



**ADING PRIRUČNIK ZA BETON**  
DIZAJN, USAGLAŠENOST SA EVROPSKIM STANDARDIMA  
SPECIJALNI TIPOVI I ADITIVI ZA BETON



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	3
1.1 Istorija betona .....	3
2. PROJEKTOVANJE DIZAJNA BETONA .....	5
2.1 Sastavne komponente betona i njihova procentualna zastupljenost.....	5
2.2 Cement .....	6
2.2.1 Klasifikacija i označavanje cementa.....	6
2.2.2 Osnovne karakteristike i laboratorijska ispitivanja cementa .....	10
2.3 Agregat i granulometrijski sastav betona .....	11
2.4 Aditivi za beton .....	17
2.4.1 Plastifikatori .....	17
2.4.2 Plastifikatori / Usporivači vezivanja betona .....	18
2.4.3 Plastifikatori / Ubrzivači vezivanja betona .....	19
2.4.4 Superplastifikatori .....	19
2.4.5 Superplastifikatori / Usporivači vezivanja betona .....	20
2.4.6 Stabilizatori (modifikatori viskoziteta) .....	22
2.4.7 Aeranti .....	22
2.4.8 Ubrzivači vezivanja betona .....	23
2.4.9 Ubrzivači očvršćavanja betona .....	23
2.4.10 Usporivači vezivanja betona .....	24
2.4.11 Aditivi za vodonepropusnost betona .....	24
2.4.12 Aditivi / Ubrzivači vezivanja Mlaznog (prskanog) betona.....	26
2.4.13 Aditivi za smese za zalivanje kablova za „prethodno naprezanje“ .....	26
2.4.14 Aditivi za beton „vlažan kao zemlja“ .....	27
3. KLASIFIKACIJA – DIZAJN BETONA.....	29
3.1 Klase izloženosti betona spoljnim agresivnim uticajima.....	31
3.2 Klasifikacija svežeg betona prema konzistenciji.....	36
3.2.1 Slump test.....	36
3.2.2 Flow test.....	37
3.2.3 Vebe test.....	37
3.3 Klasifikacija očvrstlog betona prema čvrstoći.....	38
4. VRSTE BETONA PREMA PRIMENJENOJ TEHNOLOGIJI UGRADNJE I TRAŽENIM PERFORMANSAMA .....	39
4.1 Beton namenjen za produženi transport i ugradnju pumpom.....	39
4.2 Beton sa visokim ranim i krajnjim čvrstoćama .....	43
4.3 Betoniranje zimi .....	45
4.4 Beton visoke trajnosti .....	47
4.4.1 Vodonepropusni beton .....	47
4.4.2 Beton otporan na mraz.....	52
4.4.3 Beton otporan na karbonizaciju.....	53
4.4.4 Beton otporan na hemijske agresije .....	54
4.4.5 Beton otporan na abraziju.....	55
4.5 Masivni Hidrotehnički beton.....	57
4.6 Mlazni (prskani) beton – Shotcrete.....	59
4.6.1 Zahtevi za kvalitet i performanse Mlaznog (prskanog) betona .....	59
4.7 „Polu-suvi“ beton za prefabrikovane betonske elemente .....	62
4.8 Ekstrudirani beton.....	64
5. SAMOLIVI BETON– SCC .....	65
5.1 Uvod – Definisanje SCC .....	65
5.2 Klasifikacija SCC u svežem stanju .....	65
5.3 Principi projektovanja sastava mešavine za SCC .....	70
5.4 Aditivi za proizvodnju SCC-a.....	71



# UVOD

Beton je kompozitni materijal, sastavljen od inertnog kamenog agregata povezanog sa hidrauličnim vezivom, obično portland cementom. Mešavina hidrauličnog veziva (cementa), vode i agregata formira fluidnu masu koja se lako može izliti i oblikovati. U ovoj smesi, cement hemijski reaguje sa vodom i formira čvrstu matricu koja povezuje komponente u trajni materijal sličan kamenu (konglomerat) koji se zove beton.

Dopunski dodaci (hemijski aditivi ili mineralne komponente), koji u maloj količini ulaze u sastav betona, mogu drastično uticati na svojstva betona u svežem i očvrslom stanju.

## 1.1 Istorija betona

Prvi put se beton intenzivno koristio za vreme Rimskog carstva (od 300. god. p.n.e. do 500. godine nove ere). Nakon pada Rimskog carstva, upotreba betona je praktično zamrla, sve do njenog ponovnog otkrivanja krajem 18-og veka. Danas, beton je najčešće primenjivani materijal koji je napravio čovek.

Rimski beton *Opus caementicium* bio je proizveden od kalcijum-oksida - CaO (živi-negašeni kreč), pucolana (vulkanski pepeo iz mesta *Pozzuoli* u Italiji) i agregata vulkanskog porekla. Pucolan reaguje hemijski sa kalcijum- hidroksidom u prisustvu vode. U ovoj pucolanskoj reakciji dobijaju se nerastvorljiva jedinjenja, kalcijumsilikat-hidrat i kalcijumaluminat-hidrat, koja imaju cementna svojstva.

Savremena ispitivanja potvrđuju da takav beton postiže čvrstoću na pritisak od oko 20 MPa. Za razliku od savremenog betona koji je razlivan i homogen i ugrađuje se izlivanjem, stari Rimljani su ugrađivali slojeve gustog betona u koji su ručno utiskivali agregat. Druga značajna razlika je odsustvo armature koja bi preuzimala zatezna naprezanja (kao kod savremenog armiranog betona). Iz tih razloga, konstruktivni elementi koje su gradili stari Rimljani bili su ograničeni na forme u kojima dominiraju naprezanja pritiska - lukove, svodove i kupole.

Betonska kupola hrama Panteon u Rimu i dalje je najveća nearmirana kupola na svetu. Mnoge građevine starih Rimljana (npr. mostovi, akvadukti, amfiteatri) bile su zasnovane na betonskom jezgru obzidanom ciglom ili kamenom. Unutrašnjost mnogih očuvanih rezervoara ili vodenih kanala (npr. akvadukt *Pont du Gard* u Francuskoj) je obložena betonom.



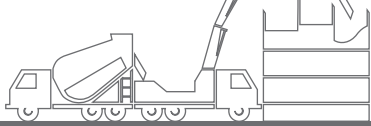
*Roman Pantheon*



*Opus caementicium*



*Pont du Gard*



Među modernim građevinama, svetski rekord za najveću količinu betona ugrađenog u jedan projekat pripada projektu brane „Tri klisure“ na reci Jangce, u Kini, u čijoj izgradnji je ugrađeno 16 miliona kubnih metara betona. Prethodni rekord drži hidrosistem „Itaipu“, na reci Parana u Brazilu, sa 12,3 miliona kubnih metara ugrađenog betona.



Three Gorges Dam Hubei Province, China



Itaipu hydropower station

Prema izveštaju Svetske asocijacije za portland cement (Portland Cement Association - PCA), potrošnja cementa (a samim tim i betona) u svetu stalno raste. Ilustracije radi, količina cementa potrošena u Kini u periodu 2013.-2015. godine je veća od ukupne potrošnje cementa u Sjedinjenim Državama u 20-om veku.

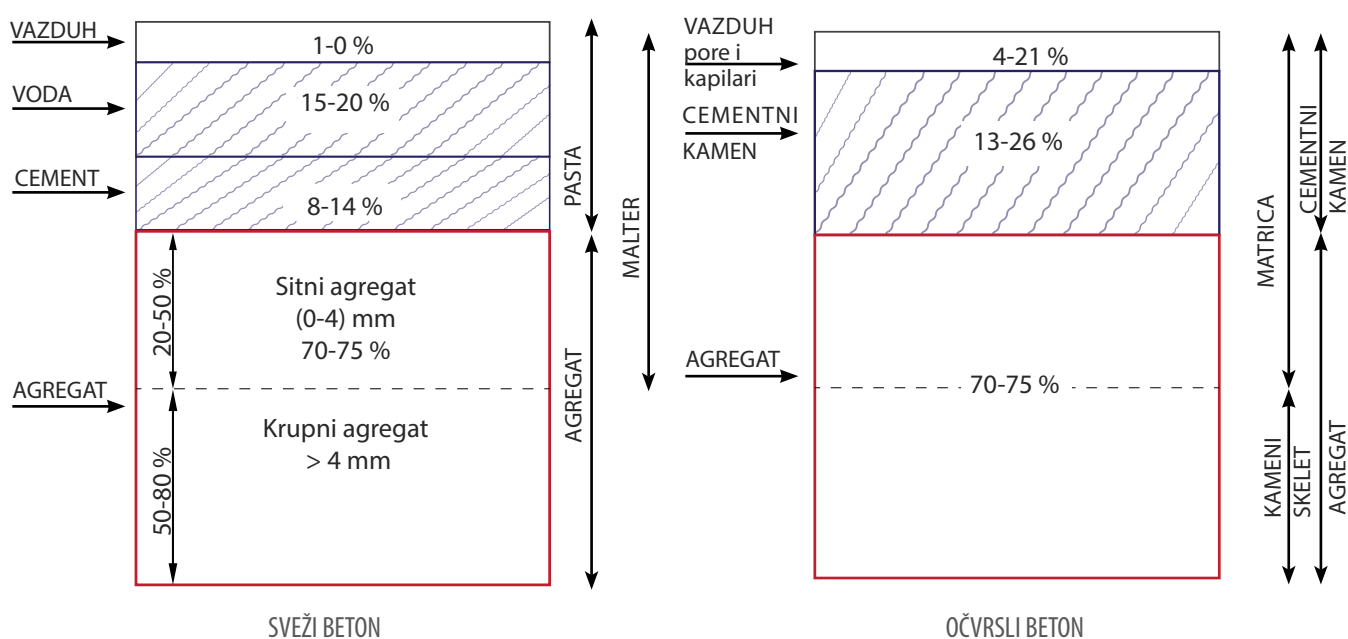
# 2 PROJEKTOVANJE DIZAJNA BETONA

## 2.1 Sastavne komponente betona i njihova procentualna zastupljenost

Beton se sastoji od četiri osnovne komponente: hidrauličnog veziva - cementa, kamenog agregata, vode i dodataka (aditiva). U zavisnosti od namene i zahtevanih performansi betona, karakteristike i odnosi između komponenti mogu veoma varirati. Prilikom projektovanja sastava betonske mešavine osnov je izbor tipa i količine cementa, odnos vode i cementa (W/C faktor koji definiše čvrstoću betona), tip i granulometrije agregata, količina filera (punila) u agregatu (čestice manje od 0,125 mm), sadržaj uvučenog vazduha u beton i dr. Kada se utvrde navedeni zahtevi za zapreminsku zastupljenost komponenti u betonskoj mešavini, vrši se izbor aditiva koji bi mogli da omoguće proizvodnju i ugradnju betona potrebnog sastava (plastifikatori, superplastifikatori, aeranti i dr.). U nekim slučajevima moguće je primeniti i druge mineralne dodatke kako bi se zamenio ili dopunio deo cementa (npr. mikrosilika, leteći pepeo), kako bi se olakšalo ugrađivanje betona (npr. kvarcni ili krečnjački filer, mikrosilika itd.), ili za postizanje nekog estetskog efekta (npr. pigmenti u prahu). Nakon završenog vezivanja betona (završene hidratacije cementa), odnos komponenti betona se značajno menja, što je od primarnog značaja za postizanje projektovanih čvrstoća betona.

U nastavku je za ilustraciju prikazan uobičajeni odnos (zapreminski) između komponenti svežeg i očvrsllog betona.

### PROCENTUALNA ZAPREMINSKA ZASTUPLJENOST KOMPONENTI U BETONU



## 2.2 Cement

Cement predstavlja vezivno sredstvo u betonu i može biti hidraulični i nehidraulični.

- Kod nehidrauličnog cementa vezivanje obično počinje pri sušenju materijala i kontaktu sa CO<sub>2</sub>, na primer: gašeni kreč Ca(OH)<sub>2</sub> u kontaktu sa vazduhom postepeno karbonizuje i stvara se krečnjak (CaCO<sub>3</sub>). Drugi tip nehidrauličnih veziva su reaktivne smole (epoksidne, poliuretanske, itd.)
- Pod terminom cement obično se podrazumeva hidraulični cement (npr. portland cement) koji hemijski reaguje i vezuje se u kontaktu sa vodom. Kao proizvod reakcije formiraju se nerastvorljivi minerali koji su trajni u kontaktu sa vodom.

### 2.2.1 Klasifikacija i označavanje cementa

Evropski standard za cement EN 197-1 Sastav, specifikacija i usklađenost cementa definiše standardni cement kao – Fino granulirano, hidraulično vezivo, koje, pomešano sa vodom, formira pastu koja se stvrdne i pritom zadržava svojstva čak i pod vodom. Standardni cementi su klasifikovani prema zavisnosti nekoliko kriterijuma:

- Sastav - procenat zastupljenosti portland cementa i količina i vrsta dodataka;
- Karakteristike čvrstoće;
- Mehaničke, fizičke i hemijske osobine.

Osnovne komponente koje ulaze u sastav cementa su:

**(K) Portland cementni klinker** *Portland cement clinker* – hidraulični materijal sastavljen od najmanje 2/3 kalcijum- silikata [(2)(3)CaOxSiO<sub>2</sub>] i drugih supstanci koje sadrže aluminijum, gvožđe i td. Dobija se pečenjem mešavine krečnjaka i gline (≈ 1450°C), pri čemu se dobija „klinker“ koji se melje i u njega se pritom dodaje mala količina gipsa;

**(S) Mlevena zgura iz visokih peći** *Granulated blast-furnace slag* – koja se brzo hladi i ima hidraulična svojstva.

**Pucolanski materijali** *Pozzolanic materials* – Prirodni materijali (silikati i alumino-silikati) koji se ne stvrdnjavaju u kontaktu sa vodom, ali reaguju sa Ca(OH)<sub>2</sub> i pritom stvaraju čvrsta jedinjenja kalcijum-silikata i kalcijum-aluminata (slična onima nastalim tokom hidratacije). Za proizvodnju cementa koriste se dve vrste pucolanskih materijala:

**(P) Prirodni pucolan** *Natural Pozzolana*;

**(Q) Prirodni „kalcinirani“ pucolan** *Natural calcined Pozzolana (aktivira se termičkom obradom)*.

**Leteći pepeo** *Fly Ash* – materijal dobijen elektrostatičkim i mehaničkim odvajanjem finih čestica iz gasova koji se oslobađaju pri sagorevanju uglja (uglavnom u termo-elekttranama). Za proizvodnju cementa koriste se dve vrste letećeg pepela:

**(V) Silikatni LP** *Siliceous fly ash* – koji ima pucolanske osobine;



**(W) Kalcitni LP** *Calcareous fly ash* – koji ima pucolanske i hidraulične osobine;

**(T) Karbonizovani (spaljeni) škriljci** *Burnt shale* – dobijeni pri izdvajanju nafte iz fosilnih sedimenata-škriljaca. Imaju hidraulične i pucolanske osobine.

**(L,LL) Krečnjak** *Limestone* – postoje dva tipa koji, da bi se koristili u betonu, moraju da sadrže najmanje 75% kalcijum-karbonata CaCO<sub>3</sub>, maksimalnu količinu gline 1,2g/100g i maksimalnu količinu organskog ugljenika (*TOC-Total Organic Carbon*) u okviru sledećih granica:



- (L) <0,2 %
- (LL) <0,5 %

**(D) Mikrosilika Silica Fume** – materijal sa veoma finom granulacijom, koji sadrži najmanje 85% amornog silicijum-dioksida i odlikuje se intenzivnom pucolanskom aktivnošću. Dobija se kao nusproizvod u proizvodnji silikatnih i fero-silikatnih legura.

Pored navedenih dodataka, u sastav cementa u manjim količinama ulaze:

- Kalcijum-sulfat – gips/hemihidrid/anhidrid koji se koristi za kontrolu vezivanja cementa;
- Aditivi – materijali koji se dodaju u dozi manjoj od 1% od mase cementa radi poboljšanja svojstava cementa ili proizvodnje.

**\*Kompanija Ading Skopje u svom proizvodnom programu nudi više vrsta aditiva za proizvodnju cementa iz grupa:**

- **Aeranti - POROMEL**, namenjen za proizvodnju "aerisanog" cementa – aditiv koji omogućava unošenje mikrovazdušnih pora u malter proizvedenog sa ovom vrstom cementa. Aerisani cementi se obično koriste za proizvodnju zidarskih maltera.
- **Pojačivači u proizvodnji/mlevenju cementa Grinding agent - INTENZIFIKATOR**, aditivi koji omogućavaju: značajno poboljšanje efikasnosti proizvodnje cementa olakšavanjem procesa mlevenja klinkera; poboljšanje fizičko-mehaničkih svojstava gotovog proizvoda-cementa; sprečavanje pojave aglomeracije (zgrušavanja) cementa i olakšavanje njegovog skladištenja.

**Aditivi za proizvodnju cementa se po pravilu dizajniraju custom made, u saradnji sa fabrikama za proizvodnju cementa – cementarama, sa ciljem postizanja maksimalnog efekta i prilagođavanja specifičnostima upotrebljenih repromaterijala, kao i specifičnog tehničko-tehnološkog procesa proizvodnje. Inženjerski tim kompanije Ading je uvek na raspolaganju našim klijentima u cilju pružanja tehničke podrške i odgovarajućeg rešenja za eventualne probleme.**

U zavisnosti od sastava, cementi su grupisani u 5 klasa:

- CEM I – Portland cement;
- CEM II – Portland-kompozitni cement;
- CEM III – „Metalurški“ cement;
- CEM IV – Pucolanski cementi;
- CEM V – Kompozitni cement.

Pored klase cementa definisane tipom dodataka, potrebno je naznačiti i procentualnu zastupljenost dodataka (osim za CEM I). Definiše se oznakama "A", "B", "C" koje su ispisane pored oznake klase cementa.





Evropski standard za cement EN 197-1 definiše 27 tipova standardnog cementa prema njihovom sastavu.

Tabela: Klasifikacija tipova cementa prema EN 197-1

Main types		Types of cement and their composition according to EN 197/1											Minor additional constituents
		Composition (parts by weight in %) <sup>1</sup>											
		Major components											
		Clinker	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ashes		Burut shale	Limestone			
Natural	Natural Calcined				Siliceous	Calcareous	L	LL					
Designation	Cement type	K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL		
CEM I	Portland cement	CEM I	95—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
	Portland slag cement	CEM II/A-S	80—94	6—20	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
		CEM II/B-S	65—79	21—35	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
	Portland silica fume cement	CEM II/A-D	90—94	—	6—10	—	—	—	—	—	—	—	0—5
CEM II	Portland pozzolan cement	CEM II/A-P	80—94	—	—	6—20	—	—	—	—	—	—	0—5
		CEM II/B-P	65—79	—	—	21—35	—	—	—	—	—	—	0—5
		CEM II/A-Q	80—94	—	—	—	6—20	—	—	—	—	—	0—5
		CEM II/B-Q	65—79	—	—	—	21—35	—	—	—	—	—	0—5
	Portland fly ash cement	CEM II/A-V	80—94	—	—	—	—	6—20	—	—	—	—	0—5
		CEM II/B-V	65—79	—	—	—	—	21—35	—	—	—	—	0—5
		CEM II/A-W	80—94	—	—	—	—	—	6—20	—	—	—	0—5
		CEM II/B-W	65—79	—	—	—	—	—	21—35	—	—	—	0—5
	Portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80—94	—	—	—	—	—	—	6—20	—	—	0—5
		CEM II/B-T	65—79	—	—	—	—	—	—	21—35	—	—	0—5
	Portland lime-stone cement	CEM II/A-L	80—94	—	—	—	—	—	—	—	6—20	—	0—5
		CEM II/B-L	65—79	—	—	—	—	—	—	—	21—35	—	0—5
		CEM II/A-LL	80—94	—	—	—	—	—	—	—	—	6—20	0—5
		CEM II/B-LL	65—79	—	—	—	—	—	—	—	—	21—35	0—5
Portland composite cemen <sup>c</sup>	CEM II/A-M	80—94						12—20					0—5
	CEM II/B-M	65—79						21—35					0—5
CEM III	Blast furnace cement	CEM III/A	35—64	36—65	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
		CEM III/B	20—34	66—80	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
		CEM III/C	5—19	81—59	—	—	—	—	—	—	—	—	0—5
CEM IV	Pozzolan cement <sup>3</sup>	CEM IV/A	65—89	—	11—35				—	—	—	0—5	
		CEM IV/B	45—64	—	36—35				—	—	—	0—5	
CEM V	Composite cement <sup>3</sup>	CEM V/A	40—64	18—30	—	18—30		—	—	—	—	0—5	
		CEM V/B	20—38	31—49	—	31—49		—	—	—	—	0—5	

a The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents.

b The proportion of silica fume is limited to 10 %.

c In Portland-composite cements CEM II/A-M and CEM II/B-M, in pozzolanic cements CEM IV/A and CEM IV/B and in composite cements CEM V/A and CEM V/B the main constituents other than clinker shall be declared by designation of the cement (for examples, see Clause 8).



Kao što se vidi iz tabele, beton klase CEM I ima najveći procenat klinkera (preko 95%), čime se omogućava najstabilniji razvoj čvrstoća i postizanje visokih čvrstoća.

Prisustvo dodataka u cementu (CEM II – V) omogućava proizvodnju ekonomičnijih cemenata/betona, kao i sporovezujućih betona koji omogućavaju duži transport i ugradnju betona u uslovima visokih ambijentalnih temperatura.

Za definisanje svojstava cementa, pored klase i sastava, potrebno je definisati njegove čvrstoće, prema kojima se definišu 3 klase čvrstoće cementa:

- Class 32,5 (MPa);
- Class 42,5 (MPa);
- Class 52,5 (MPa).

U zavisnosti od ranih čvrstoća (na 2 i 7 dana), definišu se dva tipa cementa:

- „N” – Normalan razvoj čvrstoća
- „R” – Brzi razvoj čvrstoća

Strenght class	Compressive strenght MPa				Initial setting time min	Soundness (expansion) mm
	Early strenght		Standard strenght			
	2 days	7 days	28 days			
32,5 N	—	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	—				
42,5 N	≥ 10,0	—	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	—				
52,5 N	≥ 20,0	—	≥ 52,5	—	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	—				

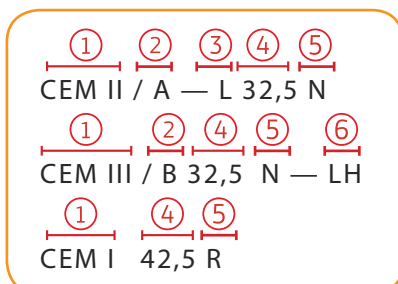
Dodatne fizičke karakteristike koje su značajne za definisanje cementa su:

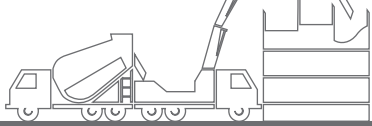
- Početak i kraj vezivanja
- Stalnost zapremine cementne paste nakon stvrdnjavanja – *Soundness* ;
- Razvoj toplote hidratacije – (ukoliko je toplota koja se oslobađa u procesu hidratacije cementa manja od 270 J/g, cement se može deklarirati kao „niskokaloričan“ i označava se oznakom „LH” - *Low Heat*).

Sve navedene karakteristike cementa moraju biti jasno definisane njegovim označavanjem. Prema EN 197-1, oznaka cementa mora da sadrži sledeće informacije:

- (1) Klasa cementa;
- (2) Sadržaj dodataka;
- (3) Tip dodataka;
- (4) Klasa čvrstoće cementa;
- (5) Oznaka brzine vezivanja cementa;
- (6) Oznaka ukoliko je cement niskokaloričan.

Primer označavanja cementa u skladu sa EN 197-1





Odgovarajući izbor tipa i količine cementa je osnova za postizanje projektovanih karakteristika čvrstoće betona, brzine vezivanja i brzine razvoja karakteristika čvrstoće betona, otpornosti na hemijsku agresiju, razvoja toplote hidratacije, otpornosti na abraziju i kavitaciju.

### 2.2.2 Osnovne karakteristike i laboratorijska ispitivanja cementa

Sa ciljem pravilnog projektovanja betonske mešavine, neophodno je tačno utvrditi performanse cementa relevantne za tip betona koji se proizvodi.

Osnovne karakteristike cementa:

- Finoća mliva cementa;
- Zapreminska masa cementa u zbijenom i rastresitom stanju ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ );
- Specifična površina ( $\text{cm}^2/\text{g}$ );
- Standardna konzistencija (procenat vode za dobijanje standardne cem. paste);
- Početak i kraj vezivanja cementa (minuti);
- Stalnost zapremine cementa;
- Čvrstoća na savijanje (MPa, na 2 i 28 dana);
- Čvrstoća na pritisak (MPa, na 2 i 28 dana);
- Određivanje skupljanja/širenja betona ( mm/m' na 1, 28, 90 dana).



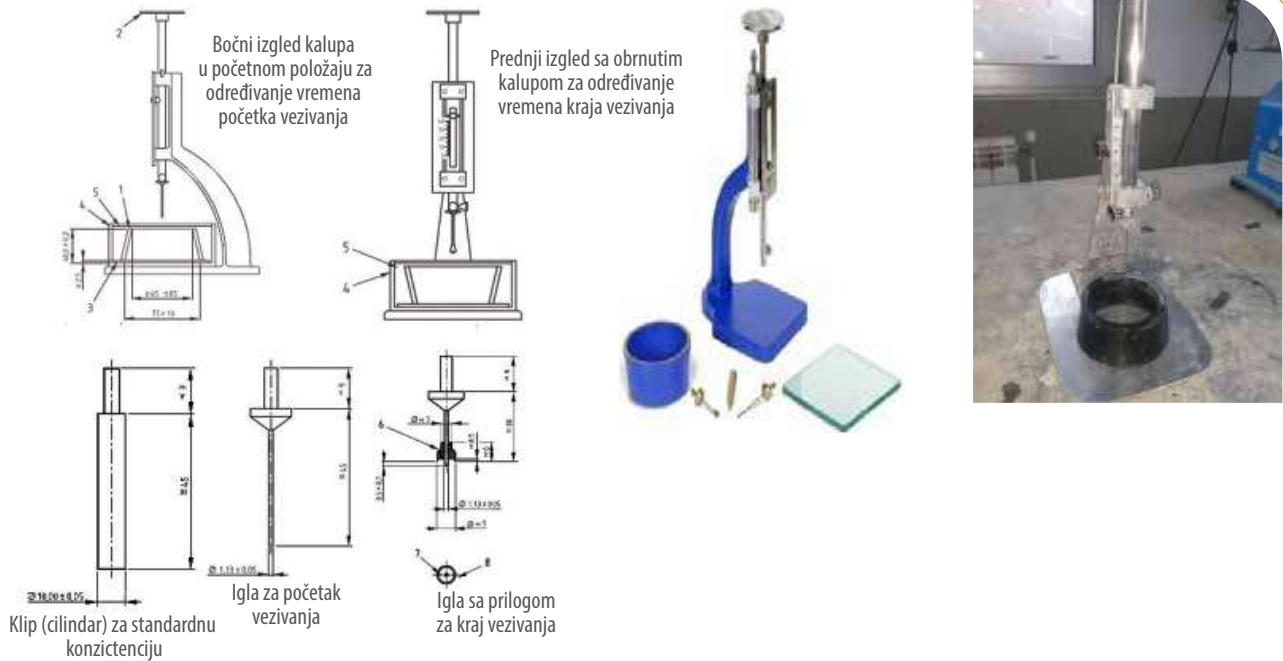
U nastavku je opisan postupak za određivanja nekih od svojstava cementa:

#### ODREĐIVANJE STANDARDNE KONZISTENCIJE CEMENTA

Različiti tipovi cementa zahtevaju različite količine vode da bi se postigao određeni stepen obradljivosti, što se zatim, odražava i na obradljivost betona. Određivanje normalne (standardne) konzistencije cementa je metoda kojom se utvrđuje koliki je procenat vode potreban cementnoj pasti za postizanje tzv. „standardne obradljivosti“. Određuje se pomoću instrumenta - "Vikatov" aparat.

#### Postupak za određivanje standardne konzistencije:

500 g cementa se pomeša sa vodom (obično 25-32%) i meša 3 minuta. Zatim se pasta ugrađuje u prsten (izrađen od tvrde gume dubine 40 mm) i stavlja na Vikatov aparat tako da klip sa  $\Phi$  10 mm dodiruje površinu cementne paste. Zatim se cilindar ostavlja da slobodno pada i potone u pastu. Težina sonde uređaja sa klipom je tačno definisana (300g). Ukoliko klip potone na dubinu od 4-8 mm od dna, postiže se standardna konzistencija, a ukoliko je propadanje manje/veće, test se ponavlja.



### ODREĐIVANJE POČETKA I KRAJA VEZIVANJA CEMENTA

Početak i kraj vezivanja cementa određuje se na pasti standardne konzistencije korišćenjem Vikat aparata, s tim što se klip zamenjuje iglom  $\Phi 1$  mm, tako da težina pokretnih delova ponovo bude 300 g.

Za **početak vezivanja** se smatra trenutak kada igla prodre u cementnu pastu do dubine od 3-9 mm iznad staklene ploče na dnu, u roku od 15 sekundi. Test se izvodi sa tačnošću od  $\pm 5$  minuta.

Za **kraj vezivanja** se smatra trenutak kada se igla na Vikatovom aparatu zadrži na dubini od 0,5 mm na površini cementne paste, odnosno kada igla prvi put neće ostaviti trag na cementnoj pasti. Ispitivanje se vrši na poleđini uzorka cementne paste. Test se izvodi sa tačnošću od  $\pm 30$  minuta.

Karakteristike cementa treba kontrolisati i tokom proizvodnje da bi se detektovale moguće varijacije.

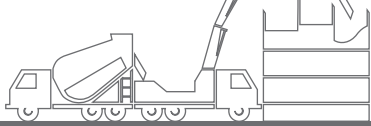
### 2.3 Agregat i granulometrijski sastav betona

Odgovarajući izbor agregata je, takođe, od suštinskog značaja u proizvodnji betona visokih performansi, visokih čvrstoća i izdržljivosti u kontaktu sa vodom, smrzavanju, hemijskoj agresiji, abraziji i kavitaciji. Agregat mora imati odgovarajući mineraloški i petrografski sastav, i ne sme da sadrži komponente koje izazivaju degradaciju betona ili koroziju čelične armature.

Potencijalno štetne frakcije u agregatu su meka i lomljiva zrna, peščari, glina, škriljaste sedimentne frakcije. Da bi se postigla dugoročna hemijska stabilnost i trajnost armiranog betona, agregat ne sme da uzrokuje:

- Alkalno-karbonatnu /dolomitnu/ reakciju u betonu;
- Alkalno-silikatnu reakciju;
- Ograničava se prisustvo i količine supstanci koje mogu izazvati koroziju armature - halogeni elementi (npr. hloridi i sulfati).

Prema poreklu, agregat može biti:



**Drobljeni agregat** – proizveden u rudniku - kamenolomu drobljenjem većih stena. Dobijene frakcije imaju ujednačen mineraloško-petrografski sastav koji omogućava proizvodnju betona ujednačenih osobina.



Agregat rečnog porekla

**Rečni agregat** – akumuliran u postojećim ili nekadašnjim koritima reka i drugim akumulacijama vode. Često je heterogenog sastava što može dovesti do varijacija u karakteristikama betona. Frakcije rečnog agregata obično imaju zaobljen oblik. Beton sa ovom vrstom agregata se lakše pumpa i ugrađuje.

**Reciklirani agregat** – poslednjih godina je trend u svetu da se deo prirodnog agregata koji se koristi za proizvodnju betona zameni recikliranim materijalima – otpadnim šutom sa gradilišta, jalovinom iz rudnika, organskim materijama iz poljoprivrede, recikliranom gumom, staklom i drugim vrstama otpada. Upotreba recikliranih materijala za proizvodnju betona je korisna sa ekološke i tehničke tačke gledišta, ali je obično potrebno izvršiti preliminarna opsežna ispitivanja pre nego što se dozvoli njihova upotreba u građevinsko-konstruktivne svrhe. Ovim ispitivanjima se mora utvrditi da li reciklirani agregat sadrži hemijske supstance koje će imati dugotrajan štetan uticaj na beton i armaturu (npr. prisustvo amorfnih silikata (amorfno staklo) koji mogu izazvati alkalno-silikatnu reakciju, ili prisustvo sulfata/ hlorida u rudarskoj jalovini koji mogu izazvati koroziju armature). Reciklirani agregat ne sme biti štetan po okolinu – ne sme da sadrži/ ispušta u životnu sredinu toksične materije, teške metale i ne sme biti radioaktivan.

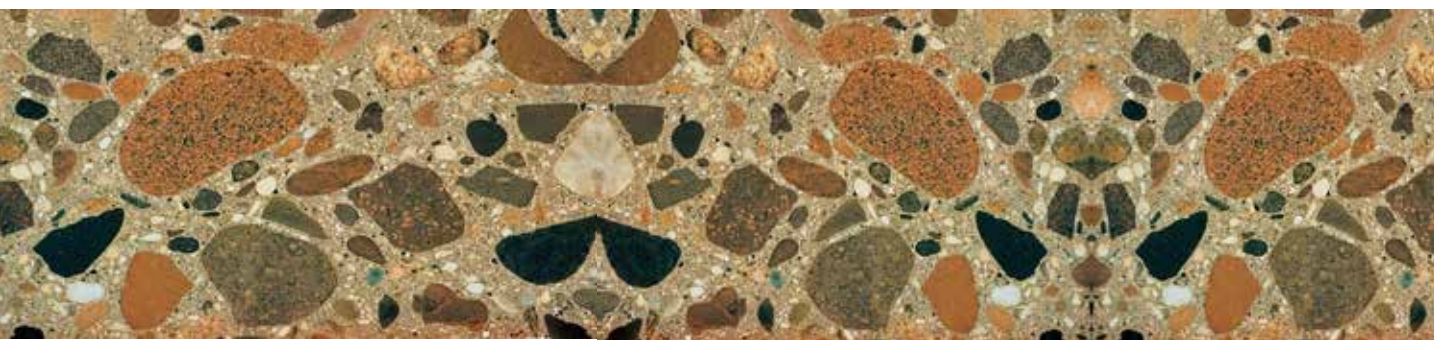


Drobljeni agregat

Reciklirani agregat  
(reciklirani građevinski  
betonski otpad)

**Laki agregati** - su agregati male specifične težine namenjeni za proizvodnju "lakog" betona - betona specifične težine manje od  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Za proizvodnju takvog betona mogu se koristiti agregati od ekspanzirane gline, ekspanziranog (recikliranog) stakla ili kamenog materijala, granula od ekspanziranog polistirena i td.

**Teški agregati** - su agregati namenjeni za proizvodnju "teškog" betona - betona specifične težine veće od  $2600 \text{ kg/m}^3$ . Takvi agregati obično sadrže mineral barit. Teški baritni betoni i malteri se koriste za izgradnju bunkerskih objekata u kojima se rukuje radioaktivnim materijalima (medicinski skeneri i druga oprema).



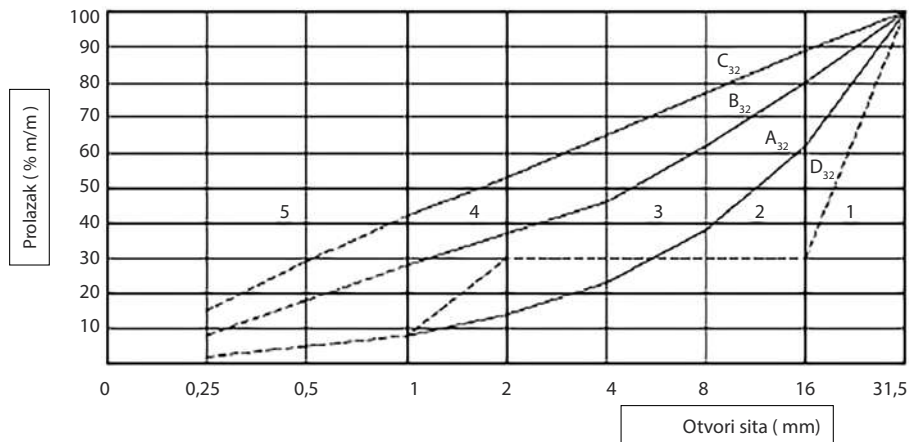
Raspored agregata u strukturi betona

Bez obzira na poreklo i karakteristike agregata, da bi se koristio za proizvodnju betona namenjenog konstruktivnim ciljevima, agregat mora biti separisan na frakcije tačno definisane veličine. Obično se u proizvodnji betona koriste 3 ili 4 frakcije agregata različitih dimenzija: (0-4) mm, (4-8) mm, (8-16) mm i (16-32) mm. Pored ovih „osnovnih“ frakcija prilikom proizvodnje betona, moguće je primeniti i dodatne sitnije frakcije (npr. 0-2 mm), filer - punila (0-0,125 mm), ili veće frakcije (32-64) mm i (64 -100) mm - uglavnom u hidrotehničkim konstrukcijama gde postoje masivni preseki betona. Tip, sastav i zastupljenost svake frakcije agregata u betonskoj mešavini je od suštinskog značaja za njena svojstva – karakteristike čvrstoće, homogenost sastava i mogućnosti ugradnje (pumpanje, vibriranje i sl.). Iz tih razloga, procentualna zastupljenost frakcija agregata u betonu je projektovana u zavisnosti od namene i načina ugradnje betona



U prilogu su date (za ilustraciju) granične krive koje definišu granulometrijski sastav betona u skladu sa / makedonskim standardom MKS 1016/, SRPS EN 206 i evropskim standardom EN 480-1.

**Grafikon: Preporučena kriva za agregat 0/32 mm**

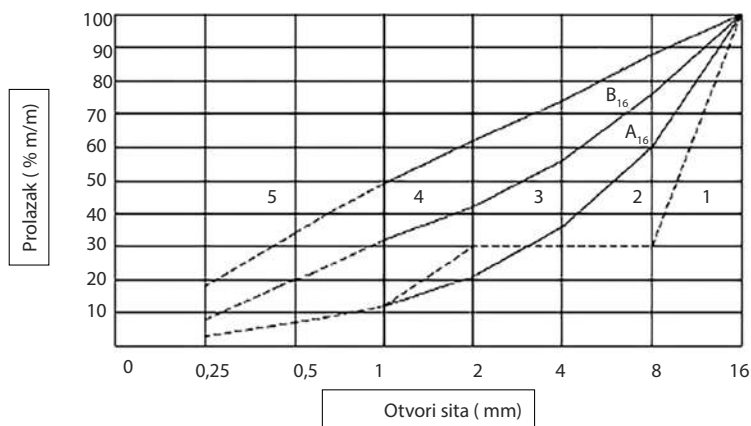


**Tabela: Preporučena kriva za agregat 0/32 mm**

Granične krive	Prolazak (%) kroz sito (mm)							
	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0
D <sub>32</sub>	2	(5)	8	30	30	30	30	100
A <sub>32</sub>	2	(5)	8	14	23	38	62	100
B <sub>32</sub>	8	(18)	28	37	47	62	80	100
C <sub>32</sub>	15	(29)	42	53	65	77	89	100

Granične krive za beton sa Dmax=31,5 mm prema /MKS 1016/ i SRPS EN 206

**Grafikon: Preporučena kriva za agregat 0/16 mm**



**Tabela: Preporučena kriva za agregat 0/16 mm**

Granične krive	Prolazak (%) kroz sito (mm)						
	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0
D <sub>16</sub>	/2/; 3	/7/; (7)	12	30	30	30	100
A <sub>16</sub>	/2/; 3	/8/; (7)	12	21	36	60	100
B <sub>16</sub>	8	(20)	32	42	56	76	100
C <sub>16</sub>	18	(34)	49	62	74	88	100

Granične krive za beton sa Dmax=16 mm prema /MKS 1016/ i SRPS EN 206



### Grafikon: Preporučena kriva za agregat 0/8 mm

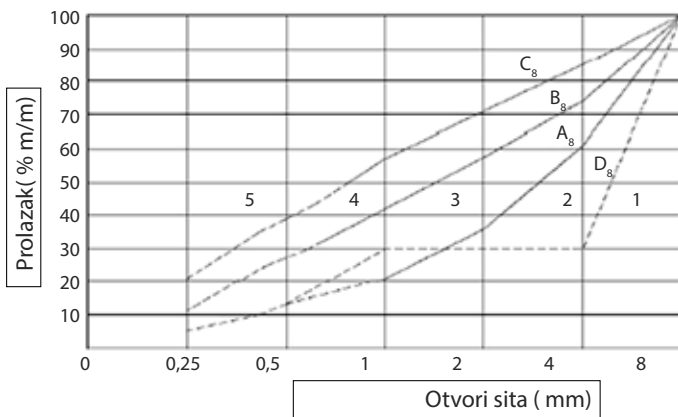


Tabela: Preporučena kriva za agregat 0/8 mm

Granične krive	Prolazak (%) kroz sito (mm)				
	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0
D <sub>8</sub>	5	(13)	30	30	30
A <sub>8</sub>	5	(13)	21	36	61
B <sub>8</sub>	11	(27)	42	57	74
C <sub>8</sub>	21	(39)	57	71	85

Granične krive za beton sa Dmax=8 mm prema /MKS 1016/ i SRPS EN 206

### Grafikon: Preporučena kriva za agregat 0/63 mm

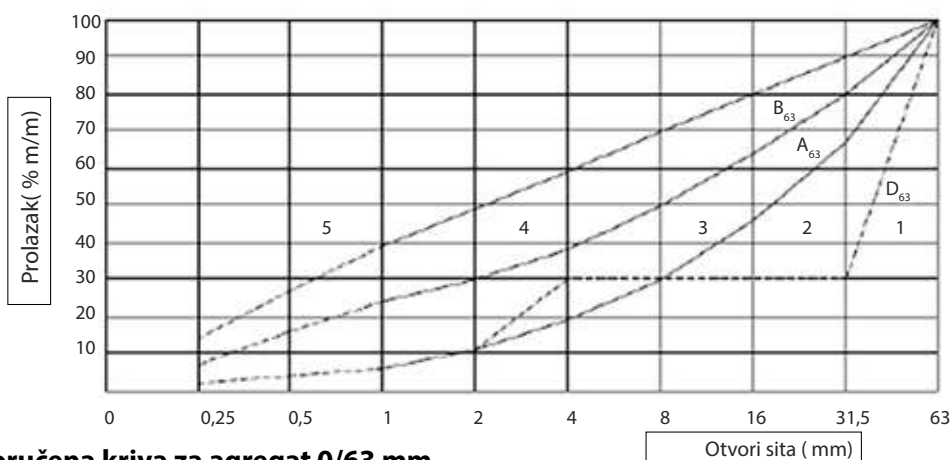


Tabela: Preporučena kriva za agregat 0/63 mm

Granične krive	Prolazak (%) kroz sito (mm)								
	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5	63,0
D <sub>63</sub>	2	(4)	6	11	30	30	30	30	100
A <sub>63</sub>	2	(4)	6	11	19	30	46	67	100
B <sub>63</sub>	7	(16)	24	30	38	50	64	80	100
C <sub>63</sub>	14	(27)	39	49	59	70	80	90	100

Granične krive za beton sa Dmax=63 mm prema /MKS 1016/ i SRPS EN 206

**Legenda:**

A, B, C – kontinualni granulometrijski sastav  
 D - diskontinualni granulometrijski sastav  
 1, 2, 3, 4, 5 – oblasti u kojima se može naći granulometrijska kriva

Oblasti 1 i 5 – nepovoljan sastav koji se ne sme koristiti za proizvodnju betona  
 Oblast 3 – pogodan sastav u betonu koji se može primeniti bez prethodnih ispitivanja  
 Oblasti 2,3,4 – sastav se može primeniti za proizvodnju betona ukoliko se uz prethodna ispitivanja dokaže njegova pogodnost za proizvodnju betona



Stacionarna pumpa

Osnovni preduslov da projektovani beton bude pogodan za ugradnju pumpom je da sveža betonska mešavina bude homogena, odnosno da se grube frakcije i cementna pasta ne odvajaju tokom ugradnje. Takođe, beton treba da ima visoku klasu konzistencije (S3, S4 ili S5), uz zadržavanje projektovanog vodocementnog faktora (str.36).

Preporučuje se da količina paste u betonu /pasta = voda + čestice <0,125 mm (cement+filer) + vazduh/ bude između 25 i 35% zapremine betonske mešavine.

Pasta u betonu treba u potpunosti da „obavi“ frakcije agregata i ispuni prostor između njih, čime

betonsku mešavinu čini homogenu, olakšava pumpanje betona i smanjuje mogućnost segregacije betona. Ukoliko u korišćenom agregatu nema dovoljno finih čestica, potrebno ga je dopuniti dodavanjem punila ili upotrebom veće količine cementa u betonu. Korišćenje velike količine cementa u sastavu betonske mešavine može dovesti do dodatnih

neželjenih efekata u betonu, kao što su intenzivan razvoj toplote hidratacije, pojava pukotina, prebrzo vezivanje betona, velike promene zapremine - skupljanje betona i td. Iz tih razloga, za izradu nekih AB elemenata (npr. prethodno napregnuti nosači, konstrukcije HTO), količina portland cementa u sastavu betona je strogo limitirana.

U zavisnosti od vrste korišćenog agregata zavisi i prisustvo sitnih čestica (<0,125 mm) u njegovom sastavu. Isto tako, za beton su od velikog značaja i karakteristike sitnih čestica. Ukoliko su lošeg kvaliteta, apsorbuju veliku količinu vode i mogu značajno negativno uticati na karakteristike čvrstoće i održavanje konzistencije betona.

Sve navedene preporuke u vezi sa projektovanjem betona dopunjene su primenom aditiva za beton. Bez upotrebe plastifikatora i superplastifikatora, uopšte nije moguće proizvesti pumpani beton koji će istovremeno imati visoku klasu čvrstoće i visoku razlivenost.



Sveži homogeni beton



Segregirani beton

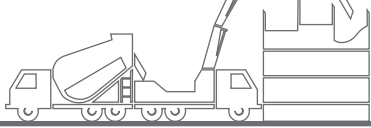


Agregat sa filerom



Isprani agregat





Savremeni način projektovanja i građenja građevinskih konstrukcija često predviđa ugradnju betona pumpanjem na velikim visinama (preko 100 m) i na velikim udaljenostima. U tu svrhu se koriste moćne stacionarne ili auto-pumpe za beton i kompleksni sistemi cevi i kolena.





## 2.4 Aditivi za beton

Aditivi za beton predstavljaju materijale koji se dodaju svežoj betonskoj mešavini tokom procesa mešanja-proizvodnje betona kako bi se uticalo na njegova svojstva u svežem i/ili očvrslom stanju. Dodaci se betonu obično dodaju u malim količinama – do 5% od mase cementa u betonu.

Aditivi za beton, kao i aditivi za maltere i smese za zalivanje su definisani evropskim standardom: *EN 934 Admixtures for concrete, mortar and grout*, koji je sastavljen iz 6 delova:

- EN 934-1 Opšte odredbe i zahtevi;
- EN 934-2 Aditivi za beton;
- EN 934-3 Aditivi za malter za zidanje;
- EN 934-4 Aditivi za smese za zalivanje kablova za "prethodno naprezanje";
- EN 934-5 Aditivi za prskani (mlazni) beton;
- EN 934-6 Ocenjivanje usaglašenosti.

\* U okviru ovog teksta biće analizirani aditivi za beton, za prskani beton i smese za zalivanje definisane prema EN 934-2, EN 934-5 i EN 934-4.

Postoji više tipova aditiva za beton definisanih prema EN 934-2.

### 2.4.1 Plastifikatori

#### *Water reducing/plasticizing admixtures*

Aditivi koji omogućavaju smanjenje količine vode u mešavini betona bez uticaja na konzistenciju betona i/ili mogu povećati obradljivost bez dopunskog dodavanja vode.

Odgovaraju standardu EN 934-2 Tabela 2, koji predviđa:

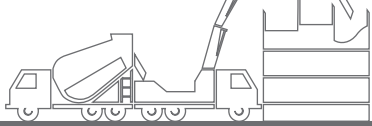
**Tabela 2 – Specifični zahtevi za aditive Plastifikatore / Reduktore vode**  
Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Redukcija vode	Test mešavina $\geq 5\%$ u odnosu na Etalon
2	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 110\%$ u odnosu na Etalon na 7 i 28 dana
3	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa Etalom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

Aditivi - Plastifikatori, proizvodnja Ading Skopje

- Fluiding





## 2.4.2 Plastifikatori / Usporivači vezivanja betona

### Set retarding/water reducing/plasticizing admixtures

Aditivi sa kombinovanim dejstvom, kao plastifikatori - reduktori vode (primarna funkcija) i usporivači vezivanja betona (sekundarna funkcija). Odgovaraju standardu EN 934-2, tabela 10, koji predviđa:

**Tabela 10 – Specifični zahtevi za aditive Plastifikatore / Usporivače vezivanja**  
Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 100\%$ u odnosu na Etalon na 28 dana
2	Vreme vezivanja	Početak vezivanja Test meš. $\geq$ Etalon + 90 minuta Kraj vezivanja Test meš. $\leq$ Etalon + 360 minuta
3	Redukcija vode	Test mešavina $\geq 5\%$ u odnosu na Etalon
4	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa Etalom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

Aditivi - Plastifikatori / Usporivači vezivanja, proizvodnja Ading Skopje

- Fluiding M1
- Fluiding M1M





### 2.4.3 Plastifikatori / Ubrzivači vezivanja betona

#### Set accelerating/water reducing/plasticizing admixtures

Aditivi sa kombinovanim dejstvom, kao plastifikatori - reduktori vode (primarna funkcija) i ubrzivači vezivanja betona (sekundarna funkcija). Odgovaraju standardu EN 934-2 Tabela 12, koji predviđa:

Tabela 12 – Specifični zahtevi za aditive Plastifikatore / Ubrzivače vezivanja Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 100\%$ u odnosu na Etalon na 28 dana
2	Vreme vezivanja	Početak vezivanja Na temperaturi $+20^{\circ}\text{C}$ Test meš. $\geq 30$ minuta Na temperaturi $+5^{\circ}\text{C}$ Test meš. $\leq 60\%$ u odnosu na Etalon
3	Redukcija vode	Test mešavina $\geq 5\%$ u odnosu na Etalon
4	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa Etalom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

Aditivi - Plastifikatori / Ubrzivači vezivanja, proizvodnja Ading Skopje

- Hidrozim Fluid

### 2.4.4 4 Superplastifikatori

#### High range water reducing/superplasticizing admixtures

Aditivi koji omogućavaju visoku redukciju količine vode u betonskoj mešavini bez uticaja na konzistenciju betona i/ili mogu značajno povećati obradivost (*Slump/flow*) bez dopunskog dodavanja vode.

Odgovaraju standardu EN 934-2 Tabele 3.1 i Tabela 3.2, koji predviđa

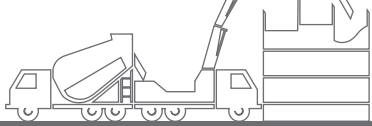
Tabela 3.1 – Specifični zahtevi za aditive Superplastifikatore / Visoke reduktore vode Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Redukcija vode	Test mešavina $\geq 12\%$ u odnosu na kontrolnu mešavinu
2	Čvrstoća na pritisak	Na 1 dan Test mešavina $\geq 140\%$ u odnosu na kontrolnu mešavinu Na 28 dana Test mešavina $\geq 115\%$ u odnosu na kontrolnu mešavinu
3	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

**FLUIDING**

**SUPERFLUID**

**SUPERFLUID 21**





**Tabela 3.2 – Specifični zahtevi za aditive Superplastifikatore / Visoke reduktore vode**  
**Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istom W/C faktoru**

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Povećanje konzistencije	Povećanje konzistencije Slump za $\geq 120$ mm u odnosu na početnu ( $30 \pm 10$ ) mm Povećanje rasprostiranja Flow za $\geq 160$ mm u odnosu na početno ( $350 \pm 20$ ) mm
2	Održavanje konzistencije	Nakon 30 minuta od dodavanja aditiva, konzistencija ne sme pasti ispod vrednosti početne konzistencije kontrolne mešavine - Etalona
3	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 90$ % u odnosu na Etalon na 28 dana
4	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2$ % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

Aditivi - Superplastifikatori, proizvodnja Ading Skopje

- Superfluid
- Superfluid 21 Eko

### 2.4.5 Superplastifikatori / Usporivači vezivanja betona

#### *Set retarding/high range water reducing/superplasticizing admixtures*

Aditivi sa kombinovanim dejstvom, kao superplastifikatori - aditivi koji omogućavaju visoko smanjenje količine vode (primarna funkcija) i usporivača vezivanja betona (sekundarna funkcija). Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabele 11.1 i 11.2 koji predviđa:

**Tabela 11.1 – Specifični zahtevi za aditive Superplastifikatore / Usporivače vezivanja betona**  
**Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji**

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Čvrstoća na pritisak	Na 7 dana Test mešavina $\geq 100$ % u odnosu na kontrolnu mešavinu Na 28 dana Test mešavina $\geq 115$ % u odnosu na kontrolnu mešavinu
2	Vreme vezivanja	Početak vezivanja Test mešavine $\geq$ Etalon + 90 minuta Kraj vezivanja Test mešavine $\leq$ Etalon + 360 minuta
3	Redukcija vode	Test mešavina $\geq 12$ % u odnosu na Etalon
4	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2$ % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

**Tabela 11.2 – Specifični zahtevi za aditive Superplastifikatore / Usporivače vezivanja betona**  
**Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istom W/C faktoru**

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Održavanje konzistencije	Nakon 60 minuta od dodavanja aditiva, konzistencija ne sme pasti ispod vrednosti početne konzistencije kontrolne mešavine - Etalona
2	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 90$ % u odnosu na Etalon na 28 dana
3	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2$ % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao

Aditivi – Superplastifikatori / Usporivači vezivanja betona, proizvodnja Ading Skopje

- Superfluid M1
- Superfluid M1M
- Superfluid 21M1M
- Superfluid 21M Eko
- Superfluid 21M1M Eko
- Superfluid 21MC Eko





## 2.4.6 Modifikatori viskoziteta

### Viscosity modifying admixture

Aditivi za beton, namenjeni smanjenju/sprečavanju pojave segregacije i odvajanja vode iz betona (tzv. „krvarenje betona“). Najčešće se koristi u proizvodnji betona visoke konzistencije i SCC betona. Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabela 4, koji predviđa:

**Tabela 4 – Specifični zahtevi za aditive Stabilizatore / Modifikatore viskoziteta**  
Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Otpornost na segregaciju	$15\% \leq \text{Etalon (kontrolna mešavina)}$ $\leq 30\% \text{ test mešavina} \leq 70\% \text{ od kontrolne mešavine}$
2	Čvrstoća na pritisak na 28 dana	Test mešavina $\geq 80\%$ u odnosu na Etalon
3	Sadržaj uv. vazduha	Test mešavina $\leq 2\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u odnosu na Etalon

**Aditivi Modifikatori viskoziteta, proizvodnja Ading Skopje**

- Kompleksing S

## 2.4.7 Aeranti

### Air entraining admixtures

Aditivi koji omogućavaju kontrolisano uvlačenje mikro-vazdušnih pora u beton. Mikropore moraju biti ravnomerno raspoređene u betonskoj strukturi i moraju ostati u betonu nakon očvršćavanja. Uvučeni vazduh (mikro-pore) povećava otpornost betona na dejstvo mraza.

Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabela 5, koji predviđa:

**Tabela 5 – Specifični zahtevi za aditive Aerante**  
Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Količina uvučenog vazduha u svežem betonu	Test mešavina $\geq 2,5\%$ povećanje zapremine uvučenog vazduha u odnosu na Etalon Ukupna količina uvučenog vazduha 4% do 6% zapremine
2	Karakteristike mikro-vazdušnih pora u očvrslom betonu	Faktor razmaka test mešavine $\leq 0,200 \text{ mm}$ (spacing factor prema EN 480-11)
3	Čvrstoća na pritisak	Test mešavina $\geq 75\%$ u odnosu na Etalon

**Aditivi Aeranti, proizvodnja Ading Skopje**

- Poročinitelj

**POROČINITELJ**



## 2.4.8 Ubrzivači vezivanja betona

### Set Accelerating admixtures

Aditivi koji imaju sposobnost skraćivanja vremena vezivanja betona (prelazak iz plastične u čvrstu formu). Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabela 6, koji predviđa:

Tabela 6 – Specifični zahtevi za aditive Ubrzivače vezivanja betona Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Vreme početka vezivanja	Početak vezivanja Na temperaturi +20°C Test mešavina $\geq 30$ minuta Na temperaturi +5°C Test mešavina $\leq 60$ % u odnosu na Etalon
2	Čvrstoća na pritisak	Na 28 dana Test mešavina $\geq 80$ % u odnosu na Etalon Na 90 dana Test mešavina $\geq 100$ % u odnosu na Test mešavinu na 28 dana
3	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2$ % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao
<b>Aditivi – Ubrzivači vezivanja betona, proizvodnja Ading Skopje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrozim T</li> </ul>		



## 2.4.9 Ubrzivači očvršćavanja betona

### Hardening Accelerating admixtures

Aditivi koji imaju svojstvo da ubrzaju razvoj ranih čvrstoća betona, sa ili bez efekta na početak vezivanja. Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabela 7, koji predviđa:

Tabela 7 – Specifični zahtevi za aditive Ubrzivače očvršćavanja betona Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Čvrstoća na pritisak	Na 24 h, na +20°C Test mešavina $\geq 120$ % u odnosu na Etalon Na 28 dana, na +20°C Test mešavina $\geq 90$ % u odnosu na Etalon Na 48 h, na +5°C Test mešavina $\geq 130$ % u odnosu na Etalon
2	Sadržaj uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq 2$ % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao
<b>Aditivi – Ubrzivači očvršćavanja betona, proizvodnja Ading Skopje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superfluid T</li> <li>• Superfluid 21F</li> </ul>		



## 2.4.10 Usporivači vezivanja betona

### Set Retarding admixtures

Aditivi koji imaju sposobnost da produže vreme vezivanja betona (prelazak iz plastične u čvrstu formu). Odgovaraju standardu EN 934-2, Tabela 8, koji predviđa:

<b>Tabela 8 – Specifični zahtevi za aditive Usporivače vezivanja betona</b> Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Vreme početka vezivanja	Početak vezivanja Test mešavine $\geq$ Etalon + 90 minuta Kraj vezivanja Test mešavine $\leq$ Etalon + 360 minuta
2	Čvrstoća na pritisak	Na 7 dana Test mešavina $\geq$ 80 % u odnosu na Etalon Na 28 dana Test mešavina $\geq$ 90 % u odnosu na Etalon
3	Količina uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq$ 2 % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao
<b>Aditivi – Usporivači vezivanja betona, proizvodnja Ading Skopje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usporivač D2</li> </ul>		

## 2.4.11 Aditivi za vodonepropusnost betona

### Water resisting admixtures

Aditivi koji smanjuju kapilarnu apsorpciju vode u očvrslom betonu. Odgovaraju standardu EN 934-2 Tabela 9, koji predviđa:

<b>Tabela 9 – Specifični zahtevi za aditive za vodonepropusnost betona</b> Testiranje se vrši u odnosu na kontrolnu mešavinu – Etalon, pri istoj konzistenciji, ili istim W/C faktorom		
P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Kapilarna apsorpcija	Testiranje 7 dana posle 7 dana nege: Test mešavina $\leq$ 50 % upijena voda u odnosu na Etalon (testirano na malteru) Testiranje 28 dana posle 90 dana nege: Test mešavina $\leq$ 60 % upijena voda u odnosu na Etalon (testirano na malteru)
2	Čvrstoća na pritisak	Na 28 dana Test mešavina $\geq$ 85 % u odnosu na Etalon
3	Količina uvučenog vazduha	Test mešavina $\leq$ 2 % povećanje zapremine uvučenog vazduha u poređenju sa kontrolnom mešavinom, osim ako proizvođač nije drugačije deklarirao
<b>Aditivi za vodonepropusnost betona, proizvodnja Ading Skopje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrofob T</li> <li>• Hidrofob 21</li> <li>• Hidrofob Fluid</li> <li>• Hidrofob Kristal</li> </ul>		

Pored navedenih aditiva za beton, deklariranih prema EN 934-2, u nekim specijalnim vrstama betona ili drugim proizvodima na bazi portland cementa primenjuju se i drugi tipovi aditiva.


**HIDROFOB**



## 2.4.12 Aditivi / Ubrzivači vezivanja Mlaznog (prskanog) betona

### Set accelerating admixtures for sprayed concrete

Prskani (mlazni, torkret) beton – *Shotcrete* je specijalno dizajniran beton namenjen za aplikaciju rasprskavanjem pod pritiskom. Najčešće se primenjuje u tunelogradnji (u skladu sa novom austrijskom metodom izgradnje tunela - HATM), za stabilizaciju kosina, sanaciju AB konstrukcija i td. Osnovna prednost prskanog betona je što se može nanositi na vertikalne i "plafonske" površine. U tu svrhu, kako bi se izbeglo proklizavanje i padanje nanešenog prskanog betona, prilikom aplikacije se dodaju specijalni aditivi – Ubrzivači vezivanja, definisani u skladu sa Evropskim standardom EN 934-5, koji predviđa:

#### Specifični zahtevi za aditive – Bezalkalne ubrzivače vezivanja Prskanog (mlaznog) betona

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Čvrstoća na pritisak	Na 28 dana Test mešavina $\geq 90\%$ u odnosu na Etalon Na 90 dana Test mešavina $\geq$ Test mešavina na 28 dana
2	Vreme vezivanja	Početak vezivanja $\leq 10$ minuta Kraj vezivanja $\leq 60$ minuta

Aditivi Ubrzivači vezivanja Prskanog (mlaznog) betona, proizvodnja Ading Skopje

- Ingunit T Eko • Ingunit TS • Eko Ingunit P


**INGUNIT**


## 2.4.13 Aditivi za smese za zalivanje kablova za „prethodno naprezanje“

### Admixtures for grout for prestressing tendons

Kod armirano-betonskih prethodno napregnutih konstrukcija, kod kojih se primenjuje tehnika prednaprezanja kablova, po izvršenom zatezanju-prednaprezanju kablova, potrebno ih je zaštititi punjenjem cevi, u kojima su postavljeni, cementnom smesom za zalivanje (injektiranje). Smesa treba da obezbedi trajnu zaštitu kablova od korozije, prodora soli i drugih hemijskih zagađivača, otpornost na dejstvo mraza, da nema promene zapremine (skupljanja) tokom vremena koje bi izazvale narušavanje veze sa betonom ili pojavu prslina i pukotina. Smesa za zalivanje kablova za prednaprezanje se priprema korišćenjem portland cementa, vode i specijalnih aditiva (sa ili bez kombinacije sa aditivima iz grupe Plastifikatora / Superplastifikatora). Svojstva aditiva namenjenih za pripremu smesa za zalivanje kablova definisana su u skladu sa Evropskim standardom EN 934-4.


**Specifični zahtevi za Aditive za smese za zalivanje kablova za „prethodno naprezanje“**

P.6.	Svojstvo	Zahtevi – uslovi
1	Fluidnost smese za injektiranje 30 minuta nakon mešanja	Protok kroz levak $\leq 25$ sec
2	Čvrstoća na pritisak	Na 28 dana $\geq 30$ MPa
3	„Krvarenje“	$\leq 2$ % od zapremine na 3 sata
4	Promena zapremine za 24 sata	$-1\% \leq S \leq 5\%$ ; ( $0 \leq S \leq 5\%$ kod aditiva za ekspanziju) „S“ – promena zapremine



Injektiranje kablova za prethodno naprezanje

## INJEKTING

Aditivi za smese za zalivanje kablova za prethodno naprezanje, proizvodnja Ading Skopje

- Injektioning K
- Injektioning K2

### 2.4.14 Aditivi za beton „vlažan kao zemlja“

#### Admixtures for semi-dry precast concrete

Poseban tip tehnologije betona primenjuje se za proizvodnju prefabrikovanih elemenata u fabričkim uslovima primenom tzv. "vlažnog kao zemlja" ili "polu-suvog" betona. Reč je o betonu sa veoma niskim W/C faktorom, niske konzistencije (Slump=1-2 cm), koji se ugrađuje u fiksnim kalupima mašinskim presovanjem i vibracijama. Primenom ove tehnologije najčešće se proizvode betonske podne ploče (behaton ploče), betonski blokovi, ivičnjaci, betonske cevi itd.

Za proizvodnju ovakvih prefabrikovanih elemenata koriste se specijalizovani aditivi koji obezbeđuju sve osobine kao plastifikatori betona, a dodatno omogućavaju bolje ugrađivanje betona „vlažnog kao zemlja“ pri primeni iste tehnologije (presovanje i vibriranje). Takve performanse se postižu smanjenjem trenja čestica u polu-suvoj betonskoj mešavini. Takođe, u zavisnosti od deklaracije proizvođača i primenjene doze, ovi aditivi mogu doprineti kontrolisanom uvlačenju mikrovazdušnih pora u beton koje povećavaju otpornost na mraz.

ADITIVI  
ZA BETON  
VLAŽAN KAO  
ZEMLJA,  
PROIZVODNJA  
ADING SKOPJE

- Adingpaver





# 3 KLASIFIKACIJA – DIZAJN BETONA

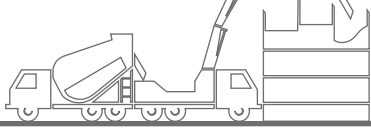
Evropski standard za beton **EN 206 Concrete – Specification, performance, production and conformity** klasifikuje beton u više kategorija, u zavisnosti od njegovih svojstava u svežem ili očvrslom stanju.

## 3.1 Klase izloženosti betona spoljnim agresivnim uticajima

U zavisnosti od namene objekata, kao i njihove lokacije, različite AB konstrukcije mogu biti izložene različitim (uglavnom nepovoljnim) uticajima tokom eksploatacije.

U cilju određivanja gradacije intenziteta destruktivnih uticaja kojima je konstrukcija izložena, a samim tim i izvršila procena rizika od oštećenja nastalih tokom eksploatacije istih, evropski standard za beton EN 206, dopunjen Makedonskim nacionalnim standardom MKS 1016 - definiše sledeće klase izloženosti betonskih konstrukcija atmosferskim, mehaničkim uticajima i hemijskoj agresiji:







KLASE IZLOŽENOSTI BETONSKIH I AB KONSTRUKCIJA	
<b>X0 – NEMA RIZIKA OD KOROZIJE I HEMIJSKE AGRESIJE</b>	
Nearmirani beton koji nije izložen mrazu, solima i hemijskoj agresiji	npr. Betonski elementi unutar zgrada sa niskom vlagom
Armirani beton u veoma suvom i zaštićenom okruženju	
<b>XC1 – XC4 KOROZIJA ARMATURE KAO POSLEDICA KARBONIZACIJE</b>	
XC1 – Suva ili trajno vlažna sredina	Beton trajno potopljen, objekti u okruženju sa niskom vlažnošću
XC2 – Vlažna sredina, retko suva	Konstrukcije temelja
XC3 – Umereno vlažna sredina	Spoljašnje betonske površine, zaštićene od kiše
XC4 – Ciklično vlažna sredina	
<b>XD1 – XD3 KOROZIJA OD HLORIDA BEZ MORSKE VODE</b>	
XD1 – Umereno vlažna sredina	Beton izložen hloridima iz atmosfere
XD2 – Vlažna sredina, retko suva	Bazeni, rezervoari sa hlorisanom vodom
XD3 – Ciklično izložena sredina	Delovi mostovskih konstrukcija, trotoari, parkirališta
<b>XS1 – XS3 KOROZIJA OD HLORIDA IZ MORSKE VODE</b>	
XS1 – Objekti koji nisu u direktnom kontaktu sa morskom vodom	Priobalni objekti
XS2 – Stalno potopljeni objekti	
XS3 – Ciklična izloženost morskoj vodi	Objekti u zoni plime i oseke, prskanja i talasa
<b>XF1 – XF4 IZLOŽENOST CIKLUSIMA ZAMRZAVANJA SA I BEZ SOLI</b>	
XF1 – Umerena zasićenost vodom, bez soli	Vertikalne površine izložene kiši i mrazu
XF2 – Umerena zasićenost vodom, sa solima	Vertikalne površine putne infrastrukture izložene kiši i solima
XF3 – Visoka zasićenost vodom, bez soli	Horizontalne površine izložene kiši i mrazu
XF4 – Visoka zasićenost vodom i solima za odmrzavanje	Kolovozne ploče, ploče na mostovima direktno izložene solima, pristanišni objekti izloženi mrazu
<b>XA1 – XA3 IZLOŽENOST HEMIJSKOJ AGRESIJI</b>	
Beton izložen hemijskoj agresiji iz podzemnih ili morske vode, sa graničnim vrednostima (*) koncentracije kontaminata datim u standardu EN 206. Za veće koncentracije i drugu hemijsku agresivnost potrebno je izraditi dodatnu studiju.	





<b>XM1 – XM3 IZLOŽENOST HABANJU POVRŠINE BETONA (MEHANIČKA ABRAZIJA)</b>	
Zahtevi dati u /makedonskom državnom standardu MKS 1016/ i SRPS EN 206	
XM1 – Umereno opterećenje	Noseće industrijske betonske površine za vozila sa pneumatskim točkovima
XM2 – Teško opterećenje	Noseće industrijske betonske površine za viljuškare sa čvrstim pneumatskim točkovima; Putevi sa visokofrekventnim lakim i srednjim opterećenjem; Konstrukcije u vodi sa brzim tokom.
XM3 – Vrlo teško opterećenje	Noseće industrijske betonske površine za viljuškare sa elastomernim ili čeličnim točkovima. Putevi sa visokofrekventnim teškim i veoma teškim opterećenjima. Konstrukcije u vodi sa brzim tokom i koja nosi pesak

(\*) Granične vrednosti za klase izloženosti betona hemijskim kontaminantima u zemljištu ili podzemnim vodama.

<b>Chemical characteristic</b>	<b>Reference test method</b>	<b>XA1</b>	<b>XA2</b>	<b>XA3</b>
Ground water				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	EN 196-2	≥ 200 and ≤ 600	> 600 and ≤ 3000	> 3 000 and ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 and ≥ 5,5	< 5,5 and ≥ 4,5	< 4,5 and ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> mg/l aggressive	EN 13577	≥ 15 and ≤ 40	> 40 and ≤ 100	> 100 up to saturation
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 and ≤ 30	> 30 and ≤ 60	> 60 and ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 and ≤ 1 000	> 1 000 and ≤ 3 000	> 3 000 up to saturation
Soil				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a</sup> total	EN 196-2 <sup>b</sup>	≥ 2 000 and ≤ 3000 <sup>c</sup>	> 3 000 <sup>c</sup> and ≤ 12 000	> 12 000 and ≤ 24 000
Acidity according to Baumann Gully ml/kg	prEN 16502	> 200	Not encountered in practice	

a) U nižu klasu mogu se svrstati glinovita zemljišta sa propusnošću manjom od 10-5 m/s.

b) Test predviđa ekstrakciju SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> hlorovodoničnom kiselinom. Alternativno, može se koristiti vodena ekstrakcija ukoliko postoji iskustvo korišćenja sa betonom

c) Granicu od 3 000 mg/kg treba smanjiti na 2000 mg/kg, u slučajevima kada ne postoji rizik od akumulacije sulfatnih jona u betonu usled ciklusa vlaženja/sušenja ili kapilarne apsorpcije..

U sklopu istog standarda EN 206, dopunjenog Makedonskim državnim standardom MKS 1016, date su preporuke za sastav betona u zavisnosti od klase izloženosti u koju je kategorisan. Preporuke definišu minimalne uslove za dizajn betona prema njegovoj klasi izloženosti koji uključuju:

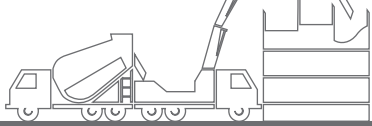
- Minimalna čvrstoća betona
- Minimalna količina cementa
- Maksimalni W/C - faktor
- Tip cementa
- Sadržaj uvučenog vazduha
- Klasa otpornosti betona na habanje /A/, (H)
- Klasa vodonepropusnosti betona)
- Klasa otpornosti betona na zamrzavanje i odmrzavanje (M)
- Klasa otpornosti betona na zamrzavanje/ odmrzavanje uz prisustvo soli /Ms/, (MS)


**PREPORUKE ZA DIZAJN I PERFORMANSE BETONA U ZAVISNOSTI OD KLASSE IZLOŽENOSTI**

Klasa izloženosti betona	Nema opasnosti od korozije	Korozija od hlorida									
		Karbonizacija				Morska voda			Hloridi koji nisu iz morske vode		
		XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Max W/C	-	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
Minimalna klasa čvrstoće	C12/ 15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Minimalna količina cementa (kg/m <sup>3</sup> )	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320
Minimalna klasa vodonepropustljivosti	-	-	V-1	V-1	V-2	-	-	-	V-1	V-2	V-3

**PREPORUKE ZA DIZAJN I PERFORMANSE BETONA U ZAVISNOSTI OD KLASSE IZLOŽENOSTI**

Klasa izloženosti betona	Ciklusi zamrzavanje - odmrzavanje				Hemijski agresivna sredina		
	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Max W/C	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Min. klasa čvrstoće	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Minimalna količina cementa (kg/m <sup>3</sup> )	300	300	320	340	300	320	360
Minimalno uvučeni vazduh (%)	-	4,0	4,0	4,0	-	-	-
Minimalna klasa vodonepropustljivosti (V)	V-1	V-1	V-2	V-2	V-1	V-2	V-3
Min.klasa otpornosti na smrzavanje / soli (MS)		MS-25		MS-25			
Min.klasa otpornosti na smrzavanje / soli /Ms/, (MS)		/Ms/ MS-25		/Ms/ MS-25			
Drugi zahtevi	Agregat u skladu sa EN12620 sa zadovoljavajućom otpornošću na zamrzavanje/odmrzavanje				Sulfatno-otporni cement		



### IZLOŽENOST POVRŠINE BETONA NA HABANJE (MEHANIČKA ABRAZIJA)

Klasa izloženosti betona	XM1	XM2	XM3
Max W/C	0,55	0,50	0,45
Min. klasa čvrstoće	C30/37	C30/37	C35/45
Min. količina cementa (kg/m <sup>3</sup> )	320	340	360
Min. klasa otpornosti na habanje /A/, (H)	/A-1/, H-1	/A-2/, H-2	/A-3/, H-3
Drugi zahtevi	a) za klase izloženosti XM1, XM2, odnosno XM3, otpornost agregata na drobljenje treba da je u skladu sa kategorijama LA35, LA25, u osnovnom sa LA20, utvrđena u skladu sa /MKS/ i SRPS EN 12620, tačka 5.2.; b) kod klase izloženosti XM3, otpornost krupnog agregata na poliranje mora biti u skladu sa kategorijom PSV50, utvrđena u saglasnosti sa /MKS/ i SRPS EN 12620, tačka 5.4.1.		

### VODONEPROPUSTLJIVOST BETONA (V)

Vodonepropustljivost betona se ispituje prema standardu MKS EN 12390-8 pri starosti betona od 28 do 35 dana, na najmanje 3 kontrolna uzorka. U zavisnosti od dobijenih rezultata, beton se kategoriše u 3 klase.

U projektu je potrebno propisati potrebnu klasu vodonepropustljivosti betona u zavisnosti od izloženosti betona prodiranja vode, izloženosti mrazu, solima, karbonizaciji ili hemijskoj agresiji.

**/MKS/SRPS Tabela:** Dozvoljene vrednosti prodora vode ispitivanjem prema /MKS/ i SRPS EN 12390-8 i pri starosti betona od najmanje 28 dana

Klasa vodonepropustljivosti	Najveća dozvoljena srednja vrednost prodora vode na uzorcima (mm)	Najveće dozvoljeno odstupanje na pojedinačnom uzorku (mm)
V-1	50	+15
V-2	30	+10
V3	20	+5

**Otpornost betona na zamrzavanje/odmrzavanje (M)** propisana je za klasu izloženosti betona XF1 i XF3, u kojoj primenjeni beton mora da zadovolji 100 i 200 ciklusa zamrzavanja/odmrzavanja i da je pri tome srednja vrednost čvrstoće na pritisak najmanje 75 %.

**Otpornost površine betona na zamrzavanje/odmrzavanje u prisustvu soli /Ms/, (MS)** je propisana i mora se kontrolisati za klasu izloženosti betona XF2 i XF4, pri čemu primenjeni beton mora da zadovolji najmanje 28 i 56 ciklusa na zamrzavanje/odmrzavanje u prisustvu soli (3% rastvor NaCl). Otpornost površine betona na zamrzavanje/odmrzavanje u prisustvu soli se određuje količinom oljuskanog materijala koja se meri u mg/mm<sup>2</sup>. Dozvoljene su sledeće vrednosti:

**MKS Tabela: Kriterijumi za ocenu otpornosti površine betona na zamrzavanja/odmrzavanja u prisustvu soli Ms: količina oljuskanog materijala u mg/mm<sup>2</sup>**

Rezultati ispitivanja	Dozvoljene granične vrednosti nakon 25 ciklusa	Dozvoljene granične vrednosti nakon 50 ciklusa
Prosečna vrednost	0,20	0,40
Pojedinačna vrednost	0,25	0,50

**SRPS Tabela: Kriterijumi za ocenu otpornosti površine betona na zamrzavanja/odmrzavanja u prisustvu soli MS-1: količina oljuskanog materijala u mg/mm<sup>2</sup>**

Rezultati ispitivanja	Dozvoljene granične vrednosti nakon 28 ciklusa	Dozvoljene granične vrednosti nakon 56 ciklusa
Prosečna vrednost	0,30	0,60
Pojedinačna vrednost	0,40	0,80

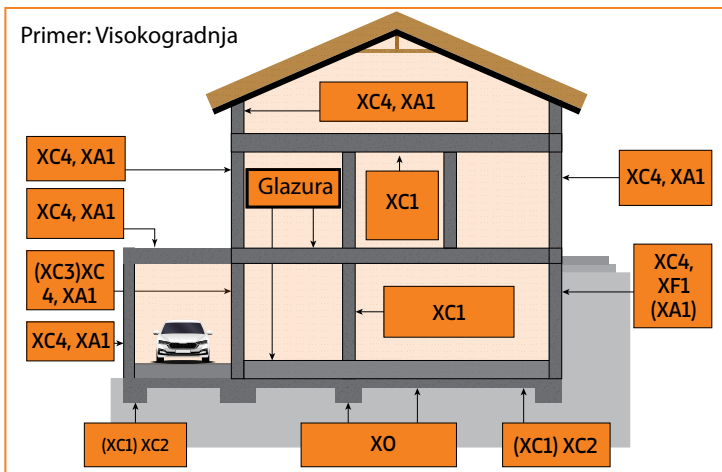
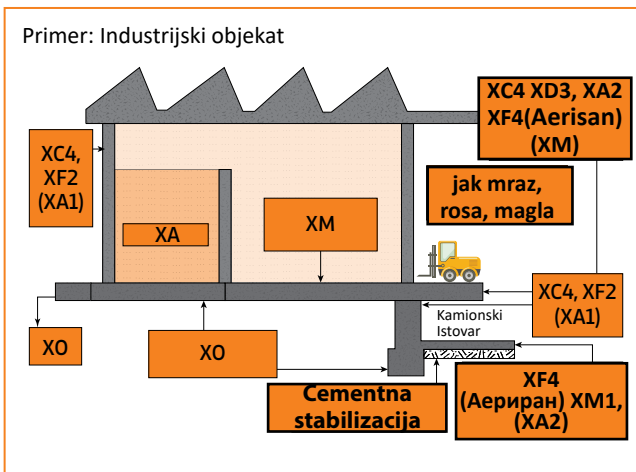
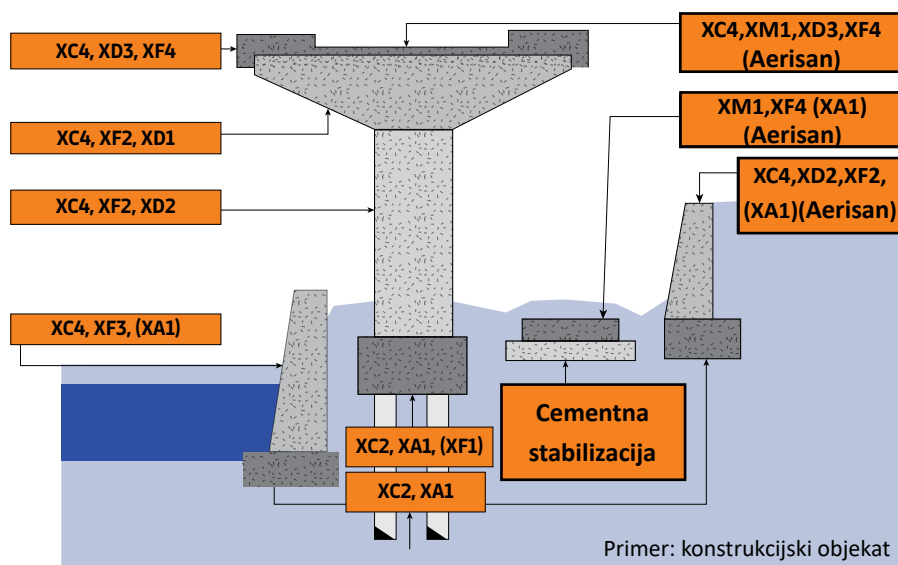
**SRPS Tabela: Kriterijumi za ocenu otpornosti površine betona na zamrzavanja/odmrzavanja u prisustvu soli MS-2: količina oljuskanog materijala u mg/mm<sup>2</sup>**

Rezultati ispitivanja	Dozvoljene granične vrednosti nakon 28 ciklusa	Dozvoljene granične vrednosti nakon 56 ciklusa
Prosečna vrednost	0,20	0,40
Pojedinačna vrednost	0,25	0,50

**Otpornost površine betona na habanje (H)** određuje se količinom obrušenog praha sa betona (gubitak zapremine uzorka nakon izvršenog ispitivanja). Smatra se da je površina betona otporna na habanje ukoliko količina obrušenog praha (cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>) pri ispitivanju nije veća od graničnih vrednosti datih u tabeli.

Klasa izloženosti	Potrebna klasa otpornosti na habanje	Gornja granična vrednost habanja	Dozvoljeno odstupanja
XM	/A/, H		
XM1	/A-1/, H-1	20	+5
XM2	/A-2/, H-2	17	+4
XM3	/A-3/, H-3	14	+3

\* Ilustracija sa primerima objekata iz inženjerske prakse sa različitim stepenom izloženosti:



## 3.2 Klasifikacija svežeg betona prema konzistenciji

U zavisnosti od namene i načina ugradnje, sveži beton može imati različita svojstva koja omogućavaju primenu različitih metoda za ugradnju: pumpanje stacionarnom ili auto-pumpom, vibriranje uz upotrebu pervibratora, oplatnih vibratora, vibro platformi, prskanjem pod pritiskom - mlazni beton (*Shotcrete*), presovanjem, ekstrudiranjem i t.d. Takođe, sveži beton treba da zadrži svojstva koja omogućavaju primenu izabrane metode ugradnje u uslovima dužeg transporta i ekstremnih temperatura primerenih području na kome se izvode radovi i periodu godine. Osnovni parametri koji definišu sveži beton i mogućnost njegovog pravilnog ugrađivanja su homogenost i konzistencija.

Postoji više metoda za određivanje konzistencije svežeg betona koje su definisane evropskim standardom EN 206, a prema kojem se svrstava u nekoliko kategorija. Neke od njih su opisane u nastavku.

### 3.2.1 Slump test

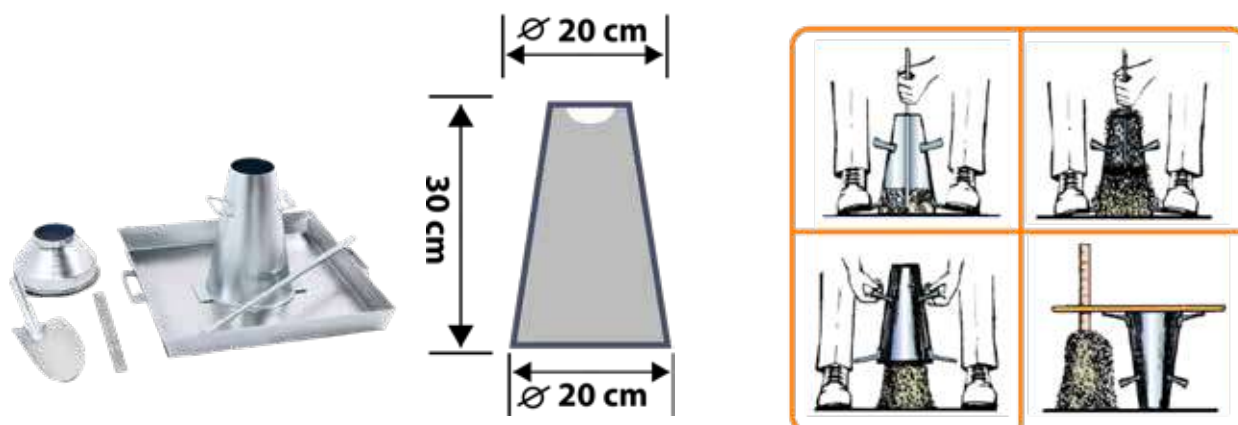
Ovaj test predstavlja najčešće primenjivanu metodu za klasifikovanje svežeg betona prema njegovoj konzistenciji. Sprovodi se primenom relativno jednostavnog instrumenta – „Abramsovog konusa“, prema standardu EN 12350 – 2

#### Slump – klase konzistencije

Class	Slump in mm
S1	10 to 40
S2	50 to 90
S3	100 to 150
S4	160 to 210
S5	≥ 220

#### Postupak ispitivanja svežeg betona - sleganje (*Slump test*) EN 12350-2

Konus se puni u tri sloja, od kojih svaki iznosi približno jednu trećinu visine konusa kada se zbije. Svaki sloj se sabija sa 25 udaraca šipkom za nabijanje. Postupak vertikalnog podizanja konusa se izvodi od 2 do 5 sekundi, uz stalno kretanje nagore, bez bočnog pomeranja. Odmah nakon skidanja konusa meri se razlika između konusa i najviše tačke rasprostranjenog betona. Ova vrednost pokazuje vrednost sleganja svežeg betona.





### 3.2.2 Flow test

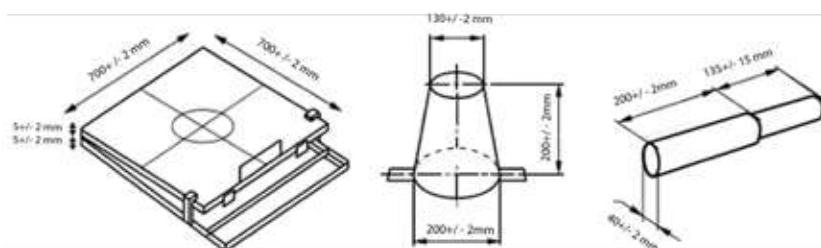
Ovaj test predstavlja alternativnu metodu klasifikacije svežeg betona prema njegovoj sposobnosti razlivanja. Opredeljuje se uz primenu tzv. potresnog stola – *Flow table*, prema EN12350-5 standardu

#### Flow – klase konzistencije / razlivanje

Class	Flow diameter in mm
F1	≤ 340
F2	350 to 410
F3	420 to 480
F4	490 to 550
F5	560 to 620
F6	≥ 630

#### Postupak ispitivanja svežeg betona – ispitivanje rasprostiranja na potresnom stolu (*Flow table test*) EN 12350-5

Konus se postavlja u centar potresnog stola i puni svežim betonom u dva jednaka sloja. Svaki sloj se sabija nabijačem sa 10 lakših udaraca. Pre podizanja konusa, sačeka se 10 do 30 sekundi, a zatim se konus podigne u periodu od 1 do 3 sekunde. Potresni sto se podiže za 40 mm i pusta se da slobodno pada 15 puta. Zatim se meri maksimalni prečnik rasprostiranja betona u dve tačke, d1 i d2, a vrednost rasprostiranja se dobija kao srednja vrednost dva merenja.



### 3.2.3 Vebe test

Ovaj test prema standardu EN 12350-3 predstavlja metodu klasifikacije svežeg betona niske klase konzistencije koji se obično koristi za proizvodnju prefabrikovanih elemenata. Takav beton se ugrađuje u fabričkim uslovima pritiskom i vibriranjem na vibro-platfomi.

#### Vebe - Klase konzistencije

Class	Vebe time in seconds
V0	≥ 31
V1	30 to 21
V2	20 to 11
V3	10 to 6
V4	5 to 3

\* Postoje i druge metode za određivanje konzistencije svežeg betona koje su definisane evropskim standardom EN 206

\* Posebna metodologija za klasifikaciju svežeg betona primenjuje se na ispitivanju i klasifikaciji samolivnog SCC betona (opisano u Poglavlju 5).



### 3.3 Klasifikacija očvrslog betona prema čvrstoći



Konačno, u krajnjoj liniji, najznačajnija karakteristika betona sa konstruktivne tačke gledišta je njegova čvrstoća pri pritisku. Uslov za postizanje projektovane čvrstoće betona u konstrukcijama je pravilan izbor i stalna kontrola kvaliteta komponenti betona, procesa proizvodnje, transporta, ugradnje i nege svežeg betona. Pri tome se mora voditi računa o spoljašnjim uslovima i odabrati odgovarajuća metodologija ugradnje betona sa ciljem kako bi betoniranje teklo kontinuirano, ugrađeni beton bio homogen, bez pojave segregacije ili značajnih pukotina.

Za klasifikaciju betona prema čvrstoći, u skladu sa evropskim standardom EN 206, kao reper se uzima čvrstoća pri pritisku na 28 dana, utvrđena na betonskoj kocki (*f<sub>ck, cube</sub>*) dimenzija 150 mm x 150 mm x 150 mm i čvrstoća pri pritisku na cilindru (*f<sub>ck, cyl</sub>*) prečnika 150 mm i visine 300 mm

#### Klase betona prema čvrstoći pri pritisku (za beton sa normalnom težinom i za težak beton)

Klasa čvrstoće pri pritisku	Minimalna čvrstoća pri pritisku na cilindru <i>f<sub>ck, cyl</sub></i> N/ mm <sup>22</sup>	Minimalna čvrstoća pri pritisku na kocki <i>f<sub>ck, cube</sub></i> N/ mm <sup>2</sup>
<b>C8/10</b>	8	10
<b>C12/15</b>	12	15
<b>C16/20</b>	16	20
<b>C20/25</b>	20	25
<b>C25/30</b>	25	30
<b>C30/37</b>	30	37
<b>C35/45</b>	35	45
<b>C40/50</b>	40	50
<b>C45/55</b>	45	55
<b>C50/60</b>	50	60
<b>C55/67</b>	55	67
<b>C60/75</b>	60	75
<b>C70/85</b>	70	85
<b>C80/95</b>	80	95
<b>C90/105</b>	90	105
<b>C100/115</b>	100	115
<b>/C 32/40/</b>	<b>/32/</b>	<b>/40/</b>

\* Klasa betona C 32/40 je dopuna standarda EN 206 i koristi se kao projektantska čvrstoća betona na pritisak na državnom nivou u saglasnosti sa /MKS 1016/

\* Postoje i druge metode za klasifikaciju čvrstoće betona koje su definisane evropskim standardom EN 206 i odnose se na lake betone (sa zapreminskom masom manjom od 2000 kg/m<sup>3</sup>).

# 4

## VRSTE BETONA PREMA PRIMENJENOJ TEHNOLOGIJI UGRADNJE I TRAŽENIM PERFORMANSAMA

### 4.1 Beton namenjen za produženi transport i ugradnju pumpom

Savremeni način rada u izgradnji AB objekata često zahteva transport svežeg betona u dužem vremenskom periodu (dužem od 90 minuta) u svim vremenskim uslovima. Pored toga, isporučeni beton mora biti visoke klase konzistencije (S4, S5) pogodan za ugradnju pumpom, bez pojave segregacije betona. Takođe, karakter konstrukcija i dinamika izgradnje sve više zahtevaju upotrebu betona sa visokim čvrstoćama (C30/37, C35/45 i više) i visokim ranim čvrstoćama (postizanje preko 70% potrebne čvrstoće betona nakon 1 do 3 dana).

Ovakvi zahtevi su uobičajeni u izgradnji objekata saobraćajne infrastrukture (npr. „prethodno napregnute konstrukcije kod mostova, sekundarne podkonstrukcije u tunelima i sl.), kao i u izgradnji visokih objekata u urbanim sredinama (npr. dinamika zahteva betoniranje novog sprata svaka 2-3 dana).



U cilju postizanja svih navedenih performansi betona – transport, pumpanje na velikoj visini, rad pri visokim ambijentalnim temperaturama, beton sa visokim početnim i krajnjim čvrstoćama, neophodno je da celokupna receptura betona odgovara traženim performansama. Pod tim se podrazumeva pravilan izbor materijala za proizvodnju betona, tip i količina cementa, W/C faktor, projektovanje granulometrijskog sastava i izbor aditiva za beton. Sveži beton tokom ugradnje mora da bude homogen i da ima odgovarajuću konzistenciju koja će omogućiti da se pumpa i ugradi.

U proizvodnji transportog, pumpanog betona sa visokim karakteristikama može se koristiti više tipova aditiva.



**PLASTIFIKATORI** – Njihovom primenom postiže se povećanje konzistencije svežeg betona bez dodavanja vode, a samim tim i bez promene W/C faktora i čvrstoće betona. Plastifikatori obično omogućavaju da se beton transportuje i pumpa do 60 minuta, u zavisnosti od ambijentalne temperature. Ekonomični su i idealni za proizvodnju pumpanog betona klase C25/30 (MB30) i konzistencije S3 i S4.

**PLASTIFIKATORI / USPORIVAČI VEZIVANJA** – U slučaju da transport/ugradnja betona traje više od 60 minuta, ili se radovi izvode u letnjem periodu, na povišenim ambijentalnim temperaturama, preporučuje se zamena aditiva plastifikatora sa plastifikatorima/usporevačima vezivanja koji imaju kombinovano dejstvo i omogućavaju odlaganje početka vezivanja betona. Ovi aditivi su takođe ekonomični i veoma su pogodni za betoniranje masivnih betonskih temeljnih ploča ili drugih masivnih konstrukcija gde mogu nastati problemi usled egzotermnih procesa tokom hidratacije cementa.

**Kompanija Ading u svom proizvodnom programu nudi više aditiva iz grupe PLASTIFIKATORA i PLASTIFIKATORA / USPORIVAČA VEZIVANJA**

#### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON - FLUIDING

- Plastifikator za beton, odgovara: EN 934-2:T2;
- Omogućava redukciju vode do 15 %;
- Poboljšava obradljivost betona bez dopunskog dodavanja vode;
- Olakšava ugrađivanje betona;
- Povećava kompaktnost i vodonepropustljivost betona;
- Poboljšava fizičko-mehaničke karakteristike betona (povećane početne i krajnje čvrstoće).

#### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – FLUIDING M; FLUIDING M1M

- Plastifikator za beton i malter / usporivač vezivanja;
- Odgovara: EN 934-2:T10;
- Omogućava redukciju vode do 15 %;
- Omogućava produženi transport i ugradnju betona;
- Poboljšava obradljivost betona bez dopunskog dodavanja vode;
- Olakšava ugrađivanje i negu betona u uslovima visokih ambijentalnih temperatura
- Povećava kompaktnost i vodonepropustljivost betona;
- Poboljšava fizičko-mehaničke karakteristike betona (povećane početne i krajnje čvrstoće).



Betoniranje masivne temeljne ploče – FLUIDING M



**SUPERPLASTIFIKATORI** – U zavisnosti od tipa i doziranja, superplastifikatori omogućavaju visoku redukciju vode u betonu, zbog čega se njihovom primenom postiže istovremeno povećanje konzistencije svežeg betona, smanjenje W/C-faktora i povećana čvrstoća na pritisak. Superplastifikatori obično omogućavaju da se beton transportuje i pumpa 60-90 minuta, u zavisnosti od ambijentalne temperature. Koriste se za proizvodnju pumpanog betona klase C25/30 i svih viših klasa sa konzistencijom S3, S4 i S5.

**SUPERPLASTIFIKATORI / USPORIVAČI VEZIVANJA** – Slično kao i kod plastifikatora, u slučaju dužeg transporta/ugrađivanja betona (preko 60 minuta), ili kada se radi u letnjem periodu, preporučuje se zamena aditiva superplastifikatora za superplastifikatore/usporivače vezivanja koji imaju kombinovano dejstvo i omogućavaju istovremeno visoku redukciju vode, visoku konzistenciju i ugradljivost betona i odlaganje početka vezivanja betona. Kod savremenih tipova aditiva iz ove grupe moguće je postići i visoke čvrstoće za 18 i 24 sati, što ove aditive čini idealnim za izvođenje prethodno napregnutih konstrukcija, mostovskih konstrukcija i t.d.

**USPORIVAČI VEZIVANJA** – Aditivi koji u zavisnosti od primenjene dozaže mogu izazvati kontrolisano odlaganje početka vezivanja betona (do 12 i više sati). Osim kod dugih transporta i sporog ugrađivanja betona, ovi aditivi se koriste i prilikom betoniranja masivnih betonskih konstrukcija, posebno u letnjem periodu godine.

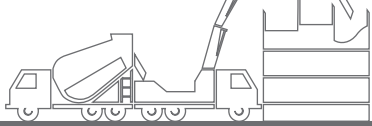
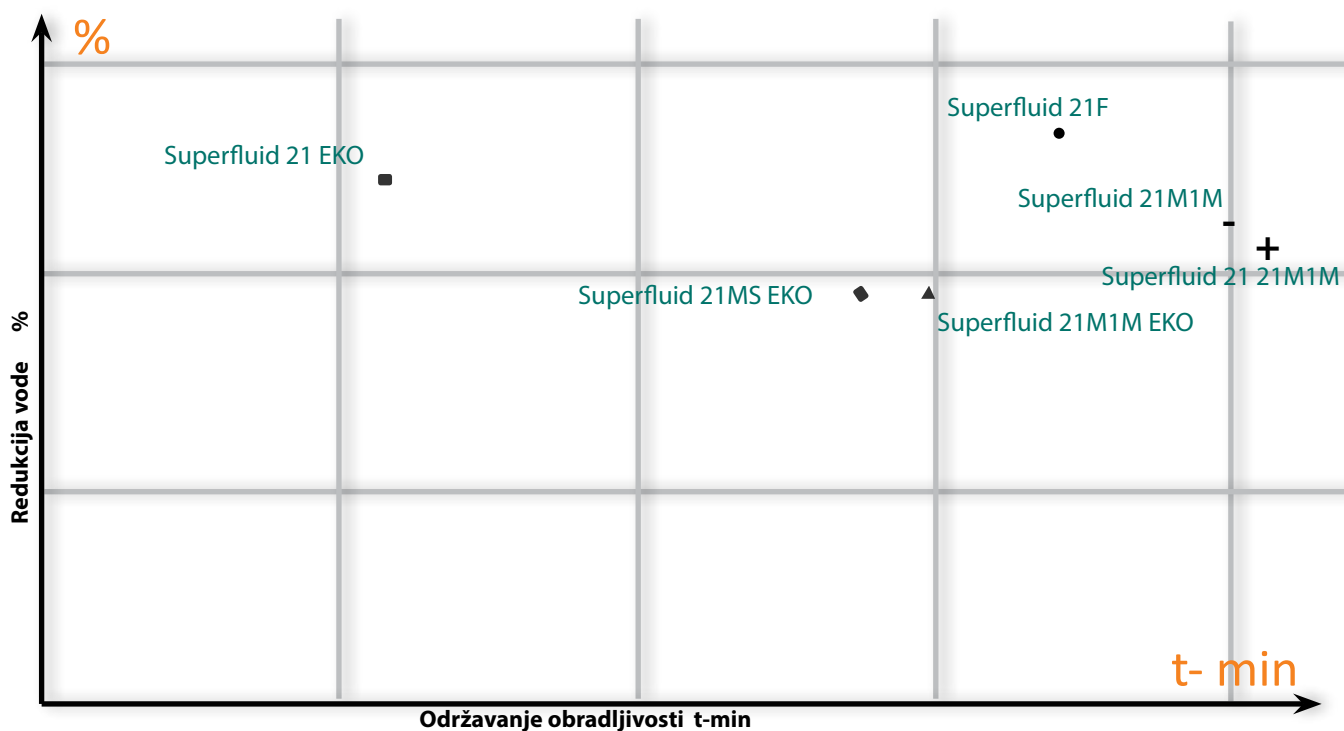
**Proizvodi kompanije Ading – Aditivi iz grupe SUPERPLASTIFIKATORI / USPORIVAČI VEZIVANJA namenjenih za proizvodnju transportnog i pumpanog betona**

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – SUPERFLUID M1; SUPERFLUID M1M**

- Superplastifikatori / Usporivači vezivanja betona, odgovara EN 934-2:T11.1 i T11.2;
- Omogućavaju redukciju vode do 20 %;
- Omogućavaju duži transport i ugradnju betona;
- Poboljšavaju obradljivost betona bez dopunskog dodavanja vode;
- Olakšavaju ugrađivanje i negu betona u uslovima visokih ambijentalnih temperatura;
- Povećavaju kompaktnost i vodonepropustljivost betona;
- Poboljšavaju fizičko-mehaničke karakteristike betona (povećane početne i krajnje čvrstoće).
- Omogućavaju revibriranje slojeva betona kod masivnih betonskih preseka;
- Odlazu vezivanje betona i razvoj toplote hidratacije kod masivnih betonskih preseka.

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – SUPERFLUID 21M1M; SUPERFLUID 21M EKO; SUPERFLUID 21M1M EKO; SUPERFLUID 21MS EKO**

- Superplastifikatori / Usporivači vezivanja betona;
- Proizvedeni na polikarboksilatnoj osnovi, odgovara EN 934-2:T11.1 i T11.2;
- Omogućavaju redukciju vode više od 15 %;
- Povećane krajnje čvrstoće;
- Omogućavaju olakšano pumpanje i ugrađivanje betona;
- Povećavaju kompaktnost i vodonepropustljivost betona;
- Povećana otpornost na dejstvo mraza i soli;
- Povećana trajnost betona;
- Povećana otpornost betona na karbonizaciju;
- Povećana otpornost na atmosferske uticaje;
- Pogodni za izradu betona visoke razlivenosti i SCC betona;
- Pogodni za izradu mlaznih-prskanih betona – *Shotcrete*.

**Redukcija vode – održavanje obradljivosti  
(polikarboksilati doz. 0,9 %)****PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – USPORIVAČ D2**

- Aditiv za usporavanje vezivanja betona, odgovara EN 934-2:T8;
- Omogućava kontrolisano produžavanje vremena vezivanja betonskih mešavina;
- Poboljšava obradljivost betona bez dopunskog dodavanja vode;
- Omogućava redukciju vode do 10 %, u zavisnosti od doziranja, kao i odgovarajuća povećanja krajnjih čvrstoća betona;
- Omogućava revibriranje i homogenizaciju slojeva betona kod masivnih betonskih preseka;
- Smanjuje mogućnost pojave pukotina usled naglog vezivanja betona;
- Omogućava kontrolisanu hidrataciju cementa čime se izbegava naglo oslobađanje visokih temperatura tokom vezivanja betona u masivnim betonskim presecima.



## 4.2 Beton sa visokim ranim i krajnjim čvrstoćama

Čvrstoća očvrslog betona zavisi od više faktora:

- Kvalitet i količina cementa;
- Svojstva agregata;
- Granulometrijski sastav;
- W/C – faktor;
- Pravilna ugradnja betona;
- Nega betona, a posebno temperatura i vlažnost u prvim danima nakon ugradnje.

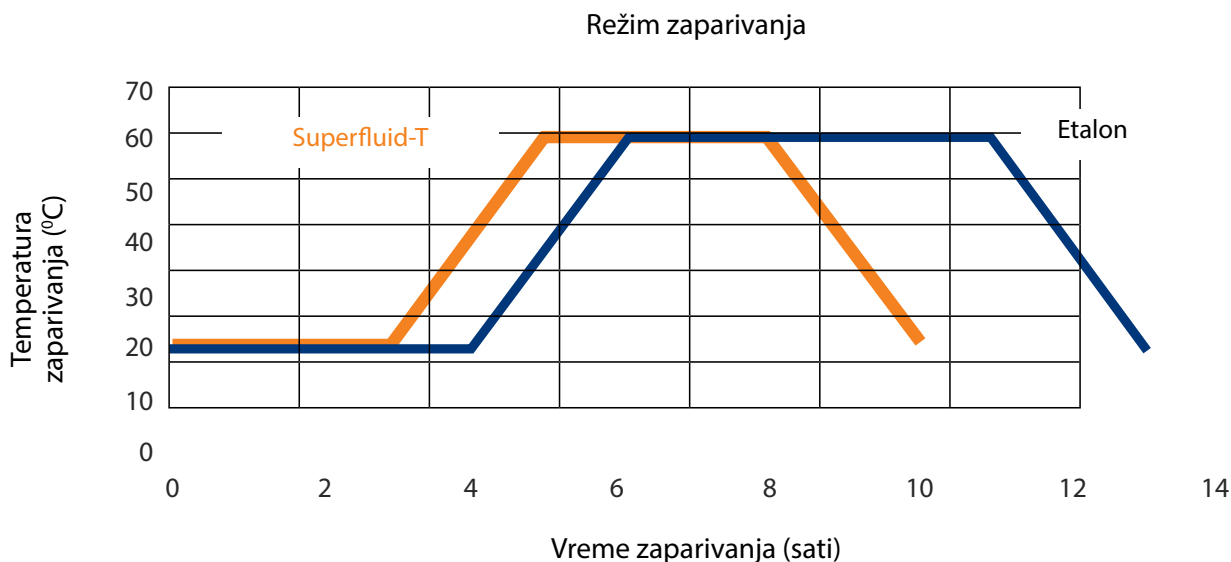
Istovremeno, sa smanjenjem W/C-faktora, proporcionalno se smanjuje i obradljivost betona. Iz tih razloga, za proizvodnju betona sa visokim čvrstoćama, neophodna je upotreba aditiva iz grupe plastifikatora i superplastifikatora. Pored toga, primenom mineralnih dodataka kao što je mikrosilika, mogu se povećati čvrstoće i obradljivost betona.

U mnogim projektima, sa ciljem postizanja predviđene dinamike izvođenja ili proizvodnje, od suštinskog značaja je razvoj **ranih čvrstoća** betona (za 12-24-48 sati). Često su zahtevi projekta takvi da je u predviđenom periodu od 1-3 dana nakon betoniranja potrebno dostići čvrstoću pri pritisku koja je preko 70% od marke betona. Na ovaj način postiže se:

- Efikasnost izvođenja (npr. postavljanje novog sprata na objektima visokogradnje na svaka 2-3 dana);
- Brže oslobađanje kalupa u serijskoj proizvodnji (npr. proizvodnja tipskih AB nosača mosta ili za industrijske objekte);
- Brže prethodno naprezanje nosača;
- Efikasnija proizvodnja prefabrikovanih elemenata u fabrikama;
- Izgradnja objekata posebne namene (npr. potporne konstrukcije koje treba da stabilizuju neke zemljane kosine ili iskop i time izbeći opasnost od obrušavanja);
- Betoniranje u zimskim uslovima na temperaturama nižim od +5°C;

Za proizvodnju betona koji će imati brz razvoj čvrstoće u prva 24 sata nakon pripreme, važni faktori su:

- Tip cementa (obično se bolji rezultati postižu primenom cementa CEM I – koji nema dodatke, više klase i koji je označen oznakom „R” (*Rapid*), što ukazuje da se odlikuje brzim prirastom čvrstoća);
- Količina cementa u betonskoj mešavini je takođe značajna za razvoj ranih čvrstoća;
- W/C-faktor;
- Primena aditiva iz grupe SUPERPLASTIFIKATORA i UBRZIVAČA OČVRŠĆAVANJA;
- Temperatura i vlažnost na koju je izložen beton posle ugradnje (u mnogim slučajevima, da bi se postigao brži rast čvrstoće, betonski elementi se izlažu režimu "zaparivanja" – izolovani, u uslovima visoke temperature (do +60°C) i vlažnosti (100%) u vremenskom trajanju od nekoliko sati. Primenom aditiva za beton iz grupe Superplastifikatori / Ubrzivači očvršćavanja, može se značajno smanjiti potrebno vreme za očvršćavanje, čime se postižu dodatne uštede. U nastavku je za ilustraciju dat primer potrebnog vremena zaparivanja sa i bez primene aditiva za ubrzanje očvršćavanja (Superfluid-T).





## Proizvodi kompanije Ading – Aditivi iz grupe SUPERPLASTIFIKATORI / UBRZIVAČI OČVRŠĆAVANJA namenjenih za proizvodnju betona sa brzim razvojem ranih čvrstoća

### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – SUPERFLUID T; SUPERFLUID 21F

- Aditiv, superplastifikator-ubrzivač očvršćavanja, odgovara EN 934-2:T7;
- Omogućava redukciju vode do 25 %;
- Ubrzava proces hidratacije cementa i razvoj ranih čvrstoća betona (8-12 sati);
- Omogućava skraćanje vremena zaparivanja betona (do 50 %), kao i i adekvatnu uštedu energije;
- Omogućava olakšano ugrađivanje betona;
- Povećava vodonepropustljivost betona;
- Poboljšava fizičko-mehaničke karakteristike;
- Povećana otpornost na dejstvo mraza i soli;
- Povećana trajnost betona;
- Povećana otpornost betona na karbonizaciju;
- Povećana otpornost na atmosferske uticaje.



### 4.3 Betoniranje zimi

U slučajevima kada je temperatura ambijenta niža od +5°C, potrebno je primeniti posebne metode za zimsko betoniranje. Razlog za ovu potrebu je činjenica da se hidratacija cementa usporava na niskim temperaturama, što dovodi do sporijeg vezivanja betona i sporijeg razvoja čvrstoća. Osim toga, oslobođena voda u betonskoj mešavini, ukoliko se ohladi do ispod 0°C će se zamrznuti, pri čemu će se proces hidratacije u potpunosti zaustaviti, a nastali kristali leda će narušiti strukturu betona.

Iz tih razloga, pri betoniranju u zimskim uslovima, osnovni preduslov je da se temperatura svežeg betona ne spusti ispod +5°C. Mere koje se preduzimaju u tu svrhu uključuju:

- Zagrevanje jedne ili više komponenti betona (voda, agregat i cement), kako bi temperatura sveže betonske mešavine pri ugradnji bila najmanje +5°C (za tanke i veoma izložene preseke +10°C);
- Postavljanje površinske termoizolacije na oplati za beton;
- Korišćenje aditiva-ubrzivača vezivanja namenjenih za BETONIRANJE ZIMI.

Uloga aditiva za betoniranje zimi:

- Regulišu (ubrzavaju) hidrataciju cementa na niskim temperaturama, pri čemu se brže oslobađa toplota hidratacije koja dodatno zagreva beton;
- Omogućavaju razvoj ranih čvrstoća;
- Sprečavaju mržnjenje vode u betonskoj mešavini;
- Aditivi za betoniranje zimi mogu se kombinovati sa plastifikatorima i ubrzivačima vezivanja, pri čemu se omogućava dodatna redukcija vode u betonu i postizanje viših čvrstoća.

Potreba za korišćenjem aditiva za betoniranje zimi i preporučene dozaže zavisi od ambijetalne temperature i vrste betonskih elemenata koji se betoniraju, kao i njihove izloženosti atmosferskim uticajima:

- Kod masivnih betonskih preseka ili prilikom betoniranja podzemnih konstrukcija (npr. temelji, HT objekti, potporne konstrukcije) potreba za korišćenjem ovih aditiva je minimalna;
- Pri betoniranju tankih preseka sa velikim površinama koji su izloženi vetru (npr. međuspratne konstrukcije ili stubovi kod zgrada) potreba za primenom mera i aditiva za betoniranje zimi je najveća.

## Proizvodi kompanije Ading – UBRZIVAČI VEZIVANJA namenjeni za betoniranje zimi

### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – HIDROZIM T

- Aditiv za betoniranje na niskim temperaturama;
- Odgovara EN 934-2 T6;
- Omogućava pravilno odvijanje procesa hidratacije cementa pri niskim temperaturama;
- Omogućava dobijanje ranih čvrstoća betona;
- Redukuje vreme vezivanja betona.

### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – HIDROZIM FLUID

- Aditiv za betoniranje na niskim temperaturama sa plastificirajućim dejstvom – plastifikatori/ubrzivači vezivanja, odgovara EN 934-2 T12;
- Omogućava pravilno odvijanje procesa hidratacije cementa pri niskim temperaturama;
- Omogućava dobijanje ranih čvrstoća betona;
- Omogućava redukciju vode u svežem betonu do 20 %;
- Redukuje vreme vezivanja betona.



## 4.4 Beton visoke trajnosti

**Trajnost betonske konstrukcije** predstavlja njenu sposobnost da se suprostavi atmosferskim uticajima, hemijskoj agresiji, fizičko-mehaničkim uticajima i drugim uzrocima degradacije u toku eksploatacije, pri čemu konstrukcija zadržava svoj izvorni oblik i performanse, dok objekat zadržava svoju funkcionalnost.

Klasa izloženosti betona je značajan faktor koji utiče na trajnost konstrukcije i jedan je od osnovnih uslova koji se uzimaju u obzir pri dizajniranju betona (pored zahtevanih karakteristika čvrstoće i konzistencije). Kao što je objašnjeno u prethodnim poglavljima, evropske norme za beton EN206 precizno definišu uzroke oštećenja i klase izloženosti betona. Pored toga, standard propisuje norme i za performanse koje beton mora da zadovolji u zavisnosti od klase izloženosti (tip i minimalna količina cementa, maksimalni W/C-faktor, čvrstoća na pritisak, količina uvučenog vazduha, vrsta agregata, otpornost na prodor vode, otpornost na mraz, soli i habanje).

Da bi se postigli navedeni kriterijumi, beton mora biti pravilno ugrađen, homogen i pravilno negovan. Na ovaj način se izbegava pojava segregacija i pukotina kroz koje dolazi do prodora vode, agresivnih materija i oštećenja betona.

Za sve klase izloženosti betonu preporučuje se upotreba aditiva iz grupe plastifikatora. Kod viših klasa izloženosti potrebno je ugraditi beton visoke čvrstoće i neophodno je koristiti superplastifikatore. Pored toga, više vrsta aditiva doprinosi i postizanju specifičnih performansi betona.

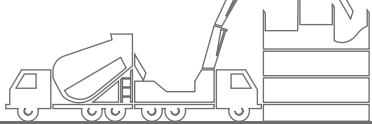
### 4.4.1 Vodonepropusni beton

Glavni medijum kroz koji štetne hemijske supstance mogu da prođu u beton je voda. Voda često sadrži rastvorene hloride (npr. morska voda, podzemne vode ili voda sa puteva tretiranih solima za odmrzavanje). Hloridi su izuzetno nepovoljni za beton i za armaturu koju korodiraju. Pored hlorida, kroz vodu u beton mogu ući i sulfati, organske materije, ugljena kiselina (prilikom karbonizacije) i t.d. Pored toga, sama voda koja prođe u beton ukoliko se zamrzne može fizički da naruši i poremeti njegovu strukturu. Čista izvorska voda („meka voda“) može hemijski rastvoriti kalcijum iz krečnjaka (agregata) i degradirati beton.

Sam po sebi, beton je hidrofilan materijal, odnosno ne može biti 100% otporan na prodiranje vode. Postoje dva osnovna mehanizma preko kojih voda može da prođe u strukturu betona:

- Prodor vode kao posledica hidrostatičkog pritiska;
- Prodor vode kao posledica kapilarne apsorpcije.





**Prodor vode pod pritiskom.** Otpornost betona na prodor vode pod pritiskom (VDP betona), zavisi od čvrstoće betona i njegovih performansi. Evropski standard EN 12390-8 *Dubina prodiranja vode pod pritiskom* definiše metodu ispitivanja nepropusnosti betona na prodiranje vode pod pritiskom. Standard predviđa izlaganje betona konstantnom pritisku vode od 5,0 bara, u trajanju od 72 sata.

Prema standardu MKS 1016, u zavisnosti od stepena izloženosti betonske konstrukcije, dozvoljeni prodor vode može biti V-1, V-2 ili V-3 (objašnjeno u poglavlju 3)..



Ispitivanje otpornosti betona na prodor vode pod pritiskom

Sa ciljem utvrđivanja kako različite performanse betona i aditivi utiču na otpornost betona na prodor vode pod pritiskom, u prilogu su prikazani rezultati sa četiri uporedna ispitivanja na betonima različitih vrsta, pripremljenih korišćenjem različitih kombinacija aditiva za beton iz proizvodnog programa Ading AD Skopje. Svi ispitivani uzorci betona su proizvedeni korišćenjem istog tipa cementa CEM II / A-V 42,5 R. Agregat je drobljeni, krečnjačkog porekla i maksimalne granulacije 32 mm. Konzistencija betona je visoke klase S3 i S4 (pumpani beton).

Proba br.	Količina cementa [kg/m <sup>3</sup> ]	Plastifikator/ Superplastifikator	Aditiv za vodonepropusnost	Konzist. Slump	Težina betona [kg/m <sup>3</sup> ]	Čvrstoća betona [MPa]	Max prodor vode [ mm
1	360	Fluiding M	/	S3	2364	43,6	35
2	360	Fluiding M	Hidrofob T	S3	2353	46,8	21
3	390	Superfluid 21M EKO	/	S4	2413	58,2	19
4	390	Superfluid 21M EKO	Hidrofob 21	S4	2413	57,3	11

**Zaključak:** Rezultati ispitivanja pokazuju da na otpornost betona na prodiranje vode pod pritiskom utiču klasa betona, kvalitet ugradnje, zbijenost i homogenost betona. Svi navedeni faktori doprinose da se struktura betona zatvori, da se smanji procenat mikropukotina kroz koje voda može da prodre u beton. Efekat se postiže upotrebom aditiva iz grupa plastifikatora i superplastifikatora, koji omogućavaju smanjenje vode u betonu, veću čvrstoću i kvalitetniju ugradnju betona. Pored toga, korišćenjem specijalizovanih aditiva za vodonepropustljivost betona postiže se zatvaranje pora i viši stepen vodonepropustljivosti betona.

**Kapilarna apsorpcija vode u betonu.** Drugi način na koji voda može da prodre u beton je kapilarno upijanje - prenos vode kroz sistem kapilarnih pukotina prisutnih u betonu. Da bi došlo do kapilarne apsorpcije, dovoljno je da beton bude u kontaktu sa vodom ili vlagom, odnosno ne mora da dejstvuje aktivni hidrostatički pritisak. Često se kapilarna vlaga „penje“ i prodire u delove konstrukcije koji nisu u direktnom kontaktu sa vodom.



Efekat kapilarne apsorpcije  
vode u betonu



Vodo-repelentna  
betonska površina

Slično kao i kod otpornosti na prodor vode pod pritiskom, umanjeње mogućnosti pojave kapilarne apsorpcije vode u betonu postiže se proizvodnjom betona visokih čvrstoća i zatvorenih struktura. Dodatno, primenom specijalizovanih aditiva za vodonepropustljivost betona (Hidrofob Kristal) postiže se formiranje vodom nerastvorljivih kristala u porama betona koji dodatno zatvaraju njegovu strukturu.

Najefikasniji način za sprečavanje kapilarne apsorpcije vode u betonu je upotreba aditiva na bazi silan-siloksana (Hidrofob 21), koji utiče na površinski napon betonskih elemenata, delujući na način da betonska površina odbija molekule vode i sprečava je da prodre u kapilare u betonu. Na taj način površina betona postaje visoko hidrofobna, odnosno **vodo-repelentna**.

Kapilarna apsorpcija kod betona se utvrđuje saglasno standardu EN 480-5 *Determination of capillary absorption*.



Ispitivanje otpornosti maltera na kapilarnu apsorpciju

Primenom aditiva za vodonepropustljivost betona (Hidrofob T, Hidrofob Fluid 21, Hidrofob Fluid, Hidrofob Kristal) postiže se smanjenje kapilarne apsorpcije u betonu za 50 % do 70 % u odnosu na etalon.

Sličan efekat formiranja voodbojnih betonskih površina u već postojećim objektima (najčešće prilikom sanacija) postiže se i korišćenjem materijala za hidrofobnu impregnaciju – FASIL V, koji je definisan evropskim standardom za površinsku zaštitu betona EN1504-2.

### **PROIZVOD: HIDROFOB T**

- Aditiv za vodonepropustljivost betona i maltera, odgovara EN 934-2:T9;
- Omogućava zatvaranje mikropora u betonu, čime se sprečava kapilarna apsorpcija vode i štetnih supstanci u strukturu betona;
- Povećava otpornost na prodor vode pod pritiskom;
- Smanjuje kapilarnu apsorpciju vode u betonu;
- Sprečava prodor i migraciju hlorida kroz beton;
- Povećava trajnost betona u uslovima izloženosti mrazu, solima i visoke koncentraciji CO<sub>2</sub>.

### **PROIZVOD: HIDROFOB FLUID**

- Aditiv za vodonepropustljivost betona sa plastificirajućim dejstvom – plastifikatori / aditivi za vodonepropustljivost, odgovara EN 934-2:T9;
- Povećava otpornost na prodor vode pod pritiskom;
- Smanjuje kapilarnu apsorpciju vode u betonu;
- Omogućava redukciju vode u betonu do 15 %;
- Omogućava povećanje čvrstoća betona;
- Olakšava ugradnju betona;
- Sprečava prodor i migraciju hlorida kroz beton;
- Povećava trajnost betona u uslovima izloženosti mrazu, solima i visoke koncentraciji CO<sub>2</sub>.

### **PROIZVOD: HIDROFOB 21**

- Aditiv za beton, namenjen za sprečavanje kapilarne apsorpcije i formiranje vodoodbojnih površina, odgovara EN 934-2:T9;
- Omogućava promenu površinskog napona čime sprečava apsorpciju vode i agresivnih supstanci u strukturu betona;
- Povećava otpornost na prodor vode pod pritiskom;
- Smanjuje kapilarnu apsorpciju vode u betonu;
- Sprečava prodor i migraciju hlorida kroz beton;
- Povećava trajnost betona u uslovima izloženosti mrazu, solima i visoke koncentraciji CO<sub>2</sub>.

### **PROIZVOD: FASIL V**

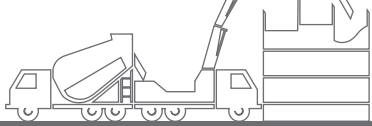
- Materijal za hidrofobnu impregnaciju betonskih površina na bazi silanske emulzije bez rastvarača, odgovara EN 1504-2 / 1.1(H); 2.1 (H); 8.1 (H);
- Vodoodbojan (formira vodo-repelentne površine);
- Paropropustan;
- Ne menja površinski izgled;
- Povećava otpornost betona na mraz i soli;



### PROIZVOD: HIDROFOB KRISTAL

- Aditiv za beton i malter dvostrukog dejstva; za proizvodnju betona sa hidrofobnim svojstvima; u kontaktu sa vodom i povećanom vlažnošću stvara kristale u pukotinama i porama betona kako bi sprečio dalje prodiranje vode i njenu ekstruziju. Inhibitor korozije armature, odgovara EN 934-2:T9
- Povećava otpornost betona i maltera na prodor vode pod pritiskom;
- Smanjuje kapilarnu apsorpciju vode u betonskim presecima formiranjem kristala i zatvaranjem kapilara i mikropukotina;
- Sprečavanjem prodiranja vode kroz beton smanjuje karbonizaciju i povećava trajnost betona u uslovima izloženosti mrazu, solima i visokoj koncentraciji CO<sub>2</sub>;
- Inhibitor korozije i dodatna zaštita armature;
- Povećanje krajnjih čvrstoća betona za najmanje 5%;
- Omogućava zatvaranje pukotina u betonskoj konstrukciji širine do 0,5 mm.





#### 4.4.2 Beton otporan na mraz

Otpornost betona na mraz je sposobnost čvrstog betona da bude izložen stalnim izlaganjima ciklusa zamrzavanja/odmrzavanja bez značajnog smanjenja čvrstoća. U zavisnosti od stepena izloženosti betona zamrzavanju, standard MKS 1016 predviđa minimalnu klasu otpornosti na mraz M-100 (opisano u poglavlju 3). Osnovni preduslovi za postizanje visoke otpornosti na mraz betona su nizak W/C-faktor i pravilna ugradnja i nega svežeg betona, čime se postiže zatvorena, homogena struktura betona. Takve performanse se postižu upotrebom aditiva - superplastifikatora. Osim toga, otpornost na mraz se značajno povećava uvođenjem mikropora u strukturu betona, dimenzija 150-200 $\mu$ , koje nisu međusobno povezane. Mikropore se stvaraju u betonu korišćenjem specijalnih aditiva - aeranata. Evropski standard za beton EN 206 propisuje minimalnu količinu uvučenog vazduha (4%) u betonima sa visokom klasom ciklusa zamrzavanja/odmrzavanja

#### PROIZVOD: POROČINITELJ

- Aerant, aditiv za beton i malter, odgovara EN 934-2:T5;
- Omogućava uvlačenje mikropora u betonske i malterske mešavine;
- Omogućava ravnomerni raspored izolovanih (nevezanih) mikropora u betonu;
- Dimenzije pora iznose 150-200 $\mu$ ;
- Povećava otpornost betona i maltera na mraz i soli za odmrzavanje;
- Poboljšava obradljivost betona i maltera;
- Doprinosi izbegavanju segregacije i izdvajanja vode na betonu.

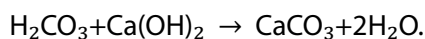




### 4.4.3 Beton otporan na karbonizaciju

Karbonacija je promena alkalnosti betona kao posledica hemijske reakcije između betona i ugljen-dioksida iz atmosfere. Konkretno, ugljen-dioksid prisutan u atmosferi se rastvara u vodi i formira rastvor ugljene kiseline  $H_2O+CO_2 \rightarrow H_2CO_3$ .

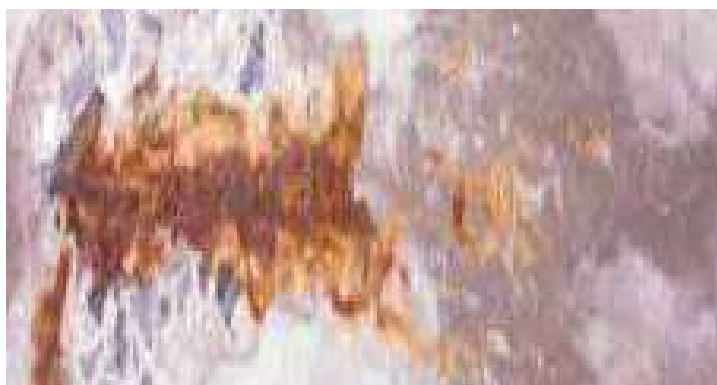
Nastala ugljena kiselina reaguje sa alkalnim kalcijum-hidroksidom prisutnim u betonskoj matrici i formira nerastvorljivi kalcijum-karbonat, a ovaj proces dovodi do pada pH vrednosti sa 12,5 na oko 8,5.



Prava opasnost od karbonizacije za armirano-betonske konstrukcije proizilazi upravo iz smanjenja pH vrednosti betona. Naime, u okruženju gde je pH vrednost niža od 11, čelik je podložan koroziji. Kada karbonizacija dođe do armature, i shodno tome pH vrednost betona se spusti ispod 11, zaštitni sloj oko armature više ne obavlja svoju ulogu. Pored toga, nastala korozija na čeliku ekspandira izazivajući naprezanja u betonu i rezultuje pojavom pukotina i povećanog prodora vode, što opet, uzrokuje dalju još veću degradaciju.

Drugi negativni efekat karbonizacije je taj što se smanjenjem alkalnosti betona povećava izloženost armature koroziji od hlorida.

Najveća izloženost karbonizaciji je kod objekata izloženih visokim koncentracijama  $CO_2$ , posebno u urbanim sredinama i u putnoj infrastrukturi (tuneli, mostovi).



Ekspanzija rđe kao posledica korozije

U cilju postizanja visoke otpornosti betona na karbonizaciju, isti mora biti otporan na prodiranje vode (dakle i na rastvorenu ugljenu kiselinu) – mora biti homogen, dobro ugrađen i negovan, bez pojave pukotina i segregacija. Evropski standard EN 206 propisuje minimalne karakteristike i performanse betona u zavisnosti od njegove izloženosti karbonizaciji. Od aditiva, najbolju zaštitu betona izloženog  $CO_2$  predstavlja upotreba superplastifikatora.

Pored kvalitetnog betona, postoje i druge mere koje možemo preduzeti da bismo postigli veću izdržljivost betona izloženog karbonizaciji:

- Primena većeg zaštitnog sloja armature;
- Korišćenje zaštitnih premaza za beton *Anti-carbonation coating* definisanih prema evropskom standardu za zaštitu betonskih konstrukcija EN 1504-2.

**Ading Skopje u svom proizvodnom programu nudi nekoliko vrsta premaza namenjenih za zaštitu konstrukcija od karbonizacije na bazi akrilatne ili metakrilatne smole, ili na bazi epoksidne smole (uglavnom na bazi vode).**

#### **PROIZVOD: ANTIKOROZIN BB**

- Jednokomponentni antikorozivni premaz u boji za zaštitu betonskih površina, proizveden na akrilatnoj osnovi;
- Odgovara EN 1504-2, metoda 1.3(C) – površinska zaštita od prodora, metoda 2.2(C) – kontrola vlage, metoda 8.2(C) – povećana otpornost;
- Posедуje odličnu adheziju za podlogu;
- Sprečava proces karbonizacije u betonu;
- Vodonepropustan;
- Paropropustan;
- Nije toksičan;
- Jednostavno izvođenje;
- Otporan na mraz, soli, slanu vodu, atmosferske uticaje i starenje;
- UV – stabilan.

#### **PROIZVOD: ADINGPOKS AKVA 1B**

- Dvokomponentni epoksidni premaz na bazi vode za površinsku zaštitu betona izloženog mehaničkim i hemijskim uticajima, odgovara EN 1504-2: 1.3(C); 2.2(C); 5.1(C); 6.1(C); 8.2(C)
- Zaštita od karbonizacije betona;
- Vodonepropustan;
- Paropropustan;
- Otpornost na razređene kiseline, baze, rastvore soli i mineralna ulja;
- Dobra adhezija za podlogu;
- Abrazivna otpornost;
- Mehanička otpornost.

#### **4.4.4 Beton otporan na hemijske agresije**

Otpornost betona na uticaje hemijskih agresija prvenstveno zavisi od tipa cementa koji je primenjen i fizičko-mehaničkih karakteristika betona. Evropskim normama za beton koji se nalazi u okruženju gde postoji velika izloženost hemijskoj agresiji propisana je upotreba tzv. sulfatno-otpornih cementa, kao i minimalna količina cementa, minimalna klasa čvrstoće i maksimalni W/C-faktor. Osim toga, otpornost betona na takvo izlaganje zavisi i od mogućnosti prodiranja hemijski korozivnih materija u strukturu betona (najčešće u tečnom stanju ili rastvorenim u vodi). Beton sa visokim stepenom otpornosti na prodiranje vode pod pritiskom, zatvorene strukture, bez pojave prslina, ima shodno tome veću otpornost na negativne uticaje hemijske korozije iz okoline. Makedonski standard MKS 1016 propisuje minimalne klase otpornosti na prodiranje vode u beton u zavisnosti od klase izloženosti. Kod ovakvih konstrukcija potrebno je predvideti dodatno i veću debljinu zaštitnog sloja betona iznad armature.

Zbog svoje prirode, nijedan beton ne može biti dugotrajno izložen visokoj hemijskoj agresiji. U takvim slučajevima (npr. industrijski objekti, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, prehrambena industrija) potrebno je obezbediti dodatnu zaštitu površine betona primenom premaza na bazi sintetičkih smola (uglavnom



epoksidnih ili poliuretanskih reaktivnih smola).

**Ading Skopje u svom proizvodnom programu nudi nekoliko vrsta premaza namenjenih za zaštitu konstrukcija od jake hemijske agresije, proizvedenih na bazi epoksidne smole.**

#### **PROIZVOD: ADINGPOKS 1BP**

- Dvokomponentni epoksidni premaz za površinsku zaštitu betona izloženog mehaničkim i hemijskim uticajima, odgovara EN 1504-2:1.3(C); 2.2(C); 5.1(C); 6.1(C); 8.2(C);
- Visoka otpornost na hemijske agresije – otpornost na razređene kiseline, baze, rastvore soli i mineralna ulja;
- Visoka mehanička otpornost – abrazivna otpornost, odlična adhezija za podlogu;
- Zaštita od karbonizacije betona;
- Vodonepropustan;
- Dekorativan – mogućnost izrade u više boja;
- Lak za održavanje.

#### **4.4.5 Beton otporan na abraziju**

U zavisnosti od vrste i funkcije objekta, betonski elementi/konstrukcije mogu biti izloženi intenzivnoj abraziji (habanju) kao posledica kretanja ljudi, vozila i mašina, ili abraziji od tekuće vode. Standard za beton MKS1016 propisuje, u zavisnosti od klase izloženosti, koje uslove beton mora da ispunjava - karakterističnu čvrstoću, minimalnu količinu cementa, maksimalni W/C-faktor, kao i stepen otpornosti površine na abraziju (H-1 do H-3).

Da bi se povećala otpornost betona na abraziju, neophodno je da sve komponente pojedinačno, imaju visoku mehaničku otpornost. Takođe, preporučuje se upotreba agregata magmatskog porekla (npr. granit, bazalt, itd.). Generalno, betoni sa krupnijom maksimalnom frakcijom agregata imaju veću otpornost na habanje od betona sa finijom granulacijom pri istoj čvrstoći pri pritisku. Od aditiva za beton, za takve konstrukcije je obavezna upotreba superplastifikatora.

Za postizanje visoke otpornosti na habanje od posebnog značaja su karakteristike gornjeg sloja betonskog elementa koji je direktno izložen mehaničkim uticajima (npr. opterećenje od saobraćaja). Da bi se povećala ova otpornost, posebno industrijskih podova i objekata izloženih teškom putničkom saobraćaju, zaustavljanju i pokretanju vozila, često se koriste specijalni materijali za poboljšanje površinske čvrstoće i otpornosti betona na habanje. Materijali su obično u formi praha (sadrže cement, kvarcni pesak, korund ili drugi agregat visoke čvrstoće) i dodaju se na površinu betona tokom njegove ugradnje. Tako tretirani betonski elementi (najčešće ploče) se zatim obrađuju mehaničkim gletalicama (helikopterima). Industrijski podovi izvedeni na ovakav način mogu se raditi i u boji. Najčešće se primenjuju u magacinima, proizvodnim pogonima u industriji, garažama, benzinskim pumpama, naplatnim rampama itd.

**Ading Skopje u svom proizvodnom programu nudi ovu vrstu materijala namenjenu za izradu trajnih i dekorativnih industrijskih podova.**





## PROIZVOD: PODING K

- Materijal za monolitnu završnu obradu mehanički opterećenih podova na bazi cementa, odgovara EN 13813;
- Visoka otpornost na abraziju;
- Visoke fizičko-mehaničke karakteristike;
- Lako održavanje;
- Vodonepropustan;
- Postojan na mrazu, atmosferske uticaje i starenje;
- UV – stabilan;
- Dekorativan – mogućnost izvođenja u više nijansi boja.



Hidrotehnički objekti, posebno elementi koji su izloženi protoku vode, takođe su visoko izloženi habanju od same vode koja teče, odnosno od čvrstog materijala (peska) koji voda nosi sa sobom. Pored toga, u prelivnim konstrukcijama može doći i do pojave kavitacije, koja takođe može izazvati površinsko oštećenje betona.

Kod HT objekata se često javlja i praktičan problem oko izvođenja betonskih radova zbog lokacije na kojoj se nalaze (na nepristupačnom terenu, podzemne vodovodne konstrukcije sa profilom koji ne dozvoljava ulazak vozila i sl.). U tu svrhu, za izgradnju i sanaciju ovakvih konstrukcija često se koristi gotov beton visokih čvrstoća i otpornosti na habanje, upakovan u džakove, koji se priprema na samom gradilištu dodavanjem vode.

**Ading Skopje u svom proizvodnom programu nudi ovu vrstu materijala - EKSMAL - gotov beton visokih čvrstoća i otpornosti na habanje. U zavisnosti od potreba projekta, dostupan je sa različitom granulacijom i sa različitim stepenom konzistencije ili fluidnosti.**





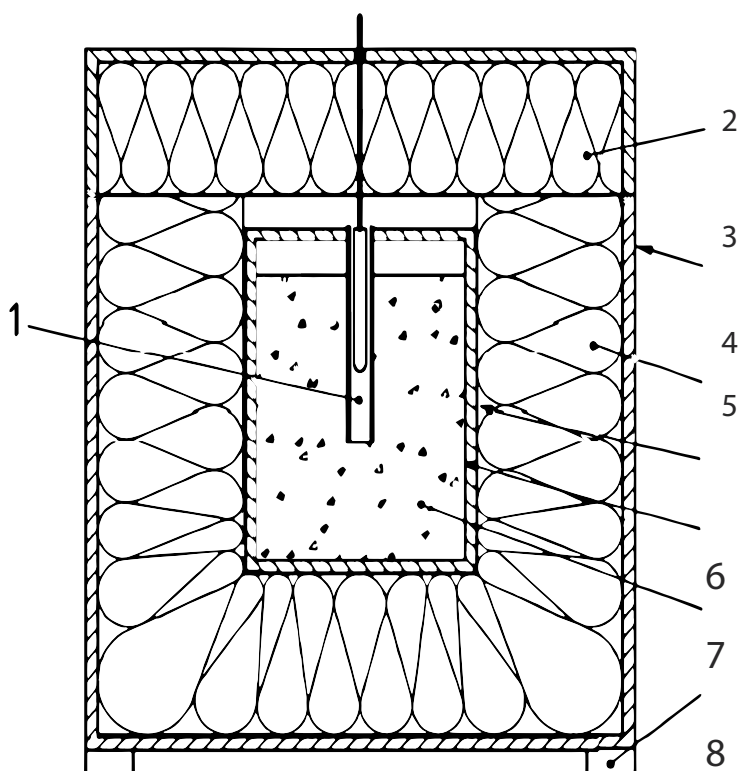
- Gotov samorazlivajući malter koji kompenzuje skupljanje, odgovara EN 1504-3 Klasa R4;
- Praškast materijal na bazi cementa;
- Dostupan u granulacijama od 1 mm; 4 mm; 8 mm; 16 mm; 32 mm;
- Jednostavan za pripremu i izvođenje;
- Lako ugradljiv, različite konzistencije ili samolivni;
- Ekstremno visoke rane i krajnje čvrstoće;
- Visoka otpornost na abraziju;
- Visoke mehaničke karakteristike i modul elastičnosti;
- Kompenzuje skupljanje prilikom vezivanja;
- Otporan na atmosferske uticaje.

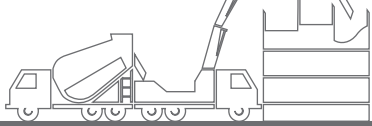


#### 4.5 Masivni Hidrotehnički beton

U inženjerskoj praksi izvođenja masivnih betonskih poprečnih preseka najčešće se javljaju kod temeljnih konstrukcija ili kod hidrotehničkih objekata (betonske brane, preliivi itd.). U oba slučaja takve konstrukcije će tokom eksploatacije biti izložene delovanju aktivnog hidrostatičkog pritiska i stalnom kontaktu sa vlagom i (eventualno) agresivnim materijama. Iz tih razloga, kao i zbog same funkcije ovakvih objekata (za zadržavanje ili kanalisanje vode), od posebnog značaja je postizanje visokog stepena vodonepropusnosti betona.

Posebni problem kod ovakvog tipa konstrukcija predstavlja intenzivan razvoj toplote izazvan hidratacijom cementa. Toplota hidratacije kod masivnih betona se akumulira u sredini preseka, dok se površina hladi i emituje toplotu. Pri tome se stvara temperaturna razlika, neravnomerno vezivanje betona, zapreminske promene i pojava pukotina u betonu koje negativno utiču na njegove fizičko-mehaničke karakteristike i otpornost na prodor vode.





Razvoj toplote hidratacije u betonu ispituje se prema metodi EN 12390-14 Semi-adijabatska metoda za određivanje oslobođene toplote tokom očvršćavanja betona. Preporučuje se da test uzorak za ispitivanje bude što veći, da bi se bolje simulirali stvarni uslovi. Kao faktor ograničenja uzima se maksimalna temperatura u betonu i maksimalna temperaturna razlika između centra i površine poprečnog preseka betona.

Da bi se umanjili efekti neravnomernog razvoja toplote hidratacije, preporučuje se upotreba što manje količine cementa (obično od 150-300 kg/m<sup>3</sup>) u masivnim betonskim hidrotehničkim i drugim objektima. Takođe, koristi se i cement koji razvija nižu toplotu hidratacije (LH-cementi). Takvi cementi obično sporije vezuju i zato je potrebno ispitati relevantne čvrstoće na 56 ili 90 dana starosti. Beton se pravi sa krupnijim frakcijama agregata (63-125mm), koji apsorbuju deo toplote i smanjuju maksimum koji temperatura dostiže.

Da bi beton mogao da postigne projektovane čvrstoće, potrebno je za njegovu pripremu koristiti aditive Superplastifikatore/Usporivače vezivanja. Ovi aditivi istovremeno omogućavaju i revibraciju i ostvarivanje homogene veze između slojeva u kojima se ugrađuje beton. Zbog niskog W/C-faktora, niske konzistencije i krupnog agregata, ovakav betona se najčešće ugrađuje kranovima i kiblama (nije pogodan za transport mešalicom i pumpanjem). Tehnologija proizvodnje, transporta i ugradnje HTO betona mora omogućiti ugradnju u kontinuitetu, bez prekida, čime se omogućava odgovarajuća homogenizacija slojeva betona (revibriranje). Temperaturu svežeg i ugrađenog betona treba stalno pratiti.

Nega svežeg betona je takođe veoma važan faktor za postizanje kvaliteta i funkcionalnosti objekta, kao i obrada spojeva između kampada u kojima se objekat izvodi.





## 4.6 Mlazni (prskani) beton - Shotcrete

**Mlazni beton – Shotcrete** je specijalno dizajnirani beton namenjen za ugradnju opremom za prskanje pod pritiskom.

Koristi se za izradu podupirača u tunelogradnji, rudarstvu, za stabilizaciju kosina, za betoniranje konstrukcija nepravilnog i zakrivljenog oblika i t.d. U tunelogradnji, mlazni beton se prvenstveno koristi za izradu primarne podkonstrukcije prema NATM.

U cilju povećanja efikasnosti i kvaliteta ugradnje mlaznog betona, a ujedno i smanjenja rizika i izloženosti radnika negativnim uticajima, ugradnja mlaznog betona se vrši korišćenjem specijalizovanih mašina – robota.

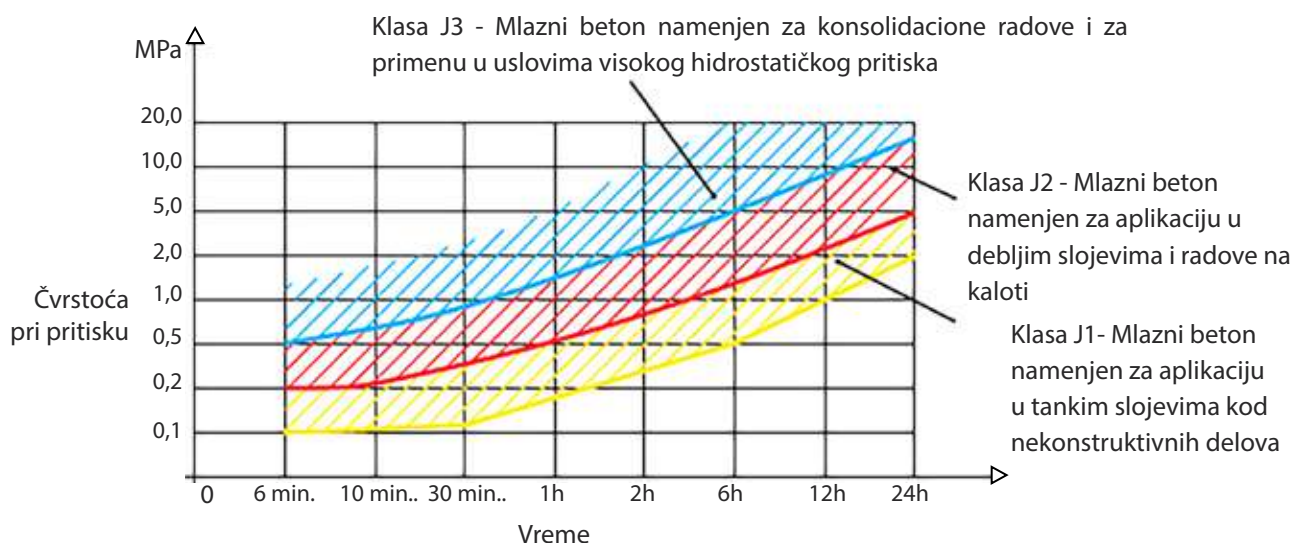
Opremljene su specijalnom "teleskopskom rukom" na koju su pričvršćene cevi za pumpanje i rasprskavanje betona. Takođe, robot je opremljen automatskim pumpama i dozatorima za aditiv - Ubrzavač vezivanja betona.



Upravljanje robotom za mlazni beton se vrši putem daljinskih komandi, što omogućava rukovaocu mašine da bude udaljen od mesta ugradnje i van zone sa povećanim rizikom od povreda.

### 4.6.1 Zahtevi za kvalitet i performanse mlaznog (prskanog) betona

Rane čvrstoće su suštinske za pravilnu aplikaciju mlaznog betona. Postizanje početnih čvrstoća u prvih nekoliko minuta omogućava prskanje kalote "preko glave", nanošenje betona u debljim slojevima i prskanje betona po površinama sa aktivnim prodorima vode. Rana čvrstoća je takođe garancija bezbednosti na radu. Brzo vezivanje betona utiče na smanjenje „odskoka“ betona tokom aplikacije, što ozbiljno poboljšava ekonomičnost radova. Obično se rana čvrstoća mlaznog betona projektuje u periodu od 6-og do 60-og minuta od nanošenja, sa čime se mlazni beton deli u tri klase J1-J3.



Klasa mlaznog betona prema čvrstoćama u prvih 24h

Klasa čvrstoće mlaznog betona	Čvrstoća pri pritisku na 6 min	Čvrstoća pri pritisku na 60 min	Primena
J1	0,1 - 0,2 MPa	0,2-0,5 MPa	Prskanje u tanjim slojevima, izvođenje nekonstruktivnih elemenata
J2	0,2-0,5 MPa	0,5-1,0 MPa	Prskanje u debljim slojevima Izrada kalota
J3	> 0,5 MPa	> 1,0 MPa	Stabilizacija terena, sprečavanje aktivnih prodora vode

Rane čvrstoće mlaznog betona (prvih 24 sata) ispituju se saglasno evropskom standardu *EN 14488-2 Testing sprayed concrete - Part 2: Compressive strength of young sprayed concrete*. Ispitivanje se vrši in situ, na mestu ugradnje, na uzorku mlaznog betona koji je izrađen korišćenjem predviđene opreme za ugradnju. Pri tome se koriste dve metode ispitivanja:

#### **METODA A: Penetration needle** – Penetracija igle

Ova metoda se koristi za indirektno određivanje rane čvrstoće mlaznog betona merenjem sile potrebne da se igla određenih dimenzija zabije u mlazni beton do dubine od 15 mm ± 2 mm.

#### **METODA B: Stud driving** – Nabijanje klinova

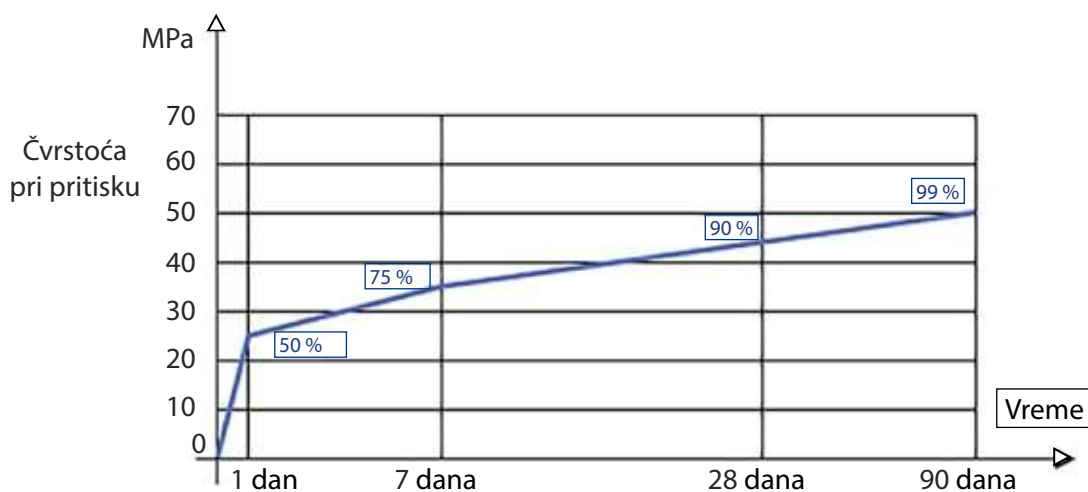
U vezani sveži beton se tačno određenom silom zabijaju čelični klinovi i meri se dubina prodiranja. Zatim se klin izvlači i registruje se sila izvlačenja.

Nakon postizanja čvrstoće betona preko 5 MPa, ispitivanja se vrše na izvađenim jezgrima (kernovima) testiranjem na presi.





Pored razvoja čvrstoće u prvim satima nakon ugrađivanja, važno je da mlazni beton ima stabilan prirast čvrstoće tokom dužeg vremenskog perioda. U prilogu je prikazana tipična kriva razvoja čvrstoće mlaznog betona u periodu od 90 dana – uz primenu bezalkalnog ubrzivača vezivanja INGUNIT T EKO.



Tipičan razvoj čvrstoća mlaznog betona  
CEM I 42.5R  
W/C=0.42

Obično se za proizvodnju mlaznog betona koriste frakcije agregata od (0-4) ili (0-8) mm, a ređe (0-16) mm. U zavisnosti od upotrebjene maksimalne granulacije, preporučuju se sledeće količine cementa:

D max	Preporučena količina cementa
(0-4) mm	450-600 kg/m <sup>3</sup>
(0-8) mm	350-450 kg/m <sup>3</sup>
(0-16) mm	300-400 kg/m <sup>3</sup>

Za proizvodnju mlaznog betona koriste se dva tipa aditiva

- **Superplastifikatori** – Aditivi koji omogućavaju postizanje obradljivosti betona pri niskom W/C faktoru, pri čemu se značajno poboljšavaju njegove čvrstoće i mogućnosti kvalitetnog ugrađivanja.

- **Ubrzivači vezivanja betona** – Aditivi koji omogućavaju skoro trenutni početak procesa vezivanja betona i osnova su za proizvodnju mlaznog betona. Ubrzivači vezivanja betona se automatski dodaju u izlaznu mlaznicu creva za torkretiranje. Nove generacije ubrzivača vezivanja u svom sastavu ne sadrže alkalije, što značajno smanjuje rizik po zdravlje radnika i poboljšava uslove rada u izgradnji tunela. Takođe, nove generacije ubrzivača vezivanja omogućavaju stalni porast čvrstoće mlaznog betona.



U svom proizvodnom programu, kompanija ADING Skopje proizvodi više tipova aditiva namenjenih za proizvodnju mlaznog betona sertifikovanih po odgovarajućim evropskim standardima za aditive za beton EN 934-2, EN 934-5. Proizvodi kompanije Ading - UBRZIVAČI VEZIVANJA namenjeni za proizvodnju mlaznog betona:

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON - INGUNIT T EKO; INGUNIT TS EKO**

- Aditivi za mlazni beton, bezalkalni ubrzivači vezivanja, odgovara EN 934-5;
- Intezivno ubrzavanje vezivanja betona i maltera;
- Postizanje ranih čvrstoća;
- Poboljšava lepljivost betonskih i malterskih mešavina;
- Omogućavaju mašinsku ugradnju na vertikalnim, kosim i tavanjskim površinama;
- Smanjuju odbijanje, odbacivanje – otpadanje materijala prilikom rasprskavanja.

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON - INGUNIT T**

- Aditiv za mlazni beton, alkalni ubrzivač vezivanja, odgovara EN 934-5

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON - INGUNIT P**

- Aditivi za mlazni beton, praškasti bezalkalni ubrzivač vezivanja

### **4.7 „Polusuvi“ beton za prefabrikovane betonske elemente**

Proizvodnja betonskih prefabrikovanih elemenata podrazumeva koordinaciju više faktora od kojih zavisi kvalitet i ekonomičnost proizvodnje. U zavisnosti od vrste betona i tehnologije koja se koristi u proizvodnji, postoje dve osnovne metode za proizvodnju betonskih prefabrikovanih elemenata:

- Izlivanje betonskih elemenata u kalupe, gde se primenjuje beton visoke klase konzistencije S2-S5 i beton vibrira, ili primena SCC betona;
- Primena "Polusuvih" betonskih mešavina.

„Polusuva“ betonska mešavina (koja se još naziva i beton „vlažan kao zemlja“) predstavlja betonsku mešavinu niske konzistencije – klase S1, koja se ugrađuje pomoću specijalizovanih mašina za presovanje i vibriranje betona. Na ovaj način se dobija veoma efikasna i ekonomična proizvodnja unificiranih betonskih proizvoda.





Ova tehnologija se najviše primenjuje u izradi paver elemenata (behaton ploča), ivičnjaka, betonskih cevi, ograda tipa „Nju Džersi“ i t.d. Elementi – naročito behaton ploče, mogu biti jednoslojni (sa jedinstvenim sastavom betona u celom preseku), ili dvoslojni, a najčešće se gornji sloj izrađuje od finijih frakcija, sa više cementa, ima zatvoreniju strukturu i bolje čvrstoće, otpornost na mraz, soli, habanje i veši stepen vodonepropustljivosti. Razlog je taj što je gornji sloj behaton ploča mnogo više izložen atmosferskim uticajima, mrazu, solima i saobraćaju. Po potrebi se u gornji sloj može dodati pigment boje kako bi se poboljšao vizuelno estetski izgled proizvoda.

U ovoj vrsti proizvodnje koristi se posebna vrsta aditiva, dizajniran za suve betonske mešavine. Primena ovakvih aditiva omogućava smanjenje trenja između frakcija u betonskoj mešavini, čime se postiže:

- Redukcija vode u betonskoj mešavini (više od 5 %);
- Veća zbijenost betona pri istom režimu ugrađivanja (presovanje i vibriranje);
- Bolja glatkoća strana gotovih prefabrikovanih elemenata;
- Snižavanje vodocementnog faktora;
- Povećavanje ranih i krajnjih čvrstoća betona;
- Povećavanje vodonepropustljivosti betona;
- Povećavanje otpornosti betona na mraz i soli za odmrzavanje;
- Povećavanje otpornosti betona na površinsku abraziju (habanje);
- Poboljšava estetski izgled proizvedenih elemenata;
- Pravilno ugrađivanje slojeva različite boje i granulacije, kao i postizanje bolje veze između istih.



**Proizvodi kompanije Ading namenjenih proizvodnji „polusuvih“ betonskih mešavina**

#### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON - ADINGPAVER**

- Aditiv za proizvodnju prefabrikovanih betonskih i paver elemenata;
- Olakšava ugrađivanje betona „vlažnog kao zemlja“ niskog W/C – faktora i niske konzistencije;
- Povećava zbijenost betona pri istoj metodologiji ugrađivanja (vibriranje i presovanje);
- Omogućava redukciju vode do 12 %.



## 4.8 Ekstrudirani beton

Za izradu dugačkih betonskih elemenata, unificiranog poprečnog preseka, često se koristi specijalna vrsta betona, koja se ugrađuje postupkom ekstruzije (izvlačenja). Ova tehnologija se najviše koristi za izradu betonskih ivičnjaka, kanaleta, „Nju Džersi“ ograda, kanala za navodnjavanje, stabilizaciju kosina. Ekstrudirani beton se takođe koristi za izradu kompletnih betonskih kolovoza za autoputeve ili aerodromske piste. U fabričkim uslovima može da se koristi za izradu betonskih elemenata (npr. olakšani, adheziono prethodno napregnuti krovni nosači).

Za ugradnju ove vrste betona koriste se specijalno dizajnirane mašine – „finašeri“ za beton (ekstruderi), koji su opremljeni sistemom vibratora, vibro-letvama, gletelicama za površinsku obradu i „glačanje“ betona. Mašina obično ima sistem za sopstvenu navigaciju i nivelisanje. Kod velikih mašina koje se koriste za izradu kompletnih betonskih kolovoza za autoputeve, mašina za ugrađivanje betona obično je opremljena i sistemom za ugradnju moždanika i sistemom za rasprskavanje zaštite (curing) svežeg betona.

Za ekstruziju se koristi beton niske konzistencije (Slump = 20-50 mm), niskog W/C-faktora i sa visokim procentom uvučenog vazduha (4-7%). Za pripremu ove vrste betona koriste se aditivi iz grupe superplastifikatora i aeranti.

Izrađeni betonski element potrebno je odmah po dužini podeliti radnim i dilatacionim spojnica - fugama, kako bi se sprečilo nekontrolisano pucanje. Takođe, sveži beton se mora odmah zaštititi od prebrzog sušenja materijalom za negu – curing svežeg betona.

**Proizvodi kompanije Ading namenjeni za proizvodnju betona koji se ugrađuje ekstruzijom („finašerima“ za beton)**

### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – SUPERFLUID M1M; SUPERFLUID 21M EKO;**

- Superplastifikator / Usporivač vezivanja betona, odgovara EN 934-2:T11.1 и T11.2

### **PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – POROČINITELJ**

- Aerant, aditiv za betone i maltere, odgovara EN 934-2:T5

### **PROIZVOD ZA ZAŠTITU SVEŽEG BETONA – ZAŠTITA B; ZAŠTITA B3**

- Sredstvo za negu sveže ugrađenog betona;
- Obezbeđuje kontrolisanu hidrataciju cementa;
- Obezbeđuje kontrolisano isparavanje vlage iz ugrađenog betona;
- Smanjuje opasnost od pojave prslina u betonu;
- Brza aplikacija rasprskavanjem;
- Otporan na atmosferske uticaje.



# 5

## SAMOLIVI BETON

### 5.1 Uvod – Definisanje SCC betona

Samolivi beton ili SCC / *Self Compacting Concrete* / se može definisati kao sveži beton sa izuzetnom sposobnošću tečenja i stabilnošću (otpornost na segregaciju). Prema tome, beton ima svojstvo samougradnje – konsolidacije bez potrebe za dodatnom energijom.

SCC beton karakterišu tri svojstva:

- Sposobnost punjenja oplata - sposobnost betona da bez dodatnih vibracija ispuni ceo prostor i svaki ugao oplata;
- Sposobnost prolaska kroz mrežu i žice armature - sposobnost betona da prolazi kroz gusto postavljenu armaturu i uske otvore bez pojave segregacije betona ili blokiranja zrna agregata;
- Otpornost na segregaciju – sposobnost održavanja pravilnog, homogenog rasporeda krupnih komponenti u smeši.

### 5.2 Klasifikacija SCC betona u svežem stanju

#### Klase na sposobnost tečenja /*Sump-flow SF - Classes*/

U zavisnosti od sposobnosti tečenja sveži SCC beton se klasifikuje u 3 klase. Sposobnost tečenja se određuje saglasno sa EN 12350-8

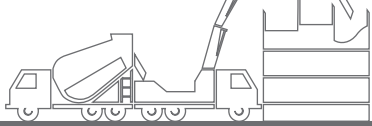
#### ODREĐIVANJE SPOSOBNOSTI TEČENJA /SLUMP FLOW/ SCC BETONA SAGLASNO EN12350-8

##### Potrebna aparatura:

- "Abramsov" konus (saglasno EN 12350-2); Visina 300 mm; Prečnik u osnovi 200 mm; Prečnik na vrhu 100 mm;
- Ploča (900x900 mm) sa obeleženim koncentričnim krugovima  $d_1=210$  mm i  $d_2=500$  mm
- Konus se postavlja centralno u odnosu na ploču i prstenove i fiksira (nogama ili postavljanjem metalnog prstena težine 9 kg).

##### Postupak ispitivanja:

- Konus se ispunjava betonom u jednom postupku. U roku od 30 sec podiže se jednim pokretom u trajanju od 1 do 3 sec;
- Odmah po završetku rasprostiranja betona, meri se najveći prečnik  $d_1$  zaokružen na 10 mm. Zatim se meri prečnik  $d_2$  upravno na  $d_1$  (sa zaokruživanjem na 10 mm.);
- Sposobnost tečenja betona  
 **$SF=(d_1+d_2)/2$  mm;**
- Ukoliko je razlika između  $d_1$  i  $d_2$  veća od 50 mm, ispitivanje se ponavlja. Ukoliko je razlika u ponovljenom ispitivanju  $> 50$  mm, beton nema dovoljnu sposobnost tečenja da bi test bio validan.



### Klase na sposobnost tečenja / Sump-flow Classes /

SF1 550 – 650 mm

SF2 660 – 750 mm

SF3 760 – 850 mm

### Klase viskoznosti / Viscosity classes VS & VF /

Viskoznost svežeg SCC betona se utvrđuje prema dve metode po kojima su definisane dve klase viskoziteta: VS- klasa koja se određuje metodom t500 i VF-klasa koja se određuje metodom "V"-Funnel (V- levak).

## VISKOZNOST METODOM T500 / VISCOSITY VS CLASS / SE ODREĐUJE PREMA EN 12350-8 (KAO I SPOSOBNOST TEČENJA)

### Potrebna aparatura i postupak ispitivanja:

Aparatura i postupak su isti kao i za određivanje sposobnosti tečenja. Meri se vreme za koje će se beton razliti i doći u kontakt sa prstenom prečnika 500 mm. Meri se sa tačnošću od 0,1 sec, počevši od trenutka kada se konus podigne sa osnovne ploče.

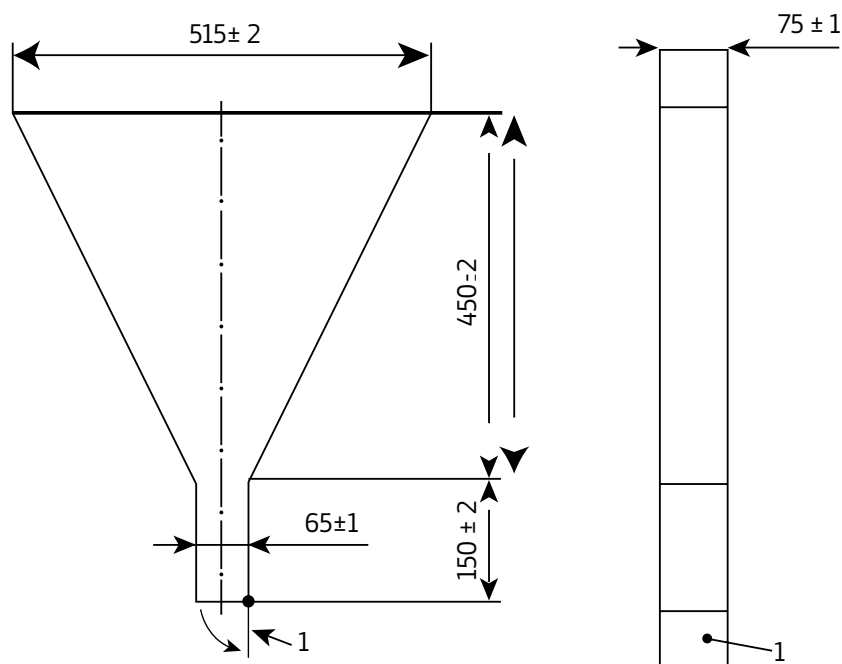
### Klase viskoznosti / Viscosity VS class /

VS1 < 2,0 s

VS2 ≥ 2,0 s

Viskoznost po metodi "V"- Funnel (V-levak) /Viscositi VF class/ se određuje (kao i sposobnost tečenja) prema EN12350-9.

### Potrebna aparatura: „V“-Funnel (V-levak) sledećih dimenzija::





### Postupak ispitivanja:

- Vrata (1) se zatvaraju i levak se puni betonom ( $d_{max} = 22,4 \text{ mm}$ ) do vrha u jednom postupku bez nabijanja i vibracija. Posle  $10 \pm 2 \text{ sec}$  vrata se naglo otvore i meri se vreme (preciznost do  $0,1 \text{ sec}$ ) dok beton ne iscuri dovoljno do stepena da može da se vidi vertikalno kroz levak. Vreme potrebno da beton isteče je mera viskoznosti "V" – Funnel.
- Ukoliko se beton zaglavi u levku, test se ponavlja. Ukoliko se beton ponovo zaglavi u levku, onda nije podoban za klasifikaciju kao SCC beton.



### Klase viskoznosti / Viscosity VF class/

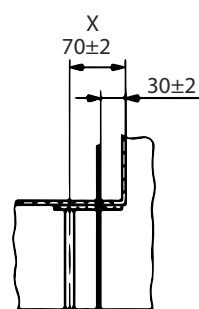
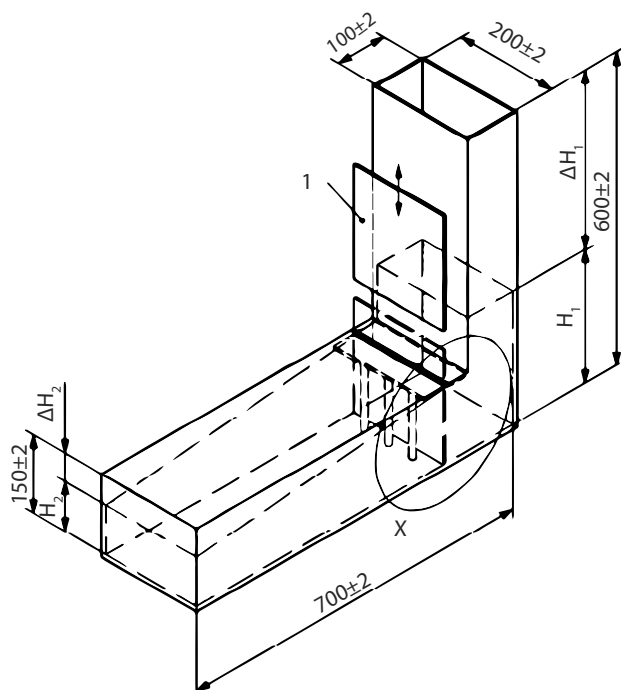
VF1	< 9,0 s
VF2	9,0-25,0 s

### Klase sposobnosti prolaza / Passing Ability PL & PJ /

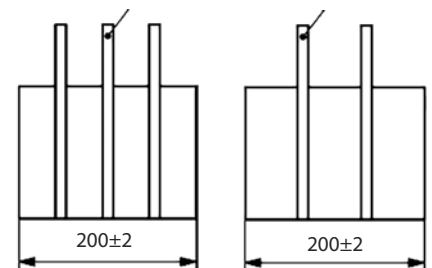
Sposobnost svežeg SCC-a da prođe između gusto postavljene armature, bez pojave segregacija ili blokiranja, osnovni je uslov za uspešnu primenu ove vrste betona. Mogućnost prodiranja svežeg SCC-a utvrđuje se prema dve metode po kojima su definisane i dve klase prodora PL - klasa koja se određuje metodom ispitivanja "L"-Box test i PJ - klasa koja se određuje pomoću "J" - Ring metode (J-prsten).

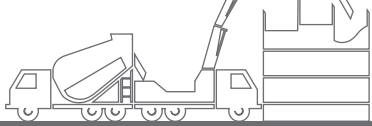
### KLASA SPOSOBNOSTI PROLAZA SCC BETONA PREMA METODI „L“-BOX /PASSING ABILITY PL CLASS/ ODREĐUJE SE SAGLASNO EN 12350-10

#### Potrebna aparatura: „L“-Box kutija sledećih dimenzija:



Postoje dve varijante:  
sa 2 ili 3 armaturne šipke





### Postupak ispitivanja:

Zatvorena "L" – Box kutija se puni betonom do vrha u jednom postupku bez nabijanja i vibracija. Beton se ostavi da miruje 60±10 sekundi i proverava se da li postoji pojava segregacije (odvajanje paste ili naslaganog agregata). Otvor se otvara jednim kontinuiranim potezom i betonu se ostavlja da iscure i stabilizuje se. Zatim se meri pad betona u vertikalnom preseku „L“-Box kutije pored zida sa otvorom na tri mesta ( $\Delta H$ ) i odredi srednja vrednost (tačnost 1 mm). Zatim se izračunava H1. Istim načinom se određuje H2 u horizontalnom delu kutije. Klasa sposobnosti prolaza SCC betona po "L"-Box metodi se određuje prema  $PL=H2/H1$ .



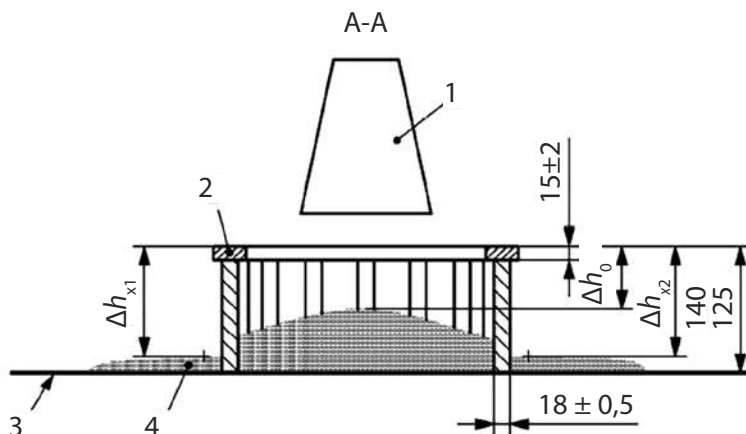
### Klase sposobnosti prolaza / Passing Ability PL class /

- PL1            ≥ 0,8 co 2 armaturne žice
- PL2            ≥ 0,8 co 3 armaturne žice

### KLASA SPOSOBNOSTI PROLAZA SCC BETONA PREMA METODI „J“-RING / PASSING ABILITY PJ CLASS / ODREĐUJE SE SAGLASNO EN 12350-12

#### Potrebna aparatura:

Ista oprema kao i za određivanje sposobnosti tečenja /Slump-flow/ - „Abramsov“ konus dopunjena „J“-Ring-om, sastavljenom od glatke armature Ø18 mm postavljene na jednakom rastojanju, u prstenu radijusa 300 mm:



### Postupak ispitivanja:

Konus se puni betonom u jednom postupku. U roku od 30 sec podiže se jednim pokretom od 1-3 sec. Opciono, meri se vreme za koje se beton rasprostire do dodira sa prstenom prečnika 500 mm ( $t_{500}$ ). Kada tečenje prestane, mere se  $\Delta h_{x1/2}$  i normalni  $\Delta h_{y1/2}$ .

$$PJ = \frac{(\Delta h_{x1} - \Delta h_{x2} + \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2})}{4} - \Delta h_0$$

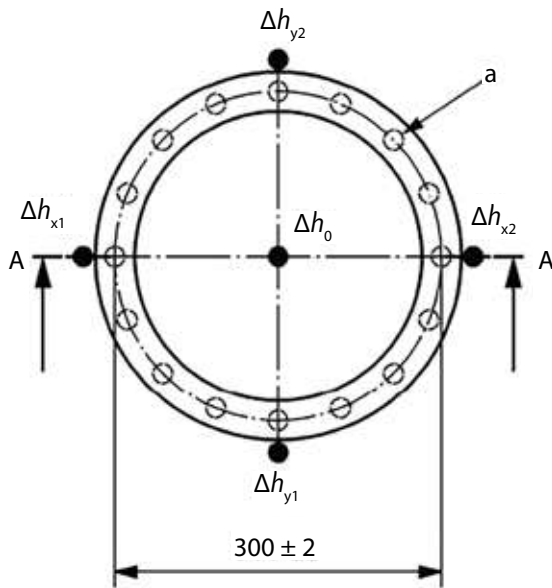
Dopunski se određuje rasprostiranje pomoću „J“-Ring-a

$$SF_J = \frac{(d_1 - d_2)}{2}$$

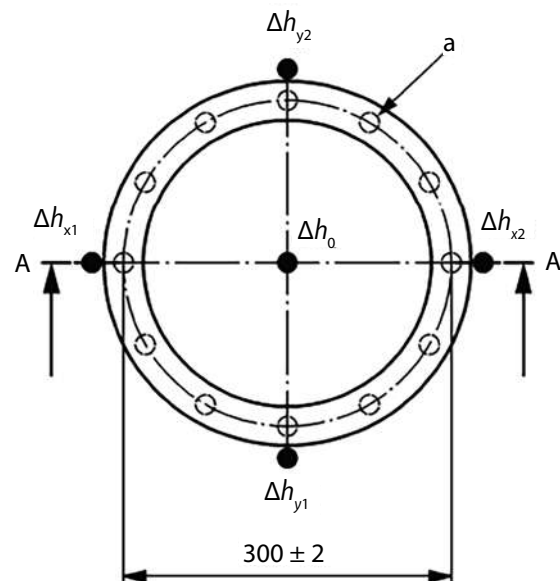
i „J“-Ring vreme rasprostiranja  $t_{500}$



Narrow gap J-ring



Wide gap J-ring



### Klase sposobnosti prolaza / Passing Ability PJ class /

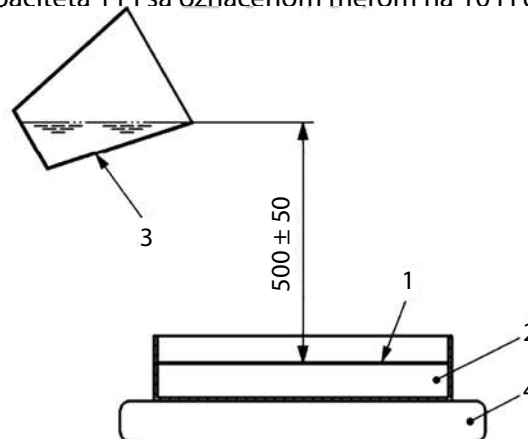
PJ1	≤ 10 co 12 armaturnih žica
PJ2	≤ 10 co 16 armaturnih žica

### Klasa otpornosti na segregaciju / Sieve segregation resistance classes /

## KLASA OTPORNOSTI NA SEGREGACIJU /SIEVE SEGREGATION RESISTANCE CLASSES/ SE ODREĐUJE SAGLASNO EN 12350-11

### Potrebna aparatura:

Perforirano sito (1) sa kvadratnim otvorima od 5 mm i dijemetrom rama ne manjeg od 300 mm, kao i visine od 30 mm. Vaga (4) na koju se postavlja dno sita (2); vaga je sa kapacitetom od min 10 kg i tačnosti od 0,01 kg. Posuda za uzimanje uzoraka (3) kapaciteta 11 l sa označenom merom na 10 l i diimetrom od min 20 mm.



### Postupak ispitivanja:

Posuda se puni sa  $10 \pm 0,5$  l betona i pokrije se zbog sprečavanja isparavanja. Ostavi se da miruje 15 minuta. Dno se stavlja na sito i meri se  $m_p$ . Dno i sito se postavljaju na vagu i mere se. Posle 15 minuta proverava se da li postoji pojava krvarenja, a zatim se deo betona (uključujući i odvojenu vodu) -  $4,8 \pm 0,2$  kg sipa u sito jednim pokretom, sa visine od  $500 \pm 50$  mm. Tačna masa betona  $m_c$  se beleži i ostavlja da odstoji 120 sekundi, nakon čega se sito uklanja jednim vertikalnim pokretom. Masa na dnu se meri delom betona  $m_{ps}$ .

Segregacija se prikazuje u procentima

$$SR = \frac{(m_{ps} - m_p) \times 100}{m_c}$$

### Klasa otpornosti na segregaciju / Sieve segregation resistance classes

SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

## 5.3 Principi projektovanja sastava mešavine za SCC beton

Da bi se postigla željena kombinacija svojstava svežeg SCC-a, moraju se poštovati sledeći principi:

- Fluidnost i viskoznost paste se balansira pažljivim odabirom i proporcijom cementa i aditiva, ograničavanjem odnosa voda/powder i doziranjem superplastifikatora i (opciono) stabilizatora (VMA-aditiva);
- Sa ciljem ograničenja razvoja toplote hidratacije kao i skupljanja betona, udeo praškastih dodataka (powder) u odnosu na cement mora biti visok da bi se količina cementa ograničila na prihvatljiv nivo;
- Pasta je „vozilo“ koje transportuje agregat; iz tih razloga zapremina paste mora biti veća od zapremine šupljina između agregata, tako da pojedinačne frakcije budu potpuno obavijene (i "podmazane") slojem paste. Na ovaj način se smanjuje trenje između frakcija i povećava fluidnost betona;
- Odnos između krupnog i finog agregata se smanjuje, tako da su pojedinačni krupni komadi agregata potpuno okruženi slojem maltera. Na ovaj način se sprečava "uklještenje-zidanje" agregata kada beton prolazi kroz uzak prostor ili armaturu i povećava sposobnost prolaza SCC betona;
- Na kraju, proizvodnja SCC zahteva mnogo tačnije doziranje u odnosu na klasične betone, zbog čega i sama betonska baza treba biti ogovarajuće opremljena (da ima precizne dozatore aditiva, posebne silose za punilo-filer, sonde za merenje vlage u agregatu). Operateri baze (osoblje koje radi na proizvodnji SCC), takođe treba da budu adekvatno obučeni za proizvodnju i kontrolu SCC.

U cilju poštovanja navedenih principa, zapreminski odnosi između komponenti koje ulaze u sastav SCC-a značajno se razlikuju od odnosa kod klasičnog betona i treba da se kreću otprilike u sledećim granicama:

- Krupni agregat (zrna prečnika većeg od 4 mm) zauzimaju prostor od 28-35% ukupne zapremine betonske mešavine, odnosno 50-60% zapremine agregata;
- Količina sitnog agregata - peska (0,125-4 mm) treba da bude 40-50% zapremine maltera;
- Sadržaj uvučenog vazduha u betonu je obično oko 2%, osim ukoliko se ne zahteva aerisani beton;;
- Ostatak prostora zauzimaju zrna ispod 0,125 mm (powder), voda i superplastifikator – čiji se odnos određuje ispitivanjem na pasti i malteru. Zapreminski odnos voda/powder je od 0,8 do 1,1.

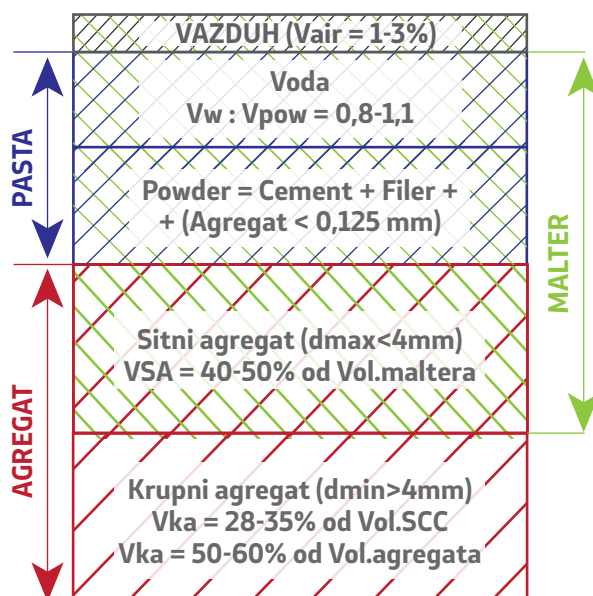
Potrebna količina cementa se određuje kao i kod klasičnog betona u zavisnosti od zahtevanih čvrstoća SCC-a..

### 5.4 Aditivi za proizvodnju SCC-a

Osnova za pripremu samolivog betona je upotreba superplastifikatora sa velikom moći redukcije vode. Pri tome, doziranje aditiva se vrši prema ukupnoj količini cementa, tako da se zapravo realno primenjuju visoke dozaže superplastifikatora.

Pored superplastifikatora, za proizvodnju SCC betona mogu se koristiti i aditivi – stabilizatori (modifikatori viskoznosti, *Water retaining admixture*) koji omogućavaju smanjenje odvajanja vode iz svežeg betona.

Proizvodi kompanije Ading - Aditivi iz grupe SUPERPLASTIFIKATORA i STABILIZATORA, namenjeni su za proizvodnju SCC-a





### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – SUPERFLUID 21 EKO

- Superplastifikator za beton, proizveden na bazi polikarboksilata, *odgovara* EN 934-2:T3.1 i T3.2;
- Omogućava redukciju vode preko 20 %;
- Namenjen je proizvodnji livenih betona visoke klase konzistencije;
- Namenjen je za pripremu SCC betona;
- Priprema betona namenjenih betoniranju u vodi;
- Povećane rane i krajnje čvrstoće;
- Povećava kompaktnost i vodonepropusnost betona;
- Poboljšava fizičko-mehaničke karakteristike betona.

### PROIZVOD: ADITIV ZA BETON – KOMPLEKSING S

- Stabilizatori za beton koji omogućavaju smanjenje izdvajanja vode („bleeding“) iz svežeg betona, *odgovara* EN 934-2;
- Sprečava ili umanjuje mogućnost pojave segregacije u betonu;
- Sprečava pojavu izdvajanja vode – „bleeding“ iz svežeg betona;
- Koristi se kao stabilizator samolivnih betona, pri čemu ne umanjuje njihovu sposobnost tečenja;
- Anulira osetljivost SCC-a na promene vlažnosti i sadržaja finih čestica;
- Doprinosi očuvanju kompaktnosti betona tokom podvodnog betoniranja.





## ADING ISKUSTVO I BRIGA ZA PARTNERE

Kompanija ADING danas objedinjuje stručno znanje i iskustvo stečeno u više od 54 godina rada u oblastima armirano-betonskih konstrukcija, visokogradnje, hidrotehničkih objekata, industrijskih objekata, mostova, tunela, fabričkih dimnjaka i drugih specifičnih inženjerskih objekata.

Materijali iz programa ADING se primenjuju u više zemalja, na tri kontinenta i saglasno su sertifikovani prema evropskim normama EN 1504, ali i prema lokalnim propisima u drugim područjima u kojima smo prisutni. ADING svojim partnerima nudi stručnu pomoć, tehnička rešenja i podršku u izboru potrebnih materijala i tehnologija za izvođenje, kao i stručnu pomoć prilikom aplikacija. Pored toga, Sektor za ispitivanje i razvoj materijala raspolaže stručnim timom i potpuno opremljenom i akreditovanom laboratorijom za ispitivanje materijala.

Tehnologija proizvodnje i ugradnje betona različitih karakteristika, zatim i primena materijala za antikorozivnu zaštitu betona i armature, predstavljaju zaokružen sistem čija primena omogućava dugotrajnu eksploataciju objekata čak i u najekstremnijim uslovima okruženja.





**ADING**   
sastojak svake građevine

Kompanija za proizvodnju hemijskih materijala za građevinarstvo od 1969.

ADING AD SKOPJE, Novoselski pat (str. 1409) br. 11, 1060 Skopje Severna Makedonija  
tel.: + 389 / 02 2034 840; e-mail: [ading@ading.com.mk](mailto:ading@ading.com.mk); [www.ading.com.mk](http://www.ading.com.mk)

April 2023,  **BIPROJEKT** design by  
DESIGNING & MARKETING