



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

Studijski program: **Građevinarstvo**
Modul: MTI, HVEI, PŽA
Godina/Semestar: **III godina / V semestar**

Naziv predmeta (šifra): **Betonske konstrukcije 1**
(b2s3bk, b2h3bk, b2m3bk, b1s3bk)

Nastavnik: **Ivan Ignjatović**

Naslov predavanja: **Uvod. Osnove proračuna.**

Datum : 06.10.2022.

Beograd, 2020.

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 2020/2021 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.

Sadržaj

- Uvod
- Osnove proračuna
- Svojstva materijala
- ULS-Savijanje
- ULS-Smicanje
- ULS-Stabilnost
- SLS-Ugibi, prsline
- Monolitne, polumontažne i montažne međuspratne konstrukcije
- Ramovske konstrukcije
- Temelji i potporni zidovi
- Prethodno napregnuti beton



ARMIRANI BETON

- Armirani beton je kompozitni materijal napravljen od betona (cement + voda + agregat – pesak, šljunak ili drobljeni agregat) i čeličnih profila – armature
- **Zajednički rad betona i armature** zasnovan je na:
 - Prianjanju betona i armature posle stvrdnjavanja betona
 - Približno istom koeficijentu linearnog širenja betona i čelika
 - Efikasnoj zaštiti čelika od korozije betonom



Primena

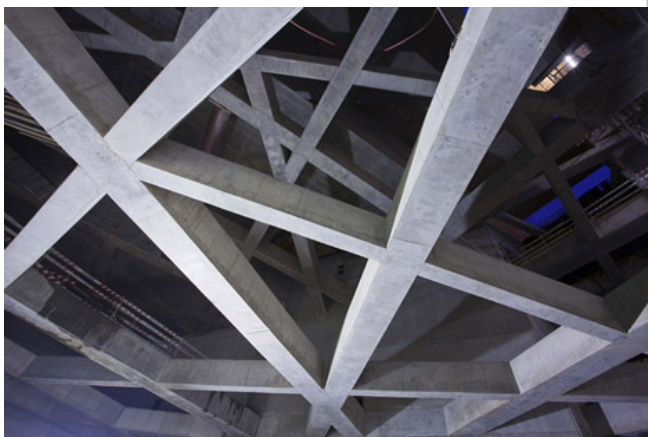
Najvažnija **prednost** u odnosu na ostale građevinske materijale – najpovoljniji odnos cene i kvaliteta.

Osnovni **nedostatak** betona – velika sopstvena težina - onemogućava racionalnu primenu armiranog betona u konstrukcijama velikih raspona. Ovaj nedostatak se može otkloniti, do određenih raspona, primenom prethodno napregnutog betona.

Armirani i prethodno napregnuti beton se uspešno primenjuju u svim granama građevinarstva: visokogradnji i mostogradnji, hidrotehnici i putogradnji.



Primena



Primena



Heydar Aliyev Centar, Baku,
Azerbejdžan

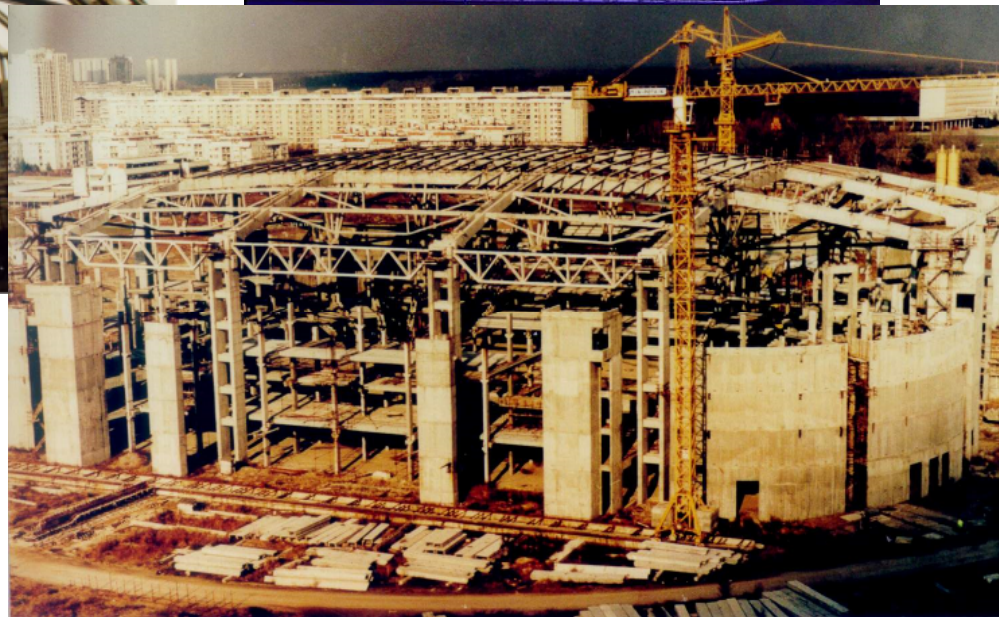
City of Arts and Sciences,
Valencia, Španija



Primena



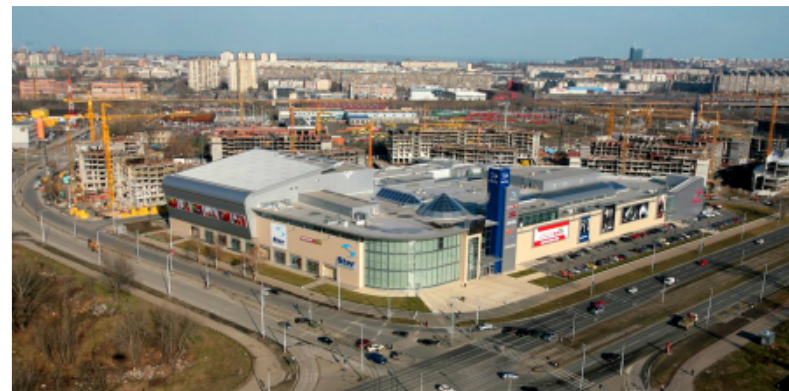
Beogradska arena



Primena



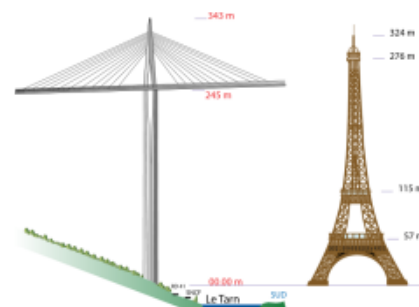
Delta City



Primena



Millau, Francuska



Primena



Rion-Antirion,
Grčka



Primena

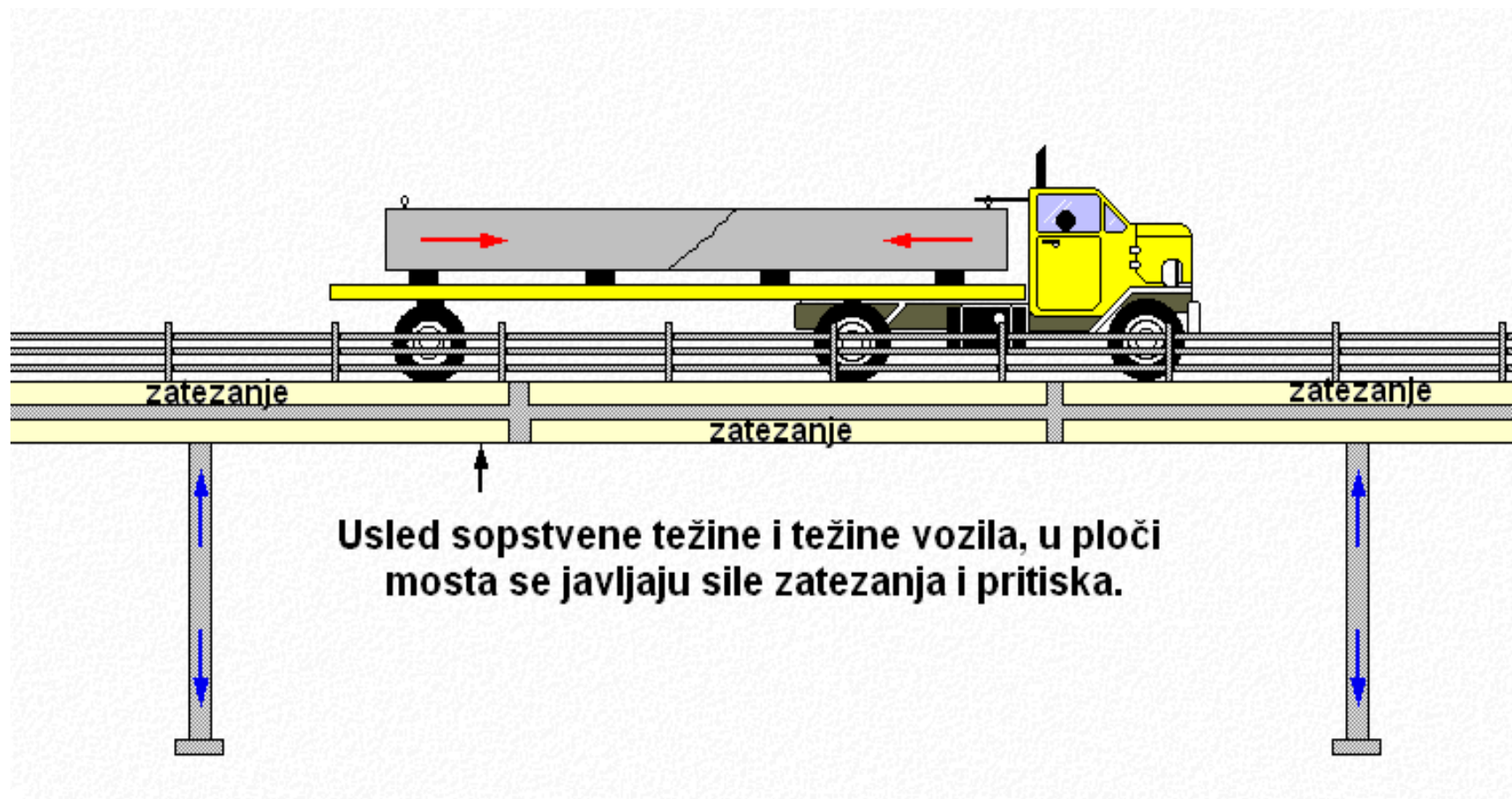


Primena



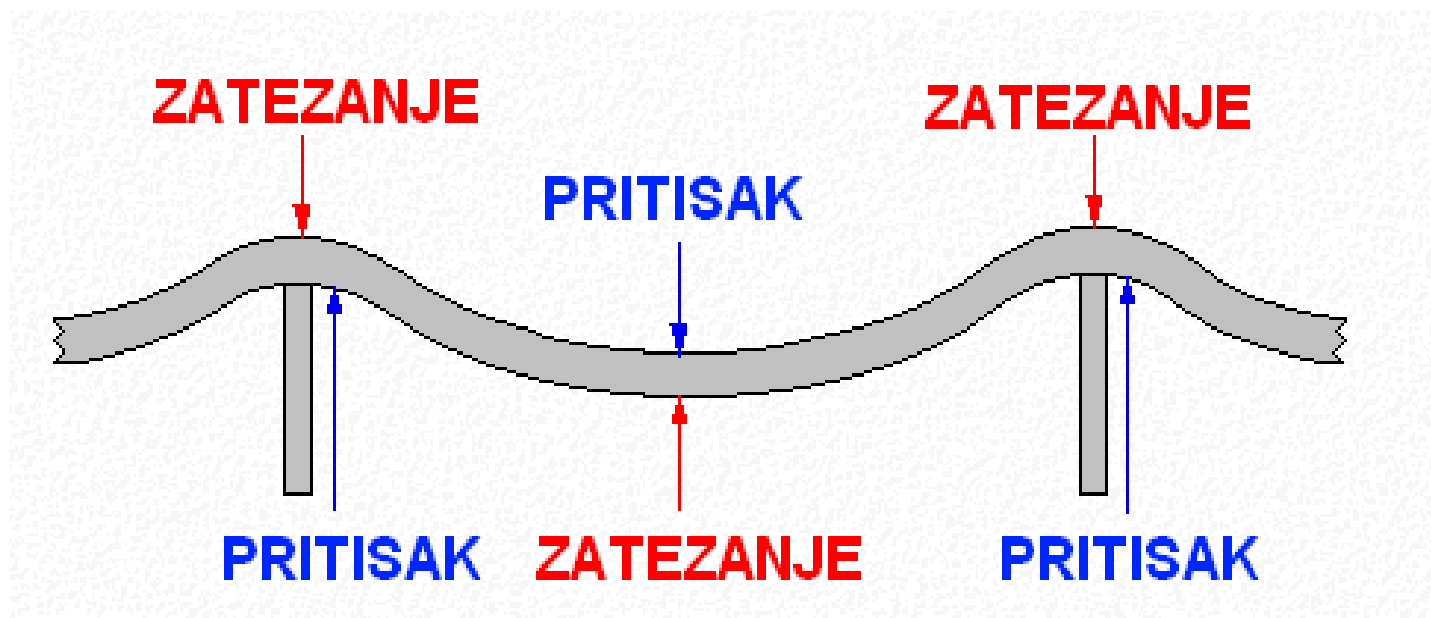
ARMIRANI BETON

- Zašto armiramo betonske nosače?



ARMIRANI BETON

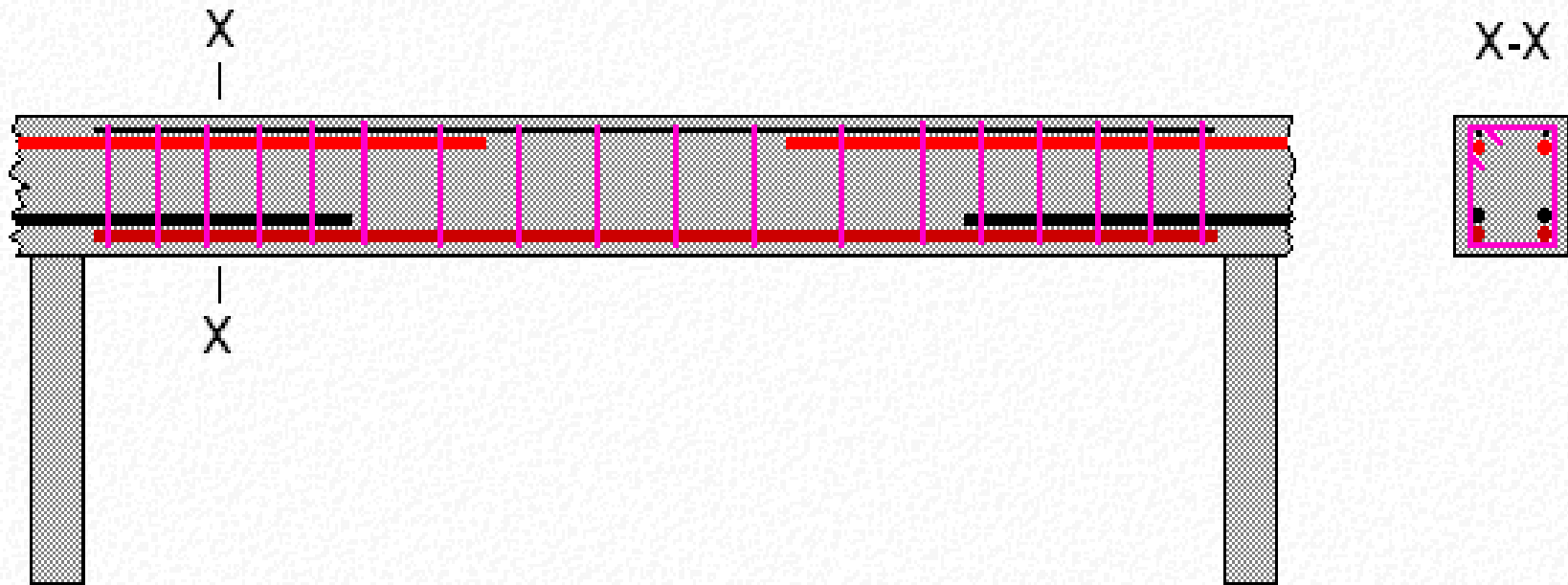
- *Na slici je prikazan karikiran deformisani oblik ploče mosta*



- U zonama u kojima se javlja zatezanje potrebno je postaviti armaturu koja prihvata zatezanje

ARMIRANI BETON

- Potrebno je :
 - armirati zategnutu zonu u sredini polja
 - armirati zone iznad oslonaca
 - postaviti konstruktivnu armaturu
 - postaviti armaturu za prihvatanje napona smicanja – najčešće pomoću uzengija





















Standardi i propisi

U Srbiji je projektovanje i građenje armiranobetonskih i prethodno napregnutih konstrukcija regulisano sledećim zakonskim dokumentima:

1. **Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton** iz 1987. godine (BAB 87)
2. **Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za prednapregnuti beton** iz 1971. godine (PB 71)
3. **Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima** iz 1981. godine

kao i nizom pratećih pravilnika i standarda za pojedine materijale, metode proračunavanja i postupke građenja.



Standardi i propisi

Evrokodovi za konstrukcije (2004.)

- EN 1990 – (Evrokod 0): Osnove proračuna
- EN 1991 – (Evrokod 1): Dejstva na konstrukcije
- EN 1992 – (Evrokod 2): Projektovanje betonskih konstrukcija
- EN 1993 – (Evrokod 3): Projektovanje čeličnih konstrukcija
- EN 1994 – (Evrokod 4): Projektovanje spregnutih konstrukcija
- EN 1995 – (Evrokod 5): Projektovanje drvenih konstrukcija
- EN 1996 – (Evrokod 6): Projektovanje zidanih konstrukcija
- EN 1997 – (Evrokod 7): Geotehničko projektovanje
- EN 1998 – (Evrokod 8): Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija
- EN 1999 – (Evrokod 9): Projektovanje aluminijumskih konstrukcija



Standardi i propisi

Projektovanje betonskih konstrukcija obuhvaćeno je Evrokodom 2 koji se sastoji iz 4 dela:

EN 1992 Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade

EN 1992 Deo 1-2: Projektovanje konstrukcija za dejstvo požara

EN 1992 Deo 2: Armiranobetonski i prethodno napregnuti mostovi

EN 1992 Deo 3: Rezervoari i silosi

U Srbiji su, 2015. godine, **usvojeni**:

SRPS EN 1992-1-1: Evrokod 2 - Projektovanje betonskih konstrukcija -
Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade

SRPS EN 1992-1-1/NA: Evrokod 2 - Projektovanje betonskih konstrukcija -
Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade - Nacionalni prilog



Standardi i propisi

Pri primeni Evrokoda 2 neophodno je koristiti (pored Evrokodova 0, 1, 7 i 8) i niz pratećih evropskih standarda – normi EN, na koje se ovaj Evrokod poziva. Najvažniji među njima su:

EN 206-1: Beton: Specifikacije, performanse, proizvodnja i usaglašenost

EN 10080: Betonski čelik – zavarivi betonski čelik

EN 15630: Betonski čelik i čelik za prednaprezanje betona

EN 12390: Ispitivanje očvrslog betona

EN 13791: Ispitivanje betona

EN 13670: Izvođenje betonskih konstrukcija.....



Teorijska postavka

Proračun betonskih konstrukcija se danas zasniva na primeni *Teorije graničnih stanja* i *Teorije pouzdanosti*.

Osnovna postavka *Teorije graničnih stanja* je da proračunom treba dokazati *pouzdanost* konstrukcije, odnosno njenu *sigurnost*, *funkcionalnost* i *trajnost*, u eksploatacionom veku.

Zasniva se na prihvatljivoj verovatnoći da projektovana konstrukcija će biti podobna za primenu u određenom vremenskom periodu, odnosno da nijedno relevantno granično stanje neće biti prekoračeno.

Granična stanja su stanja čijim prekoračenjem konstrukcija više nije u stanju da odgovori proračunskim zahtevima. Dokazuju se dve osnovne grupe graničnih stanja:

- *granična stanja nosivosti ULS*
 - *granična stanja upotrebljivosti SLS*
- i trajnost konstrukcije.



Granična stanja nosivosti

Granična stanja nosivosti se manifestuju gubitkom nosivosti konstrukcije, te se dakle odnose na **sigurnost** ljudi i konstrukcija. Proračunom treba dokazati, da je nosivost (otpornost) preseka, elementa ili cele konstrukcije (R), za najnepovoljniju kombinaciju opterećenja, veća ili najmanje jednaka vrednosti odgovarajućeg uticaja (E), *sa odgovarajućom pouzdanošću*:

$$\frac{R}{E} \geq \gamma$$

- E uticaj od opterećenja (moment savijanja, aksijalna sila, transverzalna sila, moment torzije.....odnosno njihovo kombinovano dejstvo);
- R odgovarajuća nosivost (otpornost) preseka, elementa ili cele konstrukcije;
- γ zahtevani globalni koeficijent sigurnosti.

Granična stanja upotrebljivosti

Granična stanja upotrebljivosti se manifestuju gubitkom upotrebljivosti konstrukcije, te se odnose na **funkcionalnost**, **udobnost ljudi**, **estetski izgled** konstrukcije. Proračunom treba dokazati, *sa odgovarajućom pouzdanošću*, da su veličine od kojih zavise upotrebljivost – parametri upotrebljivosti, za najnepovoljniju kombinaciju opterećenja, manje ili najviše jednake nekim zahtevanim graničnim vrednostima. Kriterijumi upotrebljivosti se najčešće izražavaju kroz kontrolu **napona** i **deformacija**, **prslina** i **vibracija** betonskih konstrukcija.

$$\frac{C_R}{C_E} \geq \gamma$$

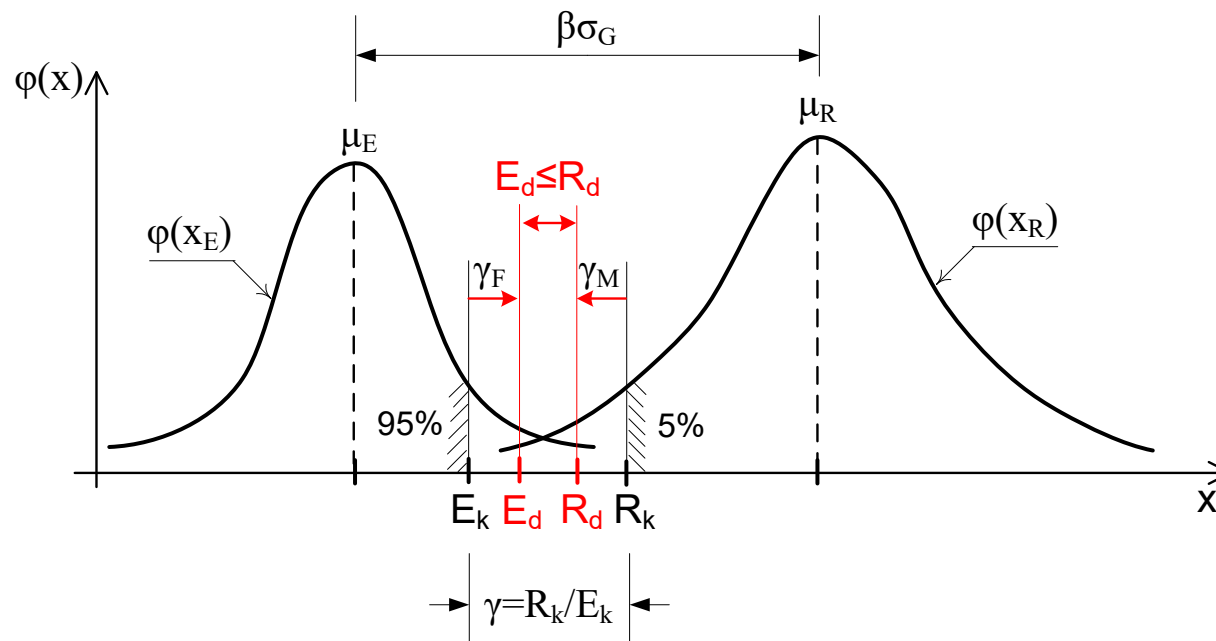
C_E	kriterijum upotrebljivosti (naponi, deformacije, prsline....);
C_R	odgovarajuća granična vrednost kriterijuma;
γ	zahtevani globalni koeficijent sigurnosti.

Koncept pouzdanosti

Za praktične inženjerske proračune najviše se koristi **metod parcijalnih koeficijenata sigurnosti**, polu-probabilistički pristup u kome se koriste *karakteristične vrednosti* slučajno promenljivih a *parcijalnim koeficijentima sigurnosti* se uzimaju u obzir nesigurnosti vezane za uticaje od opterećenja, nosivosti i geometriju konstrukcije.

- nosivost (R) i uticaji od opterećenja (E) su nezavisne slučajne promenljive čija se stvarna raspodela može aproksimirati normalnom (Gausovom) raspodelom;
- ***karakteristične vrednosti*** R_k i E_k se određuju na osnovu propisane veličine fraktila njihove (normalne) raspodele; to su vrednosti koje, sa određenom verovatnoćom, neće biti prekoračene u toku eksploatacionog veka konstrukcije;
- ove vrednosti se transformišu u ***proračunske***, R_d i E_d , primenom ***parcijalnih koeficijenata sigurnosti*** za uticaje usled opterećenja γ_F i za nosivost γ_M .

Koncept pouzdanosti



$$\gamma = \frac{R_k}{E_k} = \gamma_F \gamma_M$$

$$\frac{R_k}{\gamma_M} = \gamma_F E_k$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

$$E_d = \gamma_F E_k$$

$$E_d \leq R_d$$

EC0 i EC2

Evrokod 0 pruža mogućnost projektantu da izabere odgovarajući **nivo pouzdanosti**, klasifikujući ih na 2 načina:

Klase prema posledicama (CC), na osnovu posledica loma ili nezadovoljavajućeg funkcionisanja konstrukcije:

Klasa prema posledicama	Opis	Primeri zgrada i drugih objekata
CC3	Velike posledice za gubitak ljudskih života, ili vrlo velike ekonomske i socijalne posledice, ili posledice po sredinu.	Tribine, javni objekti, objekti od vitalnog značaja kod kojih su posledice loma velike (koncertne i sportske dvorane, stadioni, elektrane...).
CC2	Srednje posledice za gubitak ljudskih života, značajne ekonomske i socijalne posledice, ili posledice po sredinu.	Stambene i administrativne zgrade, javne zgrade, kod kojih su posledice loma srednje.
CC1	Male posledice za gubitak ljudskih života, kao i male ili zanemarljive ekonomske i socijalne posledice, ili posledice po sredinu.	Poljoprivredne zgrade u koje ljudi normalno ne ulaze (na primer zgrade za skladištenje), staklene bašte....

EC0 i EC2

Proračun konstrukcija se zasniva na konceptu dokaza *graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti, i trajnosti*, primenom *metode parcijalnih koeficijenata sigurnosti* odnosno *proračunskih vrednosti*.

Proračunske situacije

Proračunom se moraju dokazati granična stanja za sve kombinacije opterećenja kojima konstrukcija može biti izložena u toku građenja i eksploatacije:

- *stalne* proračunske situacije, koje se odnose na normalne uslove eksploatacije;
- *prolazne* proračunske situacije, koje se odnose na privremene, prolazne uslove u kojima se nalazi konstrukcija, na primer u toku izvođenja ili popravke;
- *incidentne* proračunske situacije, koje se odnose na izuzetne uslove, kao na primer požar, eksplozija, udar vozila itd.;
- *seizmičke* proračunske situacije, koje se odnose na uslove u kojima se nalazi konstrukcija izložena zemljotresu.



EC0 i EC2

Dejstva i uticaji od dejstava

Pod dejstvima se podrazumevaju spoljašnja opterećenja i prinudne ili sprečene deformacije.

Prema promenljivosti u toku vremena, dejstva se klasifikuju na:

- **stalna dejstva G** su dejstva koja deluju na konstrukciju tokom najvećeg dela njenog upotrebnog veka. U njih spadaju direktna dejstva (sopstvena težina, nepokretna oprema, kolovozni zastor, prethodno naprezanje) i stalna indirektna dejstva kao skupljanje, tečenje, nejednako sleganje oslonaca;
- **promenljiva dejstva Q** su dejstva koja deluju na konstrukciju u toku određenog vremena i mogu biti promenljiva i u prostoru (korisna opterećenja, dejstva vetra, snega, saobraćajna opterećenja, termički uticaji);
- **incidentna dejstva A** su dejstva čija je verovatnoća pojave mala i koja se mogu i ne moraju javiti tokom upotrebnog veka konstrukcije (eksplozije, udari vozila). U ovu grupu spadaju i **seizmička dejstva A_E** .



EC0 i EC2

Različitim **reprezentativnim vrednostima** se uzima u obzir verovatnoća istovremenog delovanja svih promenljivih opterećenja u punom iznosu ili različita verovatnoća pojave korisnih, incidentnih i seizmičkih dejstava:

- **Vrednost za kombinacije** je proizvod koeficijenta za kombinovanje i karakteristične vrednosti promenljivog opterećenja $\psi_0 Q_k$. Koristi se u slučaju delovanja više promenljivih dejstava i to za granična stanja nosivosti i nepovratna granična stanja upotrebljivosti;
- **Česta vrednost** je proizvod $\psi_1 Q_k$ i koristi se za dokaz graničnih stanja nosivosti pri incidentnim proračunskim situacijama i dokaz povratnih graničnih stanja upotrebljivosti;
- **Kvazi-stalna vrednost** je proizvod $\psi_2 Q_k$ a primenjuje se za dokaz graničnih stanja nosivosti pri incidentnim i seizmičkim proračunskim situacijama i dokaz povratnih graničnih stanja upotrebljivosti.

EC0 i EC2

Koeficijenti ψ_i za konstrukcije u zgradarstvu prema SRPS EN 1990/NA

Dejstvo	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Korisno opterećenje (SRPS EN 1991-1-1)			
Kategorija A: Prostorije za domaćinstvo i stanovanje	0.7	0.5	0.3
Kategorija B: Kancelarijske prostorije	0.7	0.5	0.3
Kategorija C: Prostorije za okupljanje ljudi	0.7	0.7	0.6
Kategorija D: Trgovačke prostorije	0.7	0.7	0.6
Kategorija E: Skladišne prostorije	1.0	0.9	0.8
Kategorija F: Saobraćajne površine, vozilo ≤ 30 kN	0.7	0.7	0.6
Kategorija G: Saobraćajne površine, $30\text{kN} < \text{vozilo} \leq 160$ kN	0.7	0.5	0.3
Kategorija H: Krovovi	0	0	0
Opterećenja od snega (SRPS EN 1991-1-3)			
Finska, Švedska, Norveška, Island	0.7	0.5	0.2
Ostale članice CEN, lokacije visine $H > 1000\text{m}$ nadmorske visine	0.7	0.5	0.2
Ostale članice CEN, Lokacije visine $H \leq 1000\text{m}$ nadmorske visine	0.5	0.2	0
Opterećenja od vetra (SRPS EN 1991-1-4)	0.6	0.2	0
Temperatura (ne požar) (SRPS EN 1991-1-5)	0.6	0.5	0

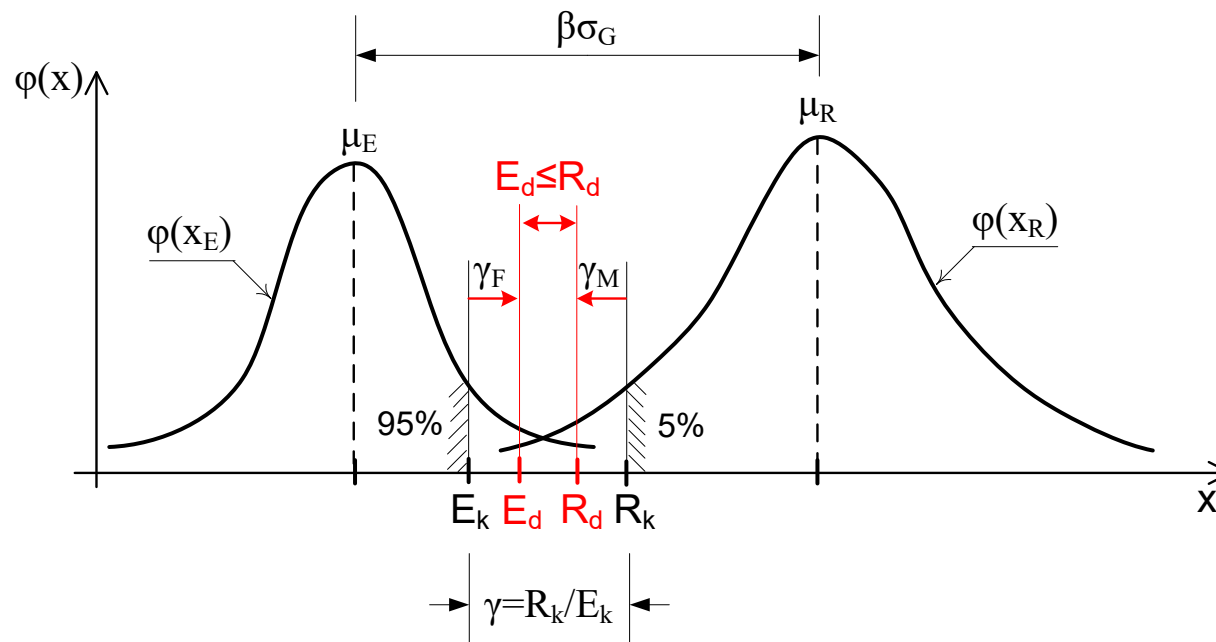


EC0 i EC2

Karakteristične vrednosti svojstava materijala

Svojstva materijala se uvode u proračun preko **karakterističnih vrednosti**. Kada su u pitanju čvrstoće materijala, za karakterističnu vrednost treba uzeti **donju vrednost**, ili obe vrednosti - donju (fraktil 5% Gauss-ove raspodele) i gornju (fraktil 95% Gauss-ove raspodele), kada je proračunski dokaz osetljiv na varijacije ovih svojstava. Kada se ne raspolaže sa dovoljnim statističkim podacima za određivanje karakterističnih vrednosti, mogu da budu korišćene nominalne vrednosti. Za svojstva od kojih zavise deformacije (modul elastičnosti, dilatacije skupljanja i tečenja), za karakterističnu vrednost se može usvojiti srednja vrednost svojstva.

Koncept pouzdanosti



$$\gamma = \frac{R_k}{E_k} = \gamma_F \gamma_M$$

$$\frac{R_k}{\gamma_M} = \gamma_F E_k$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

$$E_d = \gamma_F E_k$$

$$E_d \leq R_d$$

EC0 i EC2

Proračunske vrednosti uticaja od dejstava E_d mogu se dobiti, uprošćeno :

$$E_d = E\{\gamma_{F,i} F_{rep,i}; a_d\}$$

$$\gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} \gamma_{f,i}$$

koeficijent sigurnosti koji uključuje nepouzdanosti reprezentativnih vrednosti opterećenja γ_f i modeliranja uticaja od opterećenja γ_{Sd} ; ubuduće - **koeficijent sigurnosti za uticaje od dejstava**.

a_d

proračunske vrednosti geometrijskih podataka = a_{nom}



EC0 i EC2

Proračunske vrednosti svojstava materijala i nosivosti

Proračunske vrednosti svojstava materijala X_d određuju se deljenjem karakteristične vrednosti svojstva parcijalnim koeficijentom sigurnosti za svojstva. Za proračunske vrednosti nosivosti, kao kod proračunskih vrednosti uticaja od dejstava, u većini slučajeva može se uvesti uprošćenje:

$$R_d = R \left\{ \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}; a_d \right\}$$

R_d	proračunska vrednost nosivosti – proračunska nosivost
$X_{k,i}$	karakteristične vrednosti svojstava materijala
$\gamma_{M,i}$	parcijalni koeficijent sigurnosti koji obuhvata nepouzdanosti karakterističnih vrednosti svojstava materijala i nepouzdanosti modeliranja nosivosti; ubuduće - koeficijent sigurnosti za materijale .
a_d	proračunske vrednosti geometrijskih podataka

EC0 i EC2

Prema SRPS EN 1992-1-1, parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijale, za **granična stanja nosivosti**, iznose:

Proračunske situacije	γ_c za beton	γ_s za čelik za armaturu	γ_s za čelik za prethodno naprezanje
Stalne i prolazne	1.5	1.15	1.15
Incidentne *	1.2	1.0	1.0

* za seizmičke situacije –pogledati EC8

Prema SRPS EN 1992-1-1, parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijale, γ_c i γ_s za **granična stanja upotrebljivosti**, su jednaki jedinici.



EC0 i EC2

DOKAZ GRANIČNIH STANJA NOSIVOSTI

Granična stanja nosivosti koja je potrebno proračunom dokazati su sledeća (naravno, dokazuju se relevantna u konkretnom slučaju):

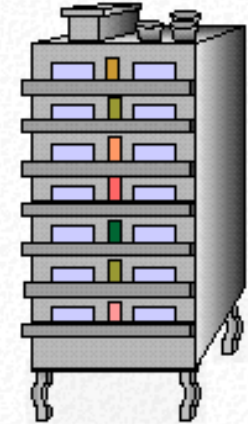
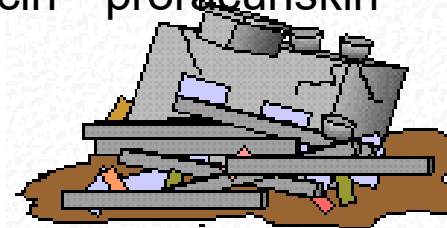
- gubitak statičke ravnoteže konstrukcije ili njenog dela kao krutog tela (oznaka **EQU**);
- lom usled prevelike deformacije, prelaska konstrukcije ili nekog njenog dela u mehanizam, lom poprečnog preseka, gubitak stabilnosti konstrukcije ili nekog njenog dela, uključujući oslonce i temelje (oznaka **STR**);
- lom ili prevelika deformacija tla, kada čvrstoće tla imaju značajnog uticaja na nosivost konstrukcije (oznaka **GEO**);
- lom usled zamora ili drugih uticaja zavisnih od vremena (oznaka **FAT**).



EC0 i EC2

Za granična stanja **STR** i **GEO**, potrebno je dokazati da proračunske vrednosti uticaja E_d , usled najnepovoljnije kombinacije dejstava u svim relevantnim proračunskim situacijama, nisu veće od odgovarajućih proračunskih vrednosti odgovarajućih nosivosti R_d :

$$E_d \leq R_d$$



Za granična stanja gubitka ravnoteže konstrukcije kao krutog tela, na primer usled preturanja ili proklizavanja (**EQU**), potrebno je dokazati

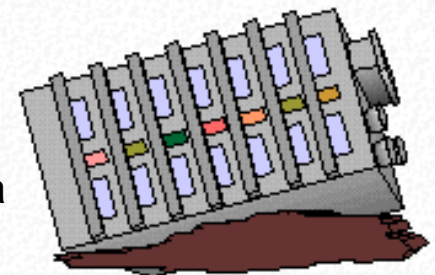
$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

$E_{d,dst}$

proračunska vrednost uticaja od destabilizujućih dejstava

$E_{d,stab}$

proračunska vrednost uticaja od stabilizujućih dejstava



EC0 i EC2

Kombinacije dejstava za dokaz graničnih stanja nosivosti

Za određivanje proračunske vrednosti uticaja, EC0 definiše kombinacije dejstava u zavisnosti od proračunske situacije. Na projektantu je da odredi koje proračunske situacije su relevantne za konkretni problem.

Stalne i prolazne proračunske situacije

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$	karakteristične vrednosti stalnih dejstava
P	reprezentativna vrednost dejstva usled prethodnog naprezanja (najčešće srednja)
$Q_{k,1}$	karakteristična vrednost dominantnog promenljivog dejstva
$Q_{k,i}$	karakteristične vrednosti ostalih promenljivih dejstava
$\gamma_{G,j}$	parcijalni koeficijent za stalna dejstva
γ_P	parcijalni koeficijent za prednaprezanje
$\gamma_{Q,1}$	parcijalni koeficijent za dominantno promenljivo dejstvo
$\gamma_{Q,i}$	parcijalni koeficijent za promenljiva dejstva
$\psi_{0,i}$	koeficijenti za kombinovanje promenljivih dejstava



EC0 i EC2

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za uticaje od dejstava

Određivanje proračunskih vrednosti uticaja za **STR**

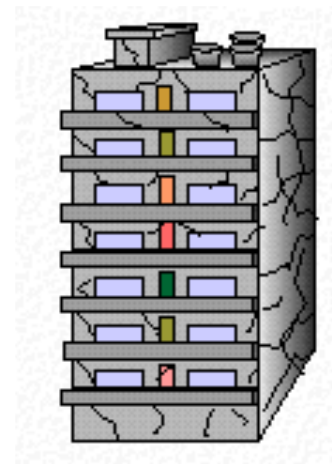
Stalne i prolazne proračunske situacije	Stalna dejstva		Promenljiva dejstva	
	nepovoljno	povoljno	dominatno	ostala
	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
$1.35 \sum_{j \geq 1} G_{kj,sup} + 1.00 \sum_{j \geq 1} G_{kj,inf} + 1.50 Q_{k,1} + 1.50 \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$				
Vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti γ iznose: $\gamma_{Gj,sup} = 1.35$ $\gamma_{Gj,inf} = 1.00$ $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1.50$ za nepovoljno dejstvo $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 0.00$ za povoljno dejstvo				

EC0 i EC2

DOKAZ GRANIČNIH STANJA UPOTREBLJIVOSTI

Granična stanja upotrebljivosti se odnose na dokaz sledećih kriterijuma upotrebljivosti:

- napona u betonu i čeliku
- razmaka i širine prslina
- deformacija koje utiču na izgled, komfor korisnika, funkcionisanje konstrukcije, oštećenja fasada i nekonstrukcijskih elemenata;
- vibracija koje izazivaju nekomfornost ljudi i ograničavaju funkcionalnost – nisu obuhvaćene Evrokodom 2.



EC0 i EC2

Potrebno je dokazati, da proračunska vrednost uticaja E_d , koja je propisana u kriterijumu upotrebljivosti, usled najnepovoljnije kombinacije dejstava u svim relevantnim proračunskim situacijama, nije veća od granične proračunske vrednosti relevantnog kriterijuma upotrebljivosti C_d :

$$E_d \leq C_d$$

E_d	proračunska vrednost uticaja, koja je propisana u kriterijumu upotrebljivosti, a određena na osnovu relevantne kombinacije
C_d	granična proračunska vrednost relevantnog kriterijuma upotrebljivosti

EC0 i EC2

Kombinacije dejstava za dokaz graničnih stanja upotrebljivosti

Karakteristična kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Česta kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kvazi-stalna kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Svi parcijalni koeficijenti sigurnosti za uticaje od dejstava su jednaki jedinici.



EC0 i EC2

Različitim **reprezentativnim vrednostima** se uzima u obzir verovatnoća istovremenog delovanja svih promenljivih opterećenja u punom iznosu ili različita verovatnoća pojave korisnih, incidentnih i seizmičkih dejstava:

- **Vrednost za kombinacije** je proizvod koeficijenta za kombinovanje i karakteristične vrednosti promenljivog opterećenja $\psi_0 Q_k$. Koristi se u slučaju delovanja više promenljivih dejstava i to za granična stanja nosivosti i nepovratna granična stanja upotrebljivosti;
- **Česta vrednost** je proizvod $\psi_1 Q_k$ i koristi se za dokaz graničnih stanja nosivosti pri incidentnim proračunskim situacijama i dokaz povratnih graničnih stanja upotrebljivosti;
- **Kvazi-stalna vrednost** je proizvod $\psi_2 Q_k$ a primenjuje se za dokaz graničnih stanja nosivosti pri incidentnim i seizmičkim proračunskim situacijama i dokaz povratnih graničnih stanja upotrebljivosti.

Trajnost

Trajnost konstrukcije treba da bude takva da je njena upotreba moguća tokom *proračunskog eksploatacionog veka*. Pod proračunskim eksploatacionim vekom podrazumeva se vreme u kome se konstrukcija može upotrebljavati za predviđenu namenu sa prihvatljivim (uobičajenim) merama održavanja, dakle bez velikih popravki i sanacija.

Trajnost betonskih konstrukcija u najvećoj meri zavisi od kvaliteta betona.

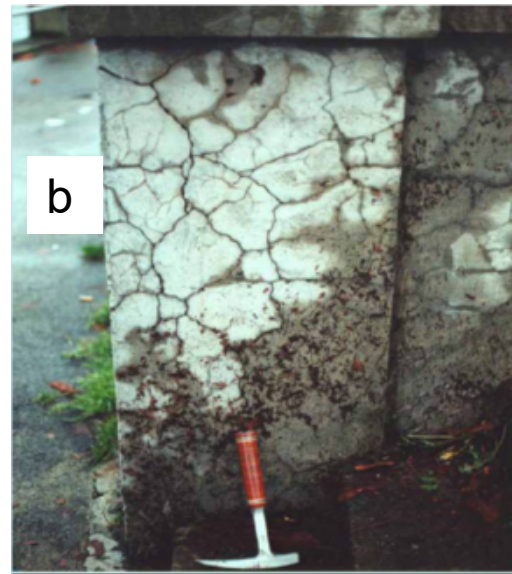
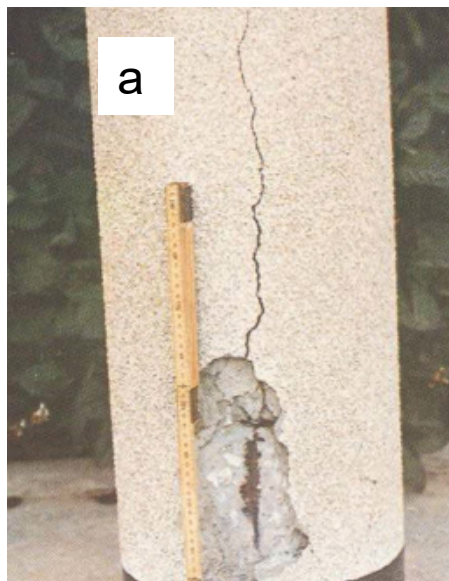
Kvalitet betona kao materijala, u smislu trajnosti, odnosi se prvenstveno na njegovu strukturu, odnosno na tip i raspored pora, jer od toga zavisi mogući transportni mehanizam kroz beton i omogućuje interakcija sredine i betona. Takva interakcija određuje potencijalne *mehanizme deteriorizacije* – procesa oštećenja koja propagiraju kroz vreme.



Trajnost



Korozija armature i otpadanje zaštitnog sloja betona (karbonatizacija, hloridi)



- (a) prsline usled ekspanzije betona prozrokovane korozijom armature (velika količina hlorida u agregatu);
- (b) oštećenja usled alkalno-agregatne reakcije (AAR)

Trajnost

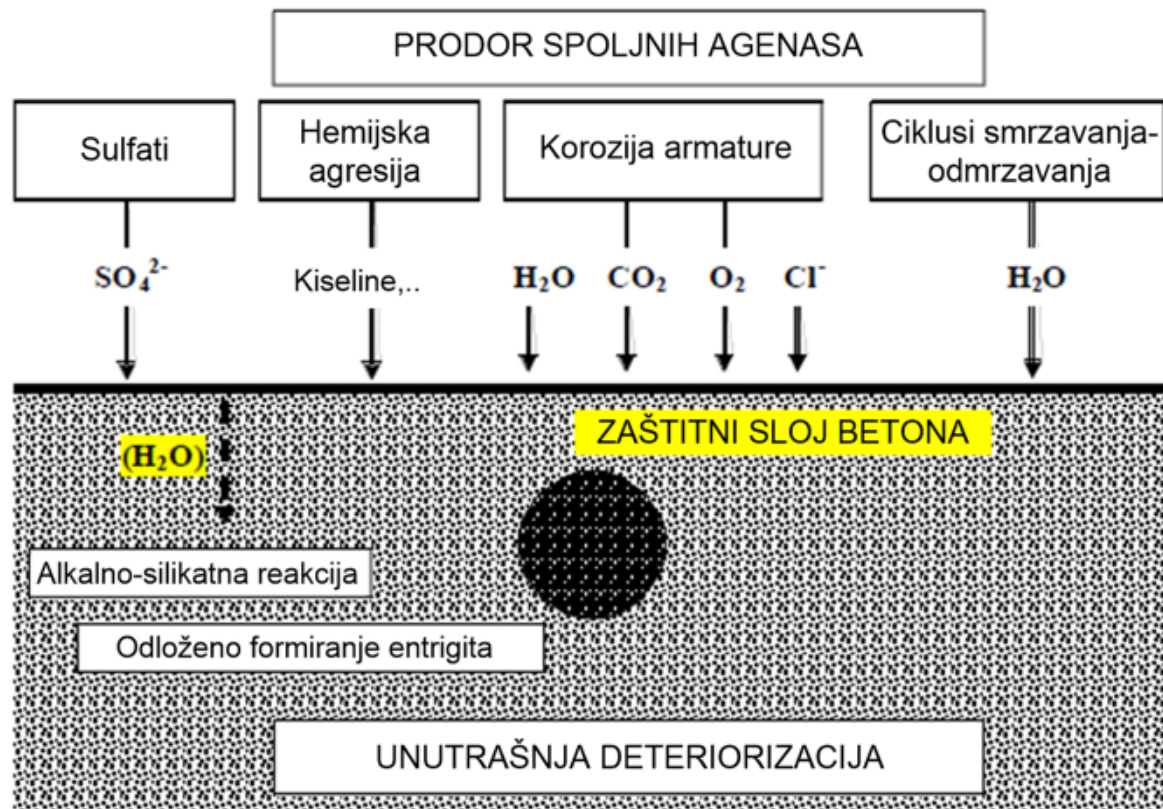


Oštećenja i prsline usled
dejstva ciklusa smrzavanja-
odmrzavanja



Rastvaranje i ispiranje CaOH_2

Trajnost



Trajnost

Odeljak 4 SRPS EN 1992:2015

EC2: „Trajna konstrukcija mora da zadovolji zahteve upotrebljivosti, nosivosti i stabilnosti u toku svog **proračunskog eksploatacionog veka**, bez značajnog gubitka sposobnosti da služi svojoj nameni ili preterano velikih nepredviđenih troškova održavanja.“

U osnovi, EC2 podrazumeva:

- 1. Upotrební vek od 50 godina**
2. „Normalni“ nadzor prilikom izvođenja radova
3. „Normalnu“ inspekciju i održavanje tokom eksploatacije

Oštećenja betona i korozija armature u potencijalno agresivnoj sredini

Identifikacija uslova izloženosti – fizički i hemijski uslovi sredine kojima je konstrukcija izložena

Trajnost

Nominalni zaštitni sloj koji se koristi pri dimenzionisanju je:

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

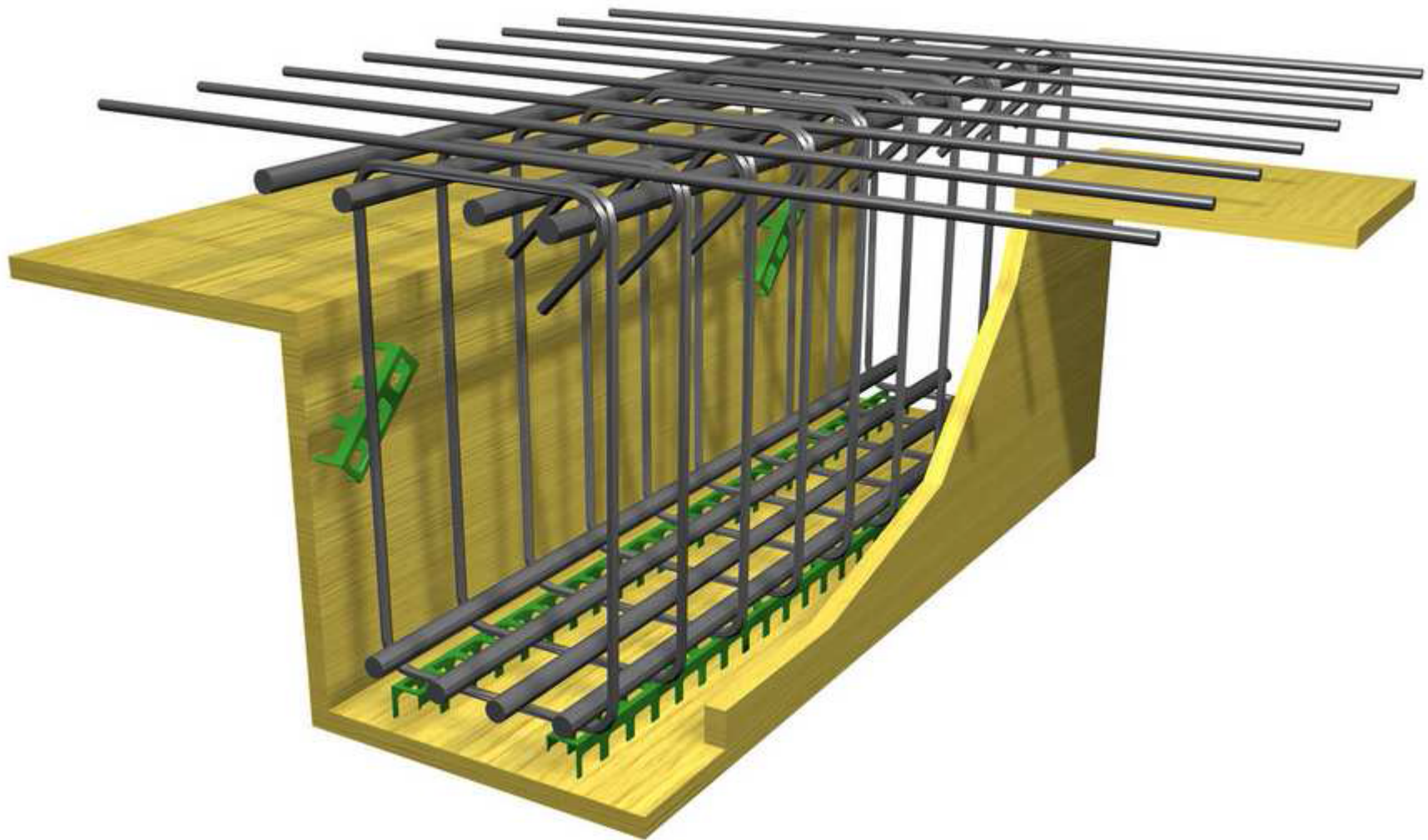
Minimalni zaštitni sloj c_{min} , pod kojim se podrazumeva rastojanje između šipke ili kabla najbližeg površini betona i površine betona, treba da obezbedi:

1. siguran prenos napona prianjanja,
2. zaštitu čelika od korozije (trajnost) i
3. odgovarajuću otpornost na požar.

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

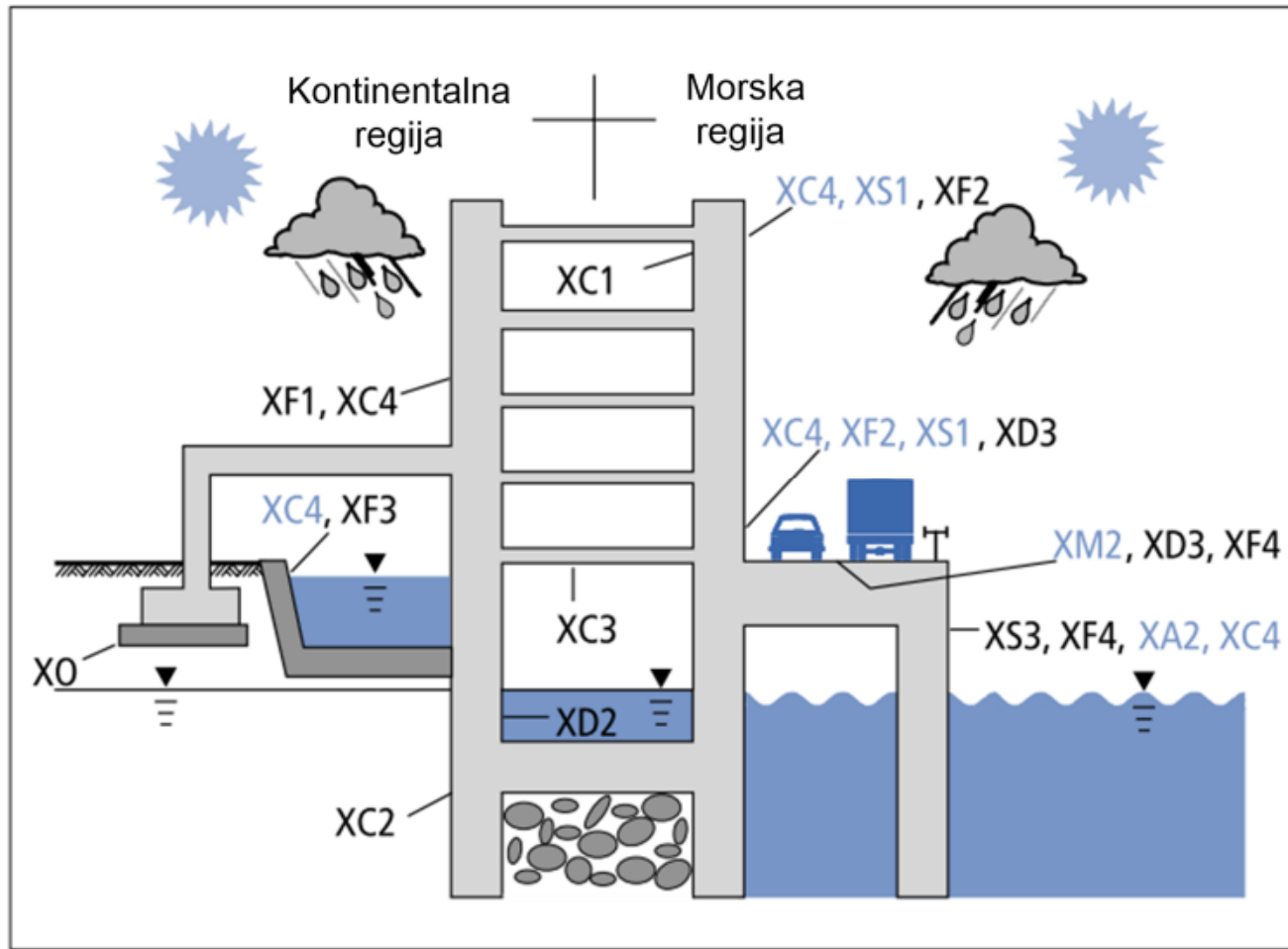
$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$
 Odstupanje u izvođenju (moguće korekcije...)

Trajnost



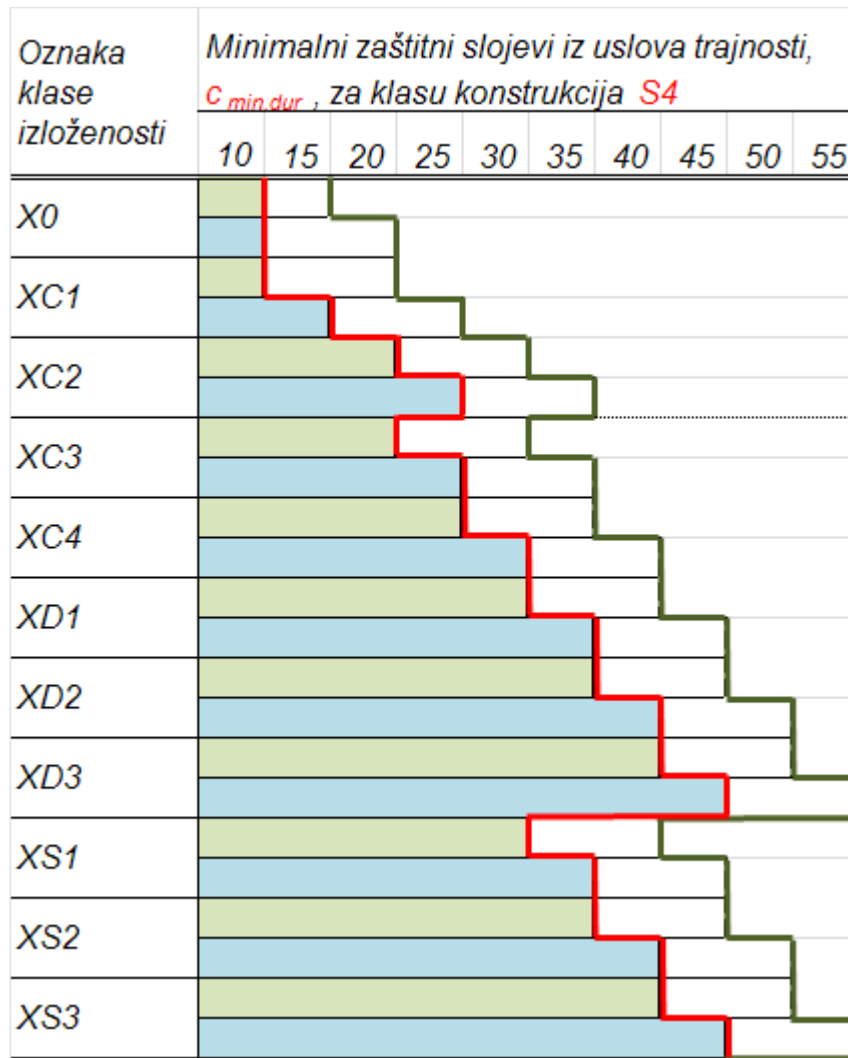
Trajnost

Uslovi i klase izloženosti konstrukcije



- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

Trajnost



— Upotrebni vek 50 god.
— Upotrebni vek 100 god.

Tip elementa	Ploče, zidovi
	Grede, stubovi

Rezime 1.predavanja

- Zajednički rad betona i armature zasniva se na...
- Prednosti i nedostaci primene betona u konstrukcijama...
- Zone betonskih nosača koje armiramo proračunskom armaturom...
- Teorijom graničnih stanja treba dokazati...., a teorijom pouzdanosti...
- Granična stanja nosivosti i granična stanja upotrebljivosti
- Objašnjenje koncepta pouzdanosti
- Rečnik novih termina:
 - Proračunske situacije
 - Dejstva
 - Uticaji od dejstva
 - Karakteristične, reprezentativne i proračunske vrednosti
- Kombinacije dejstava za dokaz graničnih stanja nosivosti/upotrebljivosti
- Trajnosti i upotrební vek konstrukcije
- Mehanizmi deterioracije
- Koncept obezbeđivanja trajnosti prema EC2