

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



IMPLICITNO I EKSPPLICITNO
PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

PROJEKTIRANJE TRAJNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA



IMPLICITNO
(OPISNO)
projektiranje trajnosti



Prvenstveno predviđeno i
razrađeno u normama na koje
upućuje Tehnički propis



EKSPLICITNO
(PREMA PONAŠANJU)
projektiranje trajnosti



Dopušteno normama na koje
upućuje Tehnički propis, ali
nije detaljnije razrađen
postupak

PROJEKTIRANJE TRAJNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA



IMPLICITNO
(OPISNO)
projektiranje trajnosti



Obuhvaća odabir odgovarajućeg razreda izloženosti građevine u skladu s namjenom i daljnje postupanje prema potrebnim svojstvima konstrukcije



EKSPPLICITNO
(PREMA PONAŠANJU)
projektiranje trajnosti



Obuhvaća razmatranje svakog odgovarajućeg mehanizma degradacije. Rezultat pristupa – vjerojatnost otkazivanja neće preći unaprijed definiranu vrijednost tijekom uporabnog vijeka.

IMPLICITNO (OPISNO) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- Obuhvaća sljedeće korake:
 - Definiranje prosječnog uporabnog vijeka
 - Definiranje utjecaja na betonsku konstrukciju (razredi izloženosti)
 - Procjena uobičajenih izdataka za održavanje
 - Definiranje sastava betona, zaštitnog sloja, pravila izvođenja i njege

IMPLICITNO (OPISNO) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- Temelj: usvajanje prosječnog predviđenog uporabnog vijeka
 - Referentna vrijednost definirana u normi:
50 godina
 - Svi zahtjevi dani u normi se odnose na ovu vrijednost:
 - Zahtjevi za projektiranje
 - Zahtjevi za beton
 - Zahtjevi za izvođenje radova
 - Zahtjevi za održavanje

UVJETI OKOLIŠA I DEFINIRANJE SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA

- ❑ Za uspješno implicitno projektiranje neophodne određene pretpostavke:
 - **UTJECAJ OKOLIŠA** uzima se u obzir tako da se konstrukcija razvrsta u jedan od razreda izloženosti konstrukcije prema uvjetima koji vrijede na mjestu uporabe betona.
 - Projektiranje trajnosti provodi se kao funkcija **RAZREDA IZLOŽENOSTI**, a u osnovi se sastoji u ispunjavanju zahtjeva koji se odnose na:
 - ❑ maksimalni vodocementni omjer,
 - ❑ minimalni sadržaj cementa,
 - ❑ minimalni razred čvrstoće betona,
 - ❑ sadržaj zraka
 - ❑ pravila za uzimanje u obzir dodatka betonu.

RAZREDI IZLOŽENOSTI

HRN ENV 1992-1-1

1

Suhi okoliš

2

Vlažni okoliš

Bez mraza

S mrazom

3

Vlažan okoliš s
mrazom i sredstvima
za odmrzavanje

4

Morski okoliš

Bez mraza

S mrazom

5

Kemijski škodljiv okoliš

HRN EN 206-1

1

Nema rizika; X0

2

Karbonatizacija; XC

3

Kloridi koji nisu iz mora; XD

4

Kloridi iz mora; XS

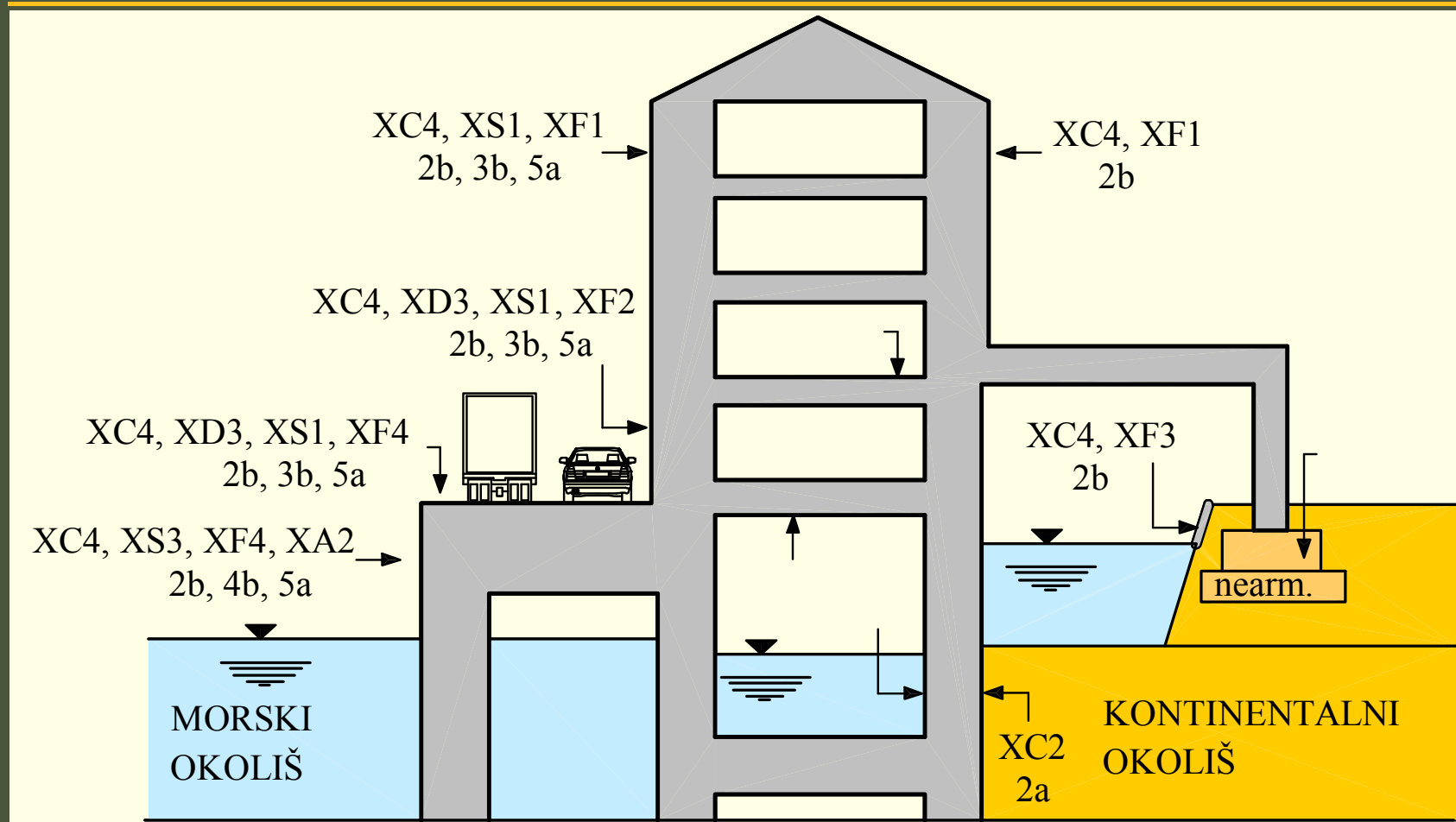
5

Smrzavanje/odmrzavanje
Sa/bez soli za odmrzavanje; XF

6

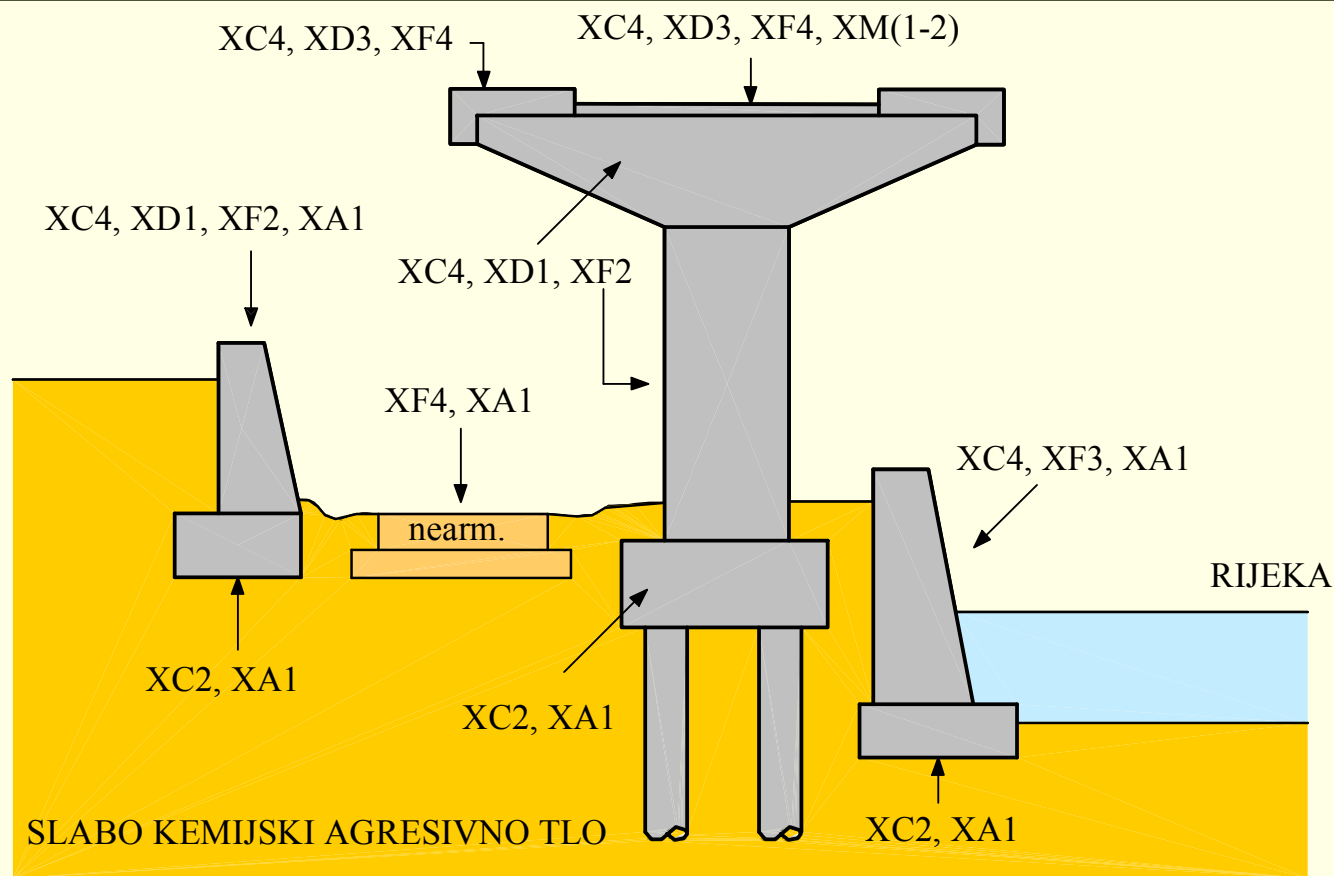
Kemijska korozija; XA

RAZREDI IZLOŽENOSTI



- Mjerodavni razredi izloženosti višekatne zgrade

RAZREDI IZLOŽENOSTI



- Mjerodavni razredi izloženosti za mostove, cestovne građevine, obalne i potporne zidove – bez utjecaja mora

UVJETI OKOLIŠA I DEFINIRANJE SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA

- ❑ Odrediti razrede izloženosti za svaki konstrukcijski element
- ❑ Odrediti koji od tih razreda izloženosti zahtijeva najveću otpornost:
 - Maksimalni v/c omjer
 - Minimalni sadržaj cementa
 - Minimalni razred čvrstoće

PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA (50 god, CEM I; 20 – 32 mm)

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	<i>Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal:</i> svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja <i>Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal:</i> vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložena kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

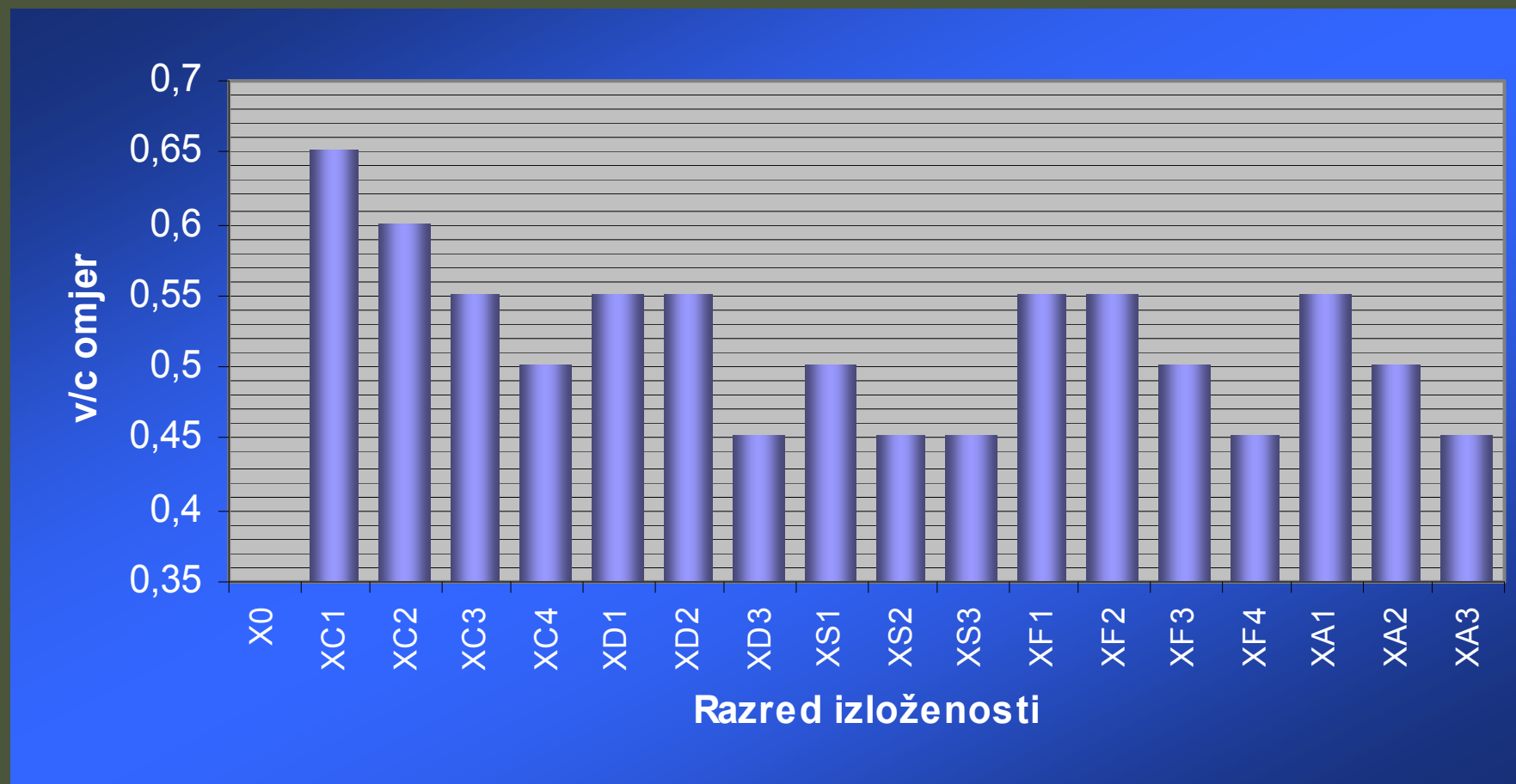
PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA (50 god, CEM I; 20 – 32 mm)

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl).					
Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode.					
Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₂ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

RELEVANTNI RAZREDI IZLOŽENOSTI

Glavni mehanizam djelovanja	Relevantni razredi izloženosti					
	X0	XC	XD	XS	XF	XA
Nema rizika od koroziije	Da	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Korozija izazvana karbonatizacijom	Ne	Da	Ne	Ne	Moguće	Moguće
Korozija izazvana kloridima koji nisu iz mora	Ne	Da	Da	Ne	Moguće	Moguće
Korozija izazvana kloridima iz mora	Ne	Da	Ne	Da	Moguće	Moguće
Nearmirani beton gdje postoji opasnost od škodljivog djelovanja	Ne	Ne	Ne	Ne	Moguće	Da

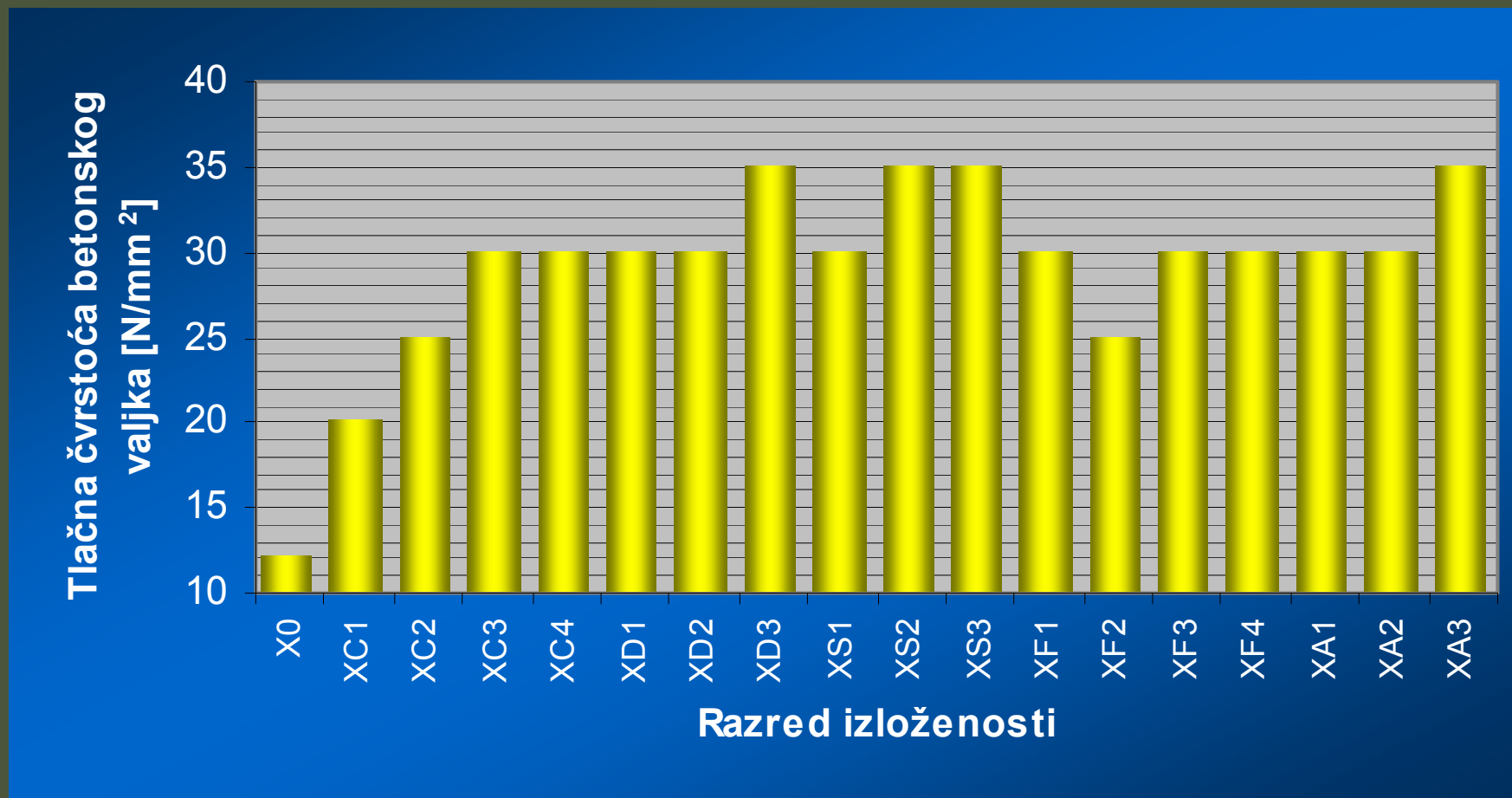
MAKSIMALNI v/c OMJER



MINIMALNA KOLIČINA CEMENTA



MINIMALNI RAZRED ČVRSTOĆE BETONA



ZAŠTITA ARMATURE OD KOROZIJE

- ❑ se prvenstveno postiže:
 - odgovarajućom debljinom zaštitnog sloja,
 - odgovarajućom gustoćom i kvalitetom zaštitnog sloja,
 - kontrolom pukotina,

- ❑ a u osobitim okolnostima moguće je i posebnim mjerama kao što je katodna zaštita i slično.

DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA

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

Nominalna vrijednost, specificirana na nacrtima armature i primjenjiva u proračunu

Najmanja debljina; omogućuje

- prionjivosti armature i betona,
- zaštitu čelika od korozije te
- požarnu otpornost

Dopušteno odstupanje u izvedbi

- preporučeno 10 mm
- osigurana kontrola kvalitete proizvodnje: -10 – 5 mm
- osigurani uređaji za precizno mjerenje: -10 – 0 mm

DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA

$$c_{\min} = \max \{ c_{\min,b}, c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} : 10 \text{ mm} \}$$

najmanja debljina iz zahtjeva prionjivosti armature i betona

najmanja debljina koja proizlazi iz uvjeta okoliša za koju je potrebno unaprijed pretpostaviti razred čvrstoće betona od kojega se izvodi konstrukcija te odrediti razred konstrukcije (primjer).

dodatna sigurnost u ostvarenju trajnosti konstrukcije, prep.0

umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika, prep.0

umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite (premazi), prep.0

DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA

$$c_{\min} = \max \{ c_{\min,b}, c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

najmanja debljina iz zahtjeva prionjivosti armature i betona

Pojedinačne šipke nenapete armature	Promjer šipke $\emptyset$
Grupirane šipke (broj šipki n_b)	Ekvivalentni promjer $\phi_n = \phi \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm}$
Uz maksimalno zrno agregata $>32 \text{ mm}$	+ 5 mm
Za okruglu cijev naknadno prednapetog kabela s injektiranjem	Promjer cijevi
Strukovi prednapete žice prethodnog prednapinjanja	1,5 promjera žice
Uže za prethodno prednapinjanje	2,5 promjera žice

GUSTOĆA I KVALITETA ZAŠTITNOG SLOJA BETONA

- ▣ postižu se kontrolom:
 - maksimalnog vodocementnog omjera
 - minimalnog sadržaja cementa
 - mogu biti povezani s minimalnim razredom čvrstoće

KONTROLA PUKOTINA

- ❑ Pojavljuju u betonskim konstrukcijskim elementima izloženim
 - savijanju,
 - posmiku,
 - torziji ili
 - vlaku,
- ❑ koji mogu biti posljedica
 - izravnog djelovanja,
 - spriječenosti deformiranja ili
 - prisilnim deformacijama.
- ❑ Mogu nastati i uslijed
 - plastičnog skupljanja ili
 - ekspanzivnih kemijskih reakcija u očvrslom betonu.

KONTROLA PUKOTINA

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

Širina
pukotina

maksimalni razmak pukotina,
ovisi o rasporedu armature

razlika deformacija
čelika i betona

- Kontrola pukotina bez proračuna širine pukotine:
 - za odgovarajuću razinu naprezanja u čeliku daju se granične vrijednosti
 - promjera i
 - razmaka šipki armature.

Maksimalni promjeri šipki armature za kontrolu pukotina (mm)

Naprezanja [MPa]	$W_k=0,4$ mm	$W_k=0,3$ mm	$W_k=0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Maksimalni razmak šipki (mm)

Naprezanja [MPa]	$W_k=0,4$ mm	$W_k=0,3$ mm	$W_k=0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

- ❑ Kod prethodno prednapetog betona, gdje se kontrola pukotina osigurava kabelima koji su u direktnoj vezi s betonom – u tablicama se za naprezanje koristi ukupno naprezanje – prednaprezanje.
- ❑ Za naknadno prednapinjanje, gdje se kontrola pukotina osigurava uglavnom nenapetom armaturom, može se u tablicama naprezanje u ovoj armaturi proračunati uzimanjem u obzir utjecaja sile prednapinjanja.

PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI ŠIRINE PUKOTINA

Razred izloženosti	Armiranobetonske konstrukcije i prednapete konstrukcije s mortom neinjektiranim kabelima	Prednapete konstrukcije s mortom injektiranim kabelima	
	Nazovistalna kombinacija djelovanja	Česta kombinacija djelovanja	
X0	0,4 mm	0,2 mm	
XC1			
XC2	0,3 mm	0,2 mm + kontrola rastlačenja pri nazovistalnoj kombinaciji djelovanja	kabel minimalno 25 mm unutar betona u tlaku
XC3			
XC4			
XD1		kontrola rastlačenja	
XD2			
XD3	zahtijevaju se posebne mjere zaštite		
XS1	0,3 mm	kontrola rastlačenja	kabel minimalno 25 mm unutar betona u tlaku
XS2			
XS2			

KONTROLA PUKOTINA

- ❑ Opasnost od nastanka pukotine može se umanjiti ispunjavanjem zahtjeva koji se odnose na:
 - trajnost,
 - ograničenje raspucavanja i deformiranja,
 - razradu detalja konstrukcije,
 - čvrstoću, stabilnost i prostornu krutost konstrukcije kao cjeline.

IMPLICITNO (OPISNO) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- ❑ Ovakav pristup se zasniva prvenstveno na:
 - Odabiru odgovarajuće mješavine betona, uz
 - Zahtjev na čvrstoću betona
 - Zahtjev na debljinu zaštitnog sloja betona

- ❑ Implicitno se smatra da se ispunjavanjem zahtjeva u normi osigurava dosezanje predviđenog uporabnog vijeka – 50 godina



ŠTO KAD SE ZAHTIJEVA DULJI VIJEK UPORABE (100 GODINA)?

- Za ove konstrukcije projektant ima dvije mogućnosti:
 - postrožiti granične vrijednosti svojstava i sastava betona te debljine zaštitnog sloja betona u odnosu na vrijednosti definirane važećim normama ili
 - slijediti uputu norme [HRN EN 206-1:2002](#) prema kojoj se za ove konstrukcije treba provesti postupak proračuna "prema ponašanju", uvažavajući i modelirajući sve relevantne mehanizme degradacije. Ovakav proračun svakako se preporuča za osobito značajne ili inovativne konstrukcije, budući da omogućuje točnije predviđanje uporabnog vijeka.

EKSPLICITNO (PREMA PONAŠANJU) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

□ Prikladno u sljedećim slučajevima:

- zahtijeva se uporabni vijek znatno različit od 50 godina
- radi se o "specijalnoj" konstrukciji koja traži manju vjerojatnost otkazivanja
- djelovanja okoliša su posebno agresivna ili su dobro definirana
- očekuje se visoka kvaliteta izvedbe
- uvedena je strategija upravljanja i održavanja, moguće višeg stupnja
- bit će izgrađen znatan broj sličnih konstrukcija ili elemenata
- primijenit će se novi ili različiti materijali
- primijenjen je postupak implicitnog projektiranja, ali je napravljena pogreška u prilagodbi.

EKSPPLICITNO (PREMA PONAŠANJU) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- Postupci koji se tada mogu upotrijebiti su sljedeći:
 - poboljšanje postupka implicitnog projektiranja trajnosti zasnovano na dugotrajnom iskustvu s lokalnim materijalima i praksom i detaljnom poznavanju lokalnog okoliša
 - postupci zasnovani na odobrenim i dokazanim ispitivanjima koja predstavljaju stvarne uvjete i imaju odobrene kriterije primjene
 - postupci zasnovani na analitičkim modelima kalibriranim prema podacima ispitivanja stvarnih uvjeta u praksi.

Nisu dane detaljnije upute za provedbu postupka

EKSPPLICITNO (PREMA PONAŠANJU) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

▣ Modeli mehanizama degradacije betona i bet. konstrukcija:

- MODELIRANJE KARBONATIZACIJE
- MODELIRANJE DJELOVANJA KLORIDA
- MODELIRANJE NAPREDOVANJA KOROZIJE
- MODELIRANJE RAZVOJA PUKOTINE

MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

▣ MODELIRANJE KARBONATIZACIJE

- CO₂ u prisutnosti vode reagira s vapnom (proizvod hidratacije cementa) → stvara se kalcijev karbonat



- Čvrsti spoj, slabo topivi, manjeg volumena → skupljanje cementnog kamena → Smanjenje pH vrijednosti → pad zaštite armature u betonu od korozije

MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

□ MODELIRANJE KARBONATIZACIJE

- Napredovanje fronte karbonatizacije tijekom vremena može se procijeniti izrazom:

$$d_c = Kt^{0,5}$$

- K = koeficijent karbonatizacije, a ovisi o:
 - efektivnoj difuziji CO_2 u beton
 - okolišu
 - koncentraciji CO_2 u samom betonu
- K = približno 1,0-1,5 mm/god^{0,5}, ali se za beton vrlo loših svojstava i industrijski okoliš može povećati i do 7,0-8,0 mm/god^{0,5}.



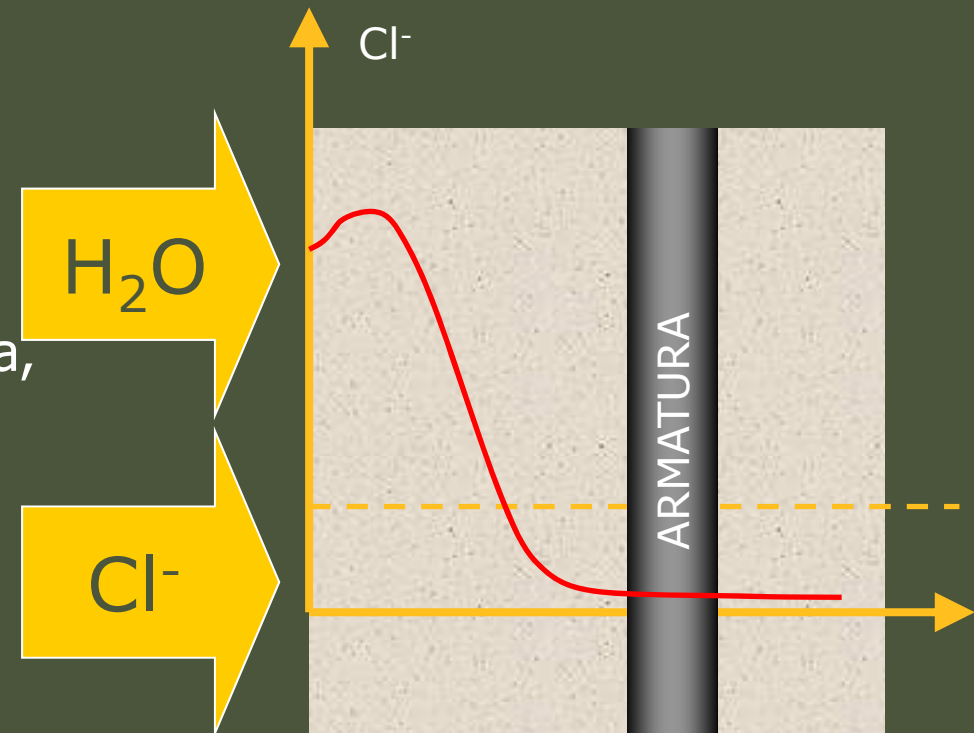
MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

□ MODELIRANJE DJELOVANJA KLORIDA

- Prodor klorida u beton opisuje se Fickovim zakonom:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

- C koncentracija klorida,
- t vrijeme,
- D koeficijent difuzije



MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

□ MODELIRANJE DJELOVANJA KLORIDA

- Rješenje diferencijalne jednačbe prilagođeno je kako bi se uzela u obzir promjena koeficijenta difuzije klorida s vremenom

$$D_c(t) = D_{ci} t^{-m}$$

- D_{ci} početni koeficijent difuzije (cm²/s),
- Koncentracija klorida u betonu na dubini x i u trenutku t bit će:

$$C(x, t) = C_s \left(1 - \operatorname{erf} \left(x / \left(2 \left(D_{ci} t^{(1-m)} / (1-m) \right)^{0,5} \right) \right) \right)$$

- C_s koncentracija klorida na površini izražena kao % težine cementa,
- erf funkcija pogreške,
- m empirijska konst. (0,4-0,6)
- Iz ove jed. može se odrediti vrijeme do početka korozije, uz pretp. $C_{crit} = 0,4\%$

MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

□ MODELIRANJE NAPREDOVANJA KOROZIJE

- promjena promjera armaturene šipke u trenutku t uzrokovana napredovanjem korozije može se procijeniti

$$D_t = D_i - 0,023 t I_c$$

- D_i početni promjer šipke armature (mm)
- I_c brzina napredovanja korozije ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) koja ovisi o
 - vlažnosti i
 - koncentraciji agresivnih tvari,što otežava procjenu napredovanja korozije

MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE

□ MODELIRANJE RAZVOJA PUKOTINE

- Razmatra se unutarnji pritisak u betonu koji izazivaju produkti korozije.
- Predviđanje vremena do trenutka raspucavanja, nakon započinjanja korozije armature, određuje se prema sljedećoj jednadžbi:

$$t_{cr} = W_c^2 / 2k_p$$

- W_c kritična količina produkata korozije koji uzrokuju raspucavanje
- k_p parametar koji uzima u obzir brzinu smanjenja presjeka čelika

EKSPPLICITNO (PREMA PONAŠANJU) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- ❑ Na osnovi modela procjenjuje se DULJINA VIJEKA TRAJANJA KONSTRUKCIJE
- ❑ Mogu se razmatrati tri vrste graničnih situacija:
 - Početak pojave korozije
 - Početak pojave pukotina
 - Korozija kao postotak površine armature

Postupak modeliranja mehanizama degradacije
nije normiran

→ nema suglasnosti oko primjenljivosti i preciznosti pojedinih modela

IMPLICITNO (OPISNO)

PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI – EN 1992

- Postupak proračuna s obzirom na uvjete agresivnog okoliša je izjednačen
 - za konstrukcije zgrada (uporabni vijek od **50 godina**) i
 - konstrukcije mostova (uporabni vijek od **100 godina**)

uvođenjem tzv. "razreda konstrukcije" koji uzima u obzir

- zahtijevani uporabni vijek,
- je li usvojeni razred čvrstoće betona veći od minimalnog,
- karakteristike betonskog elementa
- te je li osigurana posebna kontrola kvalitete.

Najmanja debljina zaštitnog sloja iz uvjeta okoliša prema EN 1992-1-1: PREDNAPETA ARMATURA

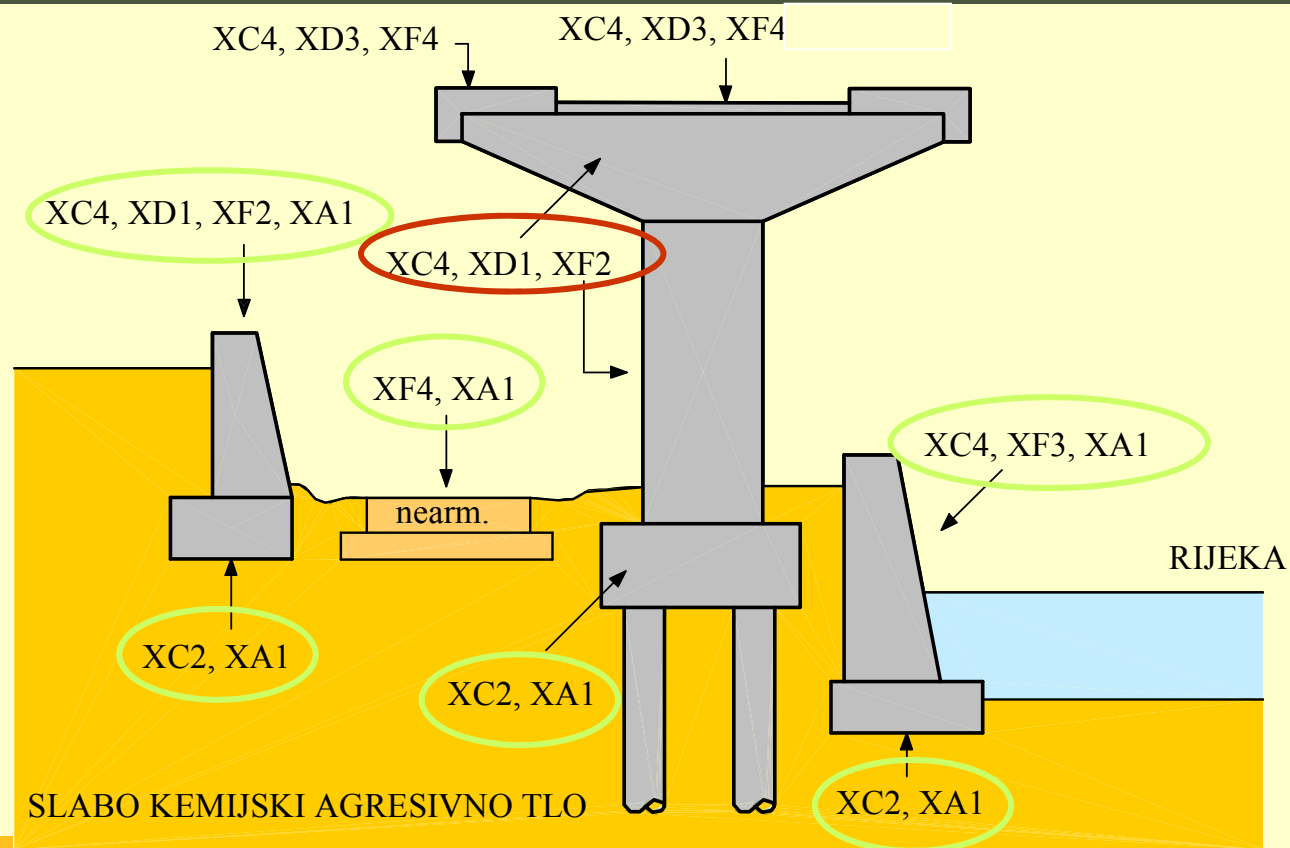
Razred konstrukcije	RAZREDI IZLOŽENOSTI						
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1 XS1	XD2 XS2	XD3 XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65
Projektirani vijek uporabe 100 godina							
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Razred čvrstoće							
	≥C30/37 -1	≥C30/37 -1	≥C35/45 -1	≥C40/50 -1	≥C40/50 -1	≥C40/45 -1	≥C45/55 -1
Pločasti konstr. element (izvedba nema utjecaj na položaj armature)							
	-1	-1	-1	-1	-1-	-1	-1
Osigurana posebna kontrola kvalitete proizvodnje betona							
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Dopuštena odstupanja od gornjih vrijednosti							
-gore navedene granice za kriterij razreda čvrstoće se mogu ublažiti tj. može se kao granica uzeti za jedan niži razred čvrstoće ako je sadržaj zraka veći od 4% -poseban sastav betona kojim se dobiva beton manje propusnosti nije uzet u obzir u ovoj tablici, ali se dopušta razmotriti njegov utjecaj							

Najmanja debljina zaštitnog sloja iz uvjeta okoliša prema EN 1992-1-1: **NENAPETA ARMATURA**

Razred konstrukcije	RAZREDI IZLOŽENOSTI						
	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
Projektirani vijek uporabe 100 godina							
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Razred čvrstoće							
	≥C30/37 -1	≥C30/37 -1	≥C35/45 -1	≥C40/50 -1	≥C40/50 -1	≥C40/45 -1	≥C45/55 -1
Pločasti konstr. element (izvedba nema utjecaj na položaj armature)							
	-1	-1	-1	-1	-1-	-1	-1
Osigurana posebna kontrola kvalitete proizvodnje betona							
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Dopuštena odstupanja od gornjih vrijednosti							
-gore navedene granice za kriterij razreda čvrstoće se mogu ublažiti tj. može se kao granica uzeti za jedan niži razred čvrstoće ako je sadržaj zraka veći od 4% -poseban sastav betona kojim se dobiva beton manje propusnosti nije uzet u obzir u ovoj tablici, ali se dopušta razmotriti njegov utjecaj							

Najmanja debljina zaštitnog sloja iz uvjeta okoliša prema EN 1992-1-1: **NENAPETA ARMATURA**

Razred konstrukcije	RAZREDI IZLOŽENOSTI						
	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	Preporučuje se razred S4 za uporabni vijek od 50 godina						
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55
Projektirani vijek uporabe 100 godina							
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Razred čvrstoće							
	≥C30/37 -1	≥C30/37 -1	≥C35/45 -1	≥C40/50 -1	≥C40/50 -1	≥C40/45 -1	≥C45/55 -1
Pločasti konstr. element (izvedba nema utjecaj na položaj armature)							
	-1	-1	-1	-1	-1-	-1	-1
Osigurana posebna kontrola kvalitete proizvodnje betona							
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Dopuštena odstupanja od gornjih vrijednosti							
-gore navedene granice za kriterij razreda čvrstoće se mogu ublažiti tj. može se kao granica uzeti za jedan niži razred čvrstoće ako je sadržaj zraka veći od 4% -poseban sastav betona kojim se dobiva beton manje propusnosti nije uzet u obzir u ovoj tablici, ali se dopušta razmotriti njegov utjecaj							



Donji dio rasponskog sklopa i stup mosta izložen kiši, naizmjenično vlažno i suho, solima za odmrzavanje i smrzavanju

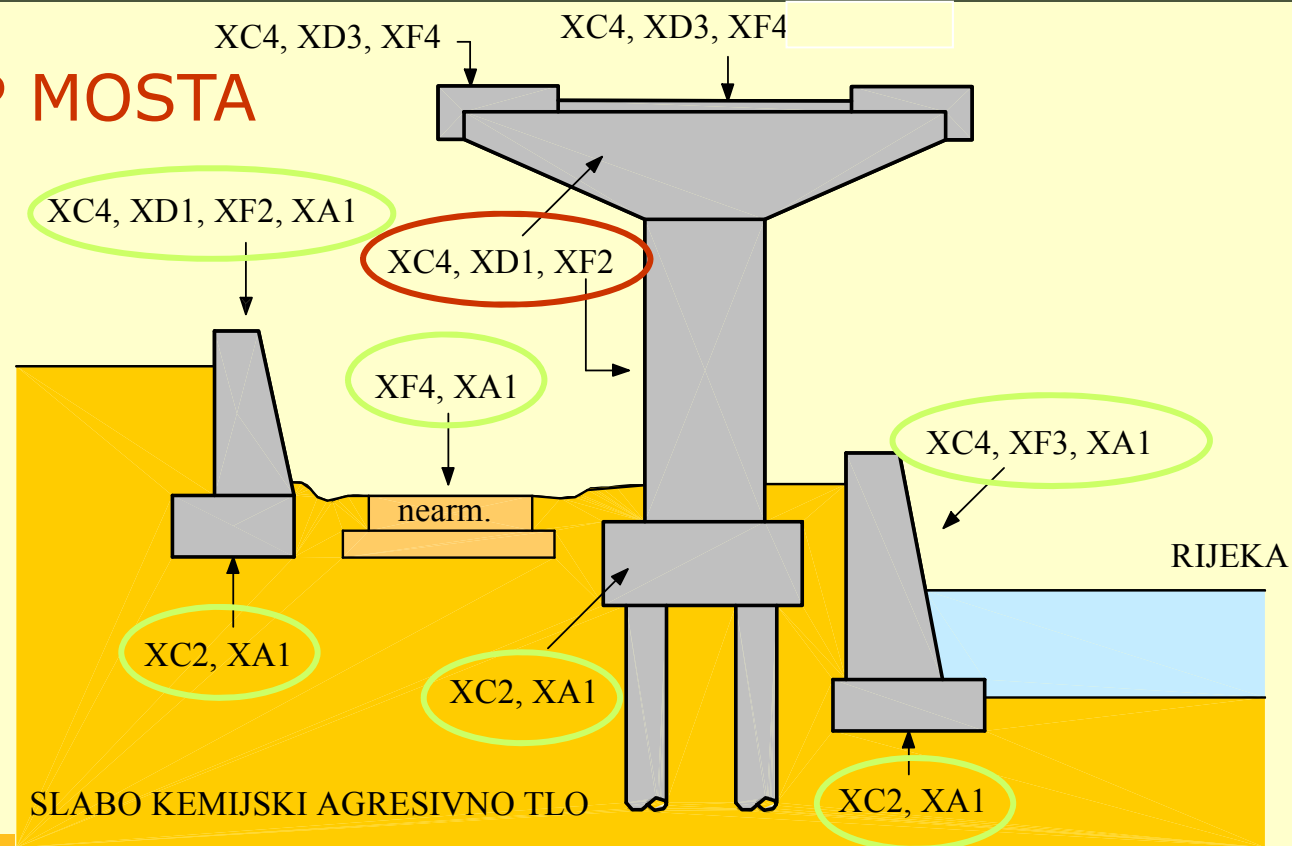
PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA (50 god, CEM I; 20 – 32 mm)

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m³]	Razred čvrstoće
1 Nema rizika korozije. Većina praktične primjene betona u zatvorenim prostorima.					
X0	<i>Nearmirani beton ili beton u koji nije ugrađen metal:</i> svi uvjeti izloženosti izuzev ciklusa smrzavanje /odmrzavanje, abrazije ili kemijskog djelovanja <i>Armirani beton ili beton u koji je ugrađen metal:</i> vrlo suh okoliš	Beton u tlu bez izloženosti smrzavanju. Beton unutar građevine s vrlo niskom vlažnosti zraka.	-	-	C12/15
2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom (H₂O, CO₂). Većina praktične primjene betona u vanjskim uvjetima, uz ograničenje u slučaju izloženosti konstrukcije ili njenog dijela djelovanju soli. Utjecaji koji potiču koroziju armature.					
XC1	Suh ili stalno vlažan	Beton unutar građevina s niskom vlagom zraka. Beton stalno u vodi.	0,65	260	C20/25
XC2	Vlažan, rjeđe suh	Betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom. Mnogi temelji.	0,60	280	C25/30
XC3	Umjereno vlažan	Beton unutar građevina s umjerenom ili visokom vlažnosti zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.	0,55	280	C30/37
XC4	Naizmjenično vlažan i suh	Betonske površine u dodiru s vodom, koje nisu u XC2. Vanjski elementi izloženi kiši.	0,50	300	C30/37
3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora (H₂O, Cl). Beton konstrukcija u kontinentalnim krajevima koje su izložene djelovanju soli.					
XD1	Umjereno vlažan	Betonske površine izložena kloridima iz zraka.	0,55	300	C30/37
XD2	Vlažan, rjeđe suh	Bazeni, beton izložen industrijskim vodama koje sadrže kloride.	0,55	300	C30/37
XD3	Naizmjenično vlažan i suh	Dijelovi mostova izloženi prskanju s kloridima, kolnici, parkirališta, međukatne konstrukcije javnih garaža.	0,45	320	C35/45

PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA (50 god, CEM I; 20 – 32 mm)

Oznaka razreda	Opis okoliša	Primjer	Max v/c	Min cement [kg/m ³]	Razred čvrstoće
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode (H₂O, Cl).					
Betonske konstrukcije u morskom okolišu.					
XS1	Izloženost solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Konstrukcije blizu mora ili na obali.	0,50	300	C30/37
XS2	Stalna uronjenost	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	320	C35/45
XS3	Područje plime i oseke i područje valova i zapljuskivanja	Dijelovi konstrukcije u moru.	0,45	340	C35/45
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja sa soli za odmrzavanje ili bez nje. Oštećenja betona.					
XF1	Umjerena zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,55	300	C30/37
XF2	Umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene smrzavanju i solima za odmrzavanje iz zraka.	0,55	300	C25/30
XF3	Visoka zasićenost vodom bez soli za odmrzavanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i smrzavanju.	0,50	320	C30/37
XF4	Visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje	Kolnici i mostovske kolničke ploče izložene solima za odmrzavanje. Površine betona izložene prskanju vodom koja sadrži soli za odmrzavanje i smrzavanju. Područja vlaženja morem izložena smrzavanju.	0,45	340	C30/37
6 Kemijsko djelovanje iz prirodnog tla i podzemne vode.					
Dana je razredba kemijski agresivnog okoliša ovisno o vrijednosti pojedinih kemijskih karakteristika (sadržaj SO ₄ ²⁻ , CO ₂ , NH ₄ ⁺ , Mg ²⁺ , pH, kiselost). Ako se radi o djelovanjima izvan te razredbe, drugim agresivnim kemikalijama, velikoj brzini vode u kombinaciji sa određenim kemikalijama, može biti potrebna posebna studija za utvrđivanje odgovarajuće izloženosti.					
XA1	Lagano kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,55	300	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,50	320	C30/37
XA3	Vrlo kemijski agresivan okoliš	Prirodno tlo ili podzemna voda	0,45	360	C35/45

STUP MOSTA



Donji dio rasponskog sklopa i stup mosta izložen kiši, naizmjenično vlažno i suho, solima za odmrzavanje i smrzavanju

Korozija uzrokovana karbonatizacijom XC4

Najmanji razred tl.čvr.: C30/37
Najveći v/c omjer: 0,50
Najmanja kol.cementa: 300

Korozija uzrokovana kloridima iz zraka XD1

Najmanji razred tl.čvr.: C30/37
Najveći v/c omjer: 0,55
Najmanja kol.cementa: 300

Djelovanje smrzavanja sa solima za odmrzavanje XF2

Najmanji razred tl.čvr.: C25/30
Najveći v/c omjer: 0,55
Najmanja kol.cementa: 300

Primjer 1.	XC4	XD1	XF2	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA:				
Najmanji:	C30/37	C30/37	C25/30	-
Odabran:	C40 / 50	C40 / 50	-	C40 / 50
RAZRED KONSTRUKCIJE:				
Početni:	S4	S4	-	S4
Uporabni vijek 100 god:	+2	+2	-	+2
Razred čvrst. C40 / 50 :	-1	-1	-	-1
Geometrija elementa NE:	-	-	-	-
Posebna kontr. kvalitete NE :	-	-	-	-
Konačno:	S5	S5	-	S5
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)	35 mm	40 mm	-	40 mm
DOPUŠTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev})				10 mm
NOMINALNA VRIJEDNOST $C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev}$				50 mm

Primjer 2.		XC4	XD1	XF2	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA:					
	Najmanji:	C30/37	C30/37	C25/30	-
	Odabran:	C40 / 50	C40 / 50	-	C40 / 50
RAZRED KONSTRUKCIJE:					
	Početni:	S4	S4	-	S4
	Uporabni vijek 100 god:	+2	+2	-	+2
	Razred čvrst. C40 / 50:	-1	-1	-	-1
	Geometrija elementa NE:	-	-	-	-
	Posebna kontr. kvalitete DA:	-1	-1	-	-1
	Konačno:	S4	S4	-	S4
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)		30 mm	35 mm	-	35 mm
DOPUŠTENO Odstupanje u izvedbi (Δc_{dev})					10 mm
NOMINALNA VRIJEDNOST $C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev}$					45 mm

Primjer 3.		XC4	XD1	XF2	Usvojeno
RAZRED TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA:					
	Najmanji:	C30/37	C30/37	C25/30	-
	Odabran:	C35 / 45	C35 / 45	-	C35 / 45
RAZRED KONSTRUKCIJE:					
	Početni:	S4	S4	-	S4
	Uporabni vijek 100 god:	+2	+2	-	+2
	Razred čvrst. C35 / 45 :	-	-	-	-
	Geometrija elementa NE:	-	-	-	-
	Posebna kontr. kvalitete NE :	-	-	-	-
	Konačno:	S6	S6	-	S6
NAJMANJA DEBLJINA ZAŠTITNOG SLOJA ZA OSIGURANJE TRAJNOSTI ($c_{min,dur}$)		40 mm	45 mm	-	45 mm
DOPUŠTENO ODSUPANJE U IZVEDBI (Δc_{dev})					10 mm
NOMINALNA VRIJEDNOST $C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev}$					55 mm

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



– idući tjedan –

ROBUSNOST KONSTRUKCIJA