



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
www.grf.bg.ac.rs

Studijski program: **GRAĐEVINARSTVO**

Modul: **KONSTRUKCIJE**

Godina/Semestar: **3 godina / 5 semestar**

Naziv predmeta (šifra): **TEORIJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1
(B2K3B1)**

Nastavnik: **Prof.dr Snežana Marinković**

Naslov predavanja: **TRAJNOST**

Datum : 15.12.2021.

Beograd, 2021.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2021/2022 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.

Sadržaj

- Uvod
- Osnove proračuna
- Osobine materijala
- Analiza
- ULS-Savijanje
- ULS-Smicanje
- ULS-Torzija
- ULS-Stabilnost
- ULS-Strut&tie modeli
- Trajnost
- Performance based design
- Ploče u jednom pravcu

Trajnost

Konstrukcija mora biti proračunata tako da njena **degradacija ne utiče na smanjenje nivoa ponašanja konstrukcije** ispod određene mere, imajući u vidu predviđeni nivo održavanja, u toku zahtevanog proračunskog eksploatacionog veka.

Pri tome treba uzeti u obzir:

- predviđenu upotrebu materijala;
- zahtevane proračunske kriterijume;
- očekivane uslove sredine;
- sastav, svojstva i ponašanje materijala, kao i svojstva tla;
- izbor konstrukcijskog sistema, oblik elemenata i konstruisanje detalja;
- kvalitet izvođenja i nivo kontrole;
- posebne zaštitne mere i predviđeno održavanje tokom proračunskog eksploatacionog veka.

Trajnost

USLOVI SREDINE MORAJU BITI ODREĐENI U FAZI PRORAČUNA

Uslovi sredine se, za potrebe dokaza trajnosti konstrukcije (odgovarajućih graničnih stanja), mogu propisati kao *klase izloženosti*. Prema ISO 22965-1 (istu klasifikaciju je usvojio EC2), uslovi sredine se mogu razvrstati u 18 različitih klasa izloženosti

Oznaka klase	Uslovi sredine	Primeri
<i>Bez opasnosti od korozije ili drugih agresivnih dejstava</i>		
X0	Veoma suva	Beton u unutrašnjosti zgrada sa veoma niskom vlažnošću vazduha, bez rizika od korozije ili druge agresije
<i>Korozija izazvana karbonatizacijom</i>		
XC1	Suva ili stalno mokra	Beton u unutrašnjosti zgrada sa niskom vlažnošću vazduha; beton stalno pod vodom
XC2	Mokra, retko suva	Površine betona dugotrajno u kontaktu sa vodom; mnogi temelji
XC3	Umereno vlažna	Beton u unutrašnjosti zgrada sa umerenom ili visokom vlažnošću vazduha; beton u spoljašnjem prostoru zaklonjen od kiše
XC4	Ciklično mokra i suva	Površine betona u kontaktu sa vodom, koje ne spadaju u klasu izloženosti XC2

Trajnost

Korozija izazvana hloridima

XD1	Umereno vlažna	Površine betona izložene dejstvu hlorida iz vazduha
XD2	Mokra, retko suva	Bazeni za plivanje; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže hloride
XD3	Ciklično mokra i suva	Delovi mostova izloženi prskanju aerosola sa hloridima; kolovozi; ploče parkinga

Korozija izazvana hloridima iz morske vode

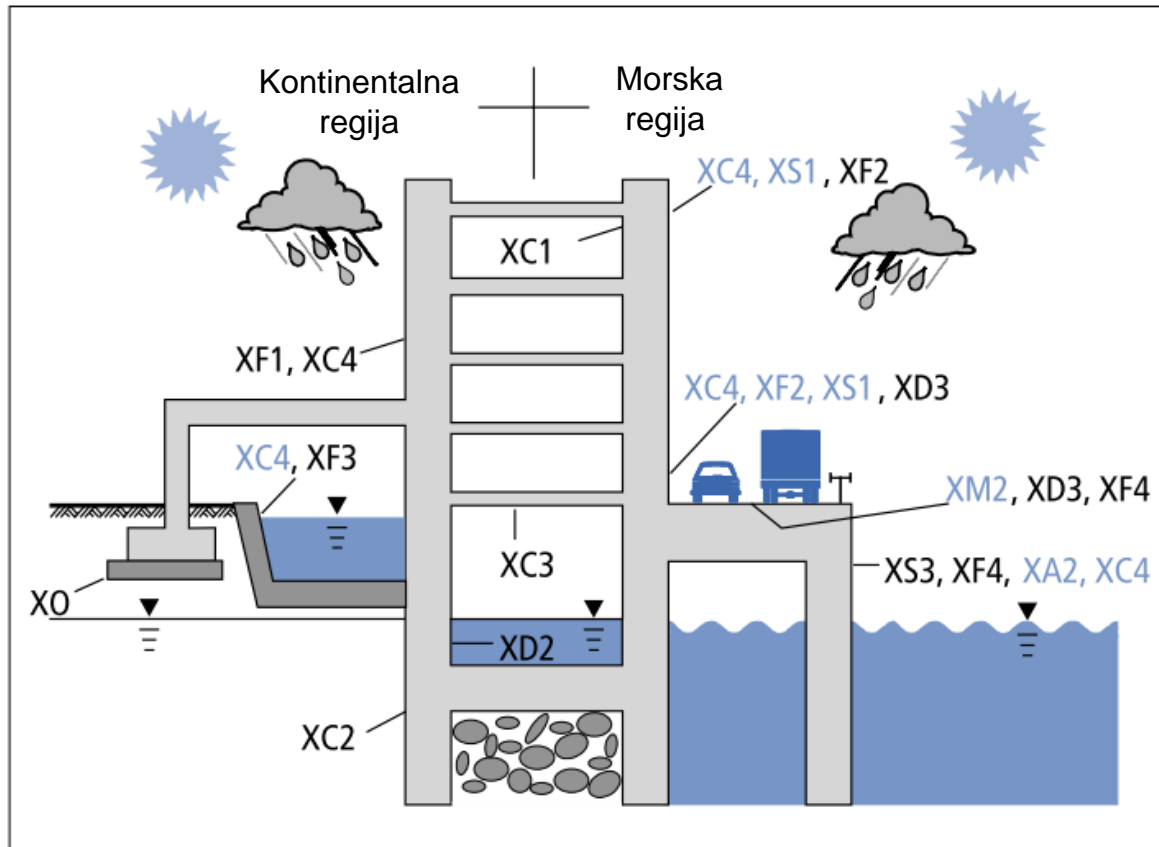
XS1	Izloženost dejstvu soli iz vazduha, ali bez direktnog kontakta sa morskom vodom	Konstrukcije u blizini ili naobali mora
XS2	Stalno pod vodom	Delovi konstrukcija u moru
XS3	Zone pod dejstvom plime i oseke, zapljuskivanja i raspršivanja	Delovi konstrukcija u moru

Korozija izazvana agresijom od uticaja zamrzavanja/odmrzavanja

XF1	Umereno zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	Vertikalne površine betona izložene kiši i zamrzavanju
XF2	Umereno zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	Vertikalne površine betona na konstrukcijama na putevima, izložene zamrzavanju i solima za odleđivanje iz vazduha
XF3	Jako zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	Horizontalne površine betona izložene kiši i zamrzavanju
XF4	Umereno zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	Putne ili mostovske kolovozne konstrukcije izložene solima za odleđivanje; površine betona izložene direktnom uticaju aerosola koji sadrži soli za odleđivanje i zamrzavanju; zone zapljuskivanja konstrukcija u moru, izložene zamrzavanju

Trajnost

Primeri različitih klasa izloženosti



Trajnost

DETERIORIZACIONI MEHANIZMI AB KONSTRUKCIJA SE MOGU PODELITI:

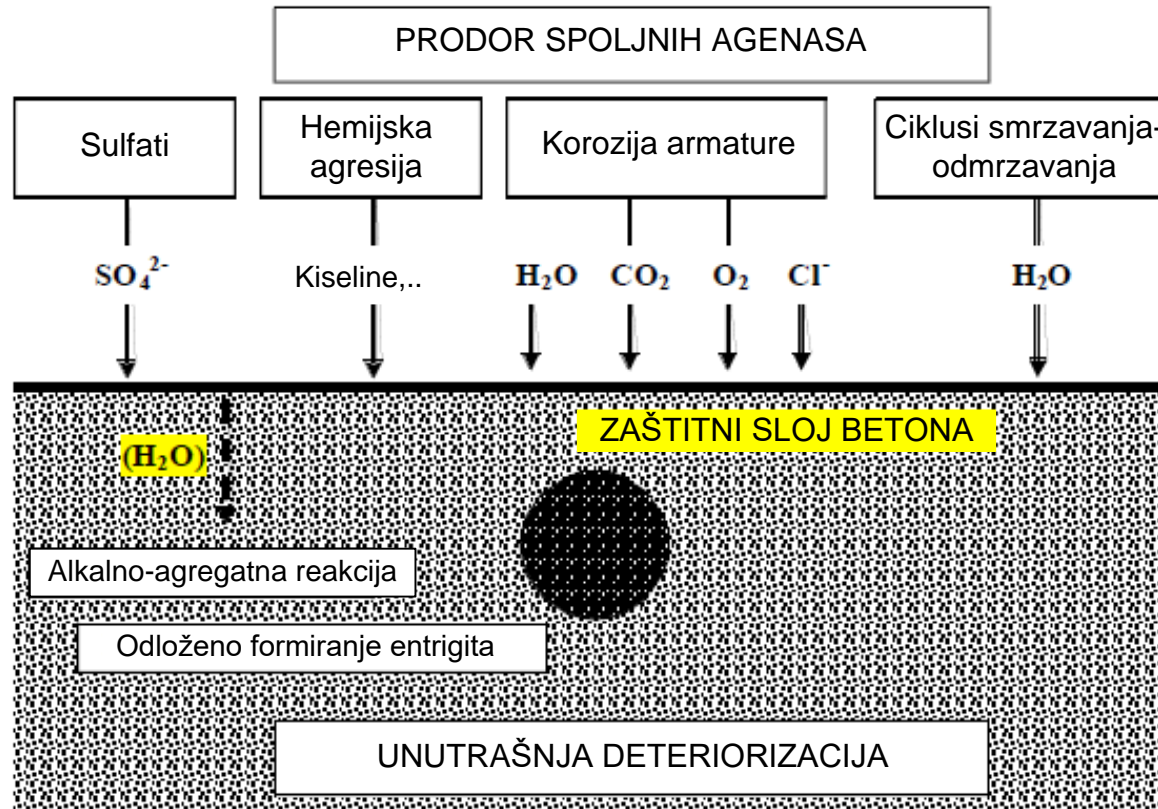
1) **Indirektna degradacija - korozija armature i kablova za prethodno naprezanje** – rezultat ovog procesa su prsline u betonu, oljuskavanje zaštitnog sloja i smanjivanje kapaciteta nosivosti usled redukcije poprečnog preseka armature ili kablova; glavni uzrok korozije je smanjen kvalitet betona u zaštitnom sloju usled:

- karbonatizacije zaštitnog sloja
- dejstva hlorida
- kombinacije oba procesa

2) **Direktna degradacija** – koja nastaje kao posledica reaktivnosti agregata (cementne paste) ili dejstva sredine:

- ciklusi zamrzavanja i odmrzavanja
- dejstvo sulfata i kiselina – hemijska agresija
- alkalno – agregatna reakcija
- odloženo formiranje etringita
- abrazija, erozija

Trajnost



Trajnost

Pregled deteriorizacionih mehanizama za pojedine tipove konstrukcija

Tip konstrukcije	Korozija armature		Direktna degradacija			Fizička oštećenja
	CO ₂	hloridi	zamrzavanje/ odmrzavanje	hemijska agresija	unutrašnji procesi	abrazija
zgrade	**			*	*	
industrijski podovi				**		*
mostovi	*	**	**		*	*
garaže	*	**	**	*	*	*
tuneli	**	*		*	*	
bazeni	*	*		*	*	
rezervoari i cevi	*			**	*	
brane			**		**	erozija
na obali mora	*	**			*	*
temelji				**	*	

** često * ponekad vrlo retko



Trajnost

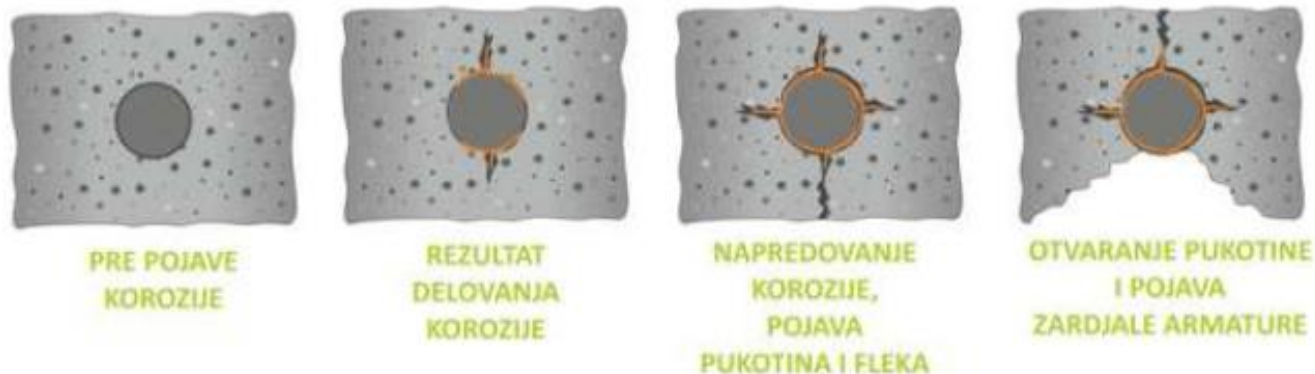
Korozija armature

Korozija armature je elektrohemijska reakcija oksidacije armature sa kiseonikom, uz prisustvo vlage i pri određenoj temperaturi. Konstantna dostupnost kiseonika i vode neophodna je za odvijanje procesa korozije. U betonu niske relativne vlažnosti, visoka elektrootpornost materijala dovodi do odsustva korozije, dok se kod betona koji je potpuno zasićen vodom korozija ne odvija usled odsustva kiseonika. U betonu izloženom periodičnom vlaženju, odnosno betonu koji je delimično zasićen vodom, korozivni proces se ubrzava.

Dakle, **najveći stepen korozije se dešava u površinskim slojevima betona koji su izloženi čestim promenama vlažnosti (sušenju i vlaženju).**

Trajnost

Produkti koroziije armature imaju i do 12 puta veću zapreminu u odnosu na čelik. Pojava koroziije na armaturi izaziva smanjenje adhezije između šipke i betona, povećanje lokalnih pritisaka u betonu i smanjenje površine poprečnog preseka šipke. To dovodi do pojave prslina, oljuskavanja i otpadanja zaštitnog sloja betona i loma usled gubitka poprečnog preseka armature.



Trajnost

Korozija armature usled karbonatizacije

Čelične šipke u betonu su obavijene tankim filmom oksida gvožđa koji čuva armaturu pasivnom u odnosu na koroziju, dok je okolni beton visoko alkalan ($\text{pH} > 9.5$). Pojava 'kiselih' sastojaka poput CO_2 ili SO_2 , koji se u beton transportuju *dufuzijom* ili *prodiranjem pod dejstvom spoljašnjeg pritiska*, dovodi do smanjenja alkalnosti betona. Usled reakcije kalcijum hidroksida sa CO_2 iz vazduha nastaje kalcijum karbonat čime se značajno smanjuje pH faktor betona (< 9), a pomenuti proces, koji se naziva *karbonatizacija*, propagira kroz zaštitni sloj tokom vremena. Kada karbonatizacija zahvati zaštitni pasivizacioni sloj armature, dolazi do njene *depasivizacije*, i reaktantima korozije je omogućen pristup armaturi – počinje korozija.



Trajnost

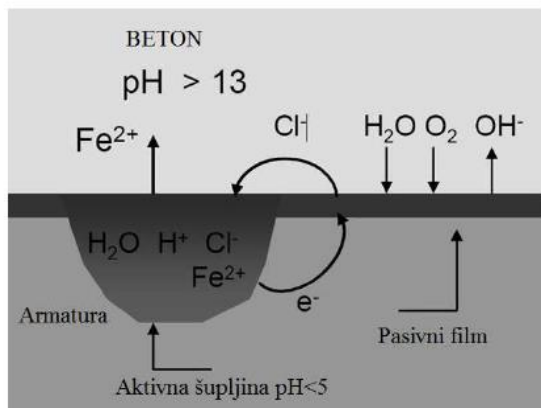


Korozija armature izazvana karbonatizacijom

Trajnost

Korozija armature usled prodora hlorida

Hloridni joni, iz morske vode ili iz soli protiv zamrzavanja, mogu da kroz pore prodru u unutrašnjost betonskog elementa. Ovaj proces se odvija ili putem *difuzije* kroz pore koje su delimično ili potpuno ispunjene vodom ili putem *kapilarnog upijanja* vode koja sadrži hloride. Izvori hloridnih jona mogu biti i hloridima kontaminiran agregat ili voda za pravljenje betonske smeše. Za koroziju armature značajni su samo slobodni joni hlorida.



Proces korozije izazvan hloridima zavisi od dotoka agresivnih supstanci, propagacije u postojećim šupljinama i porama, inicijacije novih, i teško se može kontrolisati.

Trajnost

Direktna degradacija betona usled ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja



Prsline i korozija armature usled dejstva ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja

Trajnost

Transformacija vode u led praćena je povećanjem zapremine za približno 9%. U slučaju potpuno vodom ispunjenih pora, zamrzavanje dovodi do pojave prslina i oštećenja betona. Karakteristična su dva tipa oštećenja usled zamrzavanja: **unutrašnja i spoljašnja** – površinska.

Unutrašnja oštećenja su izazvana zamrzavanjem vode unutar betona. Da bi se ona sprečila, potrebno je da postoje pore bez vode koje bi kompenzovale povećanje zapremine. Granična vrednost sadržaja vode koja uzrokuje oštećenje definiše se kao **kritični stepen zasićenja**. Unutrašnja oštećenja se manifestuju smanjenjem čvrstoće pri pritisku i zatezanju, modula elastičnosti i čvrstoće prianjanja.

Trajnost

Površinska oštećenja u vidu oljuskavanja betona nastaju u kontaktu zamrznute površine betona sa rastvorima soli. Ova sredstva izazivaju trenutni pad temperature (temperaturni šok). Temperaturna razlika na površini i u unutrašnjosti betona izaziva lokalne napone koji mogu dovesti do pojave mreže prslina u zaštitnom sloju betona i oljuskavanja. Oljuskavanje dovodi do erozije zaštitnog sloja, korozije armature, problema sa sidrenjem, nosivošću, itd.

Takođe, ukoliko je agregat porozan, on apsorbuje vodu koja pri prelasku u led ekspandira i razara cementnu pastu. Tipični indikatori takvih procesa su lokalna oljuskavanja oko krupnijih zrna agregata.

Trajnost

Direktna degradacija betona usled hemijske agresije

Za trajnost beton najopasnija su dejstva **sulfata** i **raznih kiselina**. Sulfati kalcijuma, magnezijuma, natrijuma i gvožđa su prisutni u tlu i podzemnim vodama. Podzemne vode takođe mogu sadržati razne kiseline, organskog ili neorganskog porekla.

Sulfatni joni reaguju sa raznim produktima hidratacije cementa stvarajući etringit i gips. Ovi produkti izazivaju širenje prslina, pa čak i potpunu dezintegraciju betona. Prsline su unutrašnje i obično paralelne površini elementa.

Kiseline izazivaju rastvaranje produkata hidratacije i agregata (naročito ako je krečnjački), što dovodi do erozije površine betona. Smanjenje zaštitnog sloja betona dovodi u opasnost armaturu, pogotovo u prisustvu kiselina, hlorida, i dr.

Trajnost

Meke vode (kišnica, vode planinskih reka, barske vode, i dr.) su takođe agresivne za beton, jer izazivaju rastvaranje i ispiranje Ca(OH)_2 iz cementnog kamena. Ispiranje Ca(OH)_2 u količini od 15–30%, u odnosu na sadržaj ovog jedinjenja u cementnom kamenu, dovodi do pada čvrstoće cementnog kamena i za 40–50%.



Rastvaranje i ispiranje Ca(OH)_2 iz betonske grede i ploče

Trajnost

Direktna degradacija betona usled alkalno-agregatne reakcije

Alkalno-agregatna reakcija (u literaturi još poznata kao alkalno-silikatna reakcija ili ASR) nastaje kada alkalije iz cementa reaguju sa amorfnim (reaktivnim) S_iO_2 iz agregata (opal, kalcedon, vulkansko staklo). Produkt ove reakcije je ekspanzivan gel koji može da upija vodu i da bubri. Kao rezultat bubrenja, javlja se mreža finih prslina u nearmiranom betonu, odnosno paralelno armaturi, u armiranom betonu. Oštećenja usled alkalno-agregatne reakcije se razvijaju veoma sporo, i mogu postati vidljiva tek 10–15 godina nakon završetka građenja objekta. Vizuelno, veoma su slična površinskim oštećenjima usled ciklusa zamrzavanja/odmrzavanja.

Trajnost



Oštećenja usled alkalno-agregatne reakcije

Trajnost

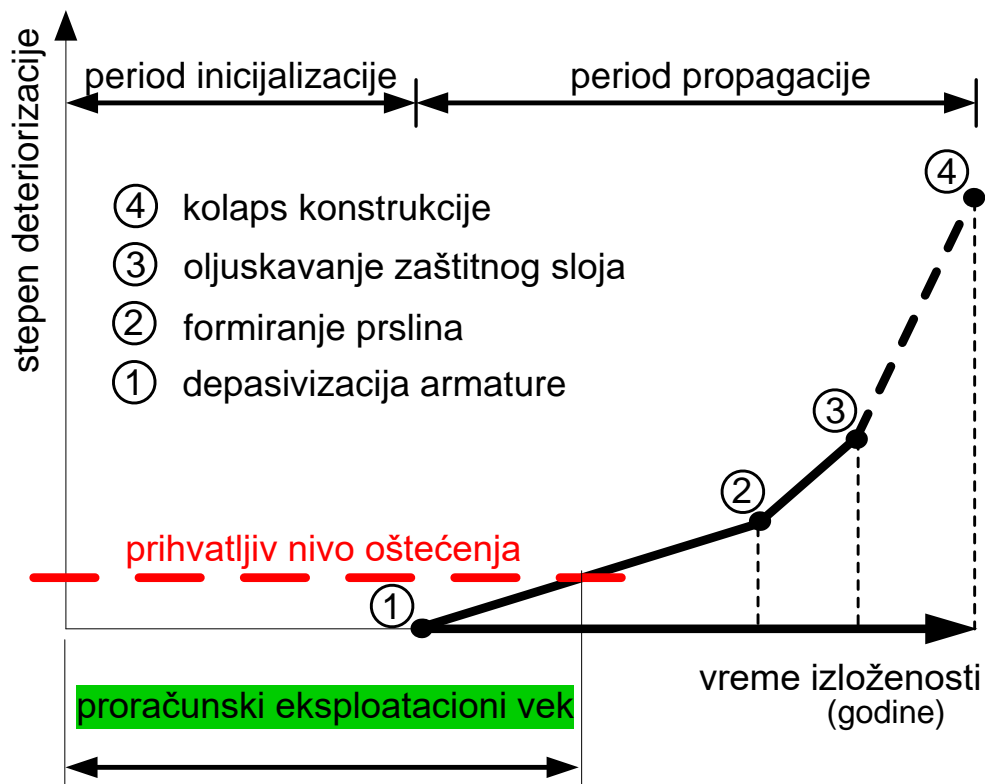
Direktna degradacija betona usled odloženog formiranja etringita

Etringit je mineral koji nastaje normalno u procesu hidratacije cementa i nije štetan po beton. Međutim, ukoliko je beton negovan na visokim temperaturama (recimo zaparivanje) ili je bio izložen velikoj količini toplote (na primer, masivni betoni u kojima se razvija velika toplota usled hidratacije), etringit se formira kasnije, i tada može dovesti do ekspanzije i pojave prslina u betonu. Najčešće je, ipak, ova pojava izražena kod betona koji su u početku hidratacije bili izloženi visokim temperaturama. Kao i u slučaju AAR, oštećenja-prsline postaju vidljiva dugo nakon završetka građenja objekta.

Trajnost

RAZVOJ DEGRADACIJE BETONA I PRORAČUNSKI EKSPLOATACIONI VEK

Primer deterioracionog mehanizma – korozija armature



Trajnost

Korozija armature može izazvati različita granična stanja u konstrukciji, u zavisnosti od trajanja perioda izloženosti: **depasivizacija, pojava prslina, oljuskavanje i otpadanje zaštitnog sloja, gubitak površine poprečnog preseka armature**, od kojih se neka tretiraju kao granična stanja upotrebljivosti, a neka kao granična stanja nosivosti. Slično, i za ostale deteriorizacione mehanizme.

Trajnost

Deteriorizacioni mehanizam	SLS	ULS
Korozija armature	depasivizacija prslina u zaštitnom sloju oljuskavanje	Lom savijanjem, smicanjem ili gubitkom prianjanja usled redukcije površine armature
Zamrzavanje/odmrzavanje	prslina u zaštitnom sloju oljuskavanje	Lom savijanjem, smicanjem ili gubitkom prianjanja usled redukcije mehaničkih karakteristika
Dejstvo sulfata	prslina u zaštitnom sloju oljuskavanje	1
Dejstvo kiselina	redukcija pH vrednosti	1
Dejstvo meke vode	redukcija pH vrednosti	1
Alkalno-agregatna reakcija	prslina u zaštitnom sloju oljuskavanje	1
Abrazija	gubitak zaštitnog sloja	/

1) Lom savijanjem, smicanjem ili gubitkom prianjanja usled redukcije mehaničkih karakteristika

Trajnost

Proračunski eksploatacioni vek za noseće elemente konstrukcije se određuje na osnovu prihvatljivog nivoa oštećenja, i uključuje period inicijalizacije i izvestan deo perioda propagacije – do nivoa prihvatljivih oštećenja. S obzirom na to da ne postoje opšte prihvaćeni modeli za opisivanje toka korozije u toku vremena, **proračunski eksploatacioni vek konstrukcija se propisuje na nivou perioda inicijalizacije** u većini standarda. Isto i za druge mehanizme.

Trajnost

Indikativni proračunski eksploatacioni vek, SRPS EN 1990

Kategorija proračunskog eksploatacionog veka	Indikativni proračunski eksploatacioni vek (godina)	Primeri
1	10	Privremene konstrukcije ¹⁾
2	10 do 25	Zamenljivi delovi konstrukcije, kranski nosači, ležišta
3	15 do 30	Poljoprivredne i slične konstrukcije
4	50	Konstrukcije zgrada
5	100	Konstrukcije monumentalnih zgrada, mostovi....

¹⁾Konstrukcije koje mogu da budu uklonjene, sa izgledom da budu ponovo korišćene, ne treba smatrati privremenim

Trajnost

STEPEN DEGRADACIJE SE PROCENJUJE NA OSNOVU PRORAČUNA, EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA I ISKUSTVA SA RANIJIH SLIČNIH OBJEKATA, ILI KOMBINACIJOM OVIH METODA

Za izvođenje dokaza mogu koristiti tri metode proračuna:

- probabilistička metoda;
- metoda parcijalnih koeficijenata sigurnosti (polu-probabilistička metoda);
- metoda bazirana na iskustvenim preporukama.

Drugi način je **sprečavanje pojave deterioracionog procesa**, što se može postići izolovanjem konstrukcije od dejstva spoljašnje sredine, korišćenjem nereaktivnih materijala (nerđajućeg čelika ili agregata koji ne reaguje sa alkalijama), kontrolisanjem vlažnosti u blizini konstrukcije (održavanje ispod kritičnog nivoa), itd.

Trajnost

Ukoliko se koristi **probabilistička metoda**, treba dokazati da je verovatnoća dostizanja odgovarajućeg graničnog stanja manja od izabrane, ciljne verovatnoće definisane indeksom pouzdanosti β . Preduslov za primenu probabilističke metode je postojanje adekvatnog modela koji opisuje deteriorizacioni proces, kao i definisanje svih parametara modela. Svaki parametar koji je **stohastička veličina**, treba da bude predstavljen pomoću odgovarajuće funkcije raspodele.

Ako se koristi **metod parcijalnih koeficijenata sigurnosti**, treba dokazati da je proračunska vrednost otpornosti konstrukcije ili njenog dela veća od proračunske vrednosti dejstva.

Treća **metoda se zasniva na iskustvenim principima** i većina pravila ne potiče iz jasnih fizičkih i hemijskih modela, već su izvedena na osnovu praktičnog iskustva i rezultata merenja koja su izvršena na različitim objektima u praksi.

Trajnost

EC0 i EC2

Minimalni zaštitni sloj c_{min} , pod kojim se podrazumeva rastojanje između šipke ili kabla najbližeg površini betona i površine betona, treba da obezbedi siguran prenos napona prijanjanja, zaštitu čelika od korozije (trajnost) i odgovarajuću otpornost na požar.

Minimalni zaštitni sloj je maksimalna vrednost od sledećih veličina:

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

- $c_{min,b}$ minimalni zaštitni sloj iz uslova obezbeđenja prijanjanja (1),
- $c_{min,dur}$ minimalni zaštitni sloj iz uslova obezbeđenja trajnosti (2),
- $\Delta c_{dur,\gamma}$ dodatni sigurnosni element (3),
- $\Delta c_{dur,st}$ smanjenje minimalnog sloja zbog upotrebe nerđajućeg čelika (4),
- $\Delta c_{dur,add}$ smanjenje minimalnog sloja zbog upotrebe dodatne zaštite (5).

Trajnost

(1) Minimalni zaštitni sloj iz uslova dobrog prijanjanja, $c_{min,b}$:

Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{min,b}$ *
Pojedinačna šipka	prečnik šipke
Šipke grupisane u svežanj	ekvivalentni prečnik (\emptyset_n)
* Ako je nominalna veličina maksimalnog zrna agregata veća od 32mm, $c_{min,b}$ treba povećati za 5mm	

(2) Minimalni zaštitni sloj iz uslova obezbeđenja trajnosti $c_{min,dur}$ zavisi od **klase izloženosti** i **klase konstrukcije**. Klasa konstrukcije zavisi od indikativne klase čvrstoće betona koja je prikazana u narednoj tabeli.

Trajnost

Indikativne klase čvrstoće betona

	Klase izloženosti									
Korozija čelika										
	Karbonatna korozija				Hloridna korozija			Hloridna korozija, morska voda		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Indikativna klasa čvrstoće	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Oštećenje betona										
	Bez rizika		Smrzavanje/odmrzavanje			Hemijska agresija				
	X0		XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3		
Indikativna klasa čvrstoće	C12/15		C30/37	C25/30	C30/37	C30/37			C35/45	

Konstrukcija je klase **S4** ukoliko je njen predviđeni eksploatacioni vek 50 godina, a primenjeni beton je klase čvrstoće koja zavisi od klase izloženosti prema tabeli. Ukoliko konstrukcija ne ispunjava uslove klase S4, recimo ima duži eksploatacioni vek, drugačiju klasu čvrstoće betona, specijalnu kontrolu kvaliteta i sl., klasa S4 se koriguje prema narednoj tabeli:

Trajnost

Klase konstrukcije

Klasa konstrukcije							
Kriterijum	Klasa izloženosti						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Eksploatacioni vek 100 god	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2	povećati klasu za 2
Klasa čvrstoće betona	$\geq C30/37$ smanjiti klasu za 1	$\geq C30/37$ smanjiti klasu za 1	$\geq C35/45$ smanjiti klasu za 1	$\geq C40/50$ smanjiti klasu za 1	$\geq C40/50$ smanjiti klasu za 1	$\geq C40/50$ smanjiti klasu za 1	$\geq C45/55$ smanjiti klasu za 1
Na položaj armature ne utiče proces izgradnje	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1
Obezbeđena specijalna kontrola kvaliteta	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1	smanjiti klasu za 1

Trajnost

Kada je definisana klasa konstrukcije i poznata klasa izloženosti, mogu se odrediti minimalni zaštitni slojevi iz uslova trajnosti, $c_{\min,dur}$:

čelik armature

Minimalni zaštitni sloj iz uslova trajnosti, $c_{\min,dur}$ (mm)							
Klasa konstrukcije	Klasa izloženosti						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
1	10	10	10	15	20	25	30
2	10	10	15	20	25	30	35
3	10	10	20	25	30	35	40
4	10	15	25	30	35	40	45
5	15	20	30	35	40	45	50
6	20	25	35	40	45	50	55

Trajnost

- (3) Zaštitni sloj se može povećati za veličinu $\Delta c_{dur,\gamma}$, dodatni sigurnosni element.
- (4) Zaštitni sloj se može smanjiti za veličinu $\Delta c_{dur,st}$ zbog upotrebe nerđajućeg čelika ili nekih drugih specijalnih mera.
- (5) Zaštitni sloj se može smanjiti za veličinu $\Delta c_{dur,add}$ zbog upotrebe dodatne zaštite betona.


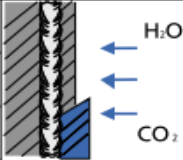
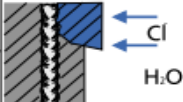
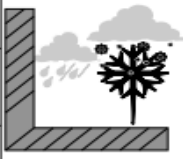
Prema SRPS EN 1992-1-1/NA za sve tri veličine se može usvojiti da su jednake 0.

Nominalni zaštitni sloj koji se koristi pri dimenzionisanju je konačno:

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

Za veličinu Δc_{dev} SRPS EN 1992-1-1/NA preporučuje vrednost od 10mm.

Trajnost

Klase izloženosti			Zahtevi po pitanju tehnologije betona		
Oznaka klase	Efekat	Sredina	Max. w/c	Min. Cementa [kg/m ³]	f _{ck,cube}
XO	 Bez efekta na beton	Bez dejstva na beton	Bez zahteva	Bez zahteva	C12/15
XC	 Karbonatizacija	1 Suva ili stalno mokra	0.65	260	C20/25
		2 Mokra, retko suva	0.60	280	C25/30
		3 Umereno vlažna	0.55	280	C30/37
		4 Ciklično mokra i suva	0.50	300	C30/37
XD/ XS	 Hloridi	1 Umereno vlažna	0.55/0.50	300	C30/37
		2 Mokra, retko suva	0.55/0.45	300 / 320	C30/37 / C35/45
		3 Ciklično mokra i suva	0.45	320 / 340	C35/45
XF	 Smrzavanje-odmrzavanje	1 Umereno zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.55	300	C30/37
		2 Umereno zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.55	300	C25/30
		3 Jako zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.50	320	C30/37
		4 Jako zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.45	340	C30/37

Granične vrednosti u pogledu sastava betona i čvrstoće pri pritisku, **SRPS EN 206-1**