

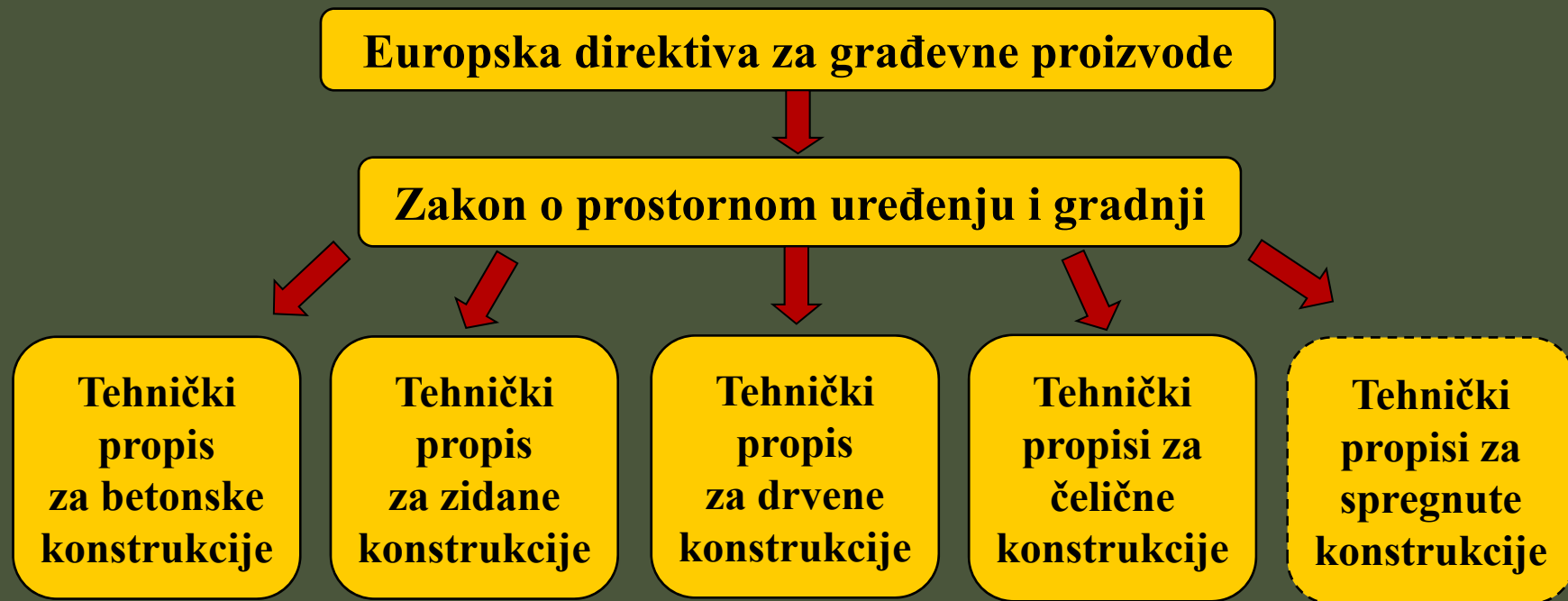
TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- 10 -

OSTVARENJE TRAJNIH
KONSTRUKCIJA

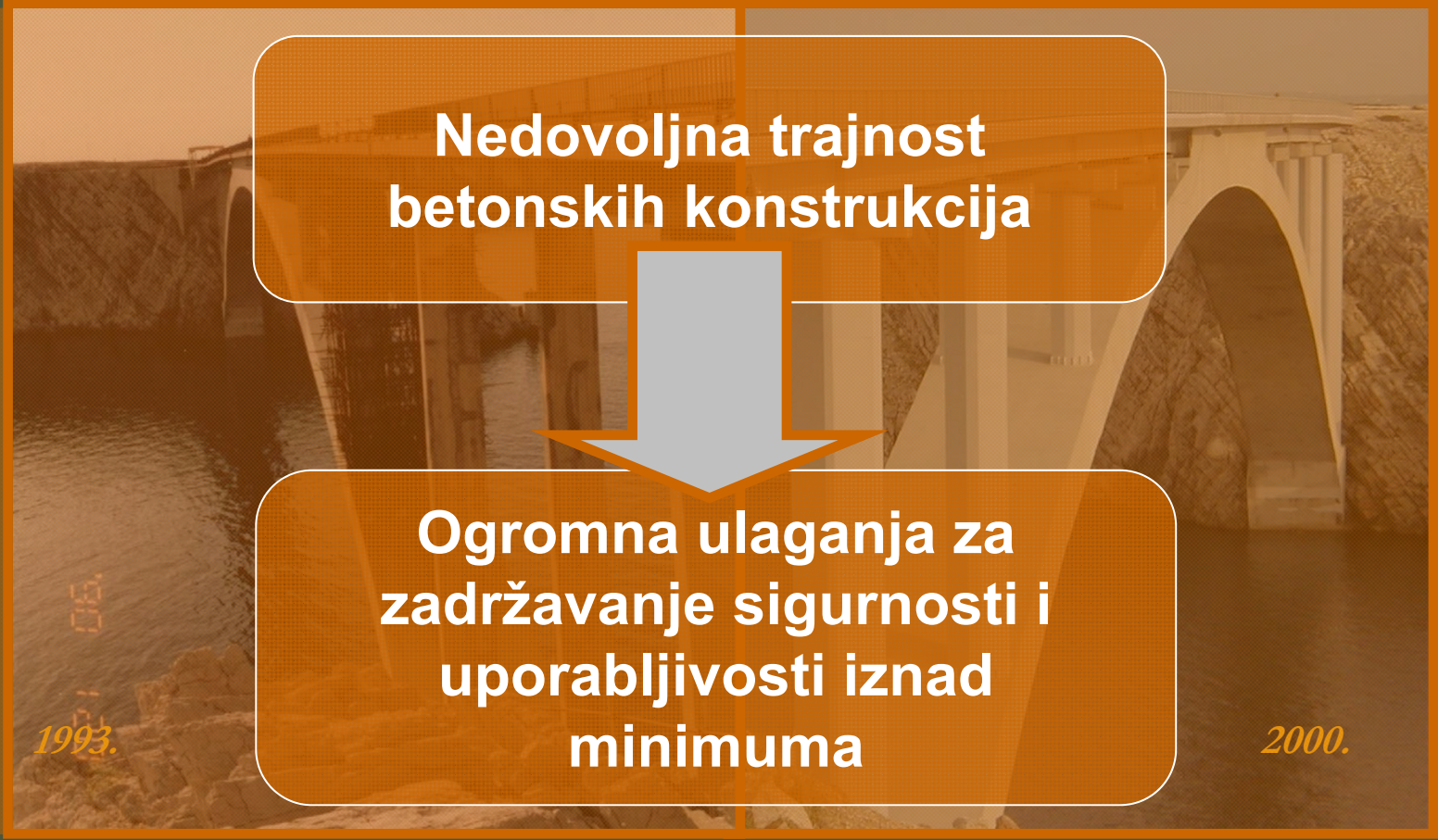
GRAĐEVINSKA REGULATIVA





BETONSKE KONSTRUKCIJE

BETONSKE KONSTRUKCIJE



**Nedovoljna trajnost
betonskih konstrukcija**

**Ogromna ulaganja za
zadržavanje sigurnosti i
uporabljivosti iznad
minimuma**

1993.

2000.

BETONSKE KONSTRUKCIJE

□ Uzrok:

- Nedovoljna pozornost posvećena trajnosti u **PROJEKTU KONSTRUKCIJE**
- Nedovoljna pozornost posvećena pitanju trajnosti tijekom **IZVOĐENJA KONSTRUKCIJE**
- **NEREDOVITO ODRŽAVANJE ILI NJEGOV POTUPNI IZOSTANAK** tijekom uporabe konstrukcije

PROJEKTIRANJE TRAJNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

PROJEKT BETONSKE KONSTRUKCIJE

- ❑ proračun (dokaz) nosivosti i uporabljivosti
- ❑ zahtjevi na materijal
- ❑ postupci i tehnologija izvođenja
- ❑ nadzor (kontrola) i održavanje



povezanost pojedinih zahtjeva preduvjet za ostvarenje trajnosti betonskih konstrukcija

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

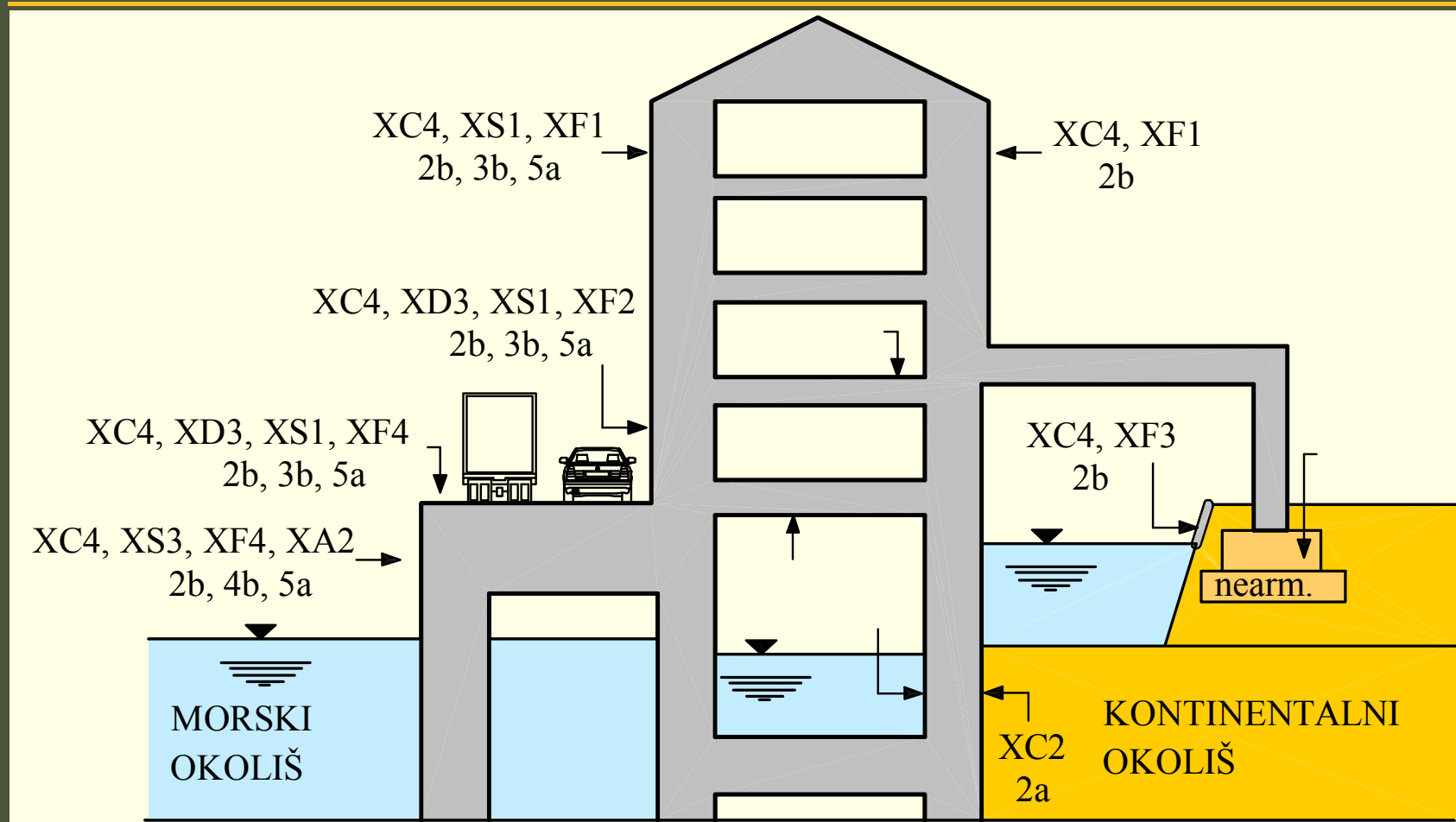
5

Smrzavanje/odmrzavanje
Sa/bez soli za odmrzavanje; XF

6

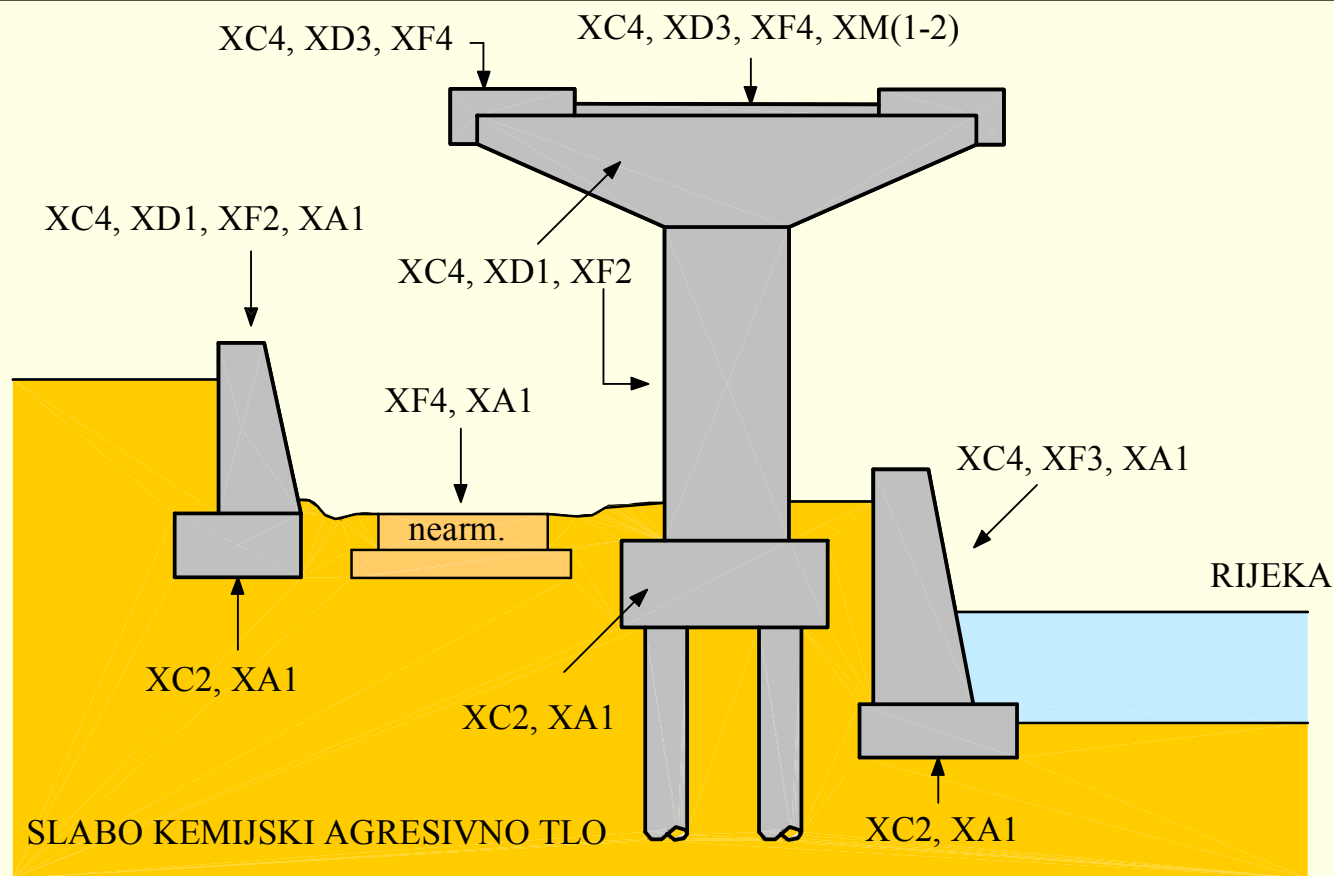
Kemijska korozija; XA

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

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.

dodatna sigurnost u ostvarenju trajnosti konstrukcije

umanjenje zbog uporabe nehrđajućeg čelika

umanjenje zbog uporabe dodatne zaštite (premazi)

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.

PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI ŠIRINE PUKOTINA

Razred izloženosti	Armiranobetonske konstrukcije i prednapete konstrukcije s neinjektiranim kabelima	Prednapete konstrukcije s 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			
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.

EKSPPLICITNO (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

EKSPPLICITNO (PREMA PONAŠANJU) PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI

- ❑ Na osnovi modela procjenjuje se DULJINA VIJEKA TRAJANJA KONSTRUKCIJE
- ❑ Definirati graničnu situaciju:
 - Početak pojave korozije
 - Početak pojave pukotina
 - Korozija kao postotak površine armature

Postupak modeliranja mehanizama degradacije
nije normiran

IZVOĐENJE TRAJNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

- Tehnički i drugi zahtjevi za izvođenje betonskih konstrukcija obuhvaćaju zahtjeve za:
 - dokumentiranje izgradnje,
 - skele i oplate,
 - armaturu,
 - prednapinjanje,
 - betoniranje,
 - izgradnju s predgotovljenim elementima,
 - dopuštena odstupanja i
 - nadzor

IZVOĐENJE TRAJNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

NJEGA BETONA

KONTROLA KVALITETE

NJEGA BETONA

KVALITETNA IZVEDBA ZAŠTITNOG SLOJA

- ❑ Razred čvrstoće, vodocementni omjer, zbijanje
- ❑ NJEGA
 - Jedan od osnovnih preduvjeta za ostvarenje trajnosti
 - Sprječava rano isušivanje
 - ❑ zaustavljanje hidratacije cementa,
 - ❑ karbonatizaciju betona,
 - ❑ vanjski sloj ostaje porozan i slab)

NJEGA BETONA

□ *Osnovni parametar:*

- Brzina kojom površinski sloj betona ostvaruje nepropusnost odnosno otpornost

□ *Osnovno načelo:*

- Vrijeme tijekom kojega treba njegovati betonski element mora biti barem toliko koliko je potrebno betonskom elementu da dosegne 50% f_{ck}

NJEGA BETONA

Informaciju dostavlja proizvođač

Razvoj čvrstoće betona	Brz	Srednji	Polagan	Vrlo polagan
$r = f_{cm,2}/f_{cm,28}$	$r \geq 0,50$	$r = 0,30$	$r = 0,15$	$r < 0,15$
Površinska temperatura betona t [$^{\circ}\text{C}$]	Minimalno trajanje njege betona [dani]			
$t \geq 25$	1	1,5	2	3
$25 > t \geq 15$	1	2	3	5
$15 > t \geq 10$	2	4	7	10
$10 > t \geq 5$	3	6	10	15

Moguća je linearna interpolacija između vrijednosti za r .

Za temperature niže od 5°C , trajanje njege betona treba produžiti za vremenski period jednak trajanju temperatura nižih od 5°C .

Povećano za svako razdoblje vezivanja koje premašuje 5 sati.

KONTROLA KVALITETE

□ Tri sustava provjere:

■ UNUTARNJA PROVJERA

provodi: projektant, izvođač, podizvođač ili dobavljač
na vlastiti poticaj ili vanjski zahtjev (naručitelj / neovisna org.)

■ VANJSKA PROVJERA

sve provjere za naručitelja, provodi neovisna organizacija
provjera unutarnje provjere / dopunska nezavisna ispitivanja

■ PROVJERA SUKLADNOSTI

obično dio vanjske provjere
utvrditi da li je rad proveden prema ugovornim odredbama

KONTROLA KVALITETE

- Učestalost i opseg provjere:

- **PROVJERA PROJEKTIRANJA**

- prema poznatim zahtjevima propisa

- **PROVJERA IZRADBE I IZVEDBE**

- vizualne provjere / ispitivanja / ocjene rezultata ispitivanja
definirani ciljevi provjere i veze s drugim primjerenim normama
za beton, oplata, skele, armaturu, čelik i uređaje za
prednapinjanje te elemente i predgotovljene elemente (provjera
gradiva i njihove izradbe te provjera tijekom izvedbe)

- **PROVJERA DOVRŠENE GRAĐEVINE (ISPITIVANJE PO PREUZIMANJU)**

ODRŽAVANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA

RADOVI NA ODRŽAVANJU

ZAŠTITA I POPRAVCI

RADOVI NA ODRŽAVANJU KONSTRUKCIJA

- ▣ Održavanje konstrukcije podrazumijeva:

REDOVITE PREGLEDE

Predviđeno projektom:
Vremenski razmaci
Način provedbe

IZVANREDNE PREGLEDE

Nakon izvanrednog
događaja ili
po zahtjevu inspekcije

IZVOĐENJE RADOVA

kojima se zadržava ili
vraća stanje određeno
projektom građevine i
u skladu s propisima (u
skladu s kojima je
konstrukcija izvedena)

RADOVI NA ODRŽAVANJU KONSTRUKCIJA

- ❑ Pregled mora obuhvaćati barem:

VIZUALNI PREGLED

Utvrđivanje položaja i veličine pukotina
Utvrđivanje drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti

UTVRĐIVANJE STANJA ZAŠTITNOG SLOJA

Za konstrukcije u jako i umjereno agresivnom okolišu

UTVRĐIVANJE PROGIBA GLAVNIH NOSIVIH ELEMENATA

Za slučaj osnovnog djelovanja
Ako se na temelju vizualnog pregleda pojavi sumnja

RADOVI NA ODRŽAVANJU KONSTRUKCIJA

▣ Minimalni razmaci redovitih pregleda

■ Za zgrade javne i stambene namjene ➡ 10 GODINA

■ Za mostove: ➡ 2 GODINE

■ Za industrijske, prometne,
infrastrukturne i druge građevine
koje nisu uključene u prve dvije kategorije: ➡ 5 GODINA

ZAŠTITA I POPRAVCI BETONSKIH KONSTRUKCIJA

▣ Zaštita betona u betonskim konstrukcijama:

- 1 Zaštita od ulaska škodljivih tvari
- 2 Kontrola vlažnosti
- 3 Obnavljanje betona
- 4 Ojačanje konstrukcije
- 5 Fizikalna otpornost
- 6 Kemijska otpornost

▣ Zaštita armature u betonskim konstrukcijama:

- 7 Očuvanje ili obnavljanje pasivnosti
- 8 Povećanje otpora
- 9 Kontrola katode
- 10 Katodna zaštita
- 11 Kontrola anodnih područja

ZAŠTITA I POPRAVCI BETONSKIH KONSTRUKCIJA

- Pukotine nastaju usljed:
 - opterećenja
 - plastičnog skupljanja
 - temperaturnih deformacija,
 - topline hidratacije
 -

1. Odrediti uzrok
nastanka pukotine

2. Pristupiti
poporavku



Redni broj	Načela i definicije	Metode
1.	Zaštita od ulaska škodljivih tvari Smanjenje ili sprečavanje prodora raznih škodljivih tvari, tj. vode, drugih tekućina, pare, plina, kemijskih ili bioloških tvari	1.1 Impregnacija Primjena tekućih proizvoda koji prodiru u beton i zatvaraju pore 1.2 Površinski premazi sa sposobnošću premošćivanja pukotina ili bez nje 1.3 Lokalna sanacija pukotina 1.4 Zapunjavanje pukotina 1.5 Pretvaranje pukotina u spojeve 1.6 Primjena membrana

ZAŠTITA I POPRAVCI BETONSKIH KONSTRUKCIJA

▣ Pukotine kao posljedica korozijskih procesa:

- nastaju uzduž armature i jedan su od prvih vizualnih pokazatelja problema korozije
- ne mogu se jednostavno popraviti injektiranjem ili zapunjavanjem,
- takva oštećenja moraju se popravljati primjenom načela 7 do 11, koja se odnose na koroziju armature.

7

Očuvanje ili
obnavljanje pasivnosti

8

Povećanje otpora

9

Kontrola katode

10

Katodna zaštita

11

Kontrola anodnih
područja



ZIDANE KONSTRUKCIJE

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U PROJEKTIRANJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

definirati projektirani uporabni vijek (50 godina)



definirati okoliš konstrukcijskog elementa (odrediti unutarnje i vanjske uvjete)



presuditi o njihovom značenju u odnosu na trajnost



odrediti odgovarajuće mjere radi zaštite materijala

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U PROJEKTIRANJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ **Osnovno načelo** za osiguranje trajnosti zida:
zahtjev da zide bude projektirano tako da ima prikladna svojstva za predviđenu namjenu.
- ❑ Za ispunjavanje ovoga načela potrebno je pri proračunu razmotriti:
 - mikrouvjete izloženosti,
 - prikladnost materijala za djelovanja kojima je izložen, uključujući djelovanja okoliša,
 - otpor prodoru vlage kroz zidove.

UVJETI OKOLIŠA (MIKROUVJETI IZLOŽENOSTI)

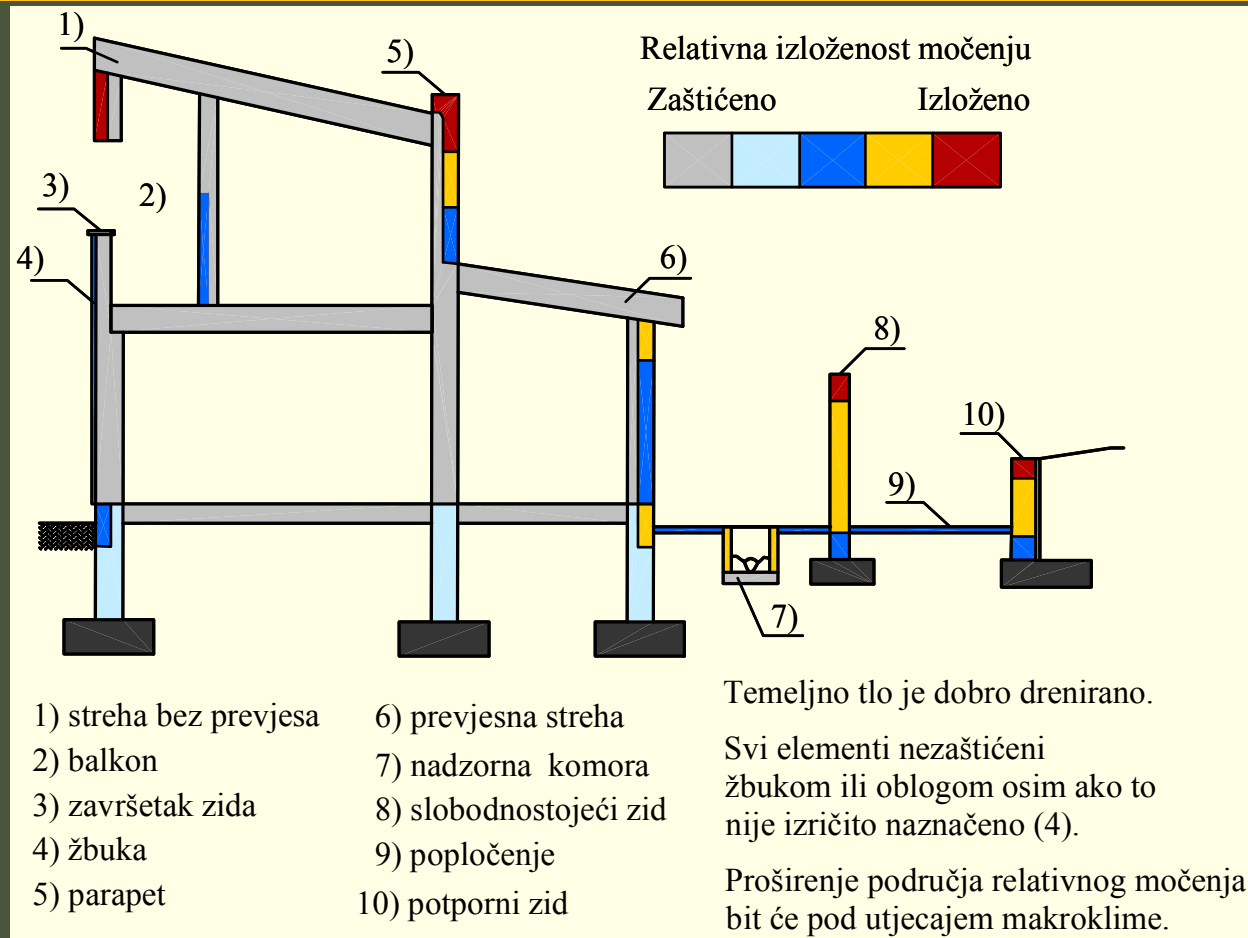
- ❑ Ziđe je potrebno svrstati u normirane razrede izloženosti; potrebno razmotriti:
- ❑ **KLIMATSKE ČIMBENIKE (MAKROUVJETI IZLOŽENOSTI)**
 - uzeti u obzir učinak makrouvjeta na mikrouvjete i to: kišu i snijeg, kombinaciju vjetra i kiše, promjenu temperature i promjenu relativne vlažnosti
- ❑ **ŽESTINU IZLOŽENOSTI MOČENJU**
 - potrebno uzeti u obzir učinak žbuke, obloga, streha, završetaka zida, vijenaca, odvodnje ili drugih dijelova koji odводе vodu iz ziđa.
- ❑ **IZLOŽENOST CIKLUSIMA SMRZAVANJA I ODMRZAVANJA**
 - ovisi o rasponu i prirodi temperaturnih promjena
- ❑ **PRISUTNOST KEMIJSKIH TVARI KOJE MOGU DOVESTI DO ŠTETNIH REAKCIJA**
 - Napad sulfatima (prirodna tla, podzemna voda, odlagališta otpada i nasuto tlo, materijali za izvedbu te onečišćenje zraka)
 - kloridima (obalna područja gdje ziđe može biti izloženo zraku zasićenom solju ili morskom vodom)
 - drugim agresivnim kemikalijama u okolišu



primjeri

UVJETI OKOLIŠA (MIKROUVJETI IZLOŽENOSTI)

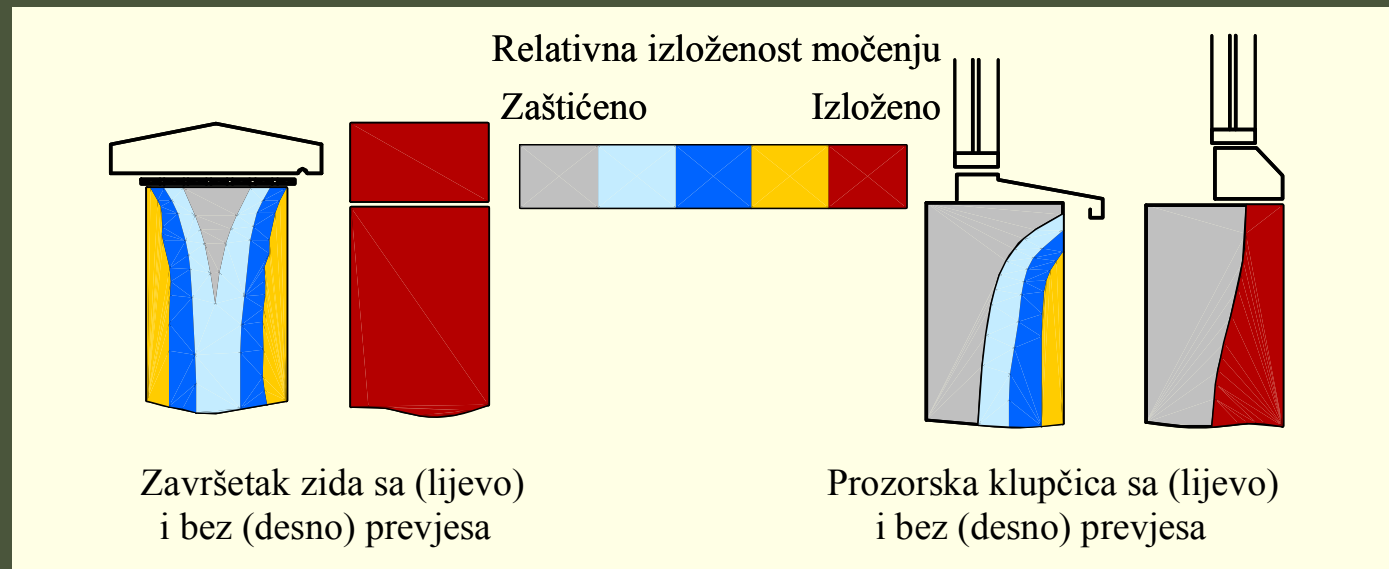
primjeri



Primjeri relativne izloženosti močenju za određivanje razreda izloženosti zidanih konst.

UVJETI OKOLIŠA (MIKROUVJETI IZLOŽENOSTI)

primjeri



*Primjeri učinka izvedbene pojedinosti na relativnu izloženost zida močenju
za određivanje razreda izloženosti*

UVJETI OKOLIŠA (MIKROUVJETI IZLOŽENOSTI)

▣ 5 osnovnih razreda izloženosti

MX1

Zid u suhom okolišu

MX2

Zid izložen vlazi ili močenju

MX3

Zid izložen močenju + ciklusi smrzavanje/odmrzavanje

MX4

Zid izložen zasićenom slanom zraku ili moru

MX5

Zid izložen kemijski agresivnom okolišu

Razred izloženost	Opis okoliša	
	Mikrouvjeti	Primjeri
MX1	Zid u suhom okolišu	
MX1	Suhi okoliš	Unutrašnjost stambenih ili uredskih zgrada, uključujući unutarnje slojeve vanjskih šupljih zidova kod kojih nije vjerojatno vlaženje. Žbukano zide vanjskih zidova, koji nisu izloženi srednjoj ili jakoj, vjetrom nošenoj kiši, i koji su izolirani od vlaženja susjednog zida ili materijala.
MX2	Zid izložen vlazi ili močenju	
MX2.1	Izloženost vlazi, ali nema izloženosti ciklusima smrzavanja i odmrzavanja ili vanjskim izvorima znatne razine sulfata ili agresivnih kemikalija	Unutarnje zide izloženo visokoj razini vodene pare kao što je praonica rublja. Zide vanjskih zidova zaštićeno strehom ili kapom, koje nije izloženo jakoj vjetrom nošenoj kiši, ili smrzavici. Zide ispod zone smrzavanja u dobro definiranom neagresivnom tlu.
MX2.2	Izloženost jakom močenju, ali nema izloženosti ciklusima smrzavanja i odmrzavanja ili vanjskim izvorima znatne razine sulfata ili agresivnih kemikalija.	Zide koje nije izloženo smrzavici ili agresivnim kemikalijama smješteno: -u vanjskim zidovima s kapama ili preljevnim strehama -u parapetima -u slobodnostojećim zidovima -u tlu -pod vodom
MX3	Zid izložen močenju i ciklusima smrzavanja i odmrzavanja	
MX3.1	Izloženost vlaženju i ciklusima smrzavanja i odmrzavanja, ali nema izloženosti vanjskim izvorima znatne razine sulfata ili agresivnih kemikalija	Zide kao kod razreda MX2.1 izloženo ciklusima smrzavanja i odmrzavanja.
MX3.2	Izloženost jakom močenju i ciklusima smrzavanja i odmrzavanja, ali nema izloženosti vanjskim izvorima znatne razine sulfata ili agresivnih kemikalija.	Zide kao kod razreda MX2.2 izloženo ciklusima smrzavanja i odmrzavanja.
MX4	Zid izložen zasićenom slanom zraku ili morskoj vodi	
MX4	Izloženost zraku zasićenom solju ili morskoj vodi	Zide u obalnim područjima
MX5	Zid izložen agresivnom kemijskom okolišu	
MX5	Izloženost kemijski agresivnom okolišu	Zide u dodiru s prirodnim tlima, nasutim tlom ili tlom s podzemnom vodom, gdje su prisutni vlaga i sulfati. Zide u dodiru s vrlo kiselim tlima, zagađenom tlu ili podzemnom vodom; zide blizu industrijskih područja gdje se agresivne kemikalije prenose zrakom.

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U PROJEKTIRANJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ **Osnovno načelo** za osiguranje trajnosti zida:
zahtjev da zide bude projektirano tako da ima prikladna svojstva za predviđenu namjenu.
- ❑ Za ispunjavanje ovoga načela potrebno je pri proračunu razmotriti:
 - mikrouvjete izloženosti,
 - prikladnost materijala za djelovanja kojima je izložen, uključujući djelovanja okoliša,
 - otpor prodoru vlage kroz zidove.

ODABIR MATERIJALA I POJEDINOSTI ZA TRAJNOST ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- U knjizi su navedene specifikacije za:
 - ZIDNE ELEMENTE
 - MORT
 - ISPUNSKI BETON
 - POMOĆNI DJELOVI
 - (spone, vlačne trake, konzole, vješaljke, nadvoji)
 - ČELIK ZA ARMIRANJE
 - NATEGE
 - DODIR S TLOM
 - ZAVRŠECI ZIDA, ZIDNE KAPE, PROZORSKE KLUPČICE

Prihvatljive odredbe zidnih

MX4 i MX5 : savjetovati se s proizvođačem sastavnih materijala

Vrsta zidnog elementa	Razred izloženosti				
Specifikacija morta	MX1*	MX2.1	MX2.2	MX3.1	MX3.2
<i>Opečni zidni elementi sukladni s normom HRN EN 771-1</i>	<i>svi</i>	<i>F0, F1, ili F2/S1 ili S2</i>	<i>F0, F1, ili F2/S1 ili S2</i>	<i>F1, ili F2/S1 ili S2</i>	<i>F2/S1 ili S2</i>
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i> + ako je zidni element S1 mort treba biti dodatno otporan na sulfate	<i>M ili S</i>	<i>S</i> + ako je zidni element S1 mort treba biti dodatno otporan na sulfate
<i>Vapnenosilikatni zidni elementi sukladni s normom HRN EN 771-2</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>bilo koji</i>	<i>otporan na smrz./odmrz.</i>	<i>otporan na smrz./odmrz.</i>
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>S</i>
<i>Betonski zidni elementi (gusti i lagani agregat) sukladni s normom HRN EN 771-3</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>bilo koji</i>	<i>otporan na smrz./odmrz. (prema HRN EN 772-18)</i>	<i>otporan na smrz./odmrz. (prema HRN EN 772-18)</i>
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>S</i>
<i>Porasti betonski zidni elementi sukladni s HRN EN 771-4</i>	<i>sve čvrst./gust.</i>	<i>sve čvrst./gust.</i>	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>S</i>
<i>Zidni elementi od umjetnog kamena sukladni s HRN EN 771-5</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>S</i>
<i>Zidni elementi od prirodnog kamena sukladni s HRN EN 771-6</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>svi</i>	<i>savjetovati se s proizvođačem</i>	<i>savjetovati se s proizvođačem</i>
Mort	<i>P, M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>M ili S</i>	<i>S</i>

ODABIR MATERIJALA I POJEDINOSTI ZA TRAJNOST ZIDANIH KONSTRUKCIJA

Kategorije zidnih elemenata

- S0, S1 i S2



odnose se na sadržaj aktivnih topljivih soli (Na, K, Mg)

Kategorije zidnih elemenata

- F0 (pasivna)
- F1 (srednja)
- F2 (žestoka izloženost)



otpornost na djelovanje smrzavanja/odmrzavanja i izražavaju primjenjivost opečnih zidnih elemenata

Kategorije morta

- P (pasivna)
- M (srednja)
- S (žestoka izloženost)



izražavaju stupanj rizika izloženosti zida vlaženju i istodobno čestim ciklusima smrzavanja/odmrzavanje

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U PROJEKTIRANJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ **Osnovno načelo** za osiguranje trajnosti zida:
zahtjev da zide bude projektirano tako da ima prikladna svojstva za predviđenu namjenu.
- ❑ Za ispunjavanje ovoga načela potrebno je pri proračunu razmotriti:
 - mikrouvjete izloženosti,
 - prikladnost materijala za djelovanja kojima je izložen, uključujući djelovanja okoliša,
 - otpor prodoru vlage kroz zidove.

OTPOR PRODORU VLAGE KROZ ZIDOVE

- Čimbenici koji utječu na otpornost na kišu nošenu vjetrom su:
 - vrsta zida i njegov geometrijski oblik, uključujući debljinu vanjskog sloja,
 - vrsta zidnih elemenata i morta,
 - voda apsorbirana u zidu,
 - sljubnice morta, profili i žbuka,
 - prisustvo, vrsta i debljina svih izolacija šupljina,
 - pojedinosti izvedbe i lokalna praksa,
 - kvaliteta zidanja.

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVOĐENJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ Uvjeti za izvođenje zidane konstrukcije, uključivo i uvjete kojima se osigurava trajnost konstrukcije, određuju se **programom kontrole i osiguravanja kvalitete** koji je sastavni dio glavnog projekta a sadržava:
 - razred nadzora izvođenja zidane konstrukcije,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu,
 - način kontrole građevnih proizvoda prije ugradnje,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcije,
 - uvjeti građenja i drugi zahtjevi.
-

RAZRED NADZORA IZVOĐENJA

- Za betonske dijelove zidanih konstrukcija razred nadzora ovisi o:

Predmet	Razred nadzora 1	Razred nadzora 2	Razred nadzora 3
Vrsta građevine	Zgrade ≤ 2 kata	Obični mostovi Zgrade > 2 kata	Posebni mostovi Visoke zgrade Visoke brane Zgrade nuklearnih reaktora Spremnici
Vrsta konstrukcijskih elemenata	Armiranobetonske grede i ploče s rasponima < 10 m Jednostavni zidovi i stupovi Jednostavne konstrukcije temelja	Armiranobetonske grede i ploče s rasponima > 10 m Vitki zidovi i stupovi Glave pilota Lukovi < 10 m	Armiranobetonski lukovi i svodovi Elementi pod visokim tlakom Vrlo osjetljivi i komplicirani temelji Lukovi > 10 m
Vrsta upotrijebljenih materijala / tehnologija	Konstrukcije od predgotovljenih elemenata	Konstrukcije od predgotovljenih elemenata	Konstrukcije od predgotovljenih elemenata Naročita dopuštena odstupanja
Beton prema normi prEN 206:1997: razred čvrstoće	Do i uključujući C25/30	Bilo koji razred čvrstoće	Bilo koji razred čvrstoće
Razred izloženosti za bet. elemente	XO, XC1, XC2, XA1, XF1	Bilo koji razred izloženosti	Bilo koji razred izloženosti
Armatura	Obična	Obična i za prednapinjanje	Obična i za prednapinjanje

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVOĐENJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ Uvjeti za izvođenje zidane konstrukcije, uključivo i uvjete kojima se osigurava trajnost konstrukcije, određuju se **programom kontrole i osiguravanja kvalitete** koji je sastavni dio glavnog projekta a sadržava:
 - razred nadzora izvođenja zidane konstrukcije,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu,
 - način kontrole građevnih proizvoda prije ugradnje,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcije,
 - uvjeti građenja i drugi zahtjevi.

DOKAZIVANJE UPORABLJIVOSTI PROIZVODA NA GRADILIŠTU

Dokazivanje uporabljivosti *predgotovljenog zida* uključuje:

■ RAZRED PROIZVODNJE ZIDNOG ELEMENTA

- **Razred proizvodnje I:** svojstva proizvoda objavljena kao karakteristična vrijednost uz pouzdanost 95 %.
- **Razred proizvodnje II:** svojstva proizvoda objavljena kao srednja vrijednost.

■ RAZRED IZVEDBE PREDGOTOVLJENOG ZIDA

- **Razred A:** izvođač ima certifikat ISO 9001, potvrđen sustav kontrole kvalitete izvođenja, ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti i mora omogućiti nadzor u ime investitora.
- **Razred B:** izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti i mora omogućiti nadzor u ime investitora.
- **Razred C:** izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti (kontrolu raspucavanja).

■ ISPITIVANJE TIPRA PREDGOTOVLJENOG ZIDA

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVOĐENJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ Uvjeti za izvođenje zidane konstrukcije, uključivo i uvjete kojima se osigurava trajnost konstrukcije, određuju se **programom kontrole i osiguravanja kvalitete** koji je sastavni dio glavnog projekta a sadržava:
 - razred nadzora izvođenja zidane konstrukcije,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu,
 - način kontrole građevnih proizvoda prije ugradnje,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcije,
 - uvjeti građenja i drugi zahtjevi.
-

NAČIN KONTROLE GRAĐEVNIH PROIZVODA PRIJE UGRADNJE

- ❑ Zaduženja izvođača kod preuzimanja građevnog proizvoda
- ❑ Zaduženja izvođača prije zidanja zida
- ❑ Zaduženja izvođača prije početka ugradnje u zidanu konstrukciju
- ❑ Zaduženja nadzornog inženjera prije ugradnje predgotovljenog zida u zidanu konstrukciju

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVOĐENJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ Uvjeti za izvođenje zidane konstrukcije, uključivo i uvjete kojima se osigurava trajnost konstrukcije, određuju se **programom kontrole i osiguravanja kvalitete** koji je sastavni dio glavnog projekta a sadržava:
 - razred nadzora izvođenja zidane konstrukcije,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu,
 - način kontrole građevnih proizvoda prije ugradnje,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcije,
 - uvjeti građenja i drugi zahtjevi.
-

DOKAZIVANJE NOSIVOSTI I UPORABLJIVOSTI KONSTRUKCIJE

...treba uzeti u obzir:

- ❑ **zapise u građevinskom dnevniku** o svojstvima i drugim podacima o građevnim proizvodima ugrađenim u zidanu konstrukciju,
- ❑ **rezultate nadzornih radnji i kontrolnih postupaka** koji se obvezno provode prije ugradnje građevnih proizvoda u zidanu konstrukciju,
- ❑ **dokaze uporabljivosti** (rezultate ispitivanja, zapise o provedenim postupcima i dr.) koje je izvođač osigurao tijekom građenja zidane konstrukcije,
- ❑ **rezultate ispitivanja pokusnim opterećenjem** zidane konstrukcije ili njezinih dijelova,
- ❑ **uvjete građenja i druge okolnosti** koje prema građevinskom dnevniku i drugoj dokumentaciji koju izvođač mora imati na gradilištu, te dokumentaciju koju mora imati proizvođač građevnog proizvoda, a mogu biti od utjecaja na tehnička svojstva zidane konstrukcije.

OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVOĐENJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

- ❑ Uvjeti za izvođenje zidane konstrukcije, uključivo i uvjete kojima se osigurava trajnost konstrukcije, određuju se **programom kontrole i osiguravanja kvalitete** koji je sastavni dio glavnog projekta a sadržava:
 - razred nadzora izvođenja zidane konstrukcije,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu,
 - način kontrole građevnih proizvoda prije ugradnje,
 - ispitivanja i postupci dokazivanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcije,
 - uvjeti građenja i drugi zahtjevi.

UVJETI GRAĐENJA I DRUGI ZAHJTEVI ZA OSIGURAVANJE TRAJNOSTI

- ❑ ZAŠTITA ZA VRIJEME SKLADIŠTENJA I RUKOVANJA
- ❑ PRIPREMA MATERIJALA
- ❑ ZAŠTITA NOVOIZVEDENOG ZIDA
 - Zaštita od kiše
 - Zaštita od cikličkog smrzavanja i odmrzavanja
 - Zaštita od učinaka vrućine i učinaka niske vlažnosti
 - Zaštita od mehaničkih oštećenja
 - Mjere za osiguranje stabilnosti zida

ODRŽAVANJE ZIDANIH KONSTRUKCIJA

REDOVITE PREGLEDE

Predviđeno projektom:
Vremenski razmaci
Način provedbe

IZVANREDNE PREGLEDE

Nakon izvanrednog
događaja ili
po zahtjevu inspekcije

IZVOĐENJE RADOVA

kojima se zadržava ili
vraća stanje određeno
projektom građevine

■ Minimalni razmaci redovitih pregleda

- Za zgrade javne i stambene namjene
- Za industrijske, infrastrukturne i druge građevine koje nisu navedene prethodno



10 GODINA



5 GODINA

ODRŽAVANJE ZIDANIH KONSTRUKCIJA

Pregled mora obuhvaćati najmanje:

- ❑ **VIZUALNI PREGLED**, uključivo utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- ❑ za betonske dijelove zidane konstrukcije u umjereno ili jako agresivnom okolišu: **UTVRĐIVANJE STANJA ZAŠTITNOG SLOJA ARMATURE**
- ❑ ako se na temelju vizualnog pregleda pojavi sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti: **UTVRĐIVANJE VELIČINE POMAKA GLAVNIH NOSIVIH ELEMENATA** zidane konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



kraj