

Uslovi za nosive konstrukcije kod betonskih mostova

Redosljed aktivnosti pri projektovanju mostova

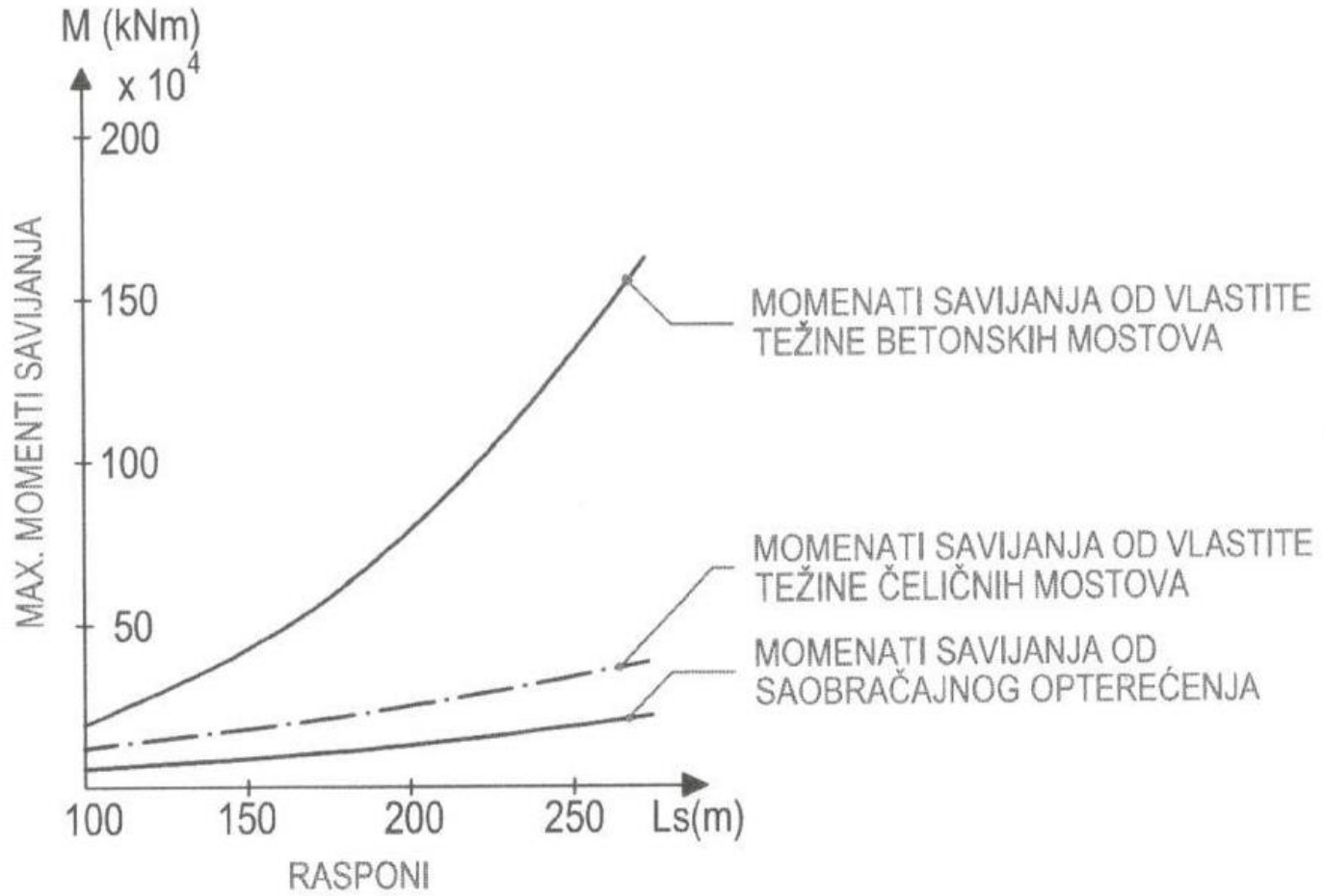
Karakteristike materijala:

- **betona,**
- **betonskog čelika**
- **visokovrijednih čelika za prednaprezanje**

Redosljed aktivnosti na izradi projekta mosta

1	PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE	Studija svih izrađenih podloga
2	PROJEKTNI ZADATAK	Studija uslova i obaveza projektanta koje su sadržane u projektnom zadatku
3	STUDIJA OSNOVNIH DISPOZICIJSKIH ELEMENATA	Ukupna dužina, visina, niveleta mosta, gabariti pod i nad objektom, odnos između objekta i saobraćajnice te objekta i prepreke
4	STUDIJA MOGUĆIH SISTEMA I ODREĐIVANJE ODGOVARAJUĆIH NOSIVOG SISTEMA	Gredni, okvirni, lučni, viseći, sa kosim zategama, kombinovani
5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ANALIZA VARIJANTI IZABRANOG NOSIVOG SISTEMA ▪ IZBOR RASPONA I UKUPNE DUŽINE OBJEKTA 	Kod jednog ili više izabranih statičkih sistema kombinuju se rasponi, ukupna dužina, položaj stubova.
6	IZBOR MATERIJALA ZA NOSIVU KONSTRUKCIJU	Armirani beton, prednapregnuti beton, čelik, spregnuti presjeci
7	ANALIZA I IZBOR TEHNOLOGIJE GRAĐENJA	Gradnja „in situ“, montažno-monolitni postupci, potiskivanje, slobodna konzolna gradnja

8	KONSTRUISANJE POPREČNOG PRESJEKA RASPONSKE KONSTRUKCIJE	Konstruiše se u skladu sa izabranim materijalom, tehnologijom gradnje, statičkim sistemom i rasponima objekta
9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ KONSTRUISANJE UPORNJAKA I STUBOVA ▪ STUDIJA DUBINE I VRSTE TEMELJENJA 	Za izabrani položaj upornjaka i stubova konstruišu se stubovi i bira način temeljenja
10	STATIČKA ANALIZA NOSIVE KONSTRUKCIJE	Analiziraju se kritični presjeci rasponske konstrukcije, stubova, spoja temelja sa tlom i nosivost šipova (bunara)
11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OPREMA MOSTA ▪ RJEŠENJE VEZE IZMEĐU OBJEKTA I SAOBRAĆAJNICE ▪ UREĐENJE PROSTORA UZ MOST 	<p>Izbor ležišta, dilatacija, pješačke staze, vijenaca, izolacije kolovoza, odvodnjavanja.</p> <p>Veza između objekta i tijela puta.</p> <p>Uređenje prostora oko objekta</p>
12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ANALIZA KOLIČINA MATERIJALA I CIJENA ZA VARIJANTNA RJEŠENJA ▪ IZBOR VARIJANTE 	Analiza količina i cijene glavnih materijala za rasponsku konstrukciju i stubove (beton, armatura, kablovi, čelik, šipovi) bez opreme i drugih dijelova koji su isti kod svih varijanti



Dijagram maksimalnih momenata savijanja betonskih i čeličnih mostova u funkciji od raspona

Terenska ispitivanja tla

Terenska istraživanja obično se sastoje od geotehničkih bušotina i seizmogeoloških ispitivanja. Općenito se preporuča sljedeći broj i raspored bušotina:

- Za mostove do 30 m, po jedna bušotina dubine 10 m ispod svakog upornjaka i eventualno jedna u sredini;
- Za mostove 30-100 m po jedna bušotina dubine 10-15 m kod svakog upornjaka i bar jedna u sredini;
- Za mostove dulje od 100 m po jedna bušotina kod svakog stupa i po dvije kod svakog upornjaka (ako je nepoznat položaj stupova i upornjaka, bušotine je potrebno postavljati na razmaku 15-20 m);

Terenska ispitivanja tla

Seizmogeološka ispitivanja obično se provode duž trase mosta, i sa rezultatima iz bušotina daju geološku sliku terena na kojem se most gradi. Ako geološki sastav tla nije u potpunosti jasan, tada treba povećati broj i dubinu bušotina. Pri tome je potrebno u nosivi sloj tla ući bar 3 m, a u liticu u predjelima krša bar 4 m.

Geotehničkim ispitivanjima potrebno je definirati parametre nosivog tla kao što su:

- Nosivost tla,
- Slijeganje,
- Vodopropusnost,
- Vodostaj podzemne ili nadzemne vode,
- Prirodna vlažnost tla,
- Sposobnost upijanja vode,
- Zapreminska težina,
- Sastav zrnatosti,
- Granicu plastičnosti,
- Adheziju, koheziju i unutrašnje trenje, itd.

Jedan od osnovnih parametara koje ova istraživanja trebaju ispitati je veličina slijeganja temeljnog tla. Različiti sustavi konstrukcija su različito osjetljivi na slijeganje, pa je veličina slijeganja je direktno vezana za odabir konstruktivnog sustava mosta.

Karakteristike materijala

Na izbor materijala utiče:

- koinstruktivni sistem
- dužina mosta i rasponi nosive konstrukcije
- cijena troškova izvođenja radova na određenoj lokaciji

Za izabrani materijal treba definisati u projektu njegova svojstva u zavisnosti od uslova okruženja u kojem se objekat nalazi.

Uobičajena praksa kod projektovanja betonskih mostova je:

- Stubovi se grade od AB bez obzira od kojeg je materijala rasponska konstrukcija;
- Rasponske konstrukcije, kod mostova grednog i ramovskog konstruktivnog sistema, sagrađene su od AB, PN betona ili je riječ o spregnutim konstrukcijama;
- upotreba čelične rasponske konstrukcije je racionalna tek za raspone mostova veće od 150 m;
- Za mostove od AB u cilju smanjenja poprečnog presjeka, a time i sopstvene težine RK, rasponska konstrukcija se projektuje od PN betona.

Beton - sastav

- Voda
 - Bez hlorida i sulfata
 - Pijaća voda
- Agregat
 - Petrografski sastav
 - Rečni šljunak
 - Izbegavati agregat koji ima mikašista
 - Granulometrijska kriva
- Vodo-cementni faktor
 - Utiče na gotovo sve osobine betona

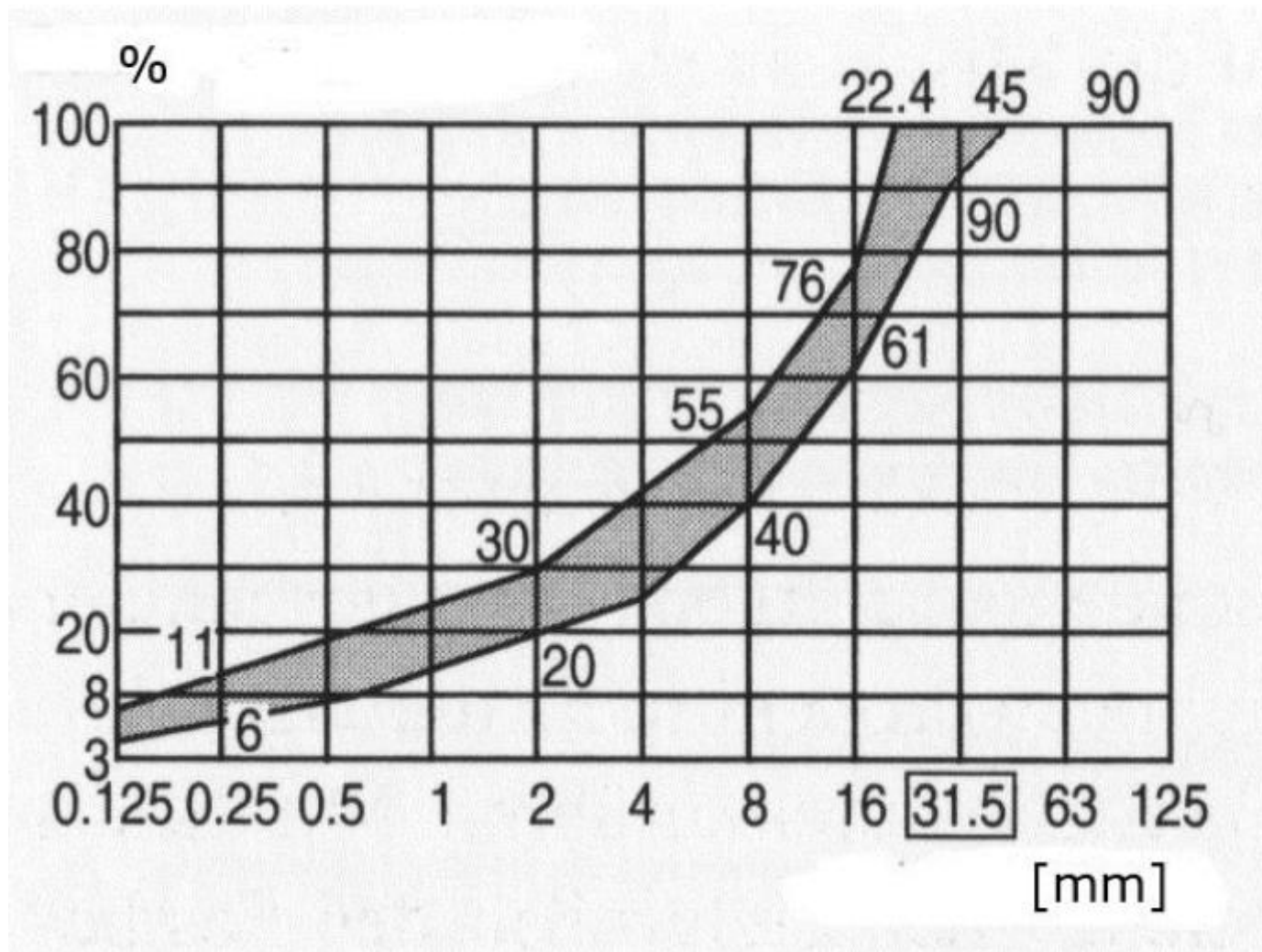


Назив	Ознака
Портланд цемент	CEM I
Портланд цемент са додатком згуре	CEM II/A-S
	CEM II/B-S
Портланд цемент са додатком пуцолана	CEM II/A-P
	CEM II/A-Q
	CEM II/B-P
	CEM II/B-Q
Портланд композитни цемент	CEM II/A-M
	CEM II/B-M
Металуршки цемент	CEM III/A
	CEM III/B
	CEM III/C
Пуцолански цемент	CEM IV/A
	CEM IV/B
Композитни цемент	CEM V/A
	CEM V/B

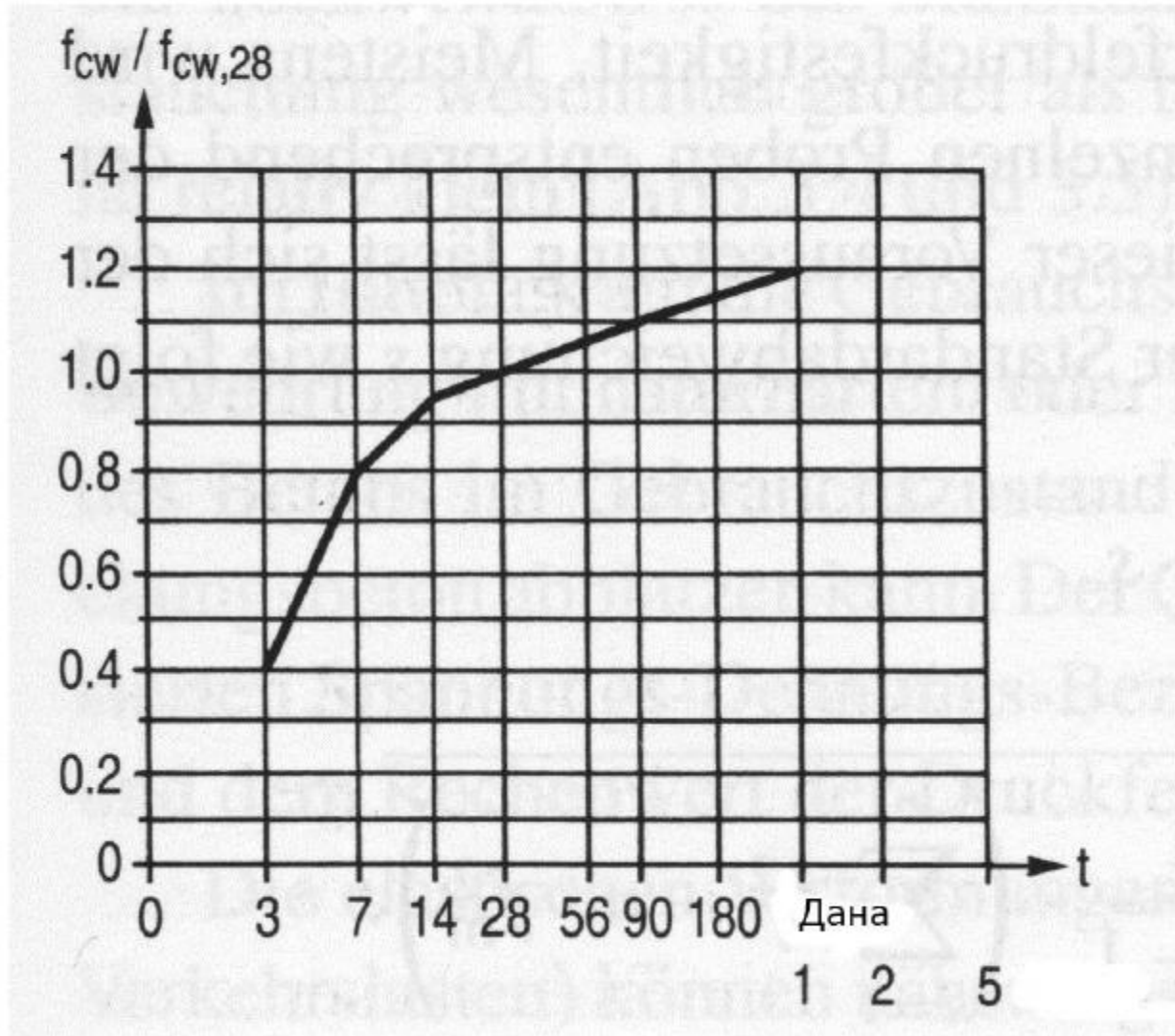
Легенда уз табелу:

- **A** - учешће додатака од 6-20%
- **B** - учешће додатака 21-35%
- **C** - учешће додатака згуре 81-95%
- **L** - кречњак
- **M** - мешани додаток пуцолана и згуре
- **P** - природни пуцолан
- **Q** - активирани пуцолани
- **S** - згура високих пећи
- **V** - силикатни летећи пепео
- **W** - карбонатни летећи пепео

Granulometrijska kriva



Očvršćavanje betona



Oštećenje betnskih mostova u zavisnosti od uslova u okruženju

Betonske konstrukcije

- Mehanizmi i utjecaji na propadanje armiranobetonskih konstrukcije su *brojni* i *vrlo različiti*
- Osnovni:
 1. Korozija armature → razaranje armature
 2. Alkalno-agregatna reakcija
 3. Kemijska djelovanja
 4. Proces smrzavanja i odmrzavanja

} razaranje betona
- Zajedničko – osnovni uzročnici ili podloge koje ih pospješuju su *VODA* i *SOL*

Betonske konstrukcije



- Neophodna za nastupanje većine mehanizama razaranja, izuzev:
 - izravnih udara
 - mehaničkih oštećenja
 - oštećenja zbog diferencijalnog slijeganja oslonaca
 - oštećenja uslijed temperaturnih promjena
- Njena prisutnost uvišestručuje posljedice mehanizama razaranja za čiji nastanak voda nije neophodna

Betonske konstrukcije

VODA

- Bitno je razlikovati:
 - Stalno umočene konstrukcije
(npr. temelji u rijekama ili moru)
 - Jednostrano umočene konstrukcije
(npr. rezervoari)
 - Povremeno ali često močene konstrukcije (zona plime i oseke, djelovanje valova, izloženost oborinskim vodama i sl.)

- Voda može biti:
 - Čista
 - Saturirana različitim sastojcima
(npr. soli iz mora, od posipanja ceste i sl.)

Betonske konstrukcije

SOL

- Kloridi – najrazorniji obzirom na svojstva AB konstrukcija \Rightarrow iniciraju intenzivnu koroziju čelika za armiranje
- Sol s alkalno-metalnim ionima (Na^+ , K^+) \Rightarrow povećana opasnost od alkalno-silikatne reakcije
- Sol ima higroskopska obilježja, veže vlagu \Rightarrow element zagađen solju teže se isušuje \Rightarrow teško, gotovo nemoguće očistiti beton od soli

Betonske konstrukcije

KEMIJSKA DJELOVANJA

- KISELINE (kisele kiše, plinovi iz kanalizacijske cijevi)
 - Reakcija s cementnom pastom ⇒ razaranje mikrostrukture očvrslog cementa ⇒ povećanje propusnosti betona
- SULFATI
 - Reakcije sulfata (u podzemnim i industrijskim otpadnim vodama) s ionima kalcija i aluminija
- ALKALIJE
 - Razorno djelovanje alkalija posljedica je reakcije alkalija i silikatnih agregata ⇒ ekspanzija ⇒ mrežaste pukotine

SANACIJA

UKLANJANJE I ZAŠTITA OŠTEĆENOG BETONA
I PROVOĐENJE POVRŠINSKE ZAŠTITE

Betonske konstrukcije

SMRZAVANJE I ODMRZAVANJE

- Ponavljanje ciklusa \Rightarrow voda sadržana u strukturi betona pretvara se u led \Rightarrow ekspanzija (povećanje volumena $\approx 9\%$) \Rightarrow pri kritičnoj saturaciji sile koje premašuju vlačnu čvrstoću betona
- Na površini betona: odvajanje ljuštenje, raspucavanje \Rightarrow gubitak čvrstoće i nosivosti
- Uporaba soli za odleđivanje: sniženje ledišta, povećanje sadržaja vode u porama \Rightarrow pojačano razorno djelovanje

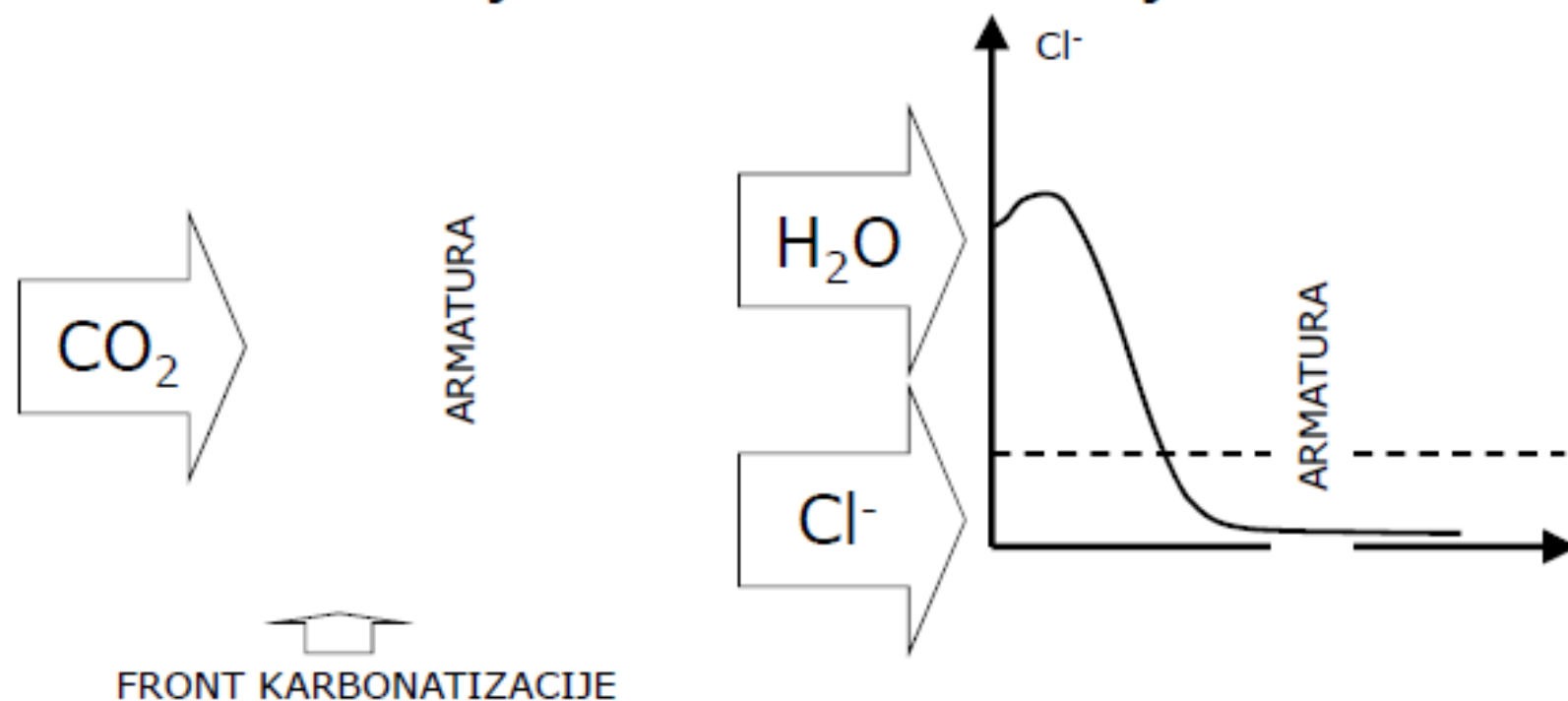
MJERE ZA
SPREČAVANJE

- UVLAČENJE ZRAKA
- AGREGATI OTPORNI NA SMRZAVANJE
- NIZAK VODOCEMENTNI OMJER
- POVRŠINSKA ZAŠTITA HIDROFOBNIH SVOJSTAVA

KOROZIJA ARMATURE –glavni uzrok propadanja AB konstrukcija

□ Karbonatizacija

□ Penetracija klorida



UZROKUJE

- Smanjenje poprečnog presjeka armature
- Otpadanje zaštitnog sloja betona

Beton

**Označavanje svježeg betona prema
standardu EN 206-1: 2006**

Primjer označavanja: **C 30/37; XC4; S3; CI0,10; D_{max} 16**

C 30/37 – klasa čvrstoće betona na pritisak

XC4; - klasa izloženosti

S3 – klasa konzistencije

CI0,10 – klasa sadržaja hlorida

D_{max} 16 – klasa prema maksimalnom zrnu agregata

1) Prva oznaka C 30/37 – čvrstoća betona na pritisak

Kod mostova se uobičajeno upotrebljavaju sljedeće klase čvrstoće na pritisak:

C 8/10, C 12/15, C 16/20, C 20/25, C 25/30, C 30/37, C 35/45, C 40/50, C 45/55, C 50/60

Prva vrijednost je čvrstoća na pritisak na probnom tijelu oblika cilindra $\phi 150$ mm visine 300 mm (izražena u MPa), a druga vrijednost je čvrstoća na pritisak na probnom tijelu oblika kocke strane 150 mm.

Treba imati na umu da se u PBAB'87 čvrstoća na pritisak definiše na probnom tijelu oblika kocke strane 200mm. Odnos čvrstoće na pritisak između različitih probnih tijela definisan je u članu 20. PBAB'87.

Što znači da drugi broj se ne može izjednačiti sa MB. Marka betona je nešto niža. Za C30/37 odgovara nešto niža marka betona MB 36.

За класификацију бетона према његовој чврстоћи при притиску, примењују се табела 7 за бетоне нормалне тежине и тешке бетоне, или табела 8 за лаке бетоне. За ову класификацију могу бити коришћене карактеристична чврстоћа при притиску цилиндра пречника 150 mm и висине 300 mm после 28 дана ($f_{ck,cyl}$) или карактеристична чврстоћа при притиску коцке ивица 150 mm ($f_{ck,cube}$), после 28 дана.

Табела 7 — Класе чврстоће при притиску за бетон нормалне тежине и тешки бетон

Класа чврстоће при притиску	Минимална карактеристична чврстоћа цилиндра $f_{ck,cyl}$ N/mm ²	Минимална карактеристична чврстоћа коцке $f_{ck,cube}$ N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Табела 8 — Класе чврстоће при притиску за лаки бетон

Класа чврстоће при притиску	Минимална карактеристична чврстоћа цилиндра $f_{ck,cyl}$ N/mm ²	Минимална карактеристична чврстоћа коцке ^{a)} $f_{ck,cube}$ N/mm ²
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

a) Друге вредности могу бити коришћене ако је однос између њих и референтних чврстоћа цилиндра успостављен са довољном тачношћу и ако је документован.

Табела 9 — Класификација лаког бетона према запреминској маси

Класа запреминске масе	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Опсег запреминске масе kg/m ³	≥ 800 и ≤ 1 000	> 1 000 и ≤ 1 200	> 1 200 и ≤ 1 400	> 1 400 и ≤ 1 600	> 1 600 и ≤ 1 800	> 1 800 и ≤ 2 000

Primjer označavanja: C 30/37; **XC4**; S3; Cl0,10; D_{max} 16

2) Druga oznaka je **XC4** – klasa izloženosti

Trajnost konstrukcija je zavisna od inteziteta djelovanja hemijskih agenasa, klimatskih uslova i funkcije određenog objekta ili pojedinog konstruktivnog elementa.

X0 – za nearmirani beton i okruženje bez smrzavanja, u vrlo suvim uslovima okruženja. Nema hemijskog djelovanja niti abrazije.

Korozija koja nastaje usljed karbonizacije

XC1 – uslovi suvog ili stalno vlažnog okruženja

XC2 – vlažno, rijetko suvo okruženje

XC3 – umjereno vlažna okolina

XC4 – uslovi okruženja se mijenjaju – naizmjenično vlažno i suvo okruženje

Primjer označavanja: C 30/37; **XC4**; S3; Cl0,10; D_{max} 16

2) Druga oznaka je **XC4** – klasa izloženosti

Trajnost konstrukcija je zavisna od inteziteta djelovanja hemijskih agenasa, klimatskih uslova i funkcije određenog objekta ili pojedinog konstruktivnog elementa.

X0 – za nearmirani beton i okruženje bez smrzavanja, u vrlo suvim uslovima okruženja. Nema hemijskog djelovanja niti abrazije.

Korozija koja nastaje usljed karbonizacije

XC1 – uslovi suvog ili stalno vlažnog okruženja

XC2 – vlažno, rijetko suvo okruženje

XC3 – umjereno vlažna okolina

XC4 – uslovi okruženja se mijenjaju – naizmjenično vlažno i suvo okruženje

Korozija koja nastaje usljed dejstva hlorida koji nisu iz mora

XD1 – umjereno vlažno okruženje

U ovu klasu se svrstavaju površine AB izložene hloridima u vazduhu

XD2 – vlažno, rijetko suvo okruženje

U ovu klasu se svrstavaju površine AB izložene otpadnim vodama iz industrije koja sadrži hloride

XD3 – naizmjenično vlažno i suvo okruženje

U ovu klasu se svrstavaju površine AB izložene neposrednom djelovanju hlorida (solima za otapanje leda).

Primjer: slana voda sa kolovoza

Korozija koja nastaje usljed dejstva soli i hlorida iz mora

XS1 – okolina uz more, izloženost solima iz vazduha

XS2 – okolina povremenog djelovanja mora
(djelovi konstrukcija koje se nalaze u moru)

XS3 – okolina stalnog djelovanja mora
Zona plime i osjeke, kao i zona zapljuskivanja morskim talasima.

Korozija koja nastaje usljed djelovanja smrzavanja i odmrzavanja sa ili bez soli za odmrzavanje

XF1 – umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje.

Primjer: U ovu klasu se svrstavaju vertikalne površine betona izložene atmosferskim uticajima.

XF2 – umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje

Primjer: U ovu klasu se svrstavaju vertikalne površine saobraćajnih objekata izloženih smrzavanju i solima za odmrzavanje.

XF3 – visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje

Primjer: Horizontalne površine izložene kiši i smrzavanju.

XF4 – visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje

Primjer: Kolovozne površine, elementi u zoni izloženosti plimi i osjeci, zapljuskivanju talasima i smrzavanju.

XA1, XA2 i XA3 Korozija koja nastaje usljed hemijskih sastojaka

Табела 2 — Граничне вредности хемијске агресивности природног тла и подземне воде за поједине класе изложености

Хемијске карактеристике	Одговарајућа метода испитивања	XA1	XA2	XA3
Следећа класификована хемијска агресивност средине базирана је на тлу и подземним водама са температурама између 5 °C и 25 °C и довољно ниским брзинама воде, које приближно одговарају статичким условима. Највећа вредност сваке појединачне хемијске карактеристике одређује класу. Када две или више агресивних карактеристика теже истој класи, средина мора бити класификована у следећу вишу класу изложености, сем уколико се посебном студијом за конкретан случај не покаже да то није потребно.				
Подземна вода				
SO ₄ ²⁻ mg/L	EN 196-2	≥ 200 и ≤ 600	> 600 и ≤ 3 000	> 3 000 и ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 и ≥ 5,5	< 5,5 и ≥ 4,5	< 4,5 и ≥ 4,0
Агресивни CO ₂ mg/L	prEN 13577:1999	≥ 15 и ≤ 40	> 40 и ≤ 100	> 100, до засићења
NH ₄ ⁺ mg/L	ISO 7150-1 или ISO 7150-2	≥ 15 и ≤ 30	> 30 и ≤ 60	> 60 и ≤ 100
Mg ²⁺ mg/L	ISO 7980	≥ 300 и ≤ 1 000	> 1 000 и ≤ 3 000	> 3 000, до засићења
Тло				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{а)} укупно	EN 196-2 ^{б)}	≥ 2 000 и ≤ 3 000 ^{в)}	> 3 000 ^{в)} и ≤ 12 000	> 12 000 и ≤ 24 000
Киселост mL/kg	DIN 4030-2	> 200 Бауман Гали	Није забележено у пракси	
а) Глинено земљиште са пропустљивошћу испод 10 ⁻⁵ m/s може бити померено у нижу класу.				
б) Метода испитивања прописује екстракцију SO ₄ ²⁻ помоћу хлороводоничне киселине; алтернативно, може бити коришћена и екстракција воде, ако постоји одговарајуће искуство у месту употребе бетона.				
в) Граница од 3 000 mg/kg мора бити смањена на 2 000 mg/kg, ако постоји ризик нагомилавања сулфатних јона у бетону услед циклуса сушења и влажења или капиларног упијања.				

Klase hemijske agresivnosti treba utvrđivati prema stvarno utvrđenoj prisutnosti hemijskih agenasa u vodi ili tlu u dodiru sa betonom konstruktivnog elementa i graničnim vrijednostima količine agresivnih supstanci koje se definišu u tablici 2. standarda EN 206.

Ako je beton izložen više nego jednoj datoj klasi izloženosti uslova djelovanja okoline mjere zaštite betona treba kombinovati.

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

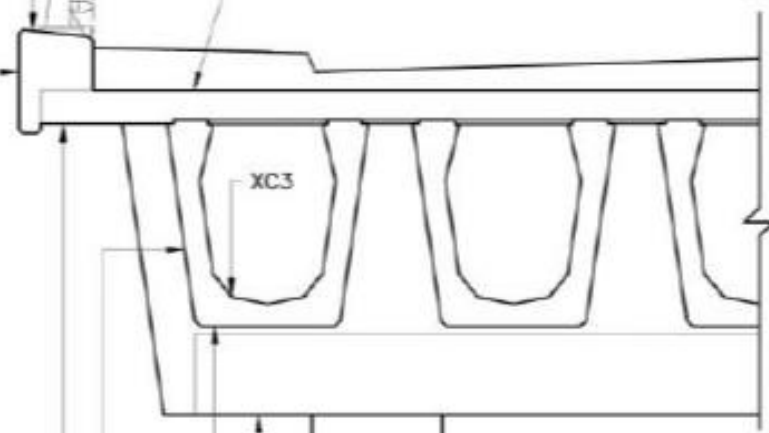
Ukupna debljina zaštitnog sloja je zbir debljine zaštitnog sloja usljed uslova u okruženju i debljine koja se dodaje da bi se obezbijedili za uslove izvođenja konstrukcije.

Environmental Requirement for $c_{\text{min,dur}}$ (mm)							
Structural Class	Exposure Classes						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

U skladu sa standardom MEST EN 1990-1 eksploatacioni vijek mostova je 100 godina, a ovo odgovara klasi S5. Preporučuje se dodatak od 10 mm kao Δc_{dev} .

XC3
 (XD3 AND XF4 IF UNPROTECTED BY APPROVED
 BRIDGE DECK WATERPROOFING MEMBRANE)

XC4
 XD3
 XF4

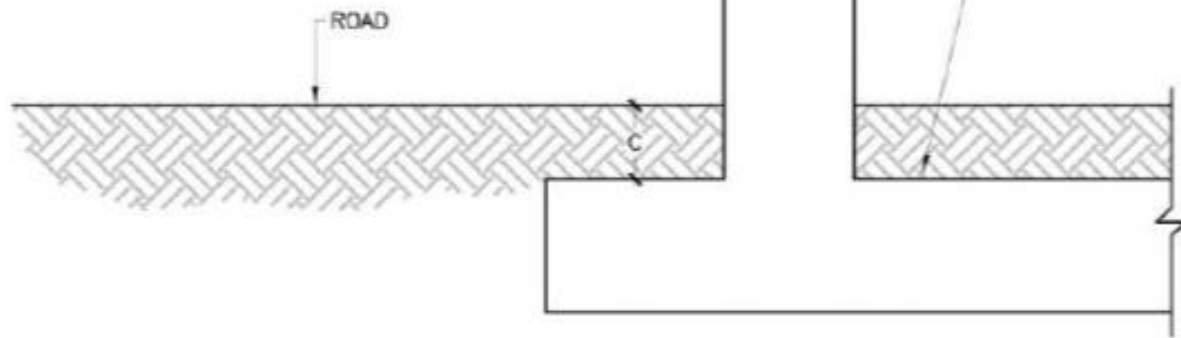


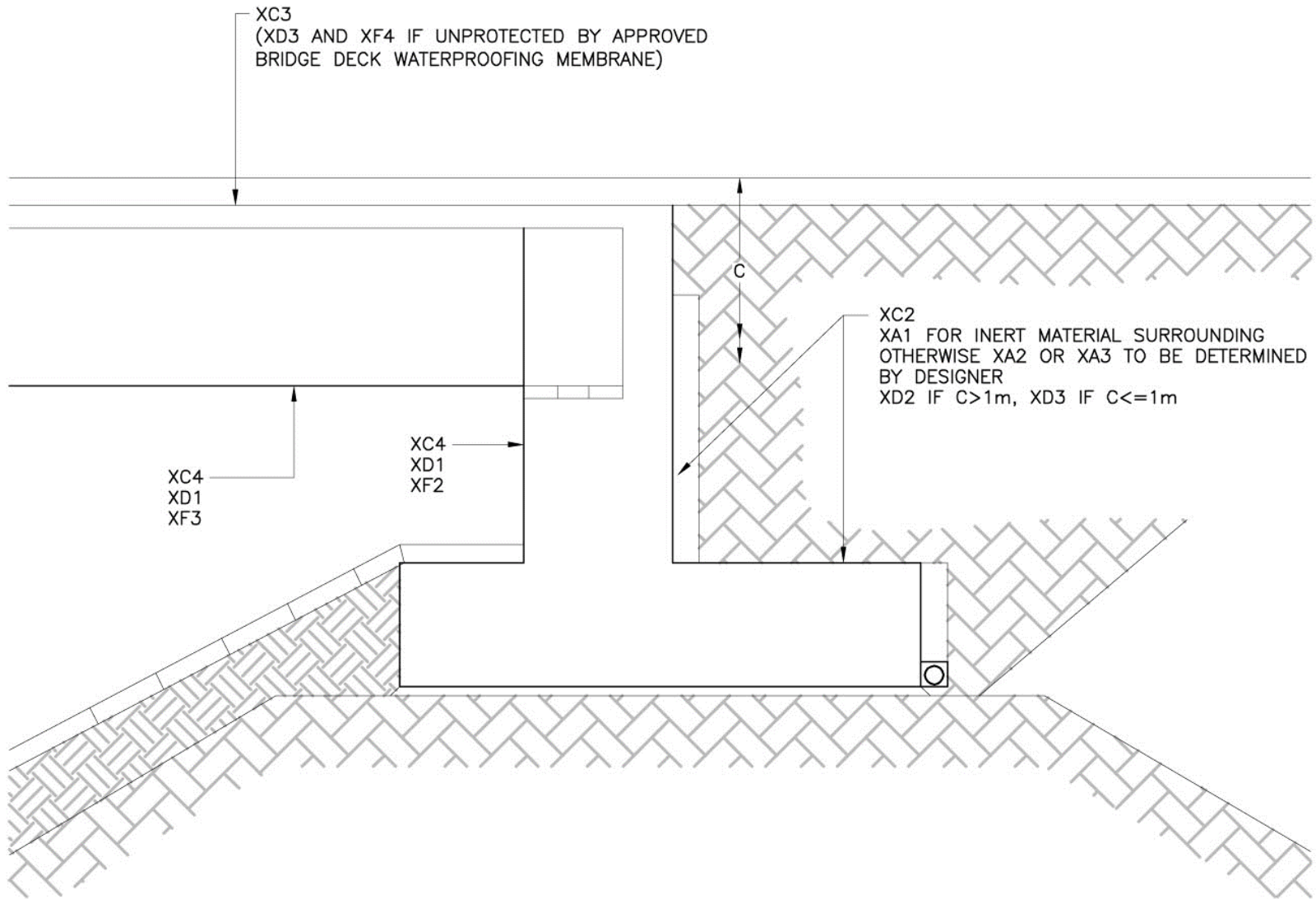
XC4
 *XD3 IF WITHIN SPLASH ZONE, XD1 IF OUTSIDE SPLASH ZONE
 XF4 IF WITHIN SPLASH ZONE, XF3 IF OUTSIDE SPLASH ZONE

XC4
 XD3 IF WITHIN SPLASH ZONE, XD1 IF OUTSIDE SPLASH ZONE
 XF4 IF WITHIN SPLASH ZONE, XF2 IF OUTSIDE SPLASH ZONE

*EXCEPT PRECAST PRETENSIONED BEAMS WITH STRENGTH
 CLASS \geq C50/60 (WHERE XD1 SHOULD BE ASSUMED)

XC2
 XA1 FOR INERT MATERIAL SURROUNDING
 OTHERWISE XA2 OR XA3 TO BE DETERMINED BY DESIGNER
 XD2 IF $C > 1m$, XD3 IF $C \leq 1m$





Klase izloženosti	Armirano betonski i prednapregnuti beton bez kohezije sa betonom	Prednapregnuti elementi sa athezionim kablovima
	Kvazi konstantna kombinacija opterećenja	Česta kombinacija opterećenja
X0, XC1	0.2a	0.1
XC2, XC3, XC4	0.2	0.1b
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		dekonpresija

Stanja upotrebljivosti – veličina maksimalne prsline

Primjer označavanja: C 30/37; XC4; **S3**; Cl0,10; D_{\max} 16

3) Treća oznaka **S3** – klasa slijeganja - konzistencije

Konzistencija je svojstvo betona koje betonu obezbjeđuje kvalitetnu ugradljivost i obradljivost.

Konzistencija se klasifikuje preko: klasa slijeganja, vebeove klase, klase rasprostiranja i stepena kompaktnosti.

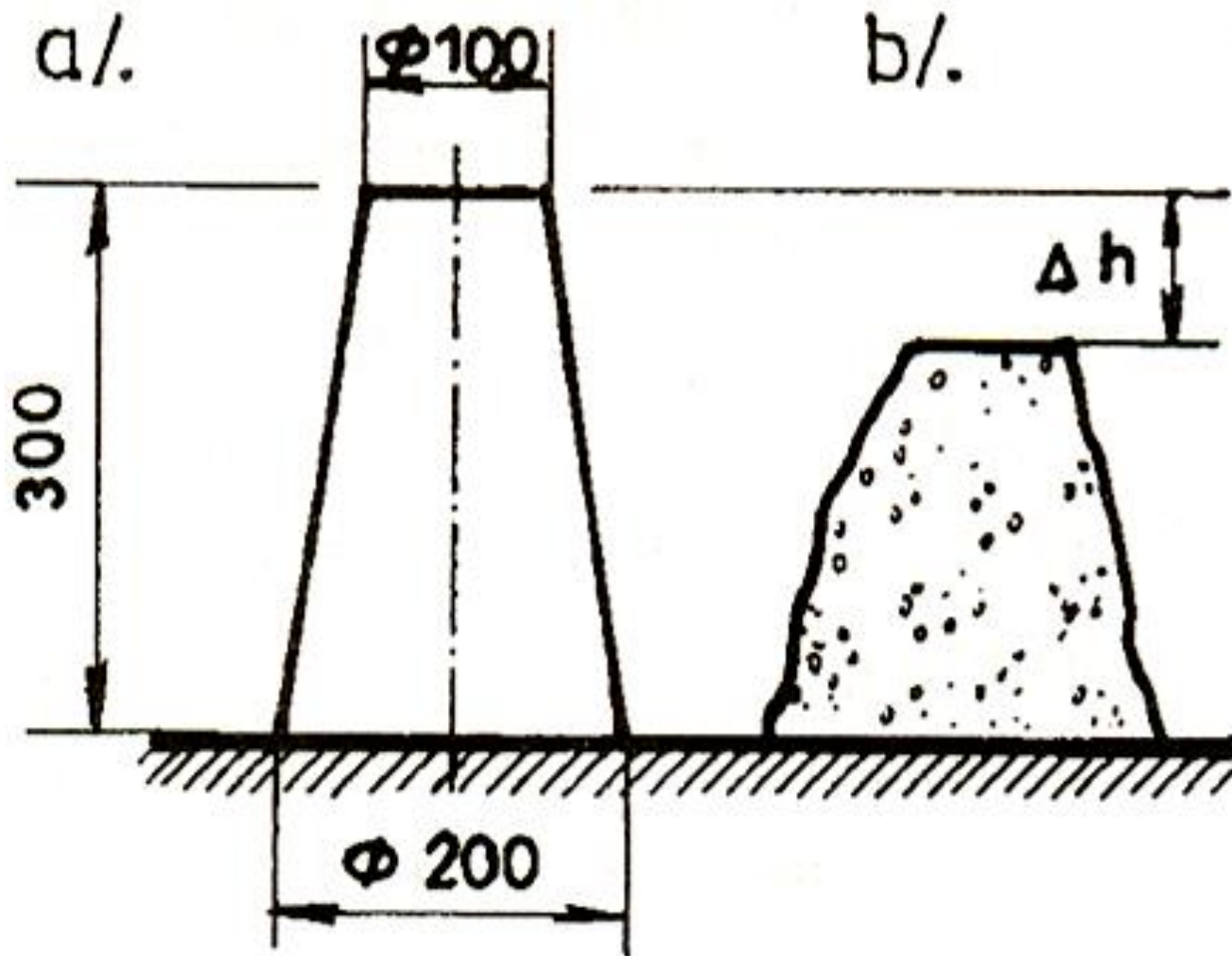
За одређивање конзистенције свежег бетона, мора се применити следеће:

- испитивање слегања у складу са EN 12350-2;
- Вебеово испитивање у складу са EN 12350-3;
- степен компактности у складу са EN 12350-4
- распростирање у складу са EN 12350-5;
- утврђене методе које су договорене између спецификатора и произвођача бетона за специјалне примене (нпр. "бетон влажан као земља").

НАПОМЕНА Због недовољне осетљивости свих наведених метода изван одређених вредности конзистенције, препоручује се примена наведених метода испитивања за следећа подручја:

- слегање $\geq 10 \text{ mm}$ и $\leq 210 \text{ mm}$;
- Вебеово време $\leq 30 \text{ s}$ и $> 5 \text{ s}$;
- степен компактности $\geq 1,04$ и $< 1,46$;
- пречник распростирања $> 340 \text{ mm}$ и $\leq 620 \text{ mm}$.

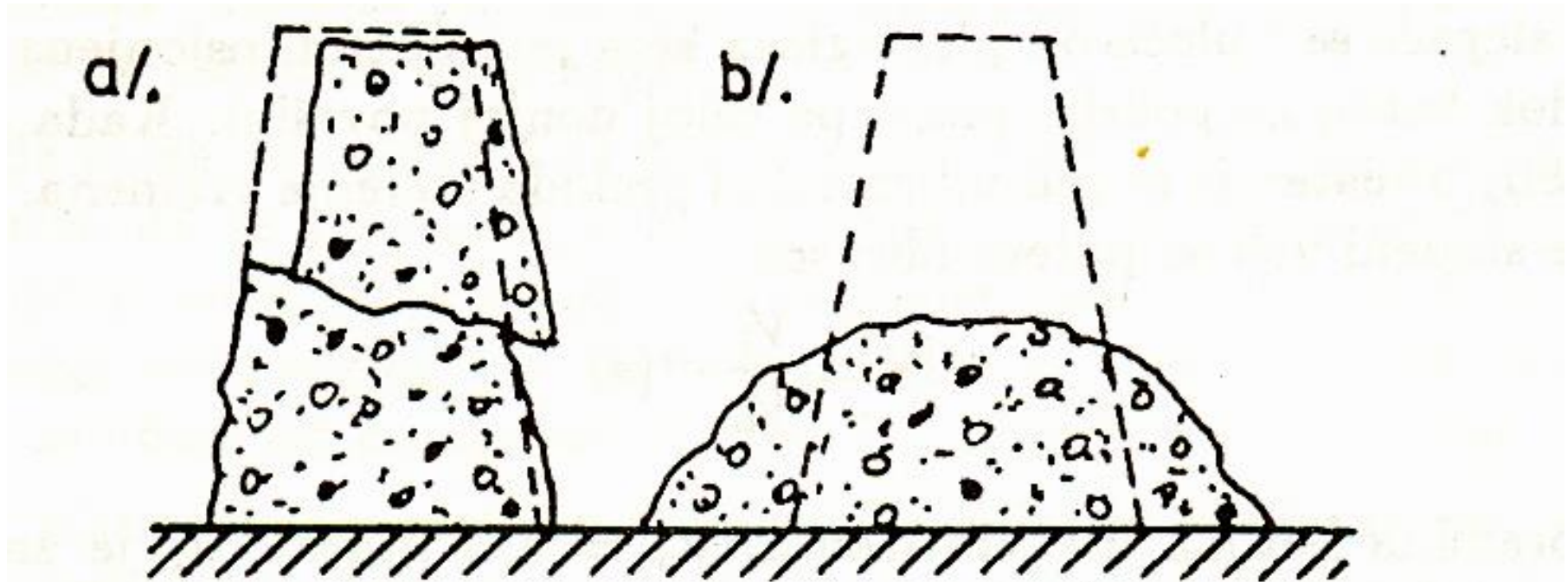
SVOJSTVA SVEŽEG BETONA
Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije



Metoda sleganja (Slump – Method)

SVOJSTVA SVEŽEG BETONA

Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije

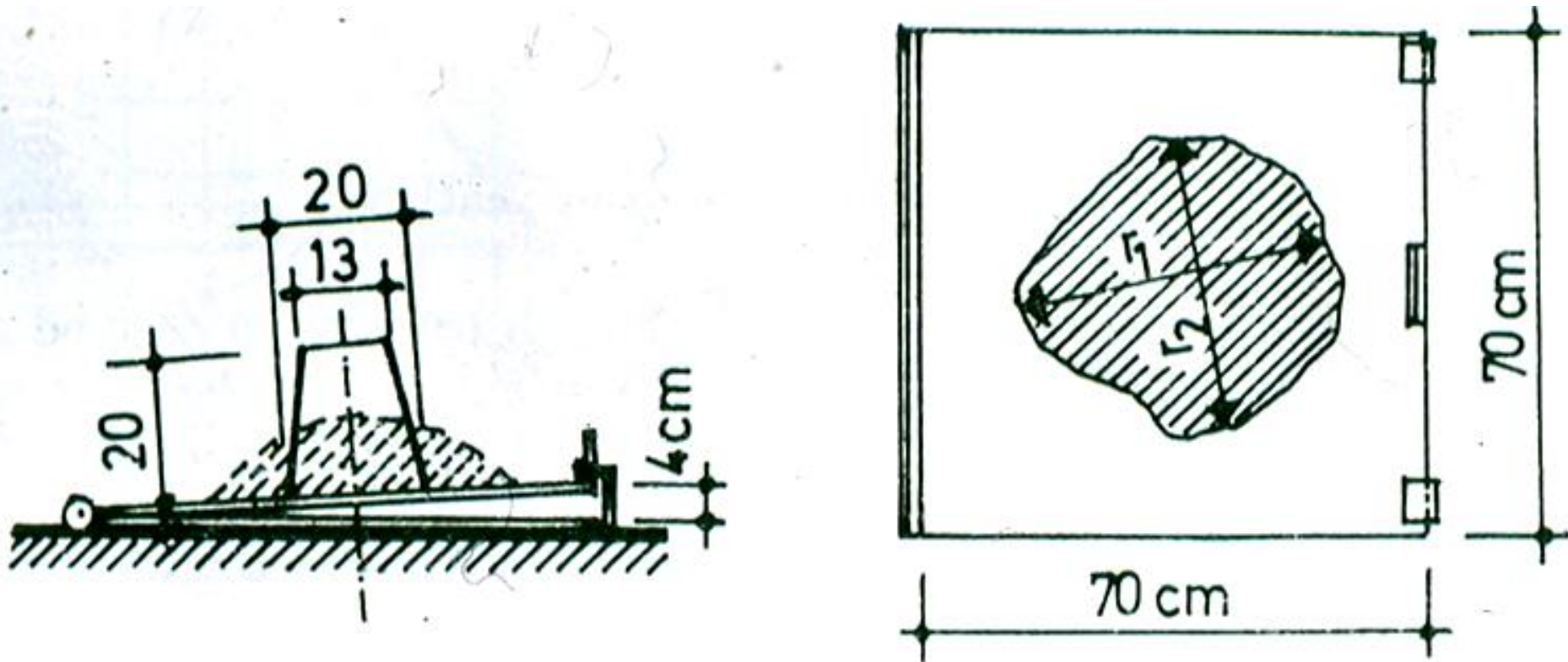


2.17 Smicanje i rušenje konusa kod tzv. "mršavih" betona.

Metoda sleganja (Slump – Method)

SVOJSTVA SVEŽEG BETONA

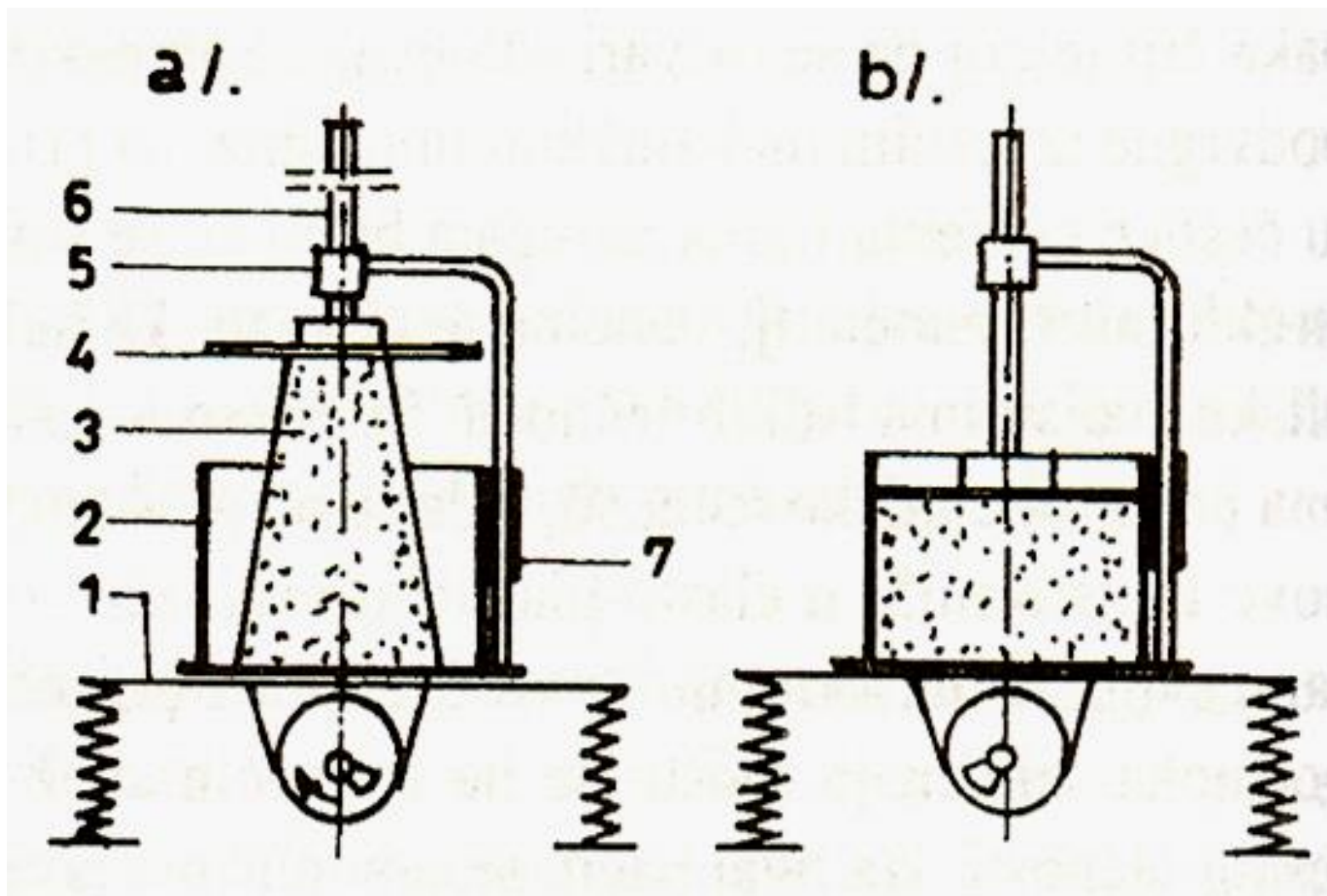
Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije



Metoda rasprostiranja (Flow Method)

SVOJSTVA SVEŽEG BETONA

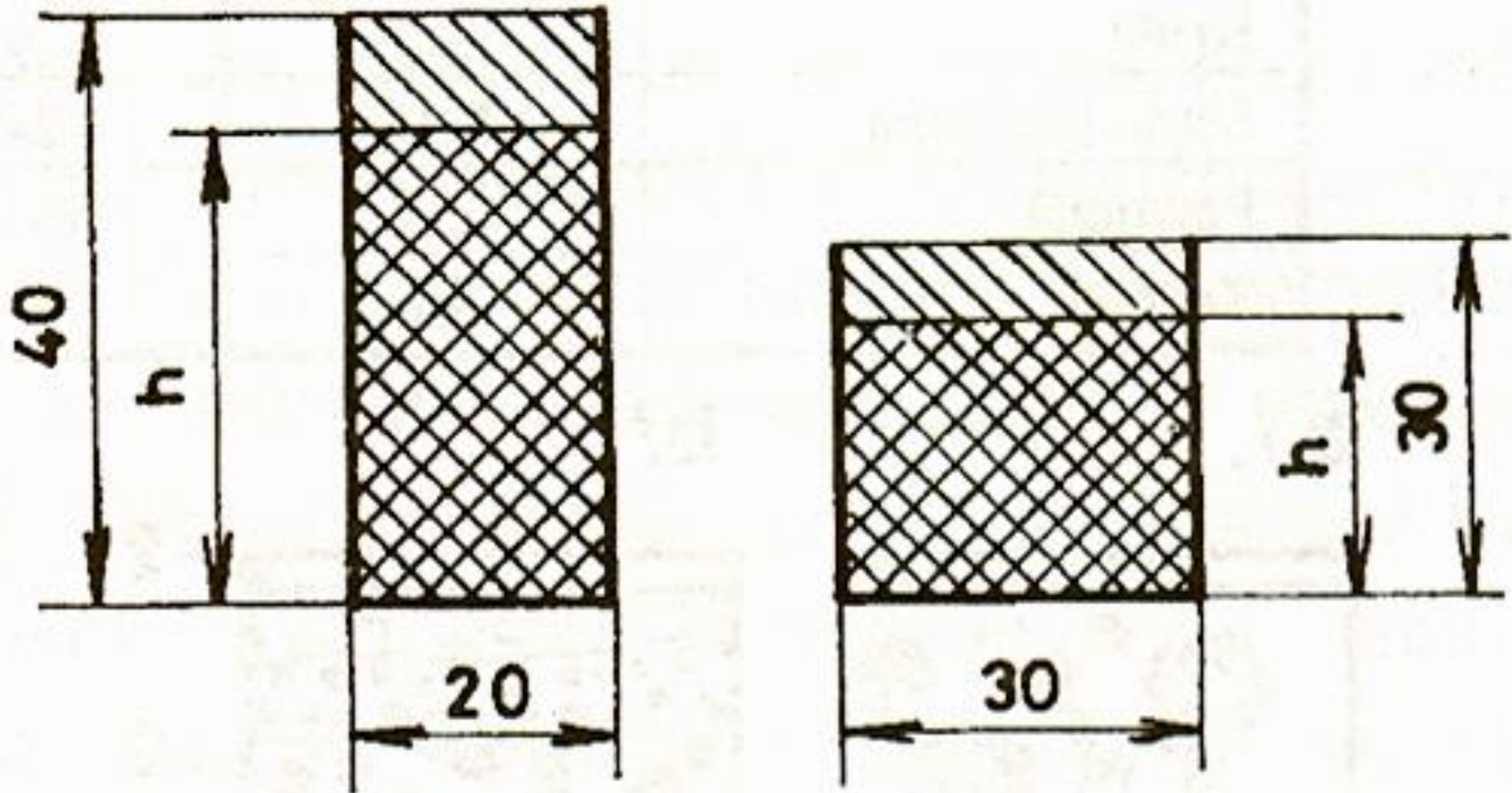
Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije



VEBE – metoda (Vebe Method)

SVOJSTVA SVEŽEG BETONA

Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije



Metoda sleganja vibriranjem – kompaktiranjem (Compaction Method)

Ove metode određivanja konzistencije nisu uvijek u neposrednoj korelaciji. Uobičajeno je da se klasa konzistencije betona određuje preko klase slijeganja.

Табела 3 — Класе слегања

Класа	Слегање у mm
S1	10 до 40
S2	50 до 90
S3	100 до 150
S4	160 до 210
S5 ¹⁾	≥ 220

1) Видети напомену у 5.4.1.

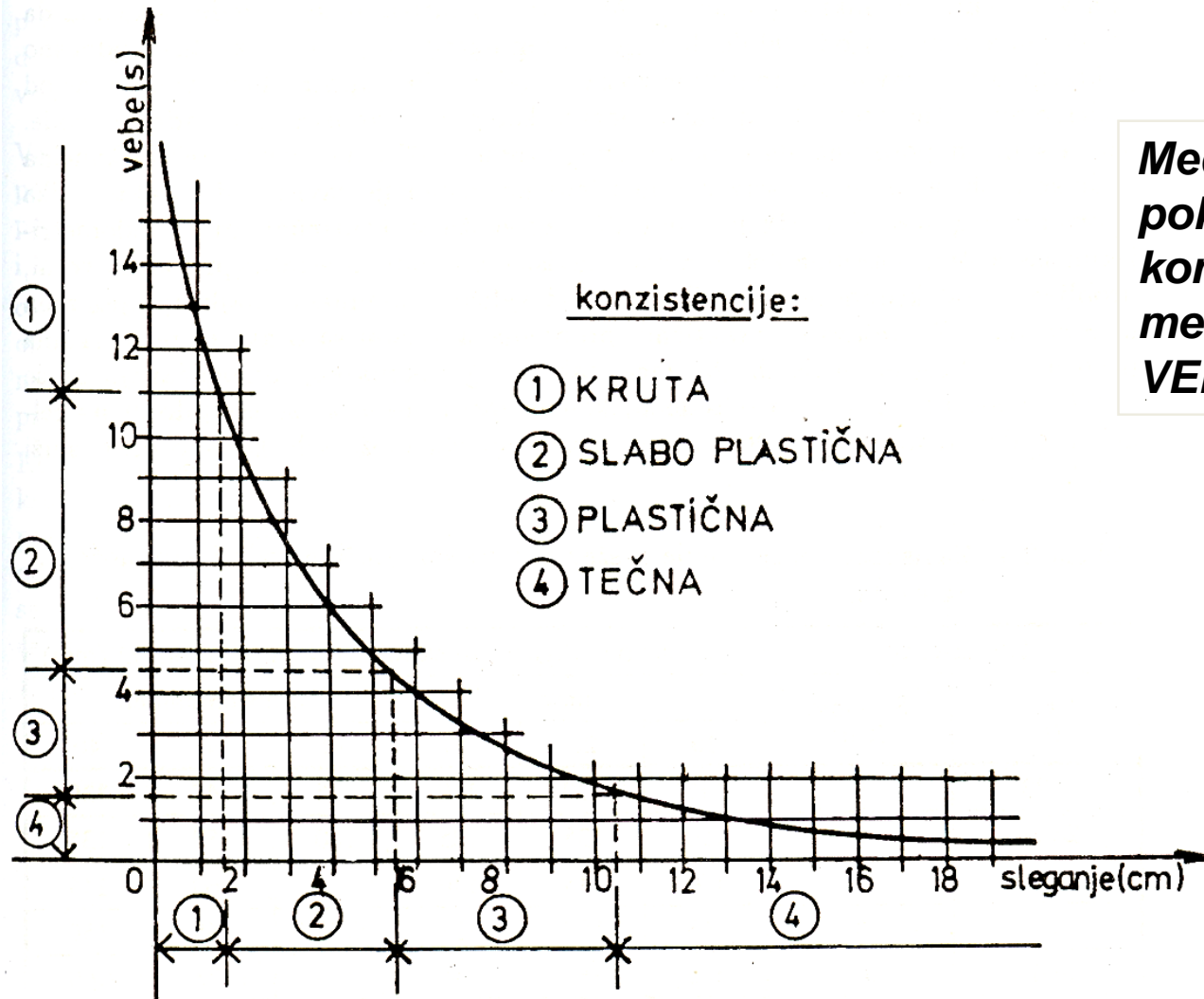
Табела 4 — Вебе класе

Класа	Вебеово време у секундама
V0 ¹⁾	≥ 31
V1	21 до 30
V2	11 до 20
V3	6 до 10
V4 ¹⁾	3 до 5

1) Видети напомену у 5.4.1.

SVOJSTVA SVEŽEG BETONA

Tehnološka svojstva: Ispitivanje konzistencije



**Međuzavisnost
pokazatelja
konzistencije po
metodi sleganja i po
VEBE – metodi**

Slika 2.21 Zavisnost pokazatelja konzistencije po metodi sleganja i po VEBE – metodi.

Primjer označavanja: C 30/37; XC4; S3; **Cl 0.10**; D_{max} 16

4) Četvrta oznaka Cl 0.10 – klasa sadržaja hloriga

Садржај хлорида у бетону, изражен као проценат јона хлорида у односу на масу цемента, не сме да прелази вредност која је за одабрану класу садржаја хлорида дата у табели 10.

Табела 10 — Максимални садржај хлорида у бетону

Примењени бетон	Класа садржаја хлорида ^{а)}	Максимални садржај Cl по маси цемента ^{б)}
Не садржи челичну арматуру или друге уграђене метале, са изузетком корозионо-отпорних анкера за дизање (елемената)	Cl 1,0	1,0 %
Садржи челичну арматуру или други уграђени метал	Cl 0,20	0,20 %
	Cl 0,40	0,40 %
Садржи челик за преднапрезање	Cl 0,10	0,10 %
	Cl 0,20	0,20 %

а) За специфичну употребу бетона, класа коју треба применити зависи од одредаба које важе у месту употребе бетона.

б) Ако се користе минерални додаци типа II, и ако су они узети у обзир за количину цемента, садржај хлорида се изражава као проценат јона хлорида, у односу на масу цемента плус укупна маса минералних додатака који су узети у обзир.

Калцијум-хлорид и хемијски додаци на бази хлорида не смеју се додавати бетону који садржи челичну арматуру, челик за преднапрезање или други уграђени метал.

Primjer označavanja: C 30/37; XC4; XD2; XF1; XA1; S3; Cl 0.10; **D_{max} 16**

5) Peta oznaka **D_{max} 16** – maksimalno zrno agregata

Debljina zaštitnog sloja betona je bitan element trajnosti betonskih konstrukcija, stoga je za mostove projektovati debljinu zaštitnog sloja armature i kablova za prednaprezanja u funkciji od vrste elementa i njegove izloženosti uslovima okruženja.

Najveće zrno agregata se ograničava na 32 mm.

Količina mikropora uvučenog vazduha ograničava se u odnosu na najveću veličinu zrna najkrupnije frakciju agregata.

Najveća frakcija agregata (mm)	Količina mikropora (%)
32-63	2-3
16-32	3-5
8-16	5-7
4-8	7-10

Minimalne dimenzije elemenata i zaštitni slojevi kod betonskih mostova

Jednostruko armirani presjeci bilo kog elementa nosive konstrukcije objekata moraju imati debljinu od 10 cm ili više.

Dvostruko armirani presjeci bilo koga elementa nosive konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 20 cm ili više.

Dvostruko armirani prednapregnuti presjeci bilo kog elementa konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 22 cm ili više (ako su cijevi kablova do 80 mm).

Kolovozne ploče objekata na cestama moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na veličinu raspona i vrstu statičkog sistema.

Krajevi konzola moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na tip poprečnog presjeka i veličinu raspona. Ova debljina se zahtijeva radi obezbijeđenja dobre veze sa armaturom vijenca.

Minimalna debljina temeljnih ploča na spoju sa potporama objekta mora biti 100 cm a ploča nad šipovima 150 cm.

Preporuke M. Pržulj „Mostovi“

Minimalna debljina punih presjeka, zidova, srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 60 cm.

Minimalni promjer okruglih ili koncentričnih presjeka srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 80 cm.

Minimalna debljina svih elemenata armiranobetonskih krajnjih upornjaka za objekte na cestama mora biti 30 cm.

Minimalna debljina zidova sandučastih i razdvojenih presjeka za srednje stubove mora biti 30 cm.

Minimalne debljine zaštitnih slojeva betona za nosive elemente objekata na cestama su:

4,5 cm za vanjske površine presjeka
3,5 cm za unutrašnje površine presjeka
5,0 cm za dijelove potpora koji se nalaze u zemlji ili su zasute sa zemljom.

Izbor materijala za nosive konstrukcije objekata

Za raspone do 15 (20) m racionalna je upotreba armiranog betona.

Za raspone veće od 15 (20) m pa sve do raspona 60 m, najekonomičnija je upotreba armiranog prednapregnutog betona.

Za raspone veće od cca 60 m i u zavisnosti od niza drugih elemenata može biti ekonomičan i konkurentan spregnuti presjek čelik-beton.

Za raspone veće od 120 do 150 m, pored armiranog prednapregnutog i spregnutog prosjeka, postaje konkurentan i čelični presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom.

U analizi izbora materijala za gornje konstrukcije objekata, posebno kod većih i velikih raspona, treba uzeti u obzir i slijedeće parametre: vrijeme izgradnje objekta, lokaciju i uslove u kojima se objekat gradi te trajnost i troškove održavanja.

Ako je upotrebljeno rješenje sa vodonepropusnim betonom, onda se moraju ograničiti pukotine od 0,25 na 0,20 mm, odnosno 0,1 mm za konstrukcije koje se nalaze u moru ili agresivnoj okolini.

Za potpore objekata treba upotrebljavati C 25/30 do C 40/50.

Za masivne krajnje potpore, temeljne pete i temeljne ploče treba upotrebljavati C 25/30.

Armatura - čelik za armiranje

**Označavanje armature prema
standardima: EN 10080**

Armaturni čelik se testira u cilju potvrđivanja granične čvrstoće na zatezanje kao i u cilju utvrđivanja duktilnosti (žilavosti) materijala.

Duktilnost je svojstvo materijala da podnese plastične deformacije bez loma. Armaturni, betonski čelici, se u skladu sa evropskim standardima svrstavaju u tri klase duktilnosti: A, B i C.

Prema ovim standardima betonski čelik ima oznaku koja sadrži sljedeće informacije:

- oznaku oblika proizvoda (šipka, kotur, mreža)
- oznaka standarda u skladu sa kojim se vrši dokaz usaglašenosti (EN 10080-2 glatki čelik, EN 10080-3 rebrasti)
- naziv ili oznaku čelika
- naziv dimenzije proizvoda u mm
- dopunske informacije

Primjer označavanja armaturne šipke prečnika 32 mm i džine 12m.

EN 10080-3 – B500B – 32x1200

- 1) Prva oznaka oznaka standarda kojem podliježe
- 2) Druga oznaka je oznaka klase čelika (500 je granica tečenja čelika, vrijednost 500 MPa, B je klasa duktilnosti)
- 3) Treća oznaka 32, prečnik armature, 1200 je dužina šipke.

Rebrasti betonski čelik

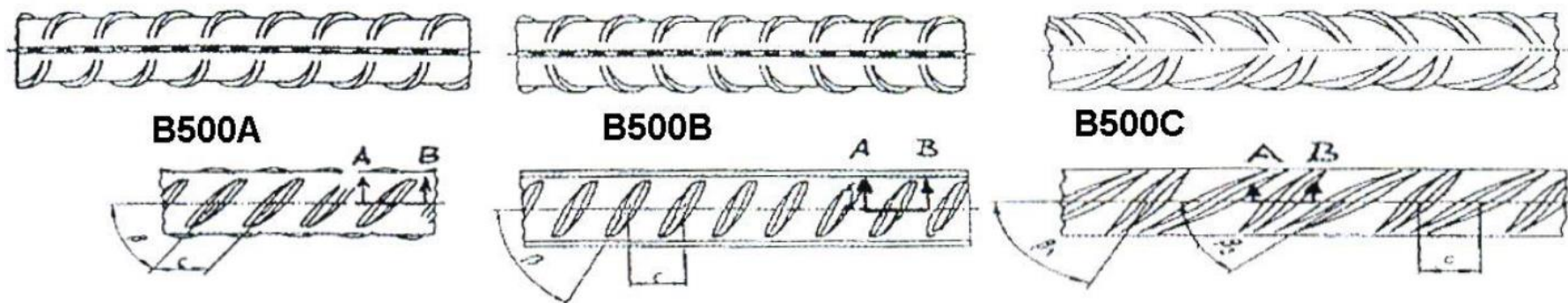


Opseg proizvoda

Opseg proizvoda rebrastog betonskog čelika obuhvata sledeće dimenzije:

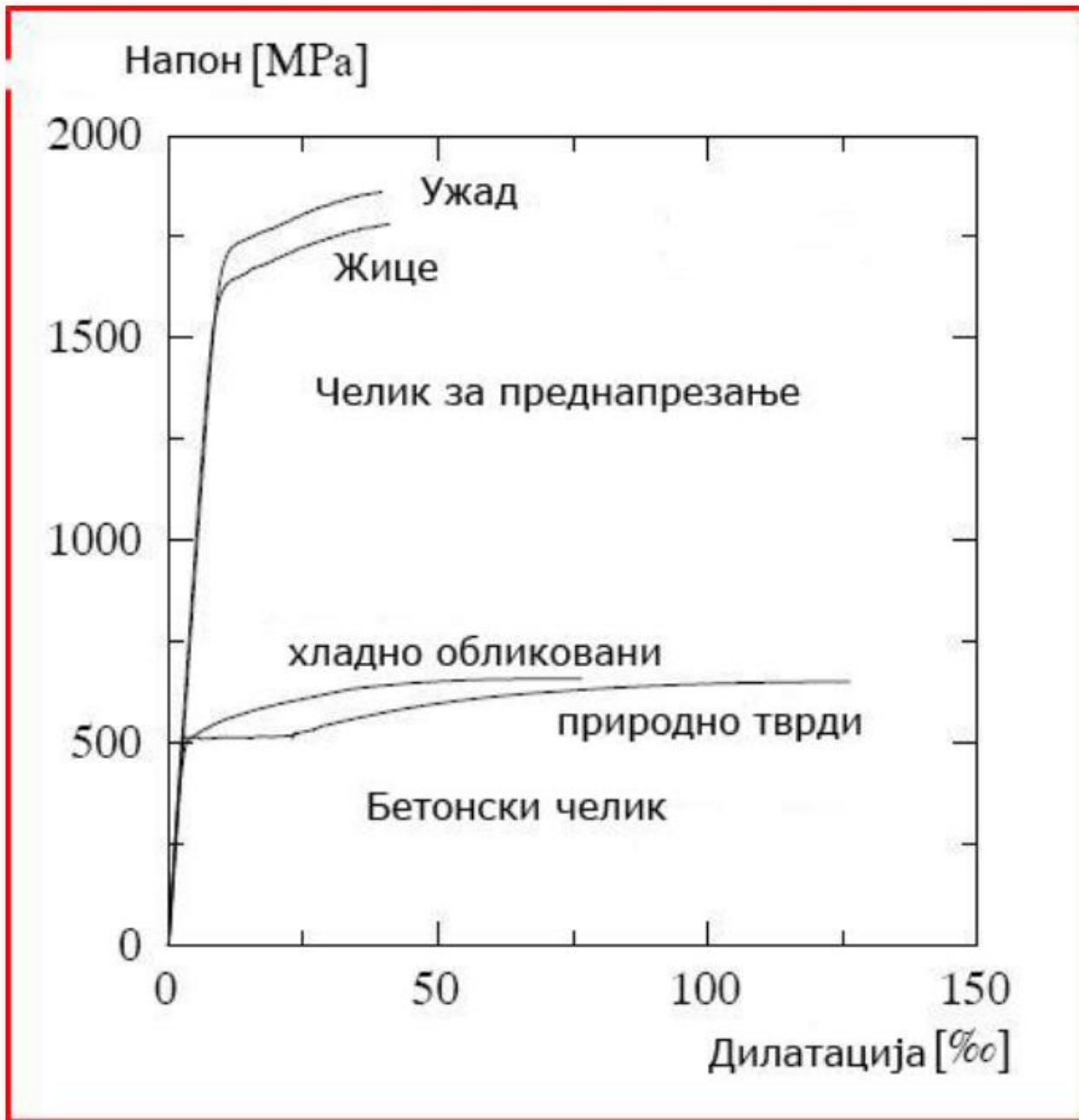
Nominalni prečnik (mm)	Nominalna površina poprečnog presejka (cm ²)	Linearna masa (kg/m)
8	0.503	0.395
10	0.786	0.617
12	1.131	0.888
14	1.540	1.209
16	2.011	1.579
18	2.546	1.998
20	3.143	2.467
22	3.803	2.985
24	4.526	3.553
25	4.911	3.855
26	5.311	4.169
28	6.160	4.836
32	8.046	6.316

- **Klasa A** imaju dva ili više nizova paralelnih poprečnih rebara sa istim uglom u odnosu na uzdužnu osu šipke
- **Klasa B** imaju dva ili više nizova paralelnih poprečnih rebara sa jednim drugačijim uglom u odnosu na druge
- **Klasa C** su slične prethodnima, ali ugao svakog niza rebara se razlikuje



Karakteristike čelika za armiranje

Naziv i oznaka (broj) čelika	B500A		B500B		B450C
	kotur	šipka	kotur	šipka	kotur
Oblik proizvoda	kotur	šipka	kotur	šipka	kotur
Nazivni promer d (mm)	4-16	6-40	6-16	6-40	6-16
Granica razvlačenja R_c (N/mm ²)	≥500		≥500		≥450
Odnos zatezne čvrstoće i granice razvlačenja R_m/R_c	≥1,05		≥1,08		≥1,15 ≥1,35
Odnos stvarne i nazivne vrijednosti granice razvlačenja $R_{c_{act}}/R_{c_{nom}}$	—		—		≤1,20
Procenat ukupnog istežanja pri najvećoj sili A_{gt} (%)	≥2,5		≥5,0		≥7,5



Visokovrijedni čelik za prethodnonaprezanje

Podliježe standardima: EN 10138

Od visokovrijednih čelika koji se koriste u sistemima za prednaprezanje razlikuju se tri grupe proizvoda: žice za prednaprezanje, užad za prednaprezanje i šipke.

Žice za prednaprezanje

Primjer označavanja žica za prednaprezanje: **EN 10138-2-Y1770C-5, 0-I**

- 1) Prva oznaka (**EN 10138-2**) standarda koji se koristi za utvrđivanje usaglašenosti proizvoda,
- 2) Druga oznaka (**Y1770**) čelika od kojeg je žica izrađena:
 - slovo y čelik za prednaprezanje;
 - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa (1770 MPa)
- 3) Trerća oznaka **C** hladno vučena žica
- 4) Četvrta oznaka **5** prečnik žice u mm (kreće se od 3 do 10 mm)
- 5) Peta oznaka **0-I** profilisani čelik

Užad za prednaprezanje

Primjer označavanja užeta za prednaprezanje: **EN 10138-3-Y1860S-7-16,0-A**

- 1) Prva oznaka (**EN 10138-3**) standarda koji se koristi za utvrđivanje usaglašenosti proizvoda,
- 2) Druga oznaka (**Y1860**) čelika od kojeg je uže izrađeno:
 - slovo y čelik za prednaprezanje;
 - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa (1860 MPa)
- 3) Trerća oznaka **S** označava da je riječ o užetu
- 4) Četvrta oznaka **7** broj žica u užetu (3 i 7 broj žica u užetu)
- 5) Peta oznaka **16,0** prečnik užeta u mm (od 5.2 do 18 mm)
- 6) Šesta oznaka **A**, klasa užeta (A ili B)

Šipke za prednaprezanje

Primjer označavanja žica za prednaprezanje: **EN 10138-4-Y1030H-26-R**

- 1) Prva oznaka (**EN 10138-4**) standarda koji se koristi za utvrđivanje usaglašenosti proizvoda,
- 2) Druga oznaka (**Y1030H**) naziv čelika koji sadrži:
 - slovo y čelik za prednaprezanje;
 - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa (1030 MPa)
 - slovo H za vruće valjane šipke
- 3) Trerća oznaka **26** prečnik šipke u mm (od 15 do 40 mm)
- 4) Četvrta oznaka **R** označava rebraste šipke