

Predmet:
GRADIVA

Tema:
Voda za beton, dodaci betonu

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

ISPITIVANJE KAKVOĆE VODE HRN EN 1008:2002

Prema podrijetlu razlikuju se:

- pitka voda
- voda iz procesa proizvodnje betona
- voda iz podzemnih izvora
- prirodna površinska voda i industrijska otpadna voda
- morska voda
- otpadna voda

UVODNA ISPITIVANJA

- ulja i masti, ne više od vidljivih tragova
- deterdženti, pjena mora nestati za 2 min.
- boja, svijetlo žuta ili svjetlija
- suspendirana tvar, najviše 4 mililitra taloga
- miris, bez mirisa
- kiselost, $\text{pH} > 4$
- huminske tvari, nakon dodatka NaOH, boja žućkasto-smeđa ili svjetlija

KEMIJSKA ISPITIVANJA

Maseni udio ne smije prijeći slijedeće vrijednosti:

Kloridi

- prednapeti beton 500 mg/L
- armirani beton 1000 mg/L
- beton bez armature 4500 mg/L

Sulfati 2000 mg/L

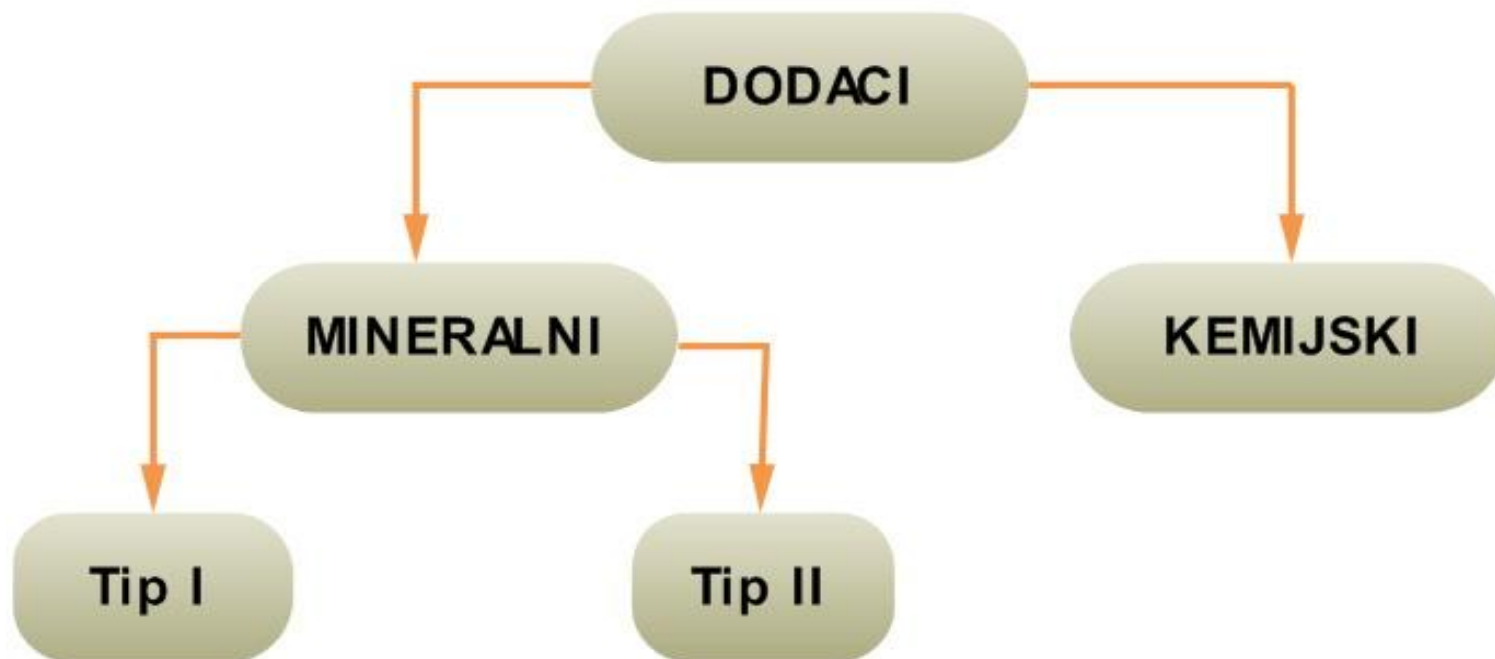
Alkalijski oksidi 1500 mg/L

ISPITIVANJA OPASNIH ONEČIŠĆENJA

- Šećer najviše 100 mg/L
- Fosfati (kao P_2O_5) 100 mg/L
- Nitrati (kao NO_3^-) 500 mg/L
- Olovo (kao Pb^{2+}) 100 mg/L
- Cink (kao Zn^{2+}) 100 mg/L

DODACI BETONU

Dodaci betonu su kemijski spojevi koji se dodaju betonu radi poboljšanja nekih njegovih svojstava ili mijenjanja jednog ili više svojstava radi postizanja željenih učinaka.



MINERALNI DODACI

Mineralni dodatak je fino usitnjeni materijal koji se dodaje betonu radi poboljšanja nekih svojstava ili dobivanja specijalnih svojstava.

- **Tip I:** punila, pigmenti, hidraulički neaktivni dodaci
- **Tip II:** leteći pepeo, amorfna SiO_2 prašina, hidraulički aktivni dodaci

KEMIJSKI DODACI (ADITIVI)

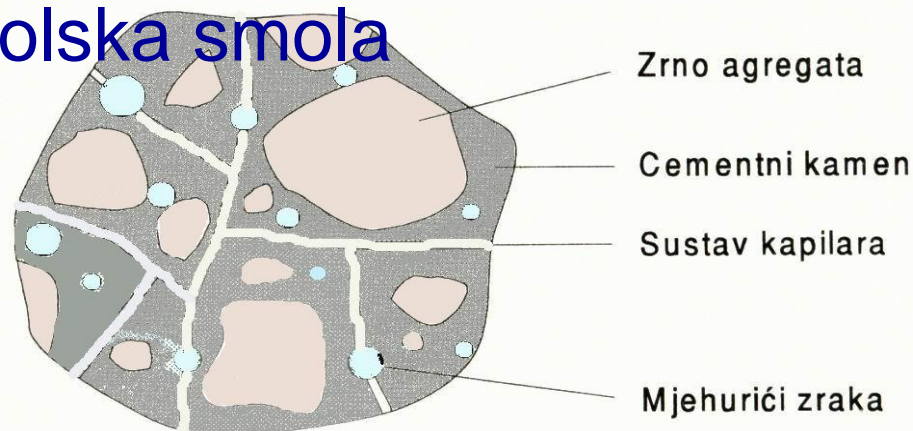
Kemijski dodatak je materijal koji se dodaje betonu za vrijeme miješanja u malim masenim udjelima na masu cementa, radi izmjene svojstava svježeg ili očvrsnulog betona.

Grupa I:

- aeranti
- plastifikatori
- superplastifikatori
- usporivači vezanja
- dodaci za vodonepropusnost
- **Grupa II:**
- ubrzivači vezanja i očvršćivanja
- dodaci za betoniranje na niskim temperaturama

AERANTI

- sapuni i deterdženti
- vinsol i vinsolska smola



Slika 22 Mjehurići zraka u kapilarama i između zrna agregata

Najveće zrno agregata (mm)	Obujamski % zraka
16	6 – 7
31,5	4 – 5
100	3 - 4

PLASTIFIKATORI

- Ca ili Na soli lignosulfonske kiseline, lignosulfonati
- soli hidroksikarboksilnih kiselina (limunska, vinska, salicilna)

SUPERPLASTIFIKATORI

- sulfonirani melamin-formaldehidni kondenzati
- sulfonirani naftalen-formaldehidni kondenzati
- sulfonirani lignosulfonati

USPORIVAČI VEZANJA

- modificirani lignosulfonati koji sadrže šećere
- hidrokarboksilne kiseline
- šećeri

S obzirom na stupanj djelovanja:

- plastifikatori-usporivači (1 sat do nekoliko sati)
- čisti usporivači (do 10 sati)
- superusporivači (nekoliko dana)

DODACI ZA VODONEPROPUSNOST

- masne kiseline, stearinska, oleinska
- biljne i životinjske masti i ulja
- emulzije voskova

UBRZIVAČI OČVRŠĆIVANJA

- kalcijev klorid (CaCl_2) aluminijev i natrijev klorid (AlCl_3 , NaCl)
- aluminati, sulfati, karbonati, nitrati, urea, formaldehid

DODACI ZA BETONIRANJE NA NISKIM TEMPERATURAMA

- antifrizne tvari (NaCl , CaCl_2 , K_2CO_3 , urea)
- kombinacija antifriznih tvari i ubrzivača očvršćivanja

PROIZVOĐAČI KEMIJSKIH DODATAKA (ADITIVA)

- 1 KEM-GRAD d.o.o. Dugo Selo
- 2 DEGUSSA COSTRUCTION CHEMICAL HRVATSKA
d.o.o. Ludbreg
- 3 SICA CROATIA d.o.o. Zagreb-Lučko

Kem-grad d.o.o. proizvodi:

- **SUPER MEL**-superplastifikator za beton
- **LEIQUOL 2000** - superplastifikator nove generacije
- **ANTIMRAZIN**- dodatak za betoniranje pri niskim temperaturama
- **POL KG-X** - dodatak za betoniranje pri niskim temperaturama i ubrzivač vezanja
- **CONCRET L-BV 10** - plastifikator i sredstvo za vodonepropusnost
- **PLASTOAERANT A.E.A.**- aerant i plastifikator
- **POROCEL C3** -dodatak za pjenobetone
- **USPORIVAČ VZ** – dodatak za usporavanje vezanja betona

Predmet:
GRADIVA

Tema:
Beton – svježi beton

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

- **Beton** je umjetni građevni materijal dobiven miješanjem cementa, krupnog i sitnog agregata s vodom, sa ili bez kemijskih i mineralnih dodataka, koji očvršćuje hidratacijom cementa.
- **Zahtjevi na svježi beton:**
 - brza homogenizacija u miješalici
 - pokretljivost u transportu i pri ugradbi (bez unutrašnjih lomova mase), lagano zaobilaženje zapreka, kao armature, izbočina u oplati i ugrađenih elemenata,
 - stabilnost u pogledu homogenosti za vrijeme transporta, ubacivanja u oplatu i zbijanja, uključivo stabilnost na izdvajanje vode,

- što manja adhezija na kliznu oplatu odnosno cijev pumpe za transport betona,
 - što bolja adhezija na podlogu,
 - što bolja kompatibilnost,
 - plastičnost za završnu obradu.
-
- Pojmovi kojima se definiraju i mjere svojstva svježeg betona su:
 - obradljivost,
 - konzistencija,
 - izdvajanje vode,
 - segregacija,
 - vrijeme vezanja betona,
 - homogenost betonske mješavine
 - temperatura
 - sadržaj pora u svježem betonu.

ZAHTJEVANE OSOBINE SVJEŽEG I OČVRSNULOG BETONA ZADANE PROJEKTOM

- obradivost (konzistencija) svježeg betona (jedan od 4 razreda konzistencije, S_1 do S_4 ili V_1 do V_4)
- obujamski udio zraka u svježem betonu
- gustoća svježeg betona
- tlačna čvrstoća ($C = n_1/n_2$, $C = 40/50$)
- vlačna čvrstoća cijepanjem (R_{mc})
- otpornost na smrzavanje (F_1, F_2, F_4 , ili $MS_{18}, MS_{25}, MS_{35}$)
- otpornost na trošenje ($M_{DE}10$ do $M_{DE}35$)
- otpornost na sulfate ($AS_{0,2}, AS_{0,8}, AS_{1,0}$)
- maseni udio klorida u betonu ($Cl, 0,20$)

Kao dodatni zahtjevi mogu biti uvjetovani sljedeći podaci:

- poseban tip ili razred cementa (npr. niska toplina hidratacije)
- poseban tip ili razred agregata
- otpornost na smrzavanje (npr. obujamski udio zraka)
- temperatura svježeg betona
- prirast razvoja čvrstoća
- usporeno očvršćivanje
- vodonepropusnost
- otpornost na habanje
- otpornost na smrzavanje i soli za odmrzavanje
- vlažna čvrstoća cijepanjem

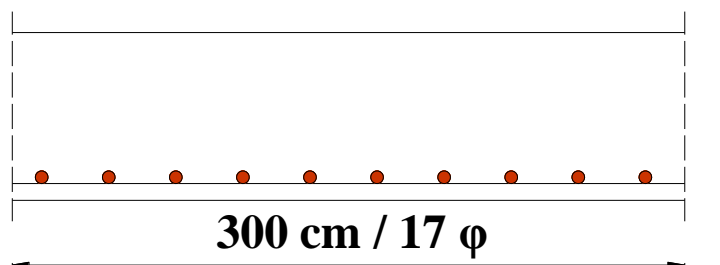
PROJEKTIRANJE SASTAVA BETONA

- Zahtjev tlačne čvrstoće za projektirani razred betona. Izbor razreda tlačne čvrstoće ovisi o tipu betonske konstrukcije i razredu izloženosti konstrukcije okolišu.
- Zahtjev trajnosti betona koji ovisi o razredu izloženosti betona okolišu, prema (TPBK) najmanje 50 godina.
- Zahtjev obradivosti svježeg betona. Izražava se jednim od 4 razreda konzistencije svježeg betona.

RAČUNSKI PRIMJER PRORAČUNA SASTAVA BETONSKE MJEŠAVINE (1....6.)

ZADATAK: Proračunajte sastav betona razreda tlačne čvrstoće C30/37 za betoniranje parkirališne ploče dimenzija 8 cm × 300 cm × 550 cm. Beton će se izraditi u mješalici volumena 0,5 m³. Beton će se izraditi s drobljenim agregatom. Udio pojedinih frakcija agregata proračunajte pomoću krivulje B.

$\varphi = 10 \text{ mm}$



8 cm

RAZREDI TLAČNE ČVRSTOĆE ZA OBIČAN I TEŠKI BETON

Razred tlačne čvrstoće	$f_{ck, valj}$ (N/mm ²)	$f_{ck, koc}$ (N/mm ²)
C 8 / 10	8	10
C 12 / 15	12	15
C 16 / 20	16	20
C 20 / 25	20	25
C 25 / 30	25	30
C 30 / 37	30	37
C 35 / 45	35	45
C 40 / 50	40	50
C 45 / 55	45	55
C 50 / 60	50	60
C 55 / 67	55	67
C 60 / 75	60	75
C 70 / 85	70	85
C 80 / 95	80	95
C 90 / 105	90	105
C 100 / 115	100	115

RAZREDI TLAČNE ČVRSTOĆE ZA LAGANI BETON

Razred tlačne čvrstoće	$f_{ck, valj}$ (N/mm ²)	$f_{ck, koc}$ (N/mm ²)
LC 8 / 9	8	9
LC 12 / 13	12	13
LC 16 / 18	16	18
LC 20 / 22	20	22
LC 25 / 28	25	28
LC 30 / 33	30	33
LC 35 / 38	35	38
LC 40 / 44	40	44
LC 45 / 50	45	50
LC 50 / 55	50	55
LC 55 / 60	55	60
LC 60 / 66	60	66
LC 70 / 77	70	77
LC 80 / 88	80	88

1. ZAHTJEV TLAČNE ČVRSTOĆE

Zadano: C30/37



$f_{ck, valj}$ – karakteristična tlačna čvrstoća valjka
150 mm x 300 mm nakon 28 dana

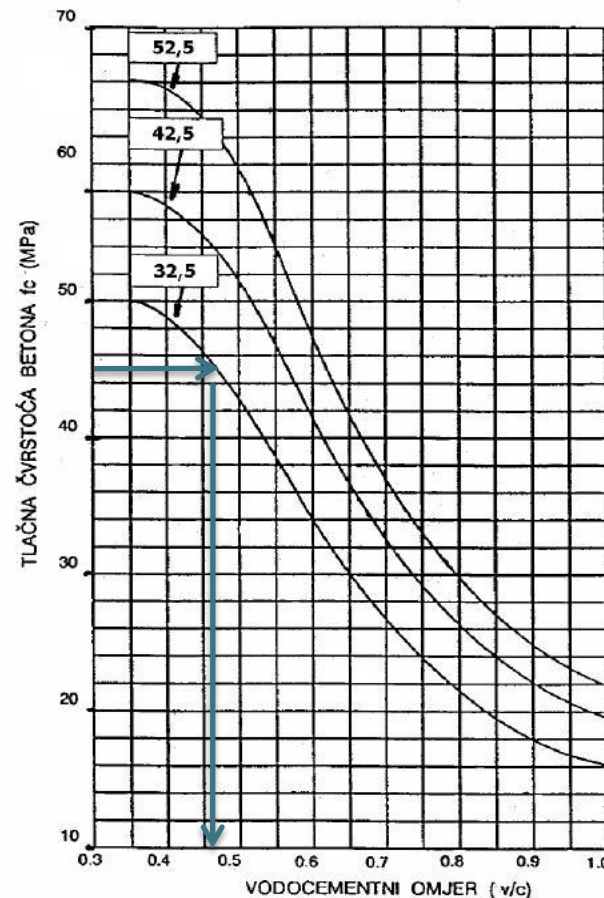
$f_{ck, koc}$ – karakteristična tlačna čvrstoća kocke brida
150 mm nakon 28 dana

Zahtjev: $f_{cm} > f_{ck} + (6 \text{ do } 12)$

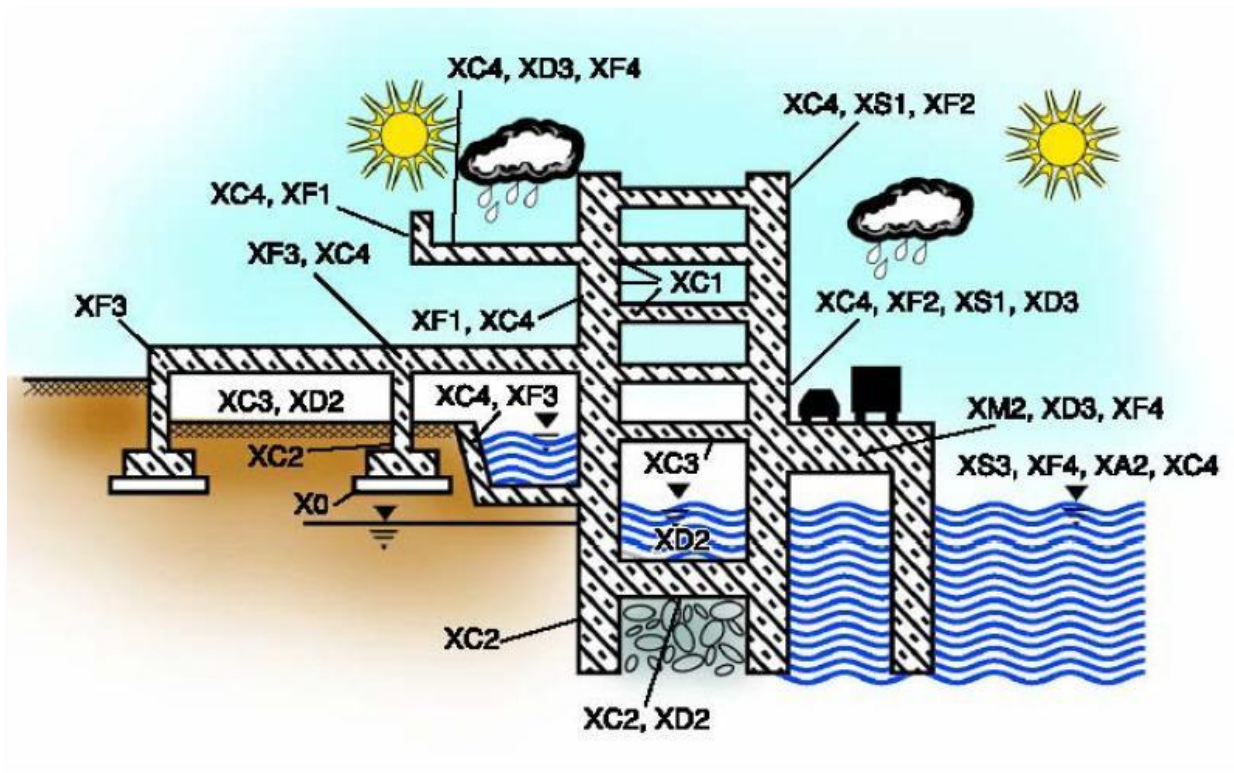
$$f_{cm} > 37 + 8 = 45 \text{ N/mm}^2$$

Očitani vodocementni omjer:
 $v/c = 0,46$ za odabrani razred
čvrstoće cementa 32,5.

Walzov dijagram -Prilog 1.



2. ZAHTJEV TRAJNOSTI



Razred	Opis okoliša	Informativni primjeri moguće pojave klasa izloženosti
1 Nema rizika korozije		
X0	Bez rizika djelovanja.	Elementi bez armature u neagresivnom okolišu (npr. nearmirani temelji koji nisu izloženi smrzavanju i odmrzavanju, nearmirani unutarnji elementi) Za beton s armaturom ili ugrađenim metalom: vrlo suho.
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom^a		
Kada je beton s armaturom ili drugim ugrađenim metalom izložen zraku i vlazi, izloženost treba svrstati u razrede kako slijedi:		
XC1	Suho ili trajno vlažno	Elementi u prostorijama obične vlažnosti zraka (uključujući kuhinje, kupaone, praonice rublja u stambenim zgradama); elementi stalno uronjeni u vodu
XC2	Vlažno, rijetko suho	Dijelovi spremnika za vodu; dijelovi temelja
XC3	Umjerena vlažnost	Dijelovi do kojih vanjski zrak ima stalni ili povremeni pristup (npr. zgrade otvorenih oblika, tipa-šed); prostorije s atmosferom visoke vlažnosti (npr. javne kuhinje, kupališta, praonice, vlažni prostori zatvorenih bazena za kupanje, ...)
XC4	Cikličko vlažno i suho	Vanjski betonski elementi izravno izloženi kiši; elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora		
Kada je beton, koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni materijal, u dodiru s vodom koja sadrži kloride, uključujući soli za odmrzavanje, koji nisu iz mora, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XD1	Umjerena vlažnost	Područja prskanja vode s prometnih površina; privatne garaže
XD2	Vlažno, rijetko suho	Bazeni za plivanje i kupališta; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže kloride
XD3	Cikličko vlažno i suho	Elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja ^{b)}
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode		
Kada je beton koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni metal u dodiru s kloridima iz morske vode ili solima iz mora nošenim zrakom, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XS1	Izložen solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Vanjski elementi u blizini obale
XS2	Stalno uronjeno	Stalno uronjeni elementi u lukama
XS3	U zonama plime i oseke i prskanja vode	Zidovi lukobrana i molova

5 Korozija uzrokovana smrzavanjem i odmrzavanjem sa ili bez sredstva za odmrzavanje		
Kada je beton izložen značajnom djelovanju smrzavanja i odmrzavanja u vlažnom stanju, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XF1	Umjereno zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Vanjski elementi
XF2	Umjereno zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morska voda	Područja prskanja vode s prometnih površina, sa sredstvom za odleđivanje (ali drugačije od onog za XF4); područje prskanja morskom vodom
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Otvoreni spremnici za vodu, elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morskom vodom	Prometne površine tretirane sredstvima za odmrzavanje; pretežno vodoravni elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja ^{b)} ; elementi u području morske plime; mjesta na kojima može doći do struganja u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije
6 Kemijska korozija ^{d)}		
Kada je beton izložen kemijskom djelovanju koje se javlja iz prirodnog tla i podzemne vode kako je dano u tablici 2-2, klase izloženosti treba klasificirati kako dolje slijedi. Klasifikacija morske vode ovisi o geografskoj lokaciji, pa treba primijeniti klasifikacije važeće na mjestu korištenja betona.		
XA1	Slabo kemijski agresivna okolina	Spremnici u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije, spremnici tekućih umjetnih gnojiva
XA2	Umjereno kemijski agresivni okoliš	Betonski elementi u dodiru s morskom vodom; elementi u agresivnom tlu
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš	Kemijski agresivne vode u postrojenjima za tretiranje otpadnih voda; spremnici za silažu i korita (žljebovi) za hranjenje životinja; rashladni tornjevi s dimnjacima za odvođenje dimnih plinova
7 Beton izložen habanju		
XM1	Umjereno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu vozila s pneumatskim gumama na kotačima
XM2	Znatno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim ili tvrdim gumama na kotačima
XM3	Ekstremno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim gumama ili čeličnim kotačima; hidrauličke konstrukcije u vrtložnim (uzburkanim) vodama (npr. bazeni za destilaciju); površine izložene prometu gusjeničara

- Očitano iz Priloga 3:
 Parkirališna ploča → odabrano: XF4
 Opis okoliša: jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje.
 Potrebno dodati AERANT u količini od 0,5 % na masu cementa.
- Iz Priloga 4. se očitaju i sljedeće vrijednosti:

Razred izloženosti	Maksimalni i v/c omjer	Min. razred čvrstoće	Min.količina cementa (kg/m ³)	Min.količina zraka (%)
XF4	0,45	C30/37	340	4

- Debljina zaštitnog sloja betona za zaštitu armature s obzirom na razred izloženosti (Prilog 8.)

RAZRED IZLOŽENOST I	NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA BETONA $C_{min.}$ (mm)	DOPUŠTENA ODSTUPANJA Δc (mm)
XC1	20	10
XC2	35	
XC3	35	
XC4	40	
XD1	55	15
XD2		
XD3		
XS1		
XS2		
XS3		

- Numerički granulometrijski sastav agregata (zadan ili dobiven prethodnim proračunom)

Frakcij a	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
0-4	8	12	26	36	68	98	100	100
4-8	-	-	-	-	3	12	93	100
8-16	-	-	-	-	-	2	14	95

Zadana krivulja B, i $D_{max} = 16 \text{ mm}$ $B = \sqrt{\frac{d}{d_m}}$

B16	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
%	8,7	12,5	17,7	25	35,4	50	70,7	100

- Sustavi jednažbi:

$$98X_1 + 12X_2 + 2X_3 = 50$$

$$100X_1 + 93X_2 + 14X_3 = 70,7$$

$$100X_1 + 100X_2 + 95X_3 = 100$$

- Rješenja:

$$X_1 = 0,47 \approx 47\%$$

$$X_2 = 0,18 \approx 18\%$$

$$X_3 = 0,35 \approx 35\%$$

- Kumulativni granulometrijski sastav agregata

Frakcij a	%	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
0-4	47	3,8	5,6	12,2	16,9	31,9	46,1	47	47
4-8	18	-	-	-	-	0,5	2,2	16,7	18
8-16	35	-	-	-	-	-	0,7	4,9	33,3
SUMA	100	3,8	5,6	12,2	16,9	32,4	49,0	68,6	98,3

- Nacrtati krivulje prosijavanja (numerički granulometrijski sastav, krivulju B i sumarnu krivulju iz kumulativnog sastava).

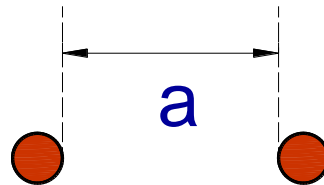
- Agregat - odabir Dmax

$$D_{\max} = d_m + (d_m - d_{m-1}) \times \frac{x_{m+1} - x_m}{x_m - x_{m-1}}$$

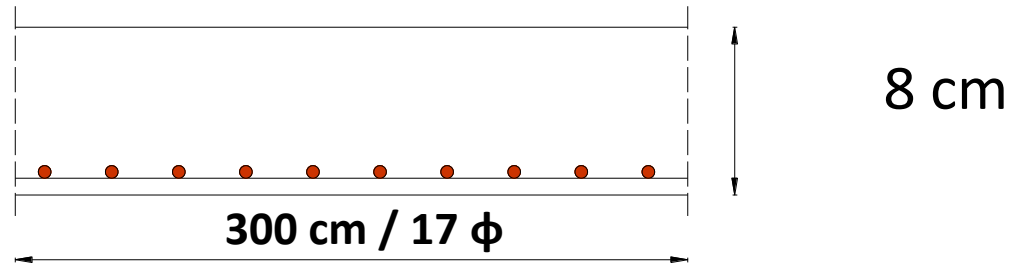
1. $D_{\max} \leq 1/4$ min. širine presjeka (1/3 debljine ploče)

2. $D_{\max} \leq 1,25 \times a \dots\dots a$

a...minimalni horizontalni razmak šipki armature



$\phi = 10 \text{ mm}$



$$1. D_{\max} \leq \frac{1}{3} \times d = \frac{1}{3} \times 80 = 26,67 \text{ mm}$$

$$2. D_{\max} \leq 1,25 \times a = 1,25 \times \left(\frac{3000}{16} - 10 \right) = 221,88 \text{ mm}$$

Odabrano: $D_{\max} = 16 \text{ mm}$

3. ZAHTJEV OBRADLJIVOSTI

- Odabir konzistencije slijeganjem (Prilog 5.)

Tip konstrukcije	Transportna sredstva	Konzistencija – slijeganje (mm)
Slabo armirani ili nearmirani temelji	Trake, specijalne posude	10-50
Armirani temelji, zidovi, ploče nosači i stupovi	Pumpa, posuda na kranu	60-120
Jako armirane ploče nosači i stupovi	Pumpa, posuda na kranu	80-160
Kolničke ploče, industrijski podovi	Trake, kamioni	10-50
Betoniranje pod vodom	Pumpe cijevi	120-180
Masivni hidrotehnički beton	Trake, kamioni, silobusi	10-50
Zalijevanje sidara, podlijevanje ploča	Posude	130-200

- Očitani zahtjev obradljivosti iz Priloga 6:

Razred	Slijeganje (mm)	Dopuštena odstupanja (mm)
S ₁	Od 10 do 40	±10
S ₂	Od 50 do 90	±20
S ₃	Od 100 do 150	±30
S ₄	Od 160 do 210	±30
S ₅	> 220	

- Očitamo koliko je potrebno litara vode za 1m³ svježeg betona iz Priloga 9. u ovisnosti o maksimalnom zrnu, tipu agregata i zadanoj graničnoj krivulji i konzistenciji slijeganjem:

LITARA VODE ZA 1m ³ SVJEŽEG BETONA						
Granična linija	Drobljeni agregat			Riječni agregat		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
A 63	120	145	160	95	125	140
A 32	130	155	175	105	135	150
A 16	140	170	190	120	155	175
A 8	155	190	210	150	185	205
B 63	135	160	180	115	145	165
B 32	140	175	195	130	165	185
B 16	150	185	205	140	180	200
B 8	175	205	225	170	200	220
C 63	145	180	200	135	175	190
C 32	165	200	220	160	195	215
C 16	185	215	235	175	205	225
C 8	200	230	250	185	215	235

- Količina mikropora uvučenog ili zahvaćenog zraka u odnosu na najveću frakciju agregata (Prilog 7.)

Najveća frakcija agregata (mm)	Količina pora (%)	
	Uvučeni zrak (aerirani beton)	Zahvaćeni zrak (neaerirani beton)
32-64	2-3	0,4
16-32	3-5	1,5
8-16	5-7	2,5
4-8	7-10	2-3

Odabrano iz zahtjeva 1., 2. i 3.:

- Iz zahtjeva čvrstoće: $v/c = 0,46$
 - Iz zahtjeva trajnosti: $v/c = 0,45$
- } Odabrati manji v/c
- Iz zahtjeva trajnosti: minimalna količina cementa 340 kg/m^3
 - $D_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$
 - Beton mora biti otporan na smrzavanje pa dodajemo aeranta 0,5% od mase cementa (m_{cem})
 - Količina pora 6% (aerirani beton-uvučeni zrak)

- Konzistencija slijeganjem – 10-50 mm
- Razred konzistencije: S1
- B16, drobljeni agregat, S1 → iz zahtjeva obradljivosti:
masa vode za 1m³ betona – 150 l
- Drobljeni agregat: $\rho=2,75 \text{ kg/dm}^3$
- Cement: $\rho=2,90 - 3,15 \text{ kg/dm}^3$ (ovisno o vrsti cementa)
- Voda: $\rho=1,0 \text{ kg/dm}^3$
- Aerant: $\rho=1,0 - 1,1 \text{ kg/dm}^3$

4. PRORAČUN SASTAVA BETONA

Svježi beton

Komponenta	Masa (kg)	Gustoća (kg/dm ³)	Volumen (dm ³)
Cement (min. 340 kg)	(333,33) 340	3,07	110,7
Voda	150	1,0	150,0
v/c = 0,45	-	-	-
Zrak 6%	-	-	60
Aerant 0,5%	1,7	1,1	1,55
Agregat	1863,8	2,75	677,75
Ukupno	2355,5	2,36	1000

$$① \frac{v}{c} = 0,45 \rightarrow \frac{150}{m_{cem}} = 0,45 \rightarrow m_{cem} = 333,33 \text{ kg}$$

$$② \rho_{cem} = \frac{m_{cem}}{V_{cem}} \rightarrow V_{cem} = \frac{m_{cem}}{\rho_{cem}} \rightarrow V_{cem} = \frac{340}{3,07} = 110,7 \text{ dm}^3$$

$$3 \quad \rho_{vode} = \frac{m_{vode}}{V_{vode}} \rightarrow V_{vode} = \frac{m_{vode}}{\rho_{vode}} \rightarrow V_{vode} = \frac{150}{1,0} = 150 dm^3$$

$$4 \quad V_{zraka} = 6\% \times V_{ukupni} = \frac{6}{100} \times 1000 = 60 dm^3$$

$$5 \quad \rho_{aer} = \frac{m_{aer}}{V_{aer}} \rightarrow V_{aer} = \frac{m_{aer}}{\rho_{aer}} \rightarrow V_{aer} = \frac{1,7}{1,1} = 1,55 dm^3$$

$$6 \quad V_{ukupno} = V_{agregata} + V_{cementa} + V_{vode} + V_{aeranta} + V_{zraka}$$

$$V_{agregata} = V_{ukupno} - (V_{cementa} + V_{vode} + V_{aeranta} + V_{zraka})$$

$$V_{agregata} = 1000 - (340 + 150 + 1,55 + 60)$$

$$V_{agregata} = 677,75 dm^3$$

$$7 \quad m_{agregata} = V_{agregata} \times \rho_{agregata}$$

$$m_{agregata} = 677,75 \times 2,75 = 1863,8 kg$$

8 $m_{ukupno} = \sum m_i = 340 + 150 + 1,7 + 1863,8 = 2355,5 \text{ kg}$

9 $\rho_{betona} = \frac{m_{ukupno}}{V_{ukupno}} = \frac{2355,5}{1000} = 2,36 \text{ kg} / \text{dm}^3$

- Zadani volumen mješalice: $0,5 \text{ m}^3$

Komponenta	Masa za 1000 dm^3 betona (kg)	Masa za $0,5 \text{ m}^3$ betona (kg)
Cement	340	170
Voda	150	75
v/c=0,45	-	-
Zrak 6%	-	-
Aerant 0,5%	1,7	0,85
Agregat	1863,8	931,9
Ukupno	2355,5	1177,5

5. KOREKCIJA MASE AGREGATA ZA APSORPCIJU I VLAŽNOST

$m_a = 931,9 \text{ kg}$

Frakcij a	Masa zps		– ApSORPCIJA		+ Vlažnost		Korigirana masa agregata
	%	kg	%	kg	%	kg	
0-4	47	437,99	– 1,4	→ 6,13	+ 4,5	→ 19,7	→ 451,56
4-8	18	167,74	1,2	2,01	3,0	5,03	170,76
8-16	35	326,17	1,1	3,59	2,1	6,85	329,43
Ukupno	100	931,90	–	→ 11,73	+	→ 31,58	→ 951,75

Korigirana voda $\longrightarrow 75 + 11,73 - 31,58 = 55,15$ litara

6. UKUPNE KOLIČINE

- Volumen ploče: $0,08 \times 3,0 \times 5,5 = 1,32 \text{ m}^3$
- Broj potrebnih miješanja: $1,32 / 0,5 = 2,64 \approx 3$ puta
- Cement: $170 \times 3 = 510 \text{ kg}$
- Voda: $55,15 \times 3 = 165,45 \text{ l}$
- Aerant: $0,85 \times 3 = 2,55 \text{ l}$
- Agregat
 - frakcija 0-4: $451,56 \times 3 = 1354,68 \text{ kg}$
 - frakcija 4-8: $170,76 \times 3 = 512,28 \text{ kg}$
 - frakcija 8-16: $329,43 \times 3 = 988,29 \text{ kg}$

UTJECAJ TEMPERATURE SASTOJAKA NA TEMPERATURU MJEŠAVINE BETONA

$$T_b = \frac{c_a(m_a \cdot T_a + m_c \cdot T_c) + c_v \cdot m_v \cdot T_v}{c_a(m_a + m_c) + c_v \cdot m_v} \quad (^\circ\text{C})$$

T_b - temperatura svježe betonske mješavine

m_a , m_c i m_v - mase agregata, cementa i vode

T_a , T_c i T_v - temperatura agregata, cementa i vode

c_a -specifični toplinski kapacitet agregata i cementa = 0,84 do 0,90 kJ/(kg $^\circ$ C)

c_v -specifični toplinski kapacitet vode = 4,20 kJ/(kg $^\circ$ C)



Kraj!