné a mali by umiestniť tyče (výstuže) v „L-forme“ tak, že sú zvislé a rozmiestnené v rovnakých vzdialenostiach po šírke prierezu formy.

POZNÁMKA: Prednosť sa dáva ocelevej forme, ale ako vhodná sa tiež ukázala potiahnutá preglejka s utesnenými stykmi.

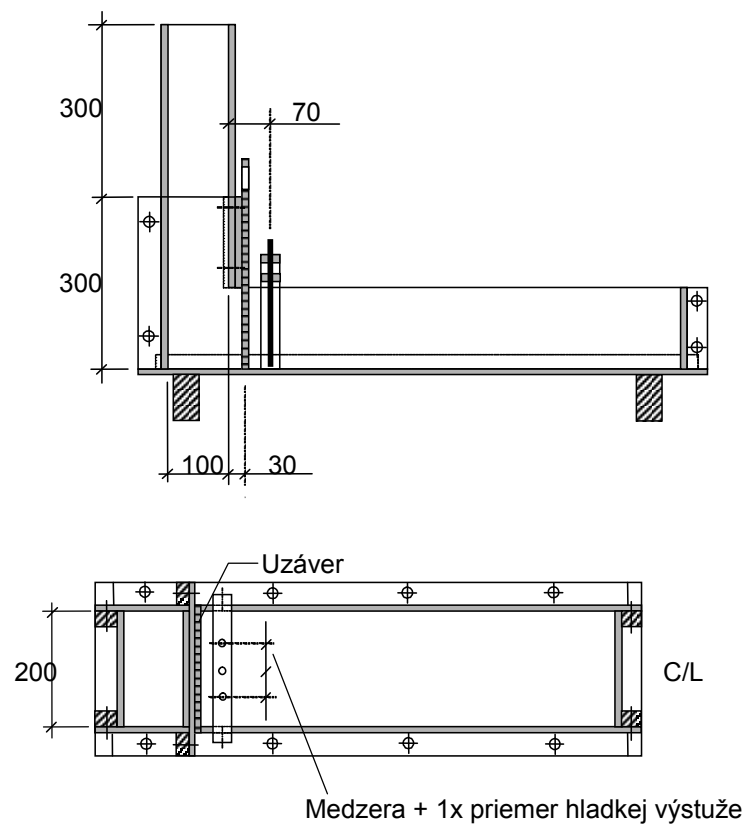
**4.2** *Pravítko*, s rozsahom (0 – 300) mm a s delením po 1,0mm.

**4.3** *Nádrž*, slúži na zadržanie skúšobnej vzorky a má objem nie menší ako 14litrov.

“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”



Obrázok 1 — Celková zostava „L-formy“



Obrázok 2 — Rozmery a typický výkres „L-formy“

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 5 Skúšobné vzorky

Mala by sa odobrať vzorka o objeme najmenej 17 litrov v súlade s EN 12350-1.

### 6 Skúšobný postup

Podopri L-formu na rovnom vodorovnom podklade a zavri uzáver medzi zvislou a horizontálnou časťou. Nalievaj betón zo zásobníka do násypky L-formy a nechaj ho odležať počas  $(60 \pm 10)$  sekúnd. Zaznamenaj každú segregáciu a potom nadvihni uzáver, aby betón mohol tiecť do vodorovnej časti formy.

Ak sa pohyb betónu zastavil, zmeraj zvislú vzdialenosť na konci vodorovnej časti L-formy medzi povrchom betónu a horným povrchom vodorovnej časti L-formy na troch miestach rovnomerne rozmiestnených po šírke formy. Z rozdielu známej výšky vodorovnej časti debničky a týchto troch meraní sa urobí výpočet priemernej výšky betónu ako hodnota H2 v mm. Rovnaký postup sa používa na výpočet výšky betónu hneď za uzáverom, čo je hodnota H1 v mm.

### 7 Výsledok skúšky

Schopnosť pretekať PA sa vypočíta z nasledujúcej rovnice:

$$PA = H2/H1$$

### 8 Správa o skúške

Správa o skúške by mala obsahovať:

- a) označenie skúšobnej vzorky
- b) miesto kde bola skúška vykonaná
- c) dátum kedy bola skúška vykonaná
- d) akákoľvek spozorovaná segregácia počas plnenia L-formy
- e) či bola použitá skúška s dvomi alebo tromi tyčami
- f) prietokový pomer – zaokrúhlený najbližšie 0,01
- g) čas medzi ukončením miešania betónu a uskutočnením skúšok
- h) každú odchýlku od postupu uvedeného v tomto dokumente.

Správa môže tiež obsahovať:

- i) teplotu betónu v čase skúšok
- j) čas, kedy sa skúška vykonala.

### Príloha

Existuje návrh vyjadriť výsledok skúšky „L-formou“ ako  $PA = H2/H_{max}$ .

Ak  $H_{max}$  je 91 mm a je to teoretická výška H2, ak zvislá násypka obsahuje presne 12,7 litra SZB a úplne sa pri skúške rozleje.

Použitie tohto výpočtu robí výpočet ľahším a zvyšuje presnosť skúšky.

Avšak objem SZB v násypke a všetky rozmery formy a všetky rozmery formy musia byť správne, ak sa použije táto konštanta.

#### Upozornenie:

**Hodnoty PA pri použití pomeru  $H2/H_{max}$  budú odlišné v porovnaní s hodnotami získanými pri použití pomeru  $H2/H1$  a nemali by byť použité na preukázanie zhody s požiadavkami prílohy A týchto smerníc.**

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### B.3 Príloha (informatívna)

#### Presnosť

Opakovateľnosť  $r$  a reprodukovateľnosť  $R$  sa stanovili v rámci programu zahrňujúceho 11 laboratórií, 22 pracovníkov a 2 opakovania skúšok a boli interpretované podľa ISO 5725:1994.

Pre skúšku s tromi tyčami hodnoty  $r$  a  $R$  sú dané nasledujúcimi rovnicami, kde  $C$  je korekčný koeficient

Hodnoty  $r$  a  $R$  sú dané nasledujúcimi rovnicami, kde  $C$  je koeficient korelácie.

$$r = 0,074 - 0,463 P_L, \text{ s } C^2 = 0,996, \text{ ak } P_L \geq 0,65; \text{ a } r = 0,18 \text{ ak } P_L < 0,65$$

a

$$R = 0,454 - 0,425 P_L, \text{ s } C^2 = 0,989, \text{ ak } P_L \geq 0,65; \text{ a } R = 0,18 \text{ ak } P_L < 0,65$$

Hodnoty  $r$  a  $R$  pre typické hodnoty  $P_L$ , vypočítané z týchto rovníc sú uvedené v Tabuľke A.1.

**Tabuľka A.1 — Opakovateľnosť a reprodukovateľnosť**

Pomer pretekania PA H2/H1	$\geq 0,8$	$< 0,8$
Opakovateľnosť $r$	0,11	0,13
Reprodukovateľnosť $R$	0,12	0,16

**Príloha B: Skúšobné metódy**  
**Príloha B.4**

**Skúšanie čerstvého betónu – Časť B4: Sitová skúška odolnosti voči segregácii**

**Úvod**

Sitová skúška odolnosti voči segregácii sa používa na posúdenie schopnosti SZB odolávať segregácii betónu.

**1 Rozsah**

Tento dokument stanovuje postup na určenie odolnosti SZB voči segregácii pomocou sitovej skúšky.

**2 Odkazy na normy**

Táto príloha spája odkazy s dátumom i bez dátumu a ustanovenia z iných publikácií. Tieto odkazy na normy sú citované na príslušných miestach v texte a publikácie sú uvádzané neskôr. Datované odkazy, následné dodatky alebo zmeny hociktorej z týchto publikácií sa týkajú tejto prílohy, len keď sú do nej zahrnuté dodatkom alebo zmenou. Pre odkazy bez dátumu sa použije posledné vydanie uvádzanej publikácie (bez zahrnutia hocijakého dodatku).

*EN 12350-1, Skúšanie čerstvého betónu – Časť 1: Vzorkovanie*

*ISO 3310-2, Skúšobné sitá — Technické požiadavky a skúšanie – Časť 2: Skúšobné sitá z dierovaného kovu*

*ISO 5725:1994, Presnosť skúšobných metód – stanovenie opakovateľnosti a reprodukovateľnosti pre normové skúšobné metódy pri porovnávacích skúškach medzi laboratóriami.*

**3 Základný princíp**

Po odbere vzorky sa ponecháva čerstvý betón odstáť počas 15 min. a každé odlučovanie vody sa zaznamenáva. Vrchná časť vzorky sa potom naleje do sita so štvorcovými otvormi s veľkosťou 5mm. Po dvoch minútach sa zaznamená hmotnosť materiálu, ktorý prepadol cez sito. Potom sa vypočíta segregačný pomer ako pomer vzorky, ktorá prepadne cez sito.

**4 Prístroj**

**4.1 Dierované ploché sito**, so štvorcovými otvormi o veľkosti 5mm, o priemere 300mm a výške 40mm, zodpovedajúce ISO 3310-2, doplnené o nádobu, z ktorej môže byť sito ľahko odstránené zdvihnutím smerom nahor.

**4.2 Váha**, s nízkou miskou, kde je možné uložiť nádobu so sitom a kapacitou váhy najmenej 10kg, kalibrovanú, s nárastom stupnice  $\leq 20g$ .

**4.3 Nádobu na vzorku**, konštrukcia vyrobená z plastu alebo kovu, s vnútorným priemerom  $(300 \pm 10)$  mm, objemom (11 – 12) litrov a vrchnákom.

**5 Skúšobné vzorky**

Vzorka s ktorou sa plní nádoba na vzorku by sa mala získať v súlade s EN 12350-1.

## “Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

### 6 Skúšobný postup

Daj  $(10 \pm 0,5)$  litrov betónu do nádoby na vzorku a polož vrchnák. Ponechaj betón nerušené vo vodorovnej polohe počas  $(15 \pm 0,5)$  min.

Zabezpeč aby váha bola vo vodorovnej polohe bez vibrácií. Polož sitovú nádobu na váhu a zaznamenaj jej hmotnosť ( $W_p$ ) v gramoch. Potom polož sito na nádobu a znovu zaznamenaj hmotnosť.

Na konci doby odležania odlož vrchnák z nádoby na vzorku a zaznamenaj, či sa objavila nejaká odlúčená voda na povrchu betónu. Ponechaj sito a sitovú nádobu na váhu a začni liat' betón z nádoby na vzorku, ktorá musí byť pri liatí betónu vo výške  $(500 \pm 50)$  mm nad sitom. Rýchlo nalej  $(4,8 \pm 0,2)$  kg betónu (vrátane všetkej odlúčenej vody) do stredu sita. Zaznamenaj aktuálnu hmotnosť betónu na site ( $W_C$ ) v gramoch. Nechaj betón odležať na site počas  $(120 \pm 5)$  sekúnd a potom odober sito smerom nahor, bez zatrasenia, zaznamenaj váhu sitovej nádoby a betónu, ktorý prepadol do sitovej nádoby ( $W_{PS}$ ) v gramoch.

### 7 Výsledok skúšky

Segregačný pomer SR sa vypočíta z nasledujúcej rovnice a zaznamenáva sa s presnosťou na 1 % (najbližšia hodnota celého percenta).

$$SR = (W_{ps} - W_p) 100 / W_c \%$$

### 8 Správa o skúške

Správa o skúške by mala obsahovať:

- označenie skúšobnej vzorky
- miesto, kde bola skúška vykonaná
- dátum, kedy bola skúška vykonaná
- prítomnosť odlúčenej vody, ak sa vyskytla po 15 min odstáti betónu
- segregačný pomer, zaokrúhlený na najbližšie %
- čas medzi ukončením miešania betónu a uskutočnením skúšok
- každú odchýlku od postupu uvedeného v tomto dokumente.

Správa môže tiež obsahovať:

- teplotu betónu v čase skúšok
- čas, kedy sa skúška vykonala.

### B.4 Príloha (informatívna)

#### Presnosť

Opakovateľnosť  $r$  a reprodukovateľnosť  $R$  sa stanovili v rámci programu zahrňujúceho 11 laboratórií, 22 pracovníkov a 2 opakovania skúšok a boli interpretované podľa ISO 5725:1994.

Výsledné hodnoty  $r$  a  $R$  sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka A.1 — Výsledky presnosti

Segregovaná časť (%)	$\leq 20$	$> 20$
Opakovateľnosť $r$ (%)	3,7	10,9
Reprodukovateľnosť $R$ (%)	3,7	10,9

“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”

Príloha C: Zlepšovanie konečného vzhľadu SZB

Nižšie uvedená tabuľka načrtáva hlavné vady, ktoré sa môžu objaviť počas alebo po ukladaní SZB. Niektoré z popísaných väd sa vyskytujú i u tradičného vibrovaného betónu. Avšak niektorým vadám sa dá ľahšie vyhnúť pri použití SZB vďaka povahe tohto výrobku. Je treba poznamenať, že vady povrchu, akými sú bubliny a iné odchýlky povrchu ovplyvňujú vzhľad povrchu betónu, iné vady ako napr. štrkové hniezda, spoje/vrstvy medzi jednotlivými dodávkami, odlupovanie betónu a výskyt trhlín môžu mať dopad na celistvosť betónu.

Druh vady	Prvotná príčina	Praktické príčiny	Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť
Bubliny	Zadržaný vzduch Zadržaná voda Zadržaný odformovací olej	<ul style="list-style-type: none"> <li>nadmerné množstvo jemných častíc / vysoký špecifický povrch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znížiť množstvo jemných častíc</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>použitie veľké, alebo nerovnomerné množstvo odformovacieho oleja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použiť minimálne použiteľné množstvo a dávať rovnomerné množstvo odform.oleja</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>drsny povrch formy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zabezpečiť čistý povrch formy</li> <li>použiť geotextilnú vložku absorbujúcu vzduch</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoká rýchlosť liatia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaistiť plynulé vyprázdňovanie betónu do formy</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš veľká vzdialenosť rozliatia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obmedziť vzdialenosť rozliatia do 5 m</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš krátka vzdialenosť rozliatia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>predĺžiť vzdialenosť rozliatia nad 1m</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>veľká výška voľného pádu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znížiť voľný pád pod 1 m</li> <li>použiť rúru s hladkými stenami pre betonáž v hĺbke</li> <li>čerpať smerom zospodu, čo napomôže úniku vzduchu</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoká teplota betónu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znížiť teplotu betónu pod 25°C</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš pomalá rýchlosť ukladania betónu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>naplánovať rýchlosť betonáže tak, aby bola v súlade s možnosťami na stavbe, aby sa tak zabezpečila kontinuita betonáže</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>sadanie zložiek v superplastifikátore, zvlášť odpeňovača</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>výrobca betónu: zlepšiť skladovanie, používať podľa dátumu výroby a zabezpečiť rotáciu zásob</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoká viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znížiť dávkovanie VMP</li> <li>preveriť návrh zloženia betónu</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>nehodná zrnitosť kameniva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použiť VMP alebo prevzdušnenie</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš dlhý čas miešania vnáša vzduch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>preveriť čas miešania</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>vzájomné pôsobenie prísada/cement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>posúdiť kompatibilitu prísada/cement pred začiatkom výroby</li> </ul>		



**“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”**

**Fyzikálne príčiny:** nízka vyplňovacia schopnosť  
 nízka schopnosť pretekať  
 vysoká viskozita alebo vysoké namáhanie na medzi klzu  
 nízke rozliatie a/alebo dlhý čas  $T_{500}$   
 rýchle znižovanie rozliatia

Druh vady	Prvotná príčina	Praktické príčiny	Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť
Zvislé pásy alebo ryhy od vody viditeľné na povrchu betónu	Odlučovanie vody a jemných častíc	<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoký pomer voda/jemné častice</li> <li>príliš nízka viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použitie VMP môže pomôcť</li> <li>zvýšiť viskozitu pridaním jemných častíc</li> <li>použiť prevzdušňovač na prekonanie zlej krivky zrnitosti</li> </ul>
<b>Fyzikálna príčina:</b> nízka stabilita			

Druh vady	Prvotná príčina	Praktické príčiny	Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť
Farebné odchýlky	Pozdĺž povrchu  Rozdiely medzi dodávkami	<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš nízka teplota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>udržiavať teplotu betónu a teplotu vo vnútri formy za zimných podmienok</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoké rozliatie, príliš nízka viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvýšiť viskozitu zvýšením množstva jemných častíc alebo zväziť použitie VMP</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>spomaľovací účinok prísady alebo odformovacieho prostriedku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>starostlivý výber prísad, aby splnili požiadavky na použitie vonku</li> <li>znížiť obsah vody alebo znížiť rýchlosť pridávania plastifikátora</li> <li>zväziť použitie miernejšieho urýchľovača</li> <li>použiť geotextilné vložky do formy</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>zmeny v rýchlosti betonáže</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neprerušovaná betonáž</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>ošetrovacia pokrývka z plastu v nepravidelnom kontakte s povrchom betónu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zabezpečiť stály kontakt</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>drevené formy so suchým povrchom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>formu navlhčiť pred betonážou</li> <li>prednostne používať potiahnutý povrch formy</li> </ul>
<b>Fyzikálne príčiny:</b> spomaľovací alebo zfarbovací účinok spôsobený odformovacím olejom, prísadou, atď. príliš vysoká plastická viskozita alebo namáhanie na medzi klzu			

**“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”**

<b>Druh vady</b>	<b>Prvotná príčina</b>	<b>Praktické príčiny</b>	<b>Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť</b>
<b>Zlý nerovný povrch betónu</b>	Deformácia formy „Odtlačky“ od formy na povrchu betónu	<ul style="list-style-type: none"> <li>vysoká rýchlosť betonáže alebo návrh málo únosného debnenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>znižovať rýchlosť betonáže, aby sa znížil hydrostatický náraz</li> <li>použiť VMP na zvýšenie viskozity</li> <li>preprojektovať debnenie</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>opotrebovaný povrch formy</li> <li>príľnavosť zbytkového betónu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obnoviť debnenie</li> <li>vyčistiť povrch pred betonážou</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>nehodný odformovací prostriedok alebo metóda jeho nanášania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>odskúšať stanovenie najlepšieho odformovacieho prostriedku</li> <li>použiť správnu rýchlosť nanášania so správnym zariadením za použitia dobrého tlaku a správneho striekacieho otvoru</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>príliš vysoký pomer voda/jemné častice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvýšiť rýchlosť pridávania superplastifikátora alebo použiť VMP</li> </ul>
<b>Fyzikálne príčiny:</b> vysoký tlak v debnení príliš nízka plastická viskozita			

<b>Druh vady</b>	<b>Prvotná príčina</b>	<b>Praktické príčiny</b>	<b>Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť</b>
<b>Štrkové hniezda</b>	Nedostatočné množstvo pasty alebo jemných častíc  Segregácia betónu spôsobená príliš nízkou plastickou viskozitou  Betón nie je schopný vyplniť časť formy	<ul style="list-style-type: none"> <li>nízky pomer pasta/jemné častice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvýšiť množstvo jemných častíc, používať min. 450 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>nehodná zrnitosť</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>plynulá zrnitosť</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>max. zrno kameniva príliš veľké v porovnaní s medzerami v priereze betónu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použiť menšie max. zrno kameniva</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>netesnosť formy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>skontrolovať celistvosť formy zvlášť v stykoch</li> </ul>
<b>Fyzikálne príčiny:</b> nedokonalá vyplňovacia schopnosť nedokonalá schopnosť pretekať nedokonalá stabilita príliš nízke rozliatie a/alebo čas T <sub>500</sub> segregácia hrubého kameniva/pasty			

<b>Druh vady</b>	<b>Prvotná príčina</b>	<b>Praktické príčiny</b>	<b>Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť</b>
<b>Odlupovanie</b>	Vrchné vrstvy obsahujú len jemný materiál a začali tuhnúť príliš rýchlo	<ul style="list-style-type: none"> <li>žiadne alebo obmedzené ošetrovanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zabezpečiť správne ošetrovanie podľa okolitých podmienok</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>segregácia a/alebo odlučovanie vody spôsobené nízkym množstvom jemných častíc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvýšiť obsah jemných častíc</li> <li>použiť VMP</li> <li>pridať prevzdušňovač</li> </ul>

**“Európske smernice pre samozhutniteľný betón”**

**Fyzikálne príčiny:** nedokonalá stabilita  
segregácia a/alebo odlučovanie vody  
príliš rýchle vysychanie

Druh vady	Prvotná príčina	Praktické príčiny	Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť
<b>Viditeľné plochy odlúčenía medzi rôznymi dodávkami (bežne nazývanými ako „studené spoje“)</b>	Vytváranie škrupín na povrchu betónu zabraňuje monolitickému spojeniu nasledujúcich vrstiev betónu	• prerušované dodávky	• kontinuálna betonáž: žiadne prerušenia
		• rýchle tuhnutie betónu	• predbežné skúšky: nie je dovolené príliš rýchle tuhnutie
		• vysoká teplota betónu alebo vzduchu	• teplota betónu nižšia ako 25°C
		• segregácia hrubého betónu	• preveriť zloženie betónu • znížiť vzdialenosť rozlievania
		• príliš vysoký špecifický povrch jemných častíc	• znížiť obsah jemných častíc
<b>Fyzikálne príčiny:</b> nedostatočná vyplňovacia schopnosť tixotropické tuhnutie príliš rýchla strata roztekavosti betónu príliš vysoká viskozita spolupôsobenie prísady a cementu			

Druh vady	Prvotná príčina	Praktické príčiny	Ako tomu predchádzať alebo ako ich opraviť
<b>Vytvorenie trhlín v plastickom stave (zmrašťovanie v rannom štádiu a sadnutie v plastickom stave)</b>	Príliš rýchle vysušenie  Usadzovanie (sedimentácia)  Poloha výstužných tyčí	• nedostatočný režim ošetrovania „mladého“ betónu	• začať ošetrovanie betónu hneď po jeho uložení/úprave povrchu • správne ošetrovanie podľa podmienok okolia
		• segregácia a odlučovanie vody	• uzavri plastické trhliny skôr ako betón zatuhne • zvýšiť obsah jemných častíc • použiť VMP • použiť prevzdušňovaciu prísadu
		• extrémne podmienky okolia (teplota, relatívna vlhkosť, vietor, atď.)	• použiť úpravu povrchu podľa prevládajúcich podmienok okolia
		• veľké nadvihnutie výstužných tyčí, ktoré sú blízko povrchu betónu	• preprojektovanie výstužných košov
<b>Fyzikálne príčiny:</b> zvýšená plasticita zmrašťovanie vysušovaním nedostatočná stabilita			