

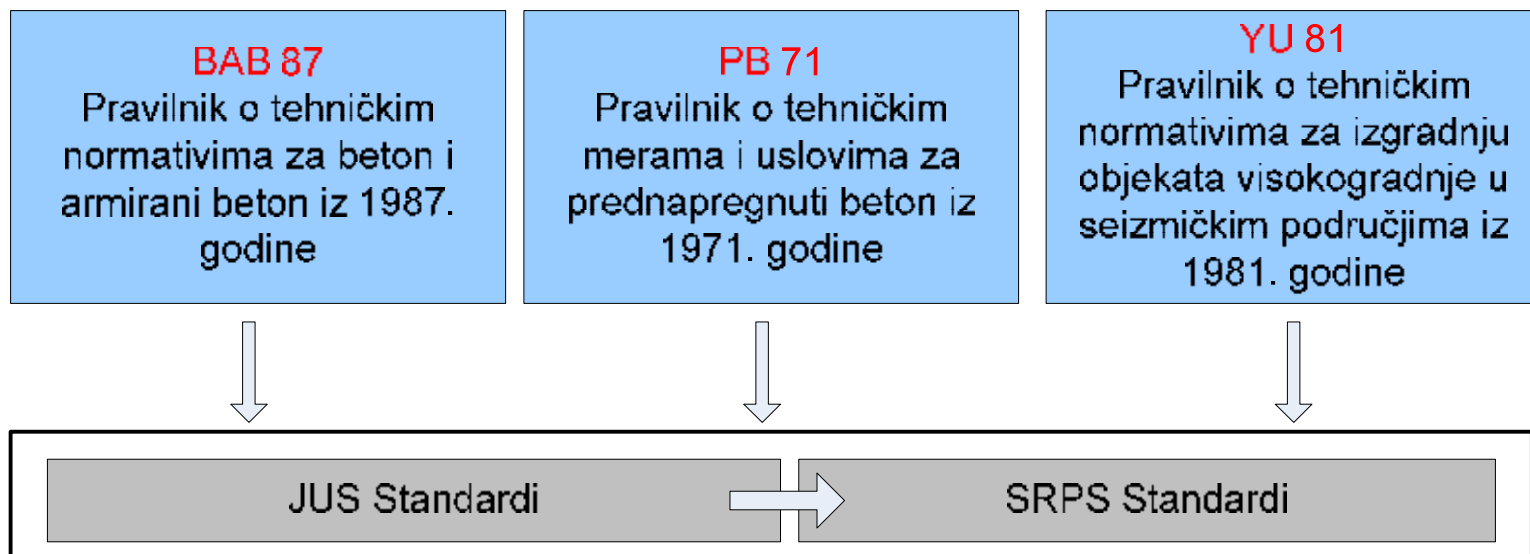


Teorija betonskih konstrukcija 1

Vežbe br. 2



Regulativa



Regulativa



Materijali

Odeljak 3 SRPS EN 1992:2015

		KLASE ČVRSTOĆE BETONA													
f_{ck}	MPa	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm}	MPa	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
$f_{ctk,0.05}$	MPa	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5
$f_{ctk,0.95}$	MPa	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6
E_{cm}	GPa	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ϵ_{c1}	‰	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.25	2.3	2.4	2.45	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8
ϵ_{cu1}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.0	2.8	2.8	2.8
ϵ_{c2}	‰	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
ϵ_{cu2}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6
n		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.75	1.6	1.45	1.4	1.4
ϵ_{c3}	‰	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3
ϵ_{cu3}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6



Materijali

Oznaka vrste i klase armature!

B 500 B					PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
Ø	$A_a^{(1)}$	$m_a^{(1)}$		tip	D	d	a	t	$m^{(1)}$	M
mm	cm ²	kg/m			mm	mm	mm	mm	kg/m ²	kg
6	0.283	0.222	Q	84	4	4	150	150	1.364	17.598
8	0.503	0.395	Q	131	5	5	150	150	2.122	27.375
10	0.785	0.617	Q	188	6	6	150	150	3.059	39.463
12	1.13	0.888	Q	196	5	5	100	100	3.147	40.596
14	1.54	1.21	Q	221	6.5	6.5	150	150	3.583	46.218
16	2.01	1.58	Q	257	7	7	150	150	4.162	53.684
20	3.14	2.47	Q	283	6	6	100	100	4.537	58.521
25	4.91	3.85	Q	335	8	8	150	150	5.443	70.216
28	6.16	4.83	Q	378	8.5	8.5	150	150	6.132	79.104
32	8.04	6.31	Q	424	9	9	150	150	6.876	88.702
40	12.57	9.86	Q	503	8	8	100	100	8.072	104.126
50	19.63	15.41	Q	524	10	10	150	150	8.502	109.678
			Q	753	12	12	150	150	12.237	157.851
			Q	785	10	10	100	100	12.608	162.647
			Q	1130	12	12	100	100	18.146	234.086

Ø large

Dodatna pravila ! (EN 1992, deo 8.8)



Materijali



		PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
	tip	D mm	d mm	a mm	t mm	m ⁽¹⁾ kg/m ²	M kg
R	84	4	4	150	250	1.098	14.158
R	131	5	4	150	250	1.485	19.158
R	188	6	4.2	150	250	2.005	25.861
R	196	5	4.2	100	250	2.032	26.212
R	221	6.5	4.6	150	250	2.357	30.409
R	257	7	5	150	250	2.750	35.478
R	283	6	4.2	100	250	2.735	35.278
R	335	8	5	150	250	3.406	43.932
R	378	8.5	5	150	250	3.758	48.477
R	424	9	6	150	250	4.413	56.929
R	503	8	6	100	250	4.979	64.231
R	524	10	6	150	250	5.245	67.655
R	753	12	8	150	250	7.853	101.305
R	785	10	6	100	250	7.281	93.928
R	1130	12	8	100	200	11.172	144.120

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. Upotrebnii 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

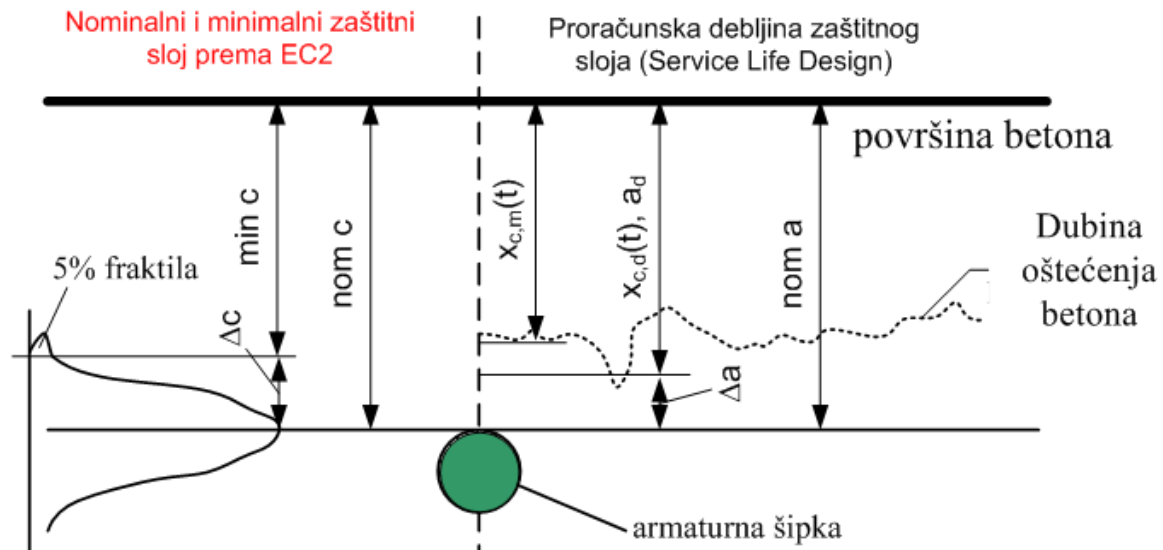
Identifikacija uslova izloženosti – fizički i hemijski uslovi sredine kojima je konstrukcija izložena



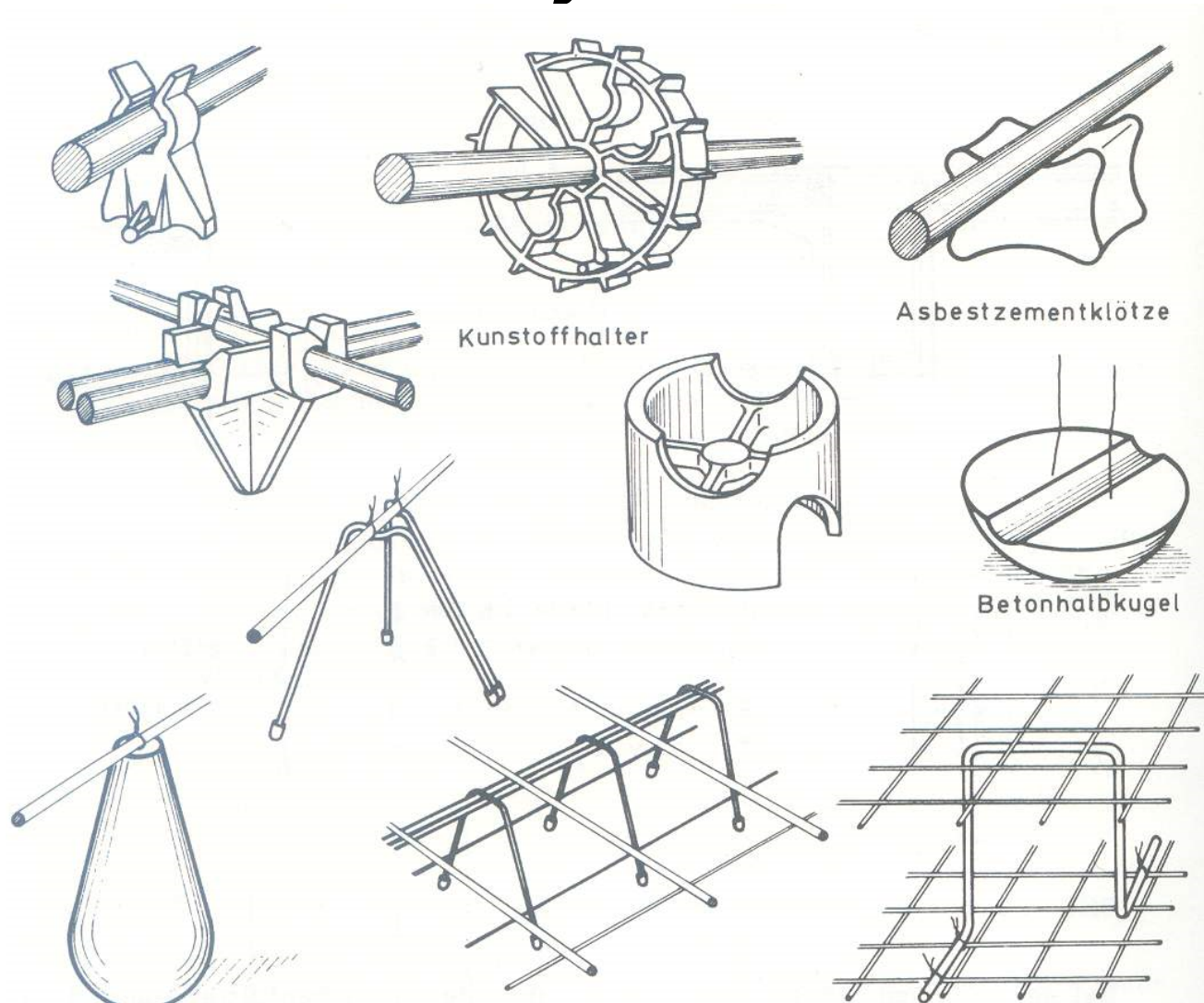
Trajnost

Procedura proračuna nominalnog zaštitnog sloja (c_{nom}) podrazumeva definisanje/identifikaciju:

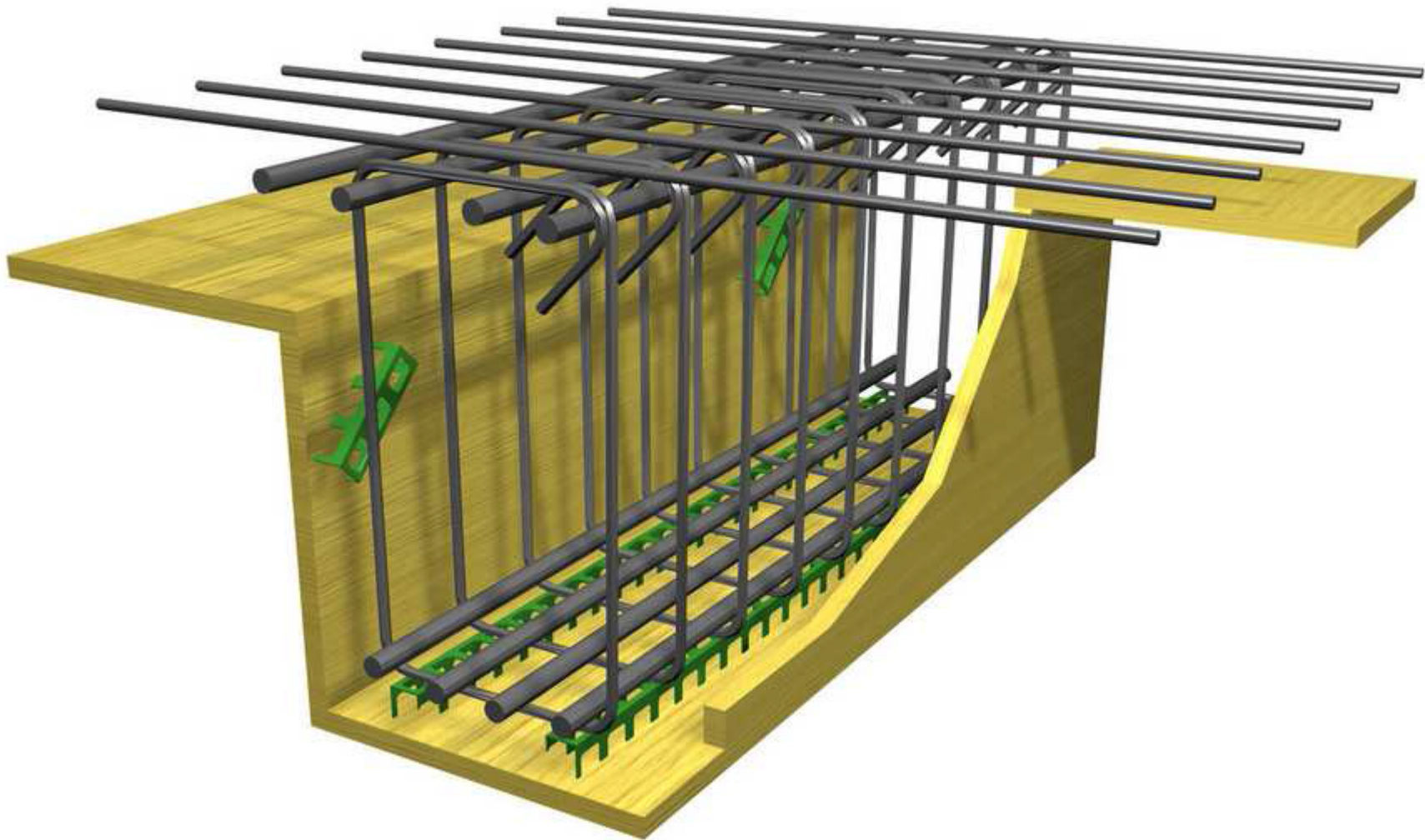
1. Klase izloženosti za različite elemente konstrukcije
2. Minimalne klase čvrstoće za svaku od klasa izloženosti (Prilog E, EC2; Prilog F, EN206)
3. Minimalnog zaštitnog sloja s obzirom na prijanjanje armature ($c_{min,b}$) i trajnosti ($c_{min,dur}$)



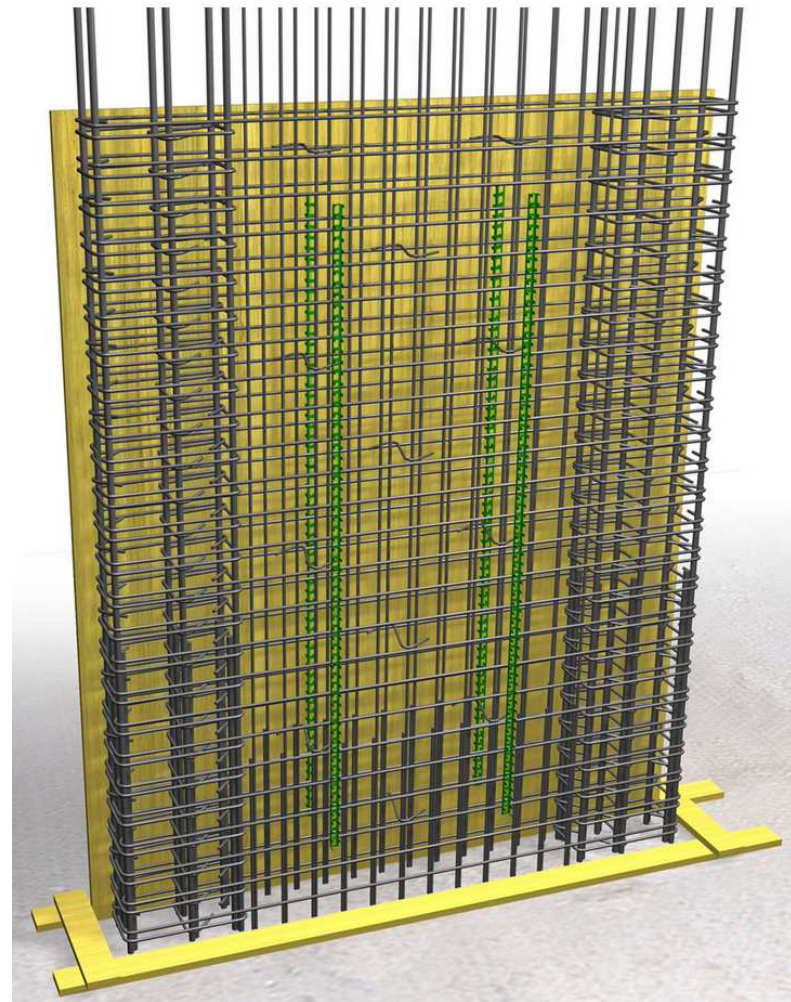
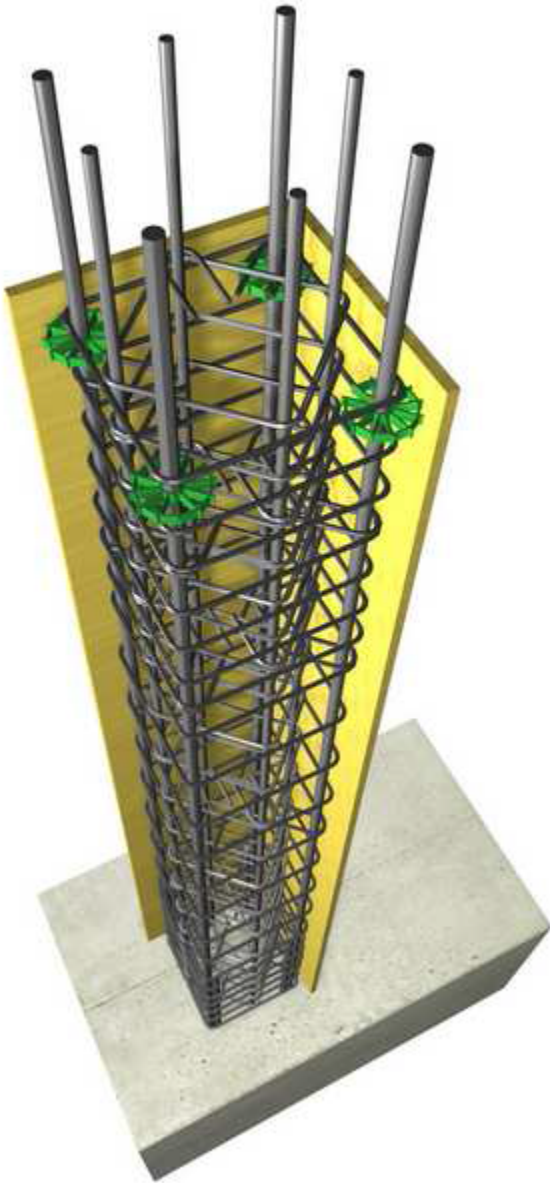
Trajnost

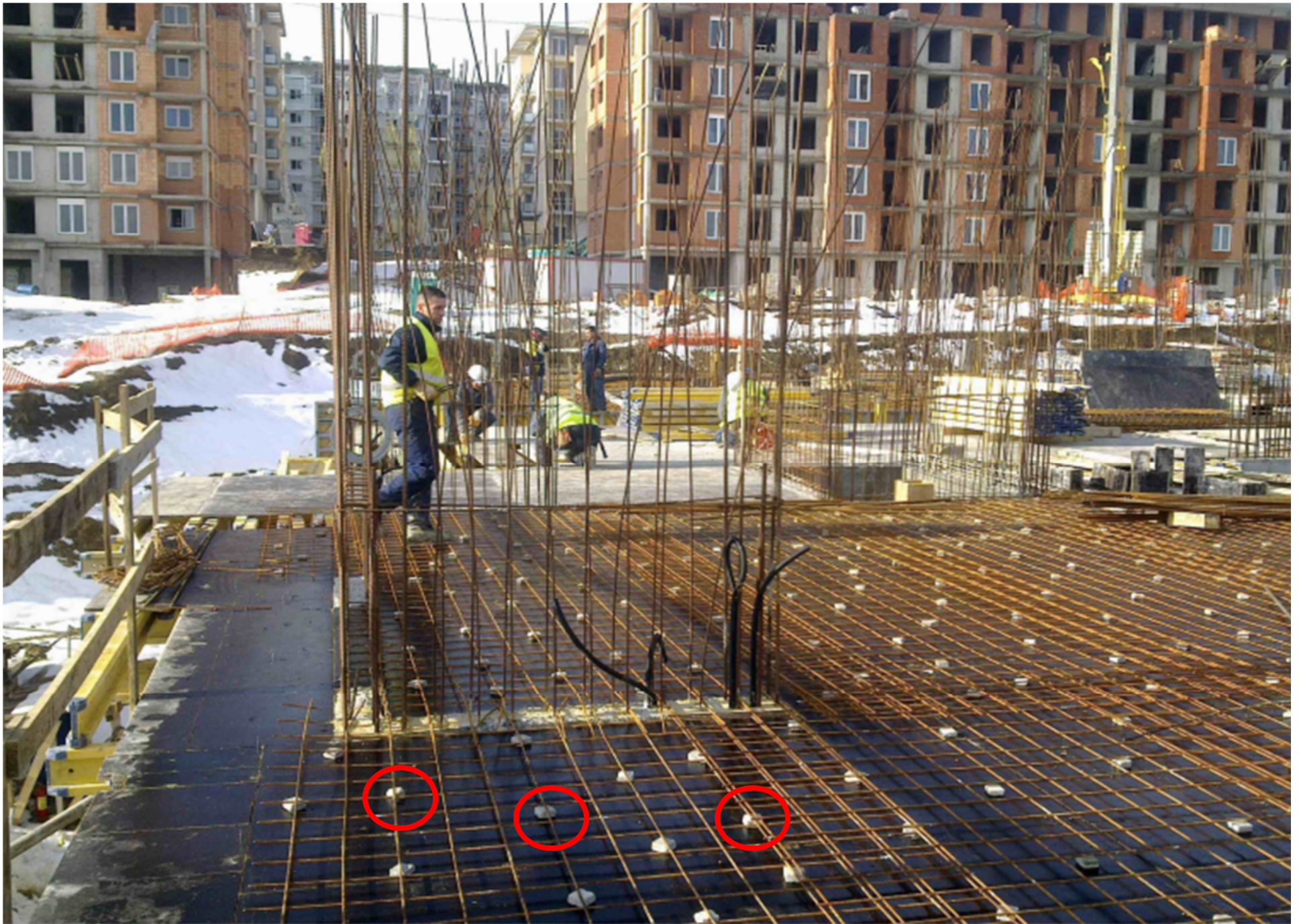


Trajnost



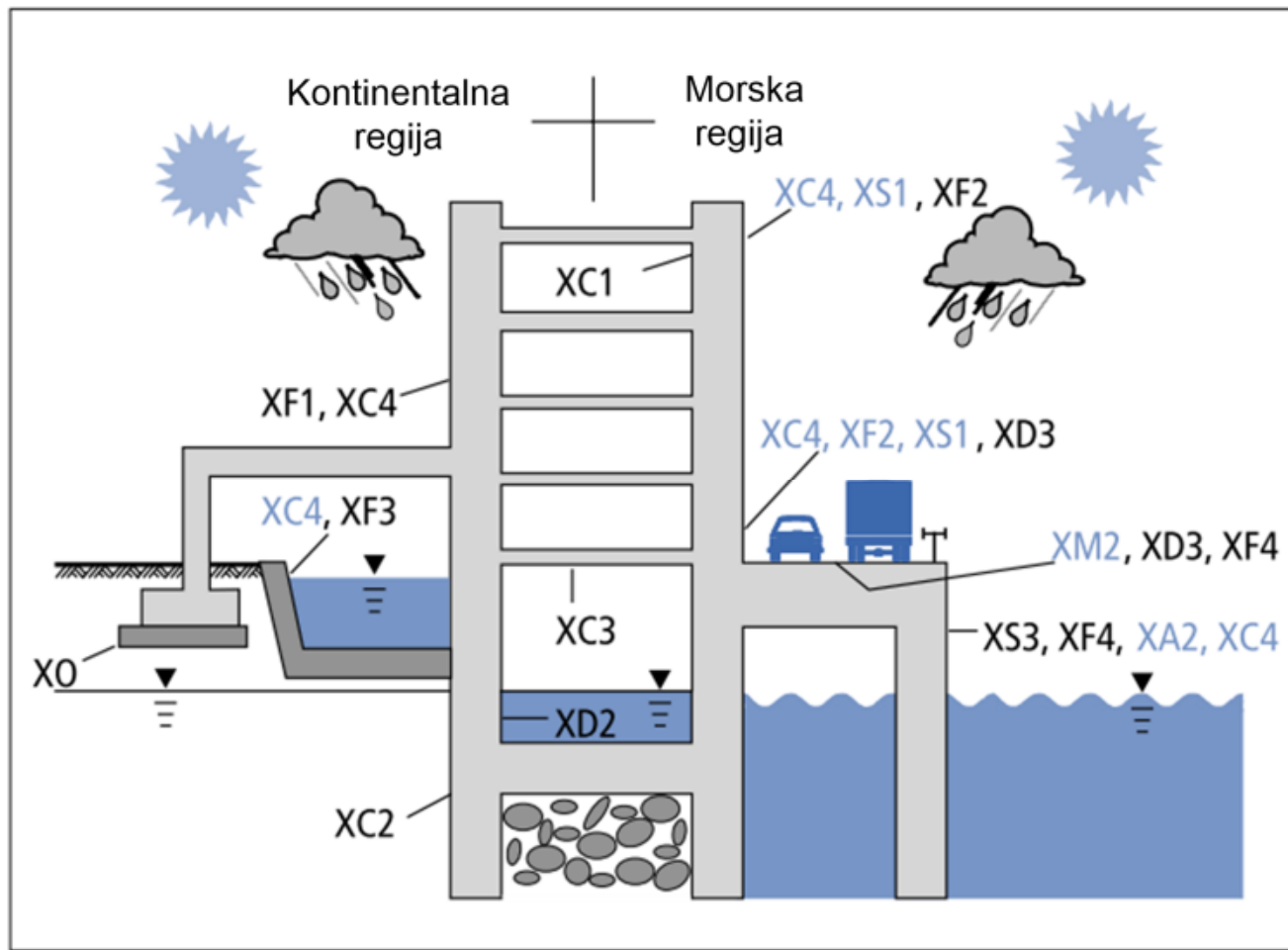
Trajnost





Trajnost

Uslovi i klase izloženosti konstrukcije



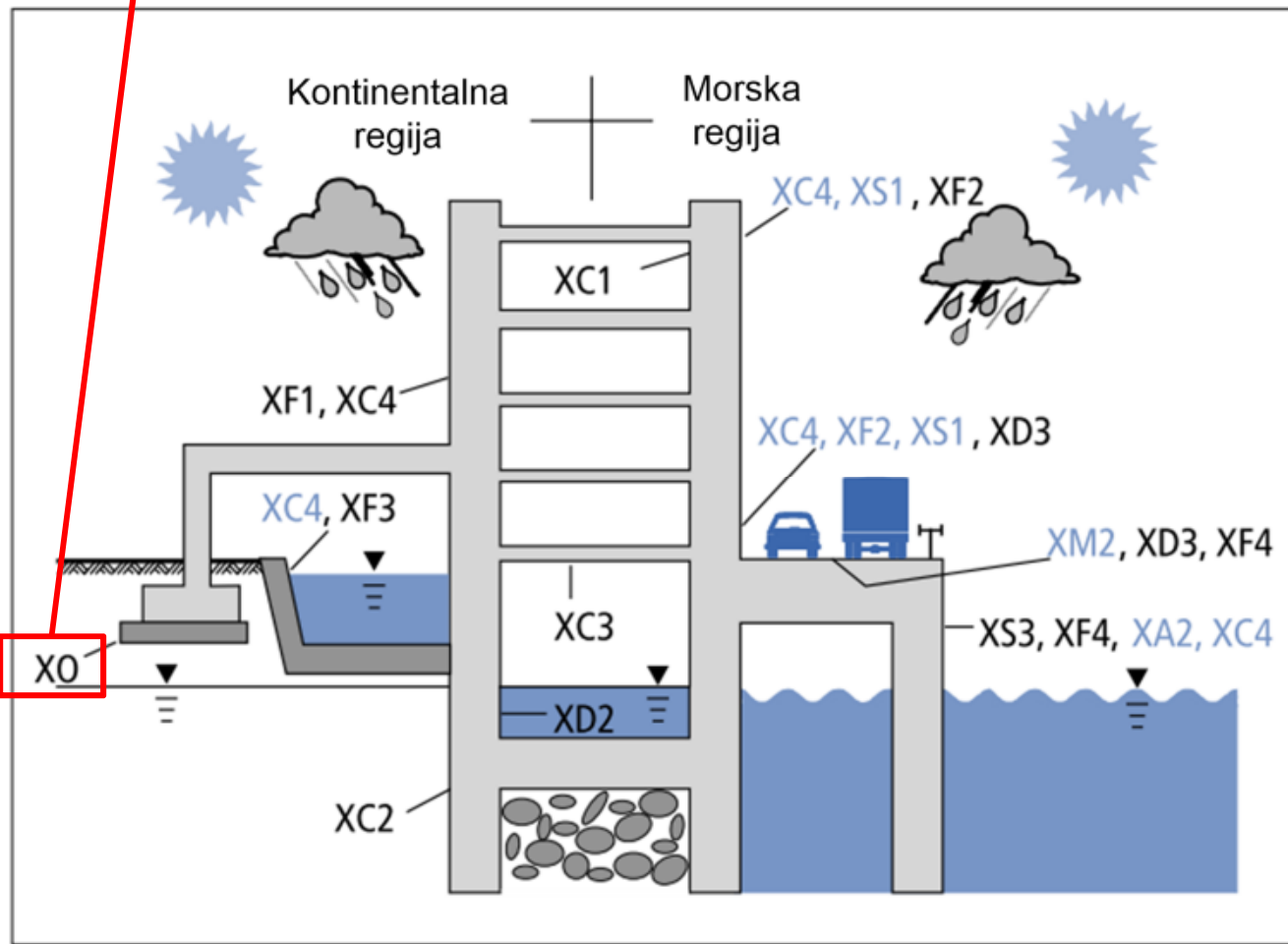
- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

1 Без опасности од корозије или других агресивних дејстава

X0

За бетон без арматуре или бетон без уграђених металних елемената:
сви услови изложености осим замрзавања/одмрзавања, абразије или хемијског утицаја.
За бетон са арматуром или уграђеним металним елементима: веома сува

Бетон у унутрашњости зграда са веома ниском влажношћу ваздуха

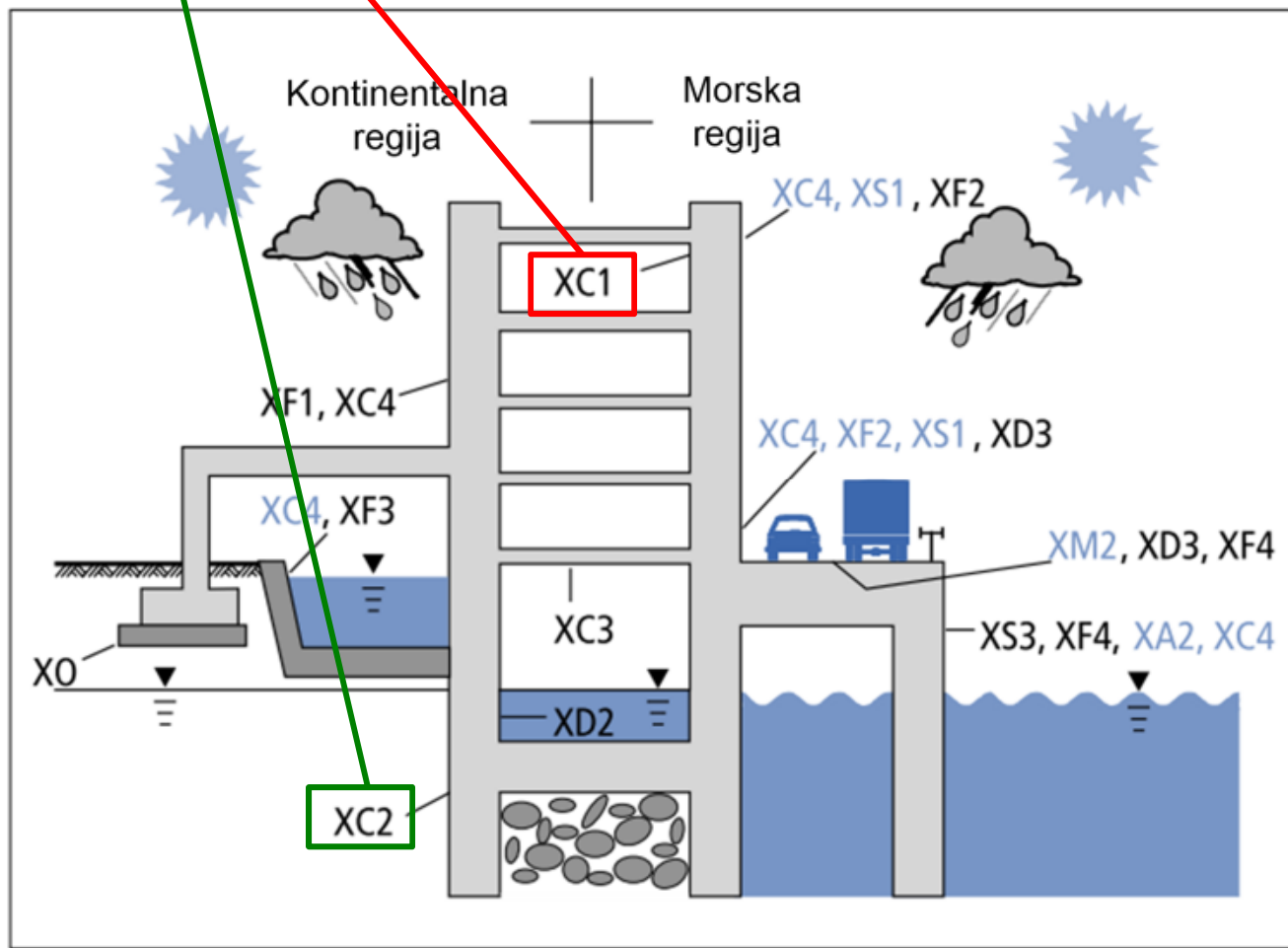


- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack



2 Корозија проузрокована карбонацијом

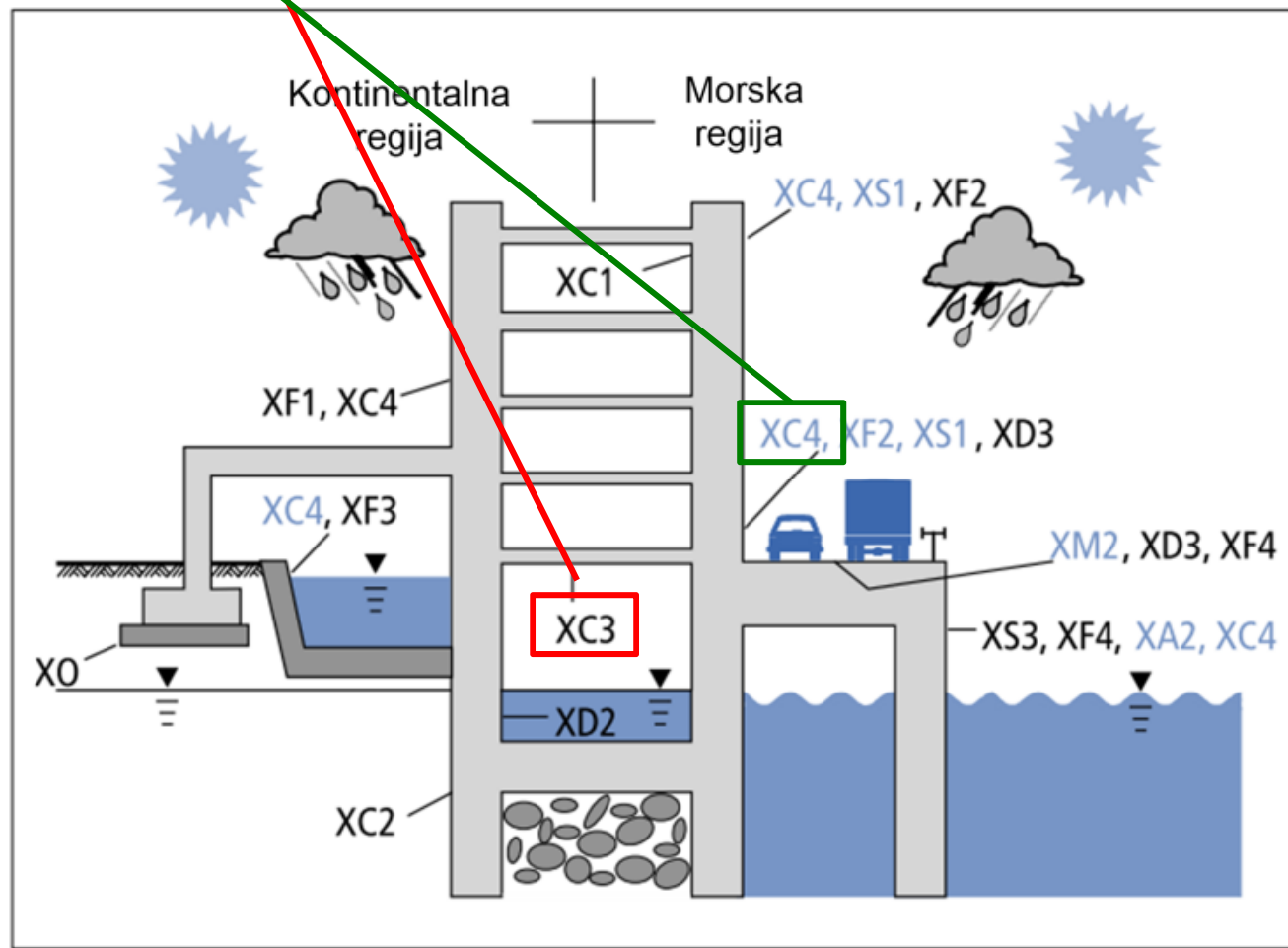
XC1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XC2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи



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

2 Корозија проузрокована карбонацијом

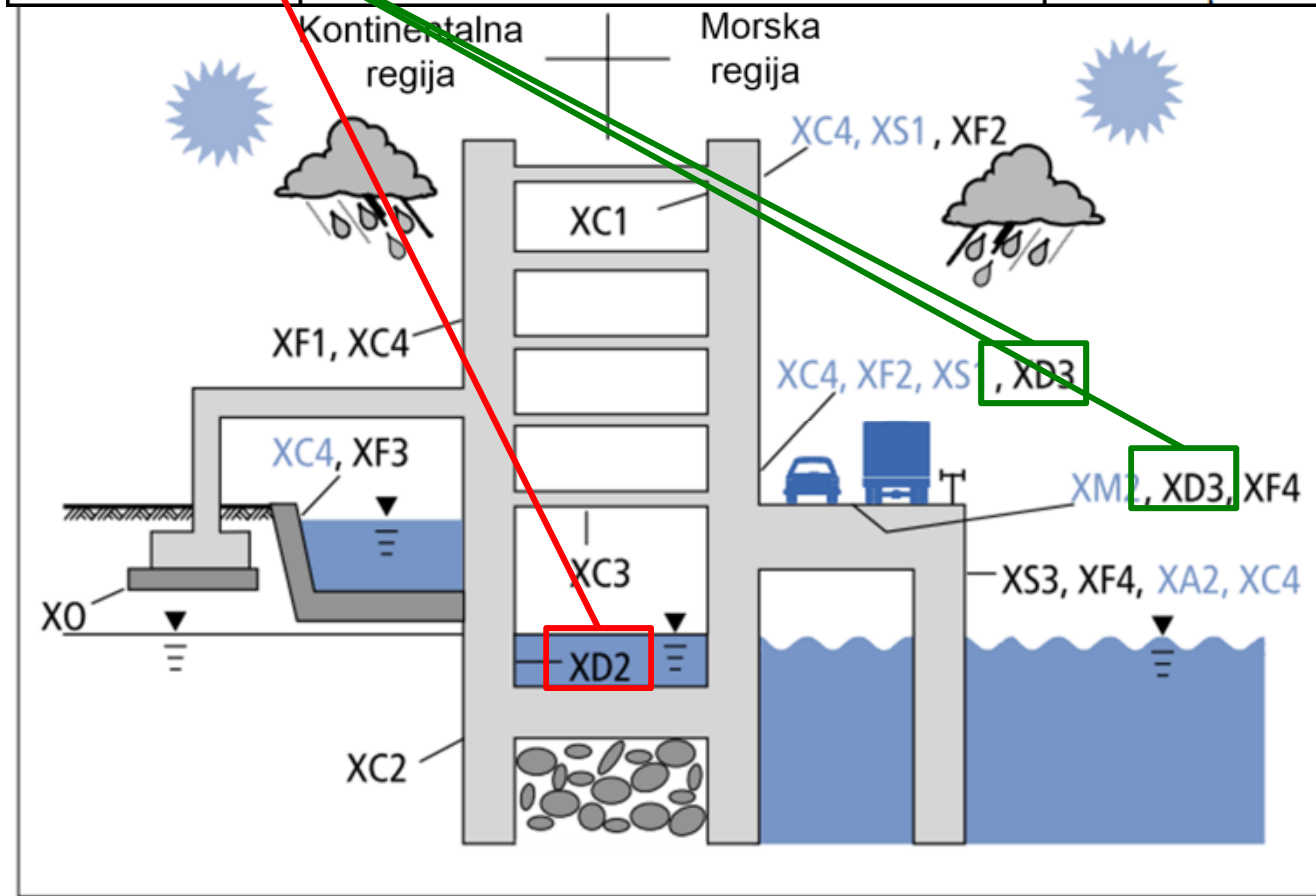
XC3	Умерено влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XC4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XC2



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

3 Корузија проузрокована хлоридима који не потичу из морске воде

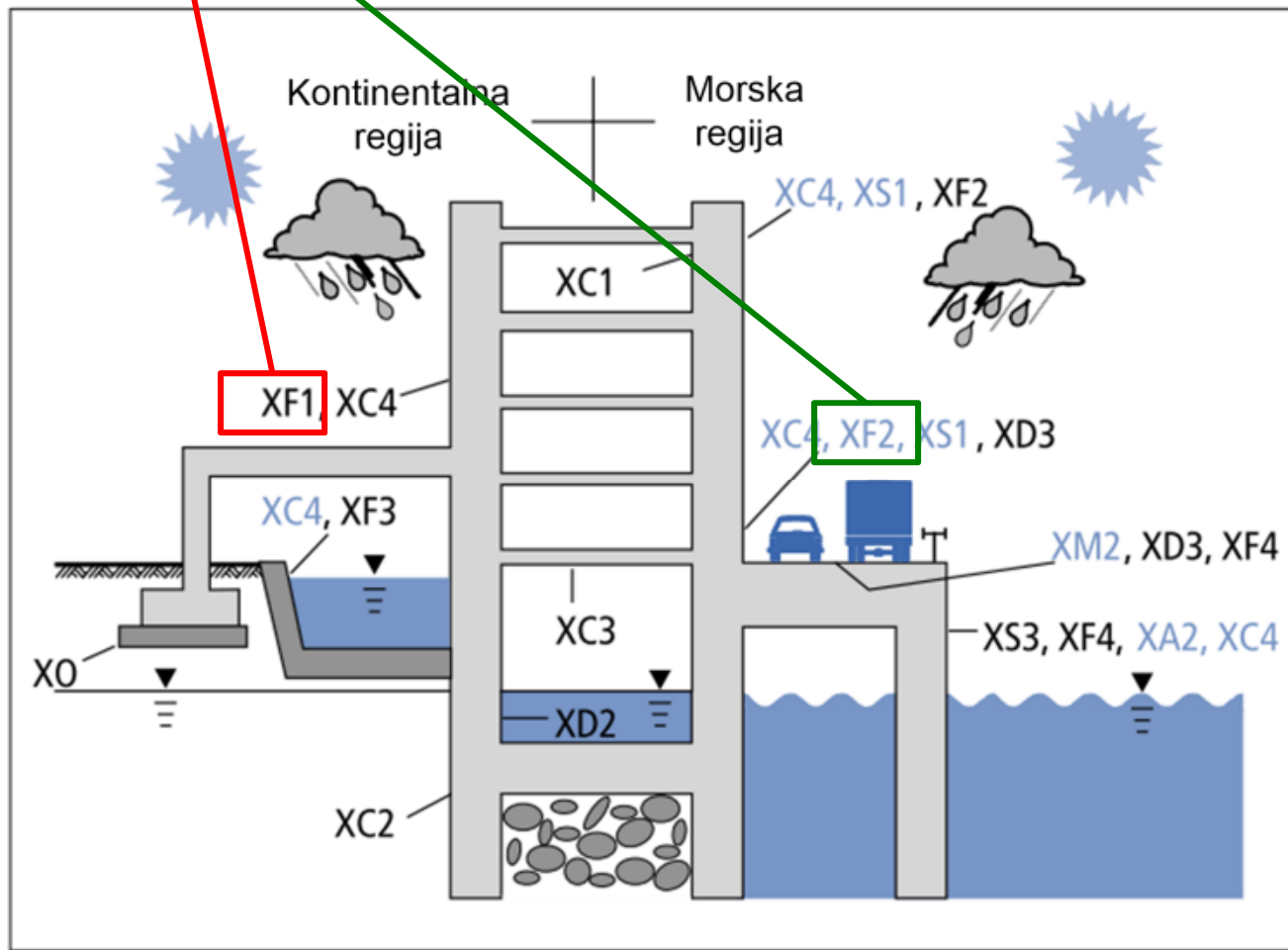
XD1	Умерено влажна средина	Површине бетона изложене дејству хлорида из ваздуха
XD2	Влажна, ретко сува средина	Базени за пливање Бетонски елементи изложени индустријским водама које садрже хлориде
XD3	Циклично влажна и сува средина	Делови мостова изложени прскању аеросола који садржи хлорид Коловози Плоче паркинга



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

5 Замрзавање/одмрзавање са агенсима за одмрзавање или без њих

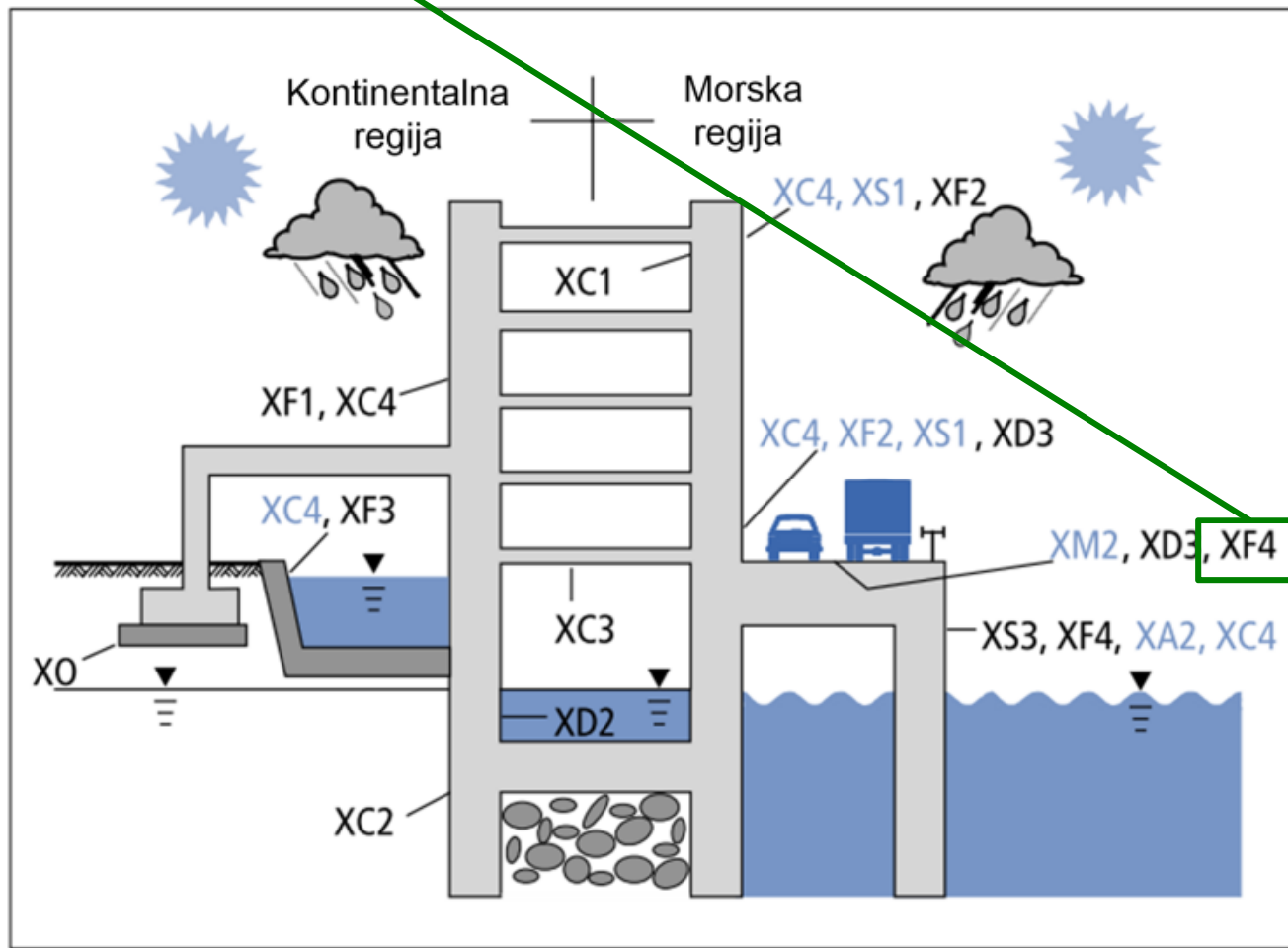
XF1	Умерена zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине изложене киши и мразу
XF2	Умерена zasiћеност водом, са агенсима за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине саобраћајних конструкција, изложене мразу и средствима за одмрзавање из ваздуха



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

5 Замрзавање/одмрзавање са агенсима за одмрзавање или без њих

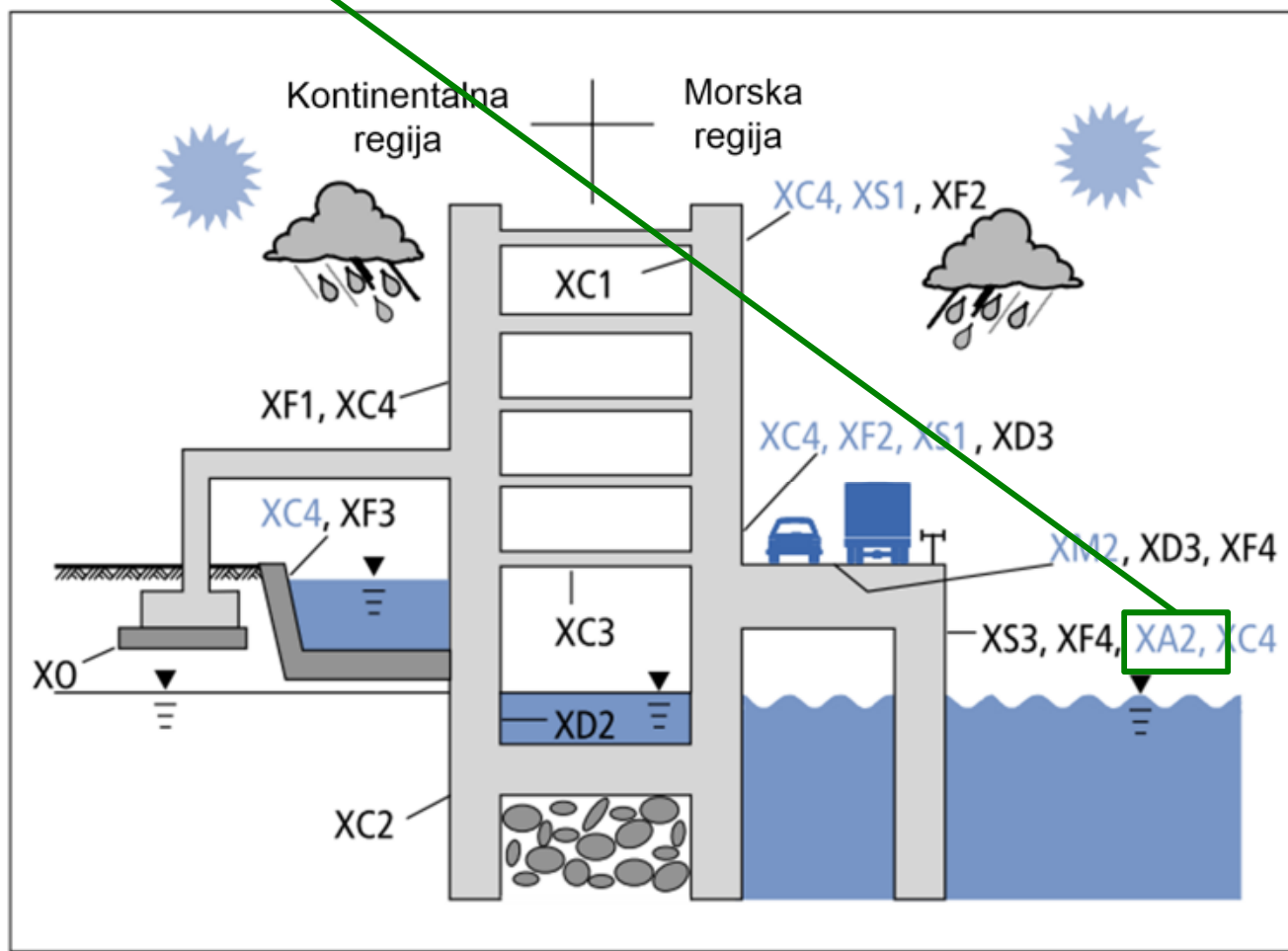
XF3	Велика zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Хоризонталне бетонске површине изложене киши и мразу
XF4	Велика zasiћеност водом са агенсима за одмрзавање или морском водом	Путне или мостовске коловозне конструкције изложене агенсима за одмрзавање Бетонске површине изложене директном прскању растворима средстава за одмрзавање и мразу Зоне квашења конструкција на морској обали



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

6 Хемијска изложеност

XA1	Блага хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода
XA2	Умерена хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода
XA3	Изражена хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода



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

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.

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

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

Trajnost

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

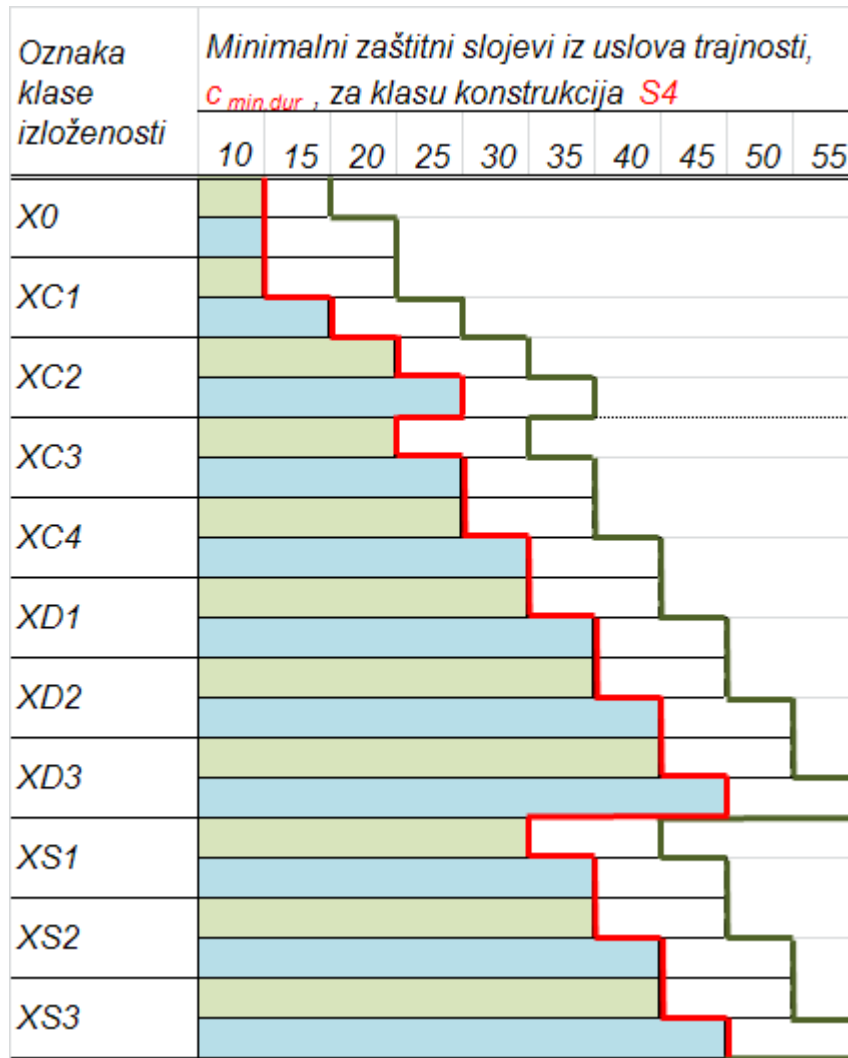
Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{min,b}$ *
Pojedinačne šipke	Prečnik šipke, \emptyset
Šipke u svežnju	Ekvivalentni prečnik (\emptyset_n)

*Ako je nominalna maksimalna dimenzija agregata veća od 32 mm, $c_{min,b}$ treba povećati za 5 mm

Minimalni zaštitni slojevi iz uslova trajnosti, $c_{min,dur}$:

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


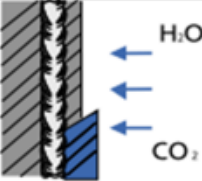
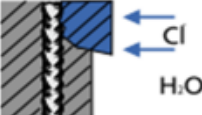
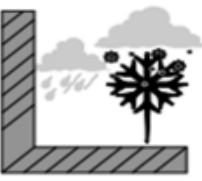
Trajnost



— Upotrebnii vek 50 god.
— Upotrebnii vek 100 god.

Tip elementa		
		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi

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	 H ₂ O CO ₂ Karbonatizacija	Suva ili stalno mokra	0.65	260	C20/25
		Mokra, retko suva	0.60	280	C25/30
		Umereno vlažna	0.55	280	C30/37
		Ciklično mokra i suva	0.50	300	C30/37
XD/ XS	 Cl H ₂ O Hloridi	Umereno vlažna	0.55/0.50	300	C30/37
		Mokra, retko suva	0.55/0.45	300 / 320	C30/37 / C35/45
		Ciklično mokra i suva	0.45	320 / 340	C35/45
XF	 Smrzavanje-odmrzavanje	Umereno zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.55	300	C30/37
		Umereno zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.55	300	C25/30
		Jako zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.50	320	C30/37
		Jako zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.45	340	C30/37

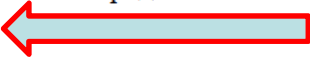
Indikativne klase čvrstoće!

Zadatak 1

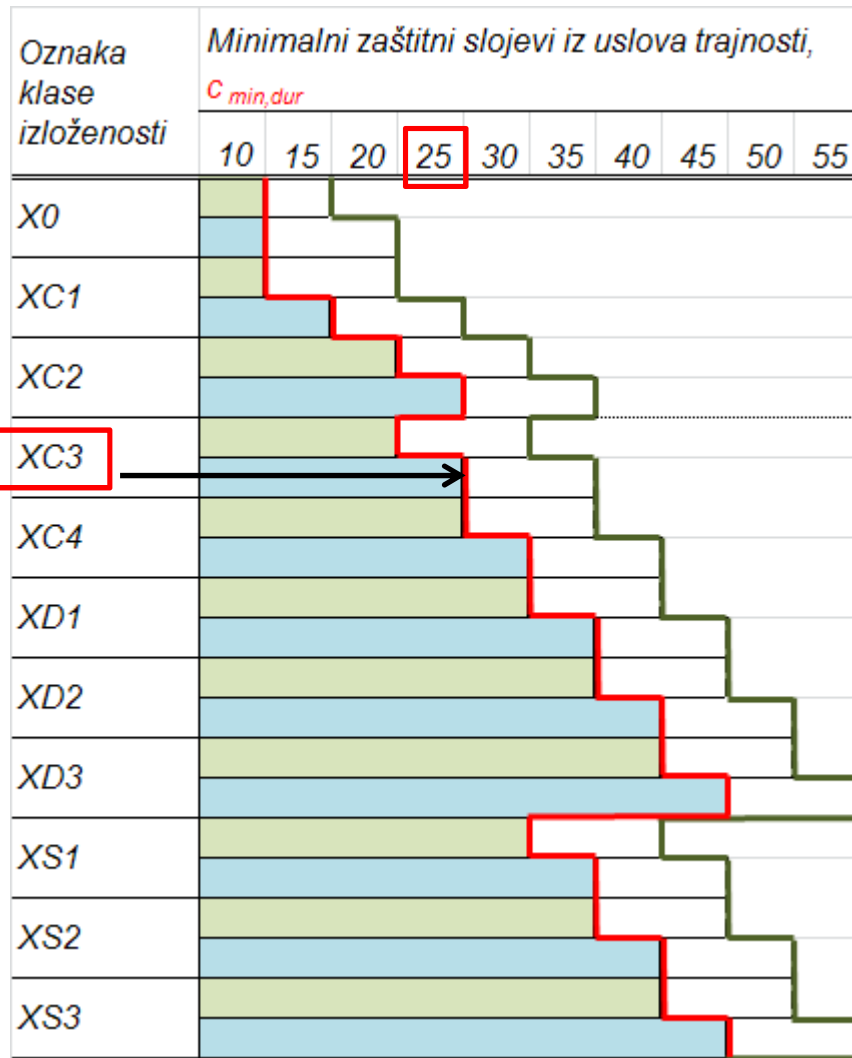
Odrediti nominalnu debljinu zaštitnog sloja grednog armiranobetonskog nosača, izvedenog od betona klase C30/37 i koji se nalazi u unutrašnjosti objekta u uslovima umerene vlažnosti vazduha. Planirani upotrebnii vek je 50 godina.

1) Klasifikacija izloženosti – **Tabela 4.1** SRPS EN 1992-1-1

Табела 4.1 – Класе изложености у зависности од услова средине, у складу са EN 206-1

Ознака класе	Опис средине	Информативни примери у којима могу да се јаве класе изложености
2 Корозија проузрокована карбонацијом		
XC1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XC2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи
XC3	Умерено влажна средина 	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XC4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XC2

Zadatak 1



— **Upotrebnii vek 50 god.**
— Upotrebnii vek 100 god.

Tip elementa	Ploče, zidovi	Grede, stubovi

Zadatak 1

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:

Табела 4.3N – Препоручена класификација конструкција

Критеријум	Класа конструкције						
	Класе изложености у складу са табелом 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Прорачунски експлоатациони век од 100 година	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2
Класа чврстоће ¹⁾²⁾	≥ C30/37 смањити класу за 1	≥ C30/37 смањити класу за 1	≥ C35/45 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C45/55 смањити класу за 1
Елементи чија геометрија одговара плочама (поступак грађења нема утицаја на положај арматуре)	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1
Осигурана посебна контрола квалитета производње бетона	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1

Ne, zadati vek je 50 godina!

Ne, zadata klasa C30/37 !

Ne, u pitanju je greda!

Zadatak 1

$$c_{\min, \text{dur}} = 25 \text{ mm}$$

Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{\min, b}^*$	Prp. $\varnothing_s \approx 10 \text{ mm}$ - uzengija
Pojedinačne šipke	Prečnik šipke, \varnothing	
Šipke u svežnju	Ekvivalentni prečnik (\varnothing_n)	

*Ako je nominalna maksimalna dimenzija agregata veća od 32 mm, $c_{\min, b}$ treba povećati za 5 mm

$$c_{\min, b} = 10 \text{ mm}$$

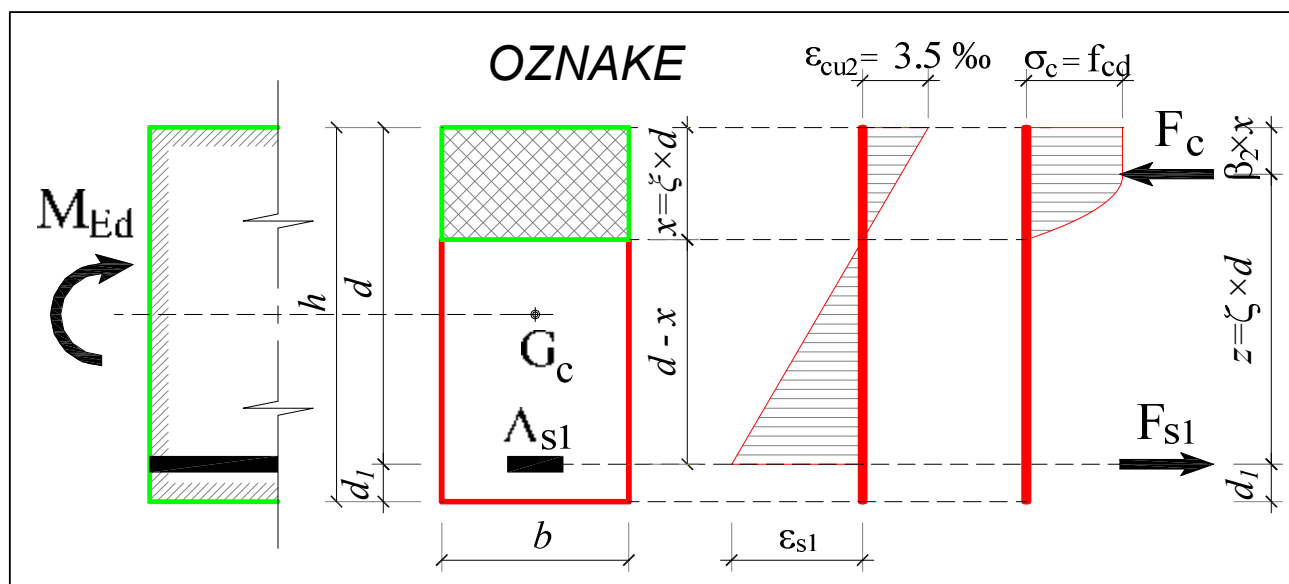
$$c_{\min} = \max\{c_{\min, b}; c_{\min, \text{dur}}; 10 \text{ mm}\} = \max\{10; 25; 10 \text{ mm}\} = 25 \text{ mm}$$

Nominalni zaštitni sloj koji se koristi pri dimenzionisanju je konačno:

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

ULS – čisto savijanje

JEDNOSTRANO ARMIRANI PRESECI



h – visina preseka

b – širina preseka

d_1 – rastojanje težišta zategnute armature od zategnute ivice preseka

$d = h - d_1$ statička visina

G_c – težište bruto preseka

A_{s1} – površina zategnute armature

F_c – unutrašnja sila, rezultanta napona pritiska u betonu

F_{s1} – unutrašnja sila, sila zatezanja u armaturi

x - rastojanje neutralne linije od pritisnute ivice preseka

ξ – koeficijent položaja neutralne linije $= x/d$

$\beta_2 x$ – rastojanje sile pritiska F_c od pritisnute ivice

z – krak unutrašnjih sila, rastojanje između F_c i F_{s1}

ζ – koeficijent kraka unutrašnjih sila $= z/d$

Napomena: sve veličine su proračunske, ali se izostavlja indeks d zbog jednostavnosti (osim za M_{Ed}).

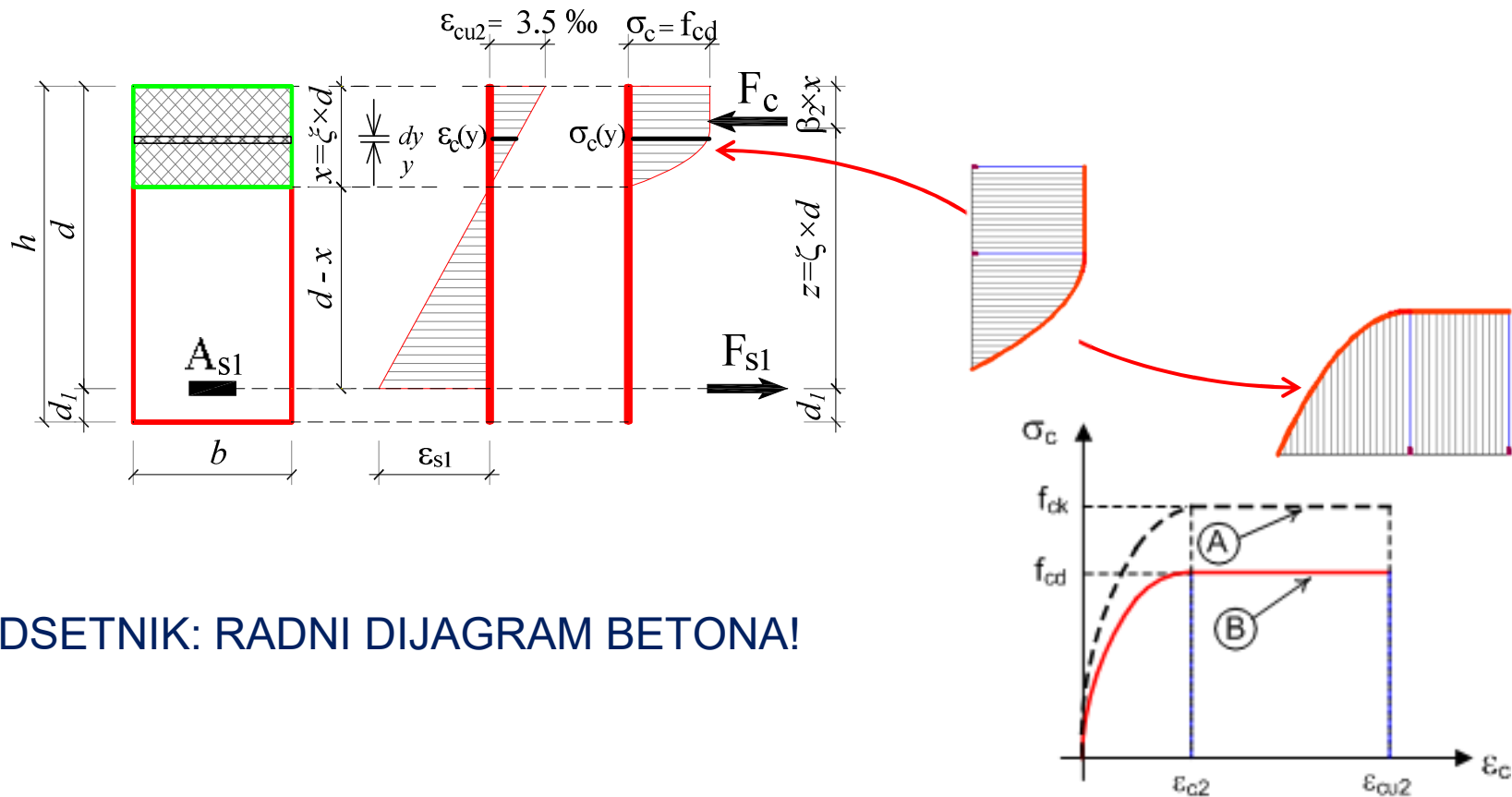


ULS – čisto savijanje

S obzirom na usvojeni radni dijagram čelika, stanje loma u preseku nastaje dostizanjem loma po betonu, dakle za:

$$\varepsilon_c = 0.0035$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$



PODSETNIK: RADNI DIJAGRAM BETONA!

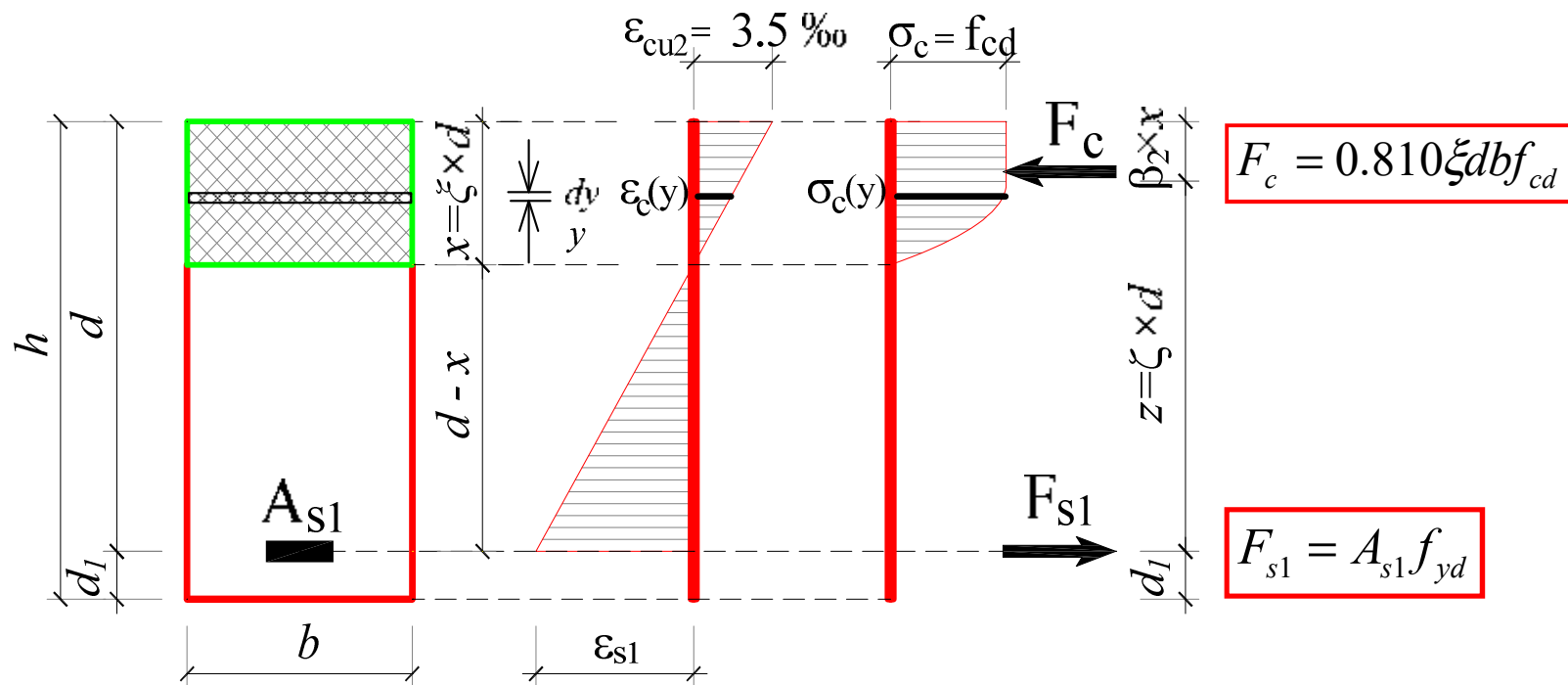


ULS – čisto savijanje

S obzirom na usvojeni radni dijagram čelika, stanje loma u preseku nastaje dostizanjem loma po betonu, dakle za:

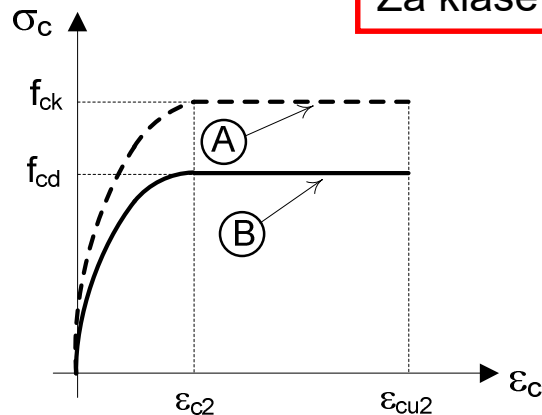
$$\varepsilon_c = 0.0035$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$

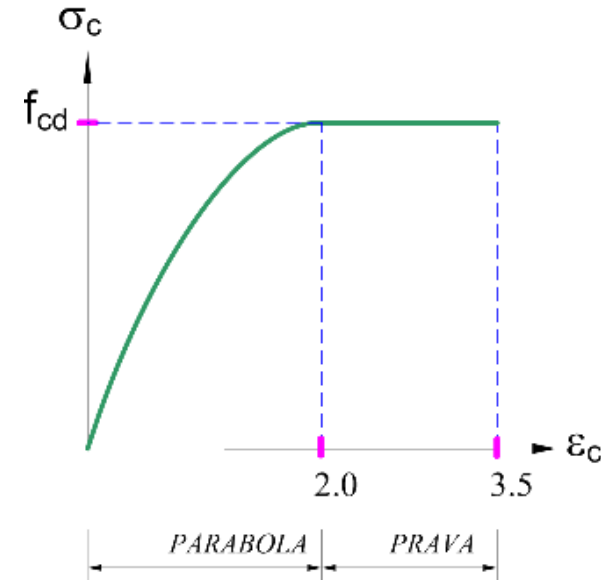


ULS – čisto savijanie

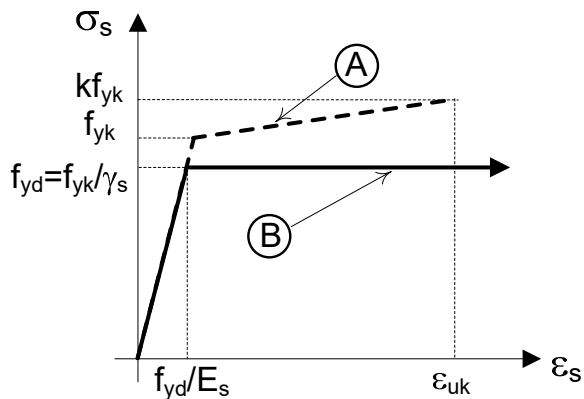
Za klase betona C≤50/60



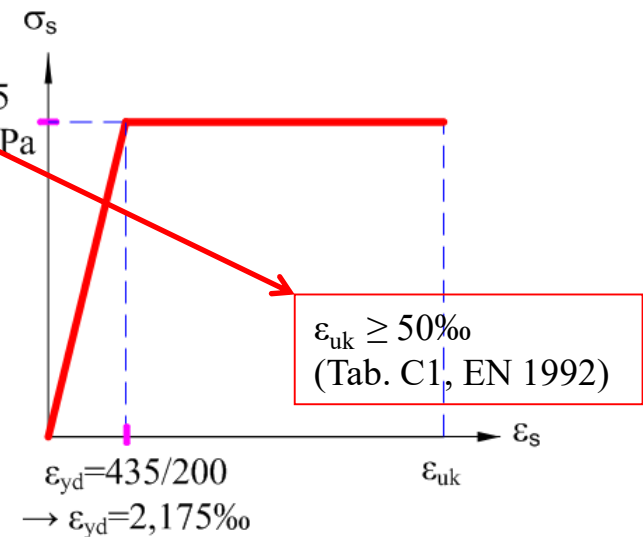
$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5$$



Za čelik B500 B



$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15$$



ULS – čisto savijanje

DOKAZ GRANIČNE NOSIVOSTI NA SAVIJANJE:

$$\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1.0$$

Uslov ravnoteže **MOMENATA**:

$$M_{Rd} = F_c \cdot z$$

ILI

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{bf_{cd}}}}$$

$$k = \sqrt{\frac{1}{0.810\xi(1-0.416\xi)}}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}}$$

$$\mu = 0.810\xi(1-0.416\xi)$$

ULS – čisto savijanje

DOKAZ GRANIČNE NOSIVOSTI NA SAVIJANJE:

$$\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1.0$$

Uslov ravnoteže **NORMALNIH SILA**:

$$F_c - F_{s1} = 0$$

ILI

$$A_{s1} = \omega_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} bd$$

$$\omega_1 = \beta_1 \xi = 0.810 \xi$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta d f_{yd}}$$

$$\zeta = \frac{z}{d} = 1 - \beta_2 \xi$$



ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

- Poznato:
 - statički uticaji za ($M_{G,Q}$) – sračunato
 - kvalitet materijala (f_{cd}, f_{yd}) – usvojeno
 - dimenzije poprečnog preseka (b, h)
- Nepoznato:
 - površina armature (A_{s1})
 - stanje dilatacija preseka (ξ)

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

Stalne i prolazne proračunske situacije

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

$$M_{Ed} = \gamma_G M_{G,k} + \gamma_{Q,1} M_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} M_{Qk,i}$$

Dejstvo	Stalno (γ_G)	Promenljivo (γ_Q)
Nepovoljno	1.35	1.50
Povoljno	1.00	0.00

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

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

2. Pretpostavlja se položaj težišta zategnute armature d_1 i na osnovu toga sračunava statička visina

$$d = h - d_1$$

Veličina d_1 se pretpostavlja u granicama $(0.05-0.15) \times h$.

Veličina d_1 u vezi je sa pretpostavljenim brojem redova armature.

Veličinu d_1 usvojiti uzimajući u obzir širinu preseka, tj. maksimalni mogući broj profila u jednom redu (vidi *1V_TBK1*).

Kontrolisati razliku između pretpostavljene vrednosti za d_1 ($d_{1,prp}$) i stvarne vrednosti d_1 ($d_{1,stv}$), nakon **konstruisanja preseka**.



ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

3. Sračunava se koeficijent k :

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}}$$

i pročitaju dilatacije ε_c , ε_{s1} .

4. Ako je $\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$ (ili f_{yd}/E_s), sračunava se potrebna površina armature iz izraza:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{ILI} \quad A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

Ako je $\varepsilon_{s1} < 2.5\text{‰}$ (ili f_{yd}/E_s), presek se **OBOSTRANO** armira

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

5. Usvaja se broj i prečnik šipki armature. Usvojena armatura se raspoređuje u preseku (a , čisto rastojanje između šipki)
6. Sračunava se položaj težišta d_1 usvojene armature i statička visina d i upoređuje sa pretpostavljenom.
 - U slučaju znatnijih odstupanja, proračun se ponavlja sa korigovanom vrednošću d_1 .
7. Konačno se konstruiše poprečni presek i prikazuje u odgovarajućoj razmeri (1:10) sa svim potrebnim kotama i oznakama.

Zadatak 2 - **VEZANO** dimenzionisanje

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

C25/30

$$h = 60 \text{ cm}$$

B500 B

$$\text{C25/30} \rightarrow f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B500 B} \rightarrow f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ Mpa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$



Zadatak 2 - **VEZANO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$

2. pretp. $d_1 = 7 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{53}{\sqrt{\frac{250 \cdot 10^2}{40 \cdot 1.42}}} = 2.526$$

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157
3.50	12.50	0.219	0.909	17.708	2.492	0.161

$\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

4. Računa se:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 17.172 \times \frac{40 \times 53}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 11.88 \text{ cm}^2$$

ILI

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{250 \cdot 10^2}{0.912 \times 53 \times 43.5} = 11.89 \text{ cm}^2$$



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

Kontrola minimalnog procenta armiranja:

$$A_{s1,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{cases}$$

B500 B

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Oznaka klase		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
f_{ck}	MPa	12	16	20	25
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30
f_{cm}	MPa	20	24	28	33
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6

$$A_{s1,min} = \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 40 \cdot 53 = 2.87 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot 40 \cdot 53 = 2.76 \text{ cm}^2 \end{cases} = 2.87 < 11.89 \text{ cm}^2 = A_{s1,pot}$$

5. Usvaja se: **6Ø16** (12.06 cm²)



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

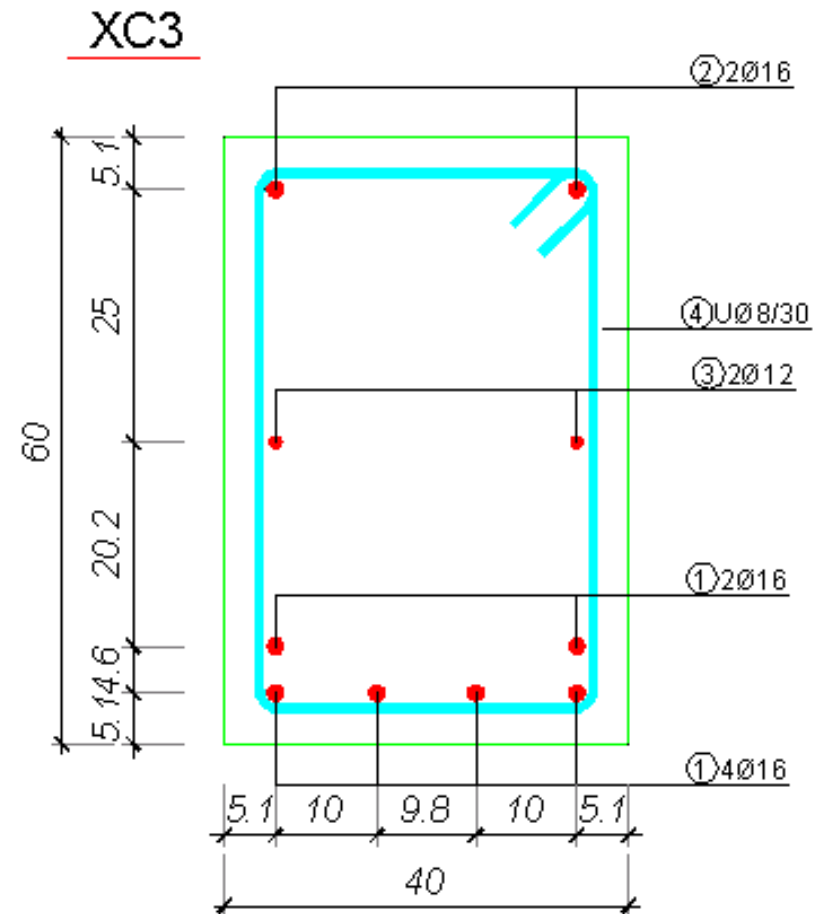
$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (4 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 6 = 6.63 \text{ cm}$$

$d_{1,stv} < d_{1,prp}$ – na strani sigurnosti jer je

$$d_{stv} > d_{prp}$$

7. Konstruisanje preseka



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

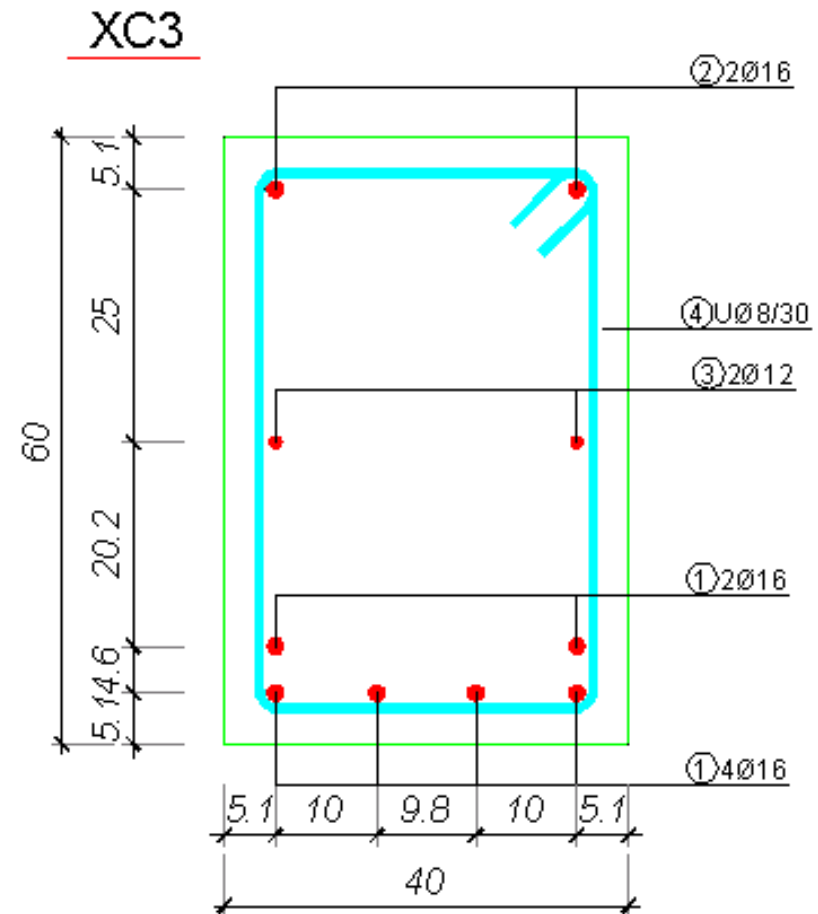
$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (4 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 6 = 6.63 \text{ cm}$$

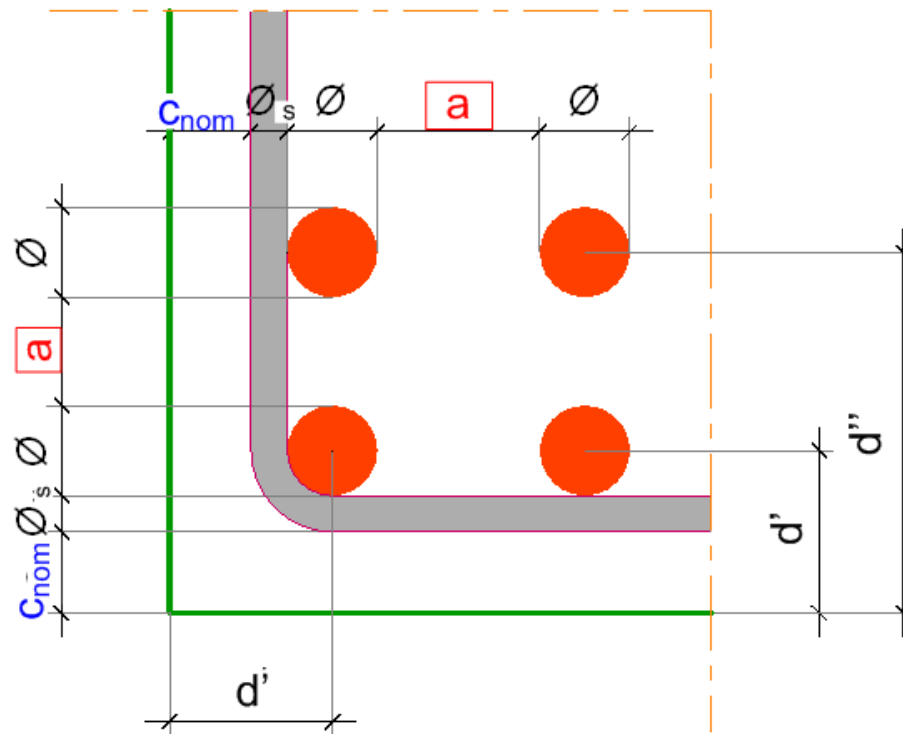
$d_{1,stv} < d_{1,prp}$ – na strani sigurnosti jer je

$$d_{stv} > d_{prp}$$

7. Konstruisanje preseka

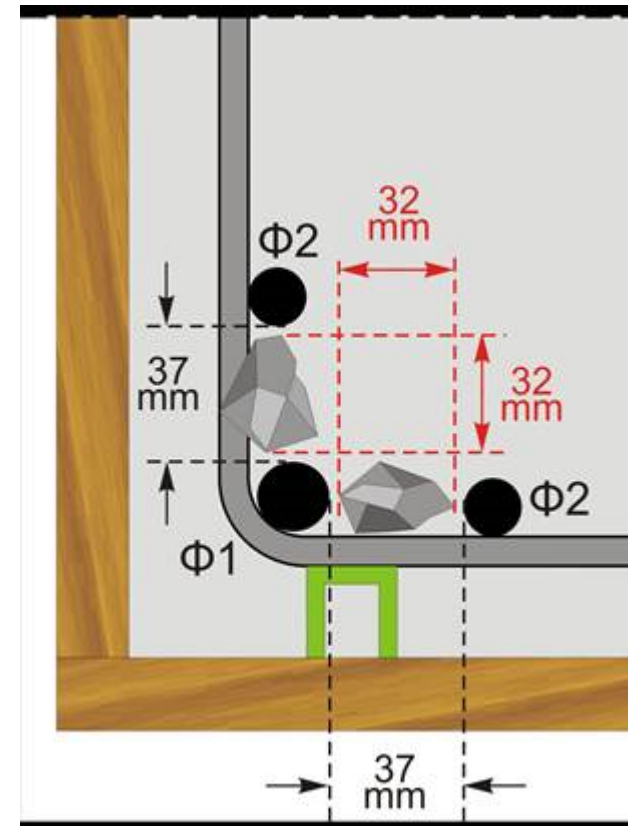


Oblikovanje preseka

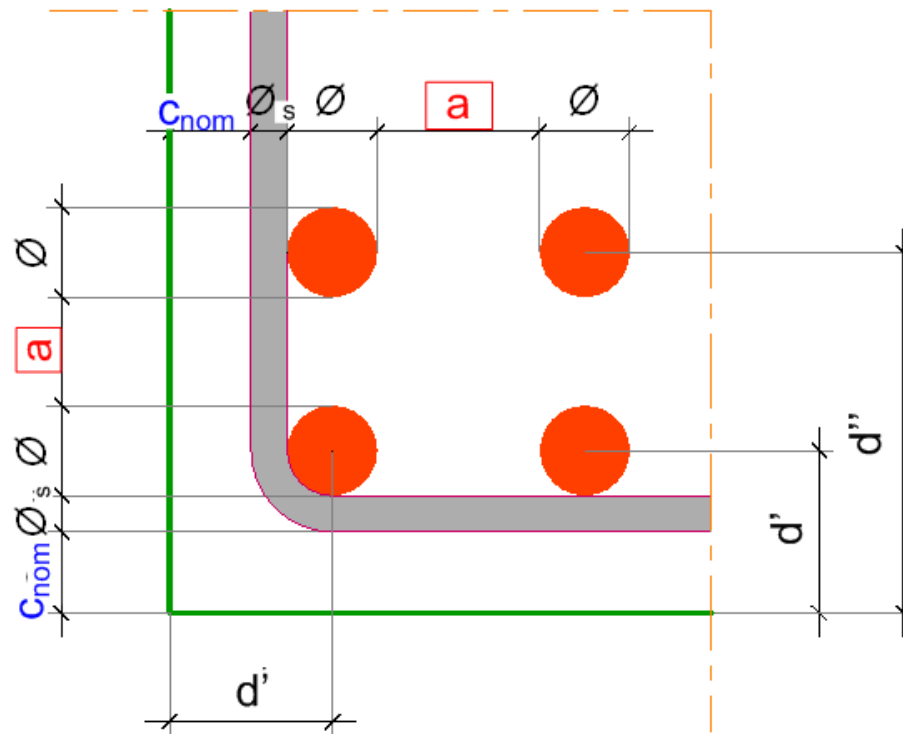


$$a = \max \{ \varnothing; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

d_g – najveća dimenzija zrna agregata [mm]

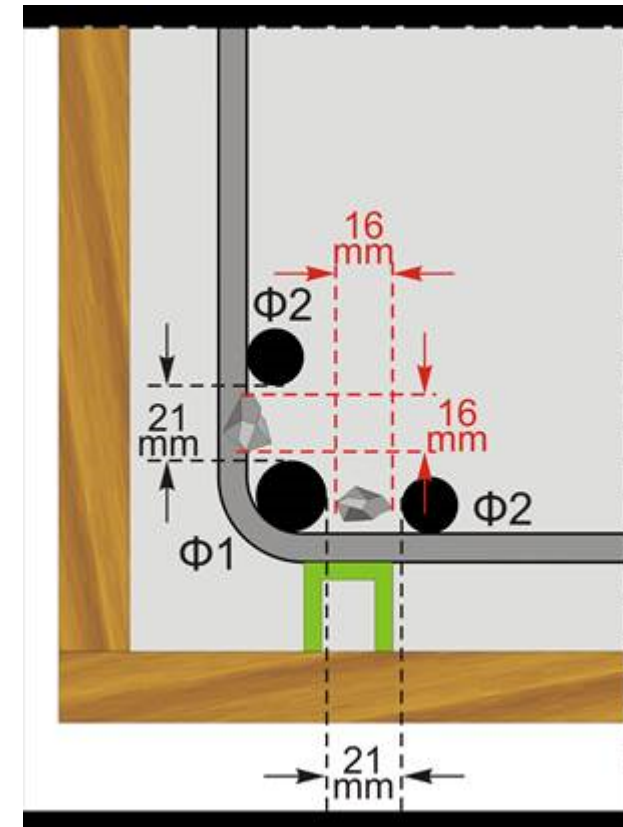


Oblikovanje preseka



$$a = \max \{ \emptyset; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

d_g – najveća dimenzija zrna agregata [mm]



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

$$F_c = 0.810 \times \xi \times b \times d \times f_{cd}$$

$$F_c = 0.810 \times 0.212 \times 40 \times 53 \times 1.42 = 516.9 \text{ kN}$$

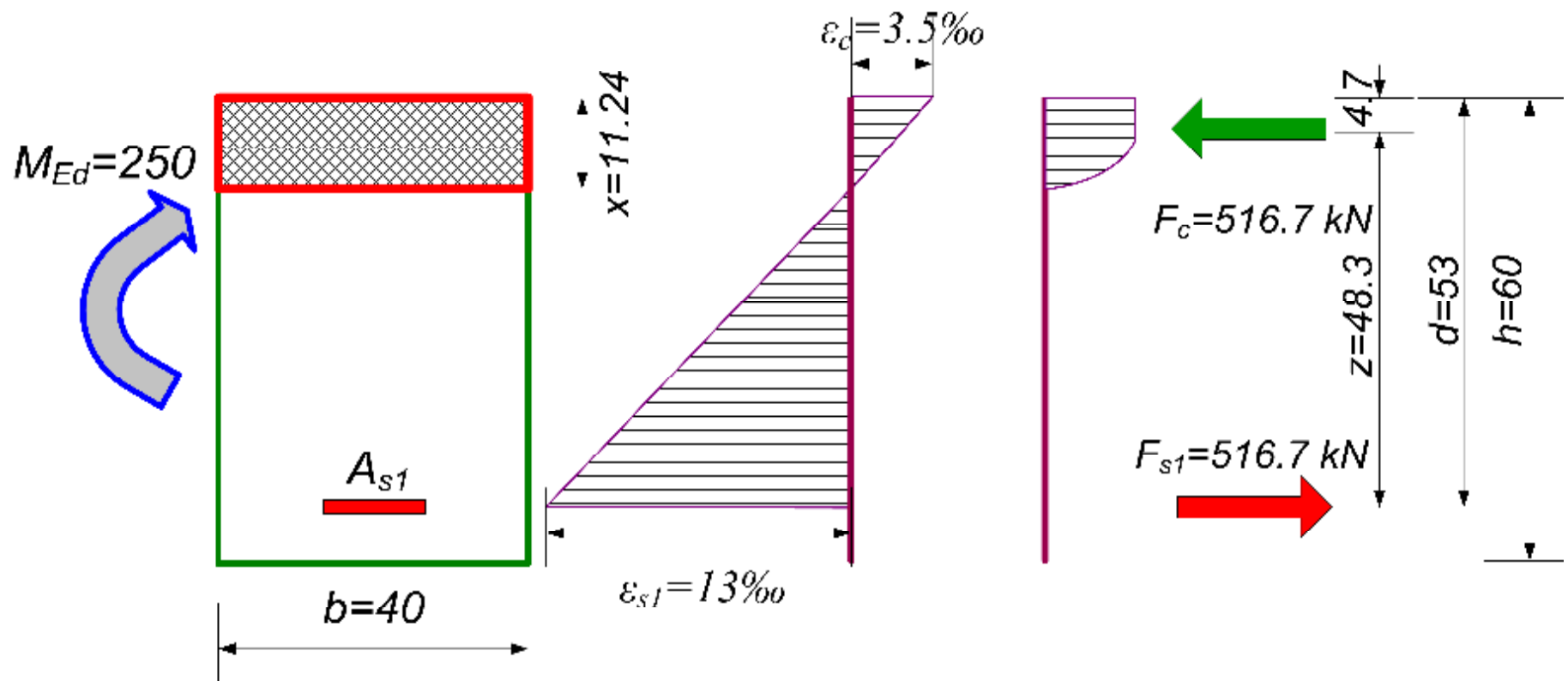
$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = A_{s1} \times f_{yd}$$

$$F_{s1} = 11.88 \times 43.5 = 516.8 \text{ kN} = F_c$$

$$x = \xi \times d = 0.212 \times 53 = 11.24 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \times d = 0.912 \times 53 = 48.34 \text{ cm}$$

Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje



Zadatak 3 - **VEZANO** dimenzionisanje

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = \mathbf{500} \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm} \quad \text{C25/30}$$

$$h = 60 \text{ cm} \quad \text{B500 B}$$

$$\text{C25/30} \rightarrow f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B500 B} \rightarrow f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ Mpa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$



Zadatak 3 - **VEZANO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 500 \text{ kNm}$

2. pretp. $d_1 = 7 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{53}{\sqrt{\frac{500 \cdot 10^2}{40 \cdot 1.42}}} = 1.786$$

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.75	0.483	0.799	39.080	1.789	0.312
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314
3.50	3.65	0.490	0.796	39.627	1.780	0.316

$\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$



Zadatak 3 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314

4. Računa se:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 39.352 \times \frac{40 \times 53}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 27.23 \text{ cm}^2$$

ILI

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{500 \cdot 10^2}{0.798 \times 53 \times 43.5} = 27.18 \text{ cm}^2$$



Zadatak 3 - VEZANO dimenzionisanje

5. Usvaja se: $9\text{Ø}20$ (28.26 cm^2)

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 2.0/2 = 5.3 \text{ cm}$$

$$d^{II} = 5.3 + 3.0 + 2 \times 2.0/2 = 10.3 \text{ cm}$$

$$d_1 = (5 \times 5.3 + 4 \times 10.3)/9 = 7.52 \text{ cm}$$

$d_{1,\text{stv}} > d_{1,\text{prp}}$ nije na strani sigurnosti jer je

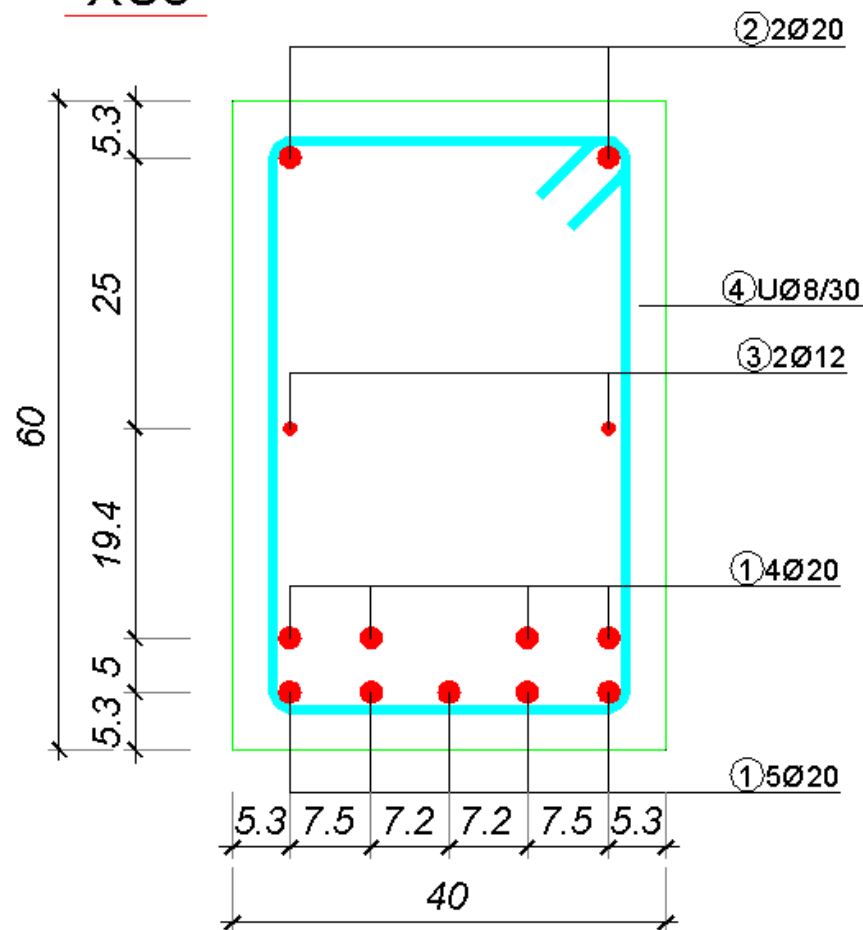
$d_{\text{stv}} < d_{\text{prp}}$, ali:

$$z_{\text{stv}} \cdot A_{s1,\text{stv}} > z_{\text{prp}} \cdot A_{s1,\text{pot}}$$

$$0.9 \cdot (60 - 7.52) \cdot 28.26 > 0.9 \cdot (60 - 7) \cdot 27.18$$

7. Konstruisanje preseka

XC3



Zadatak 3 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314

$$F_c = 0.810 \times \xi \times b \times d \times f_{cd}$$

$$F_c = 0.810 \times 0.486 \times 40 \times 53 \times 1.42 = 1185.1 \text{ kN}$$

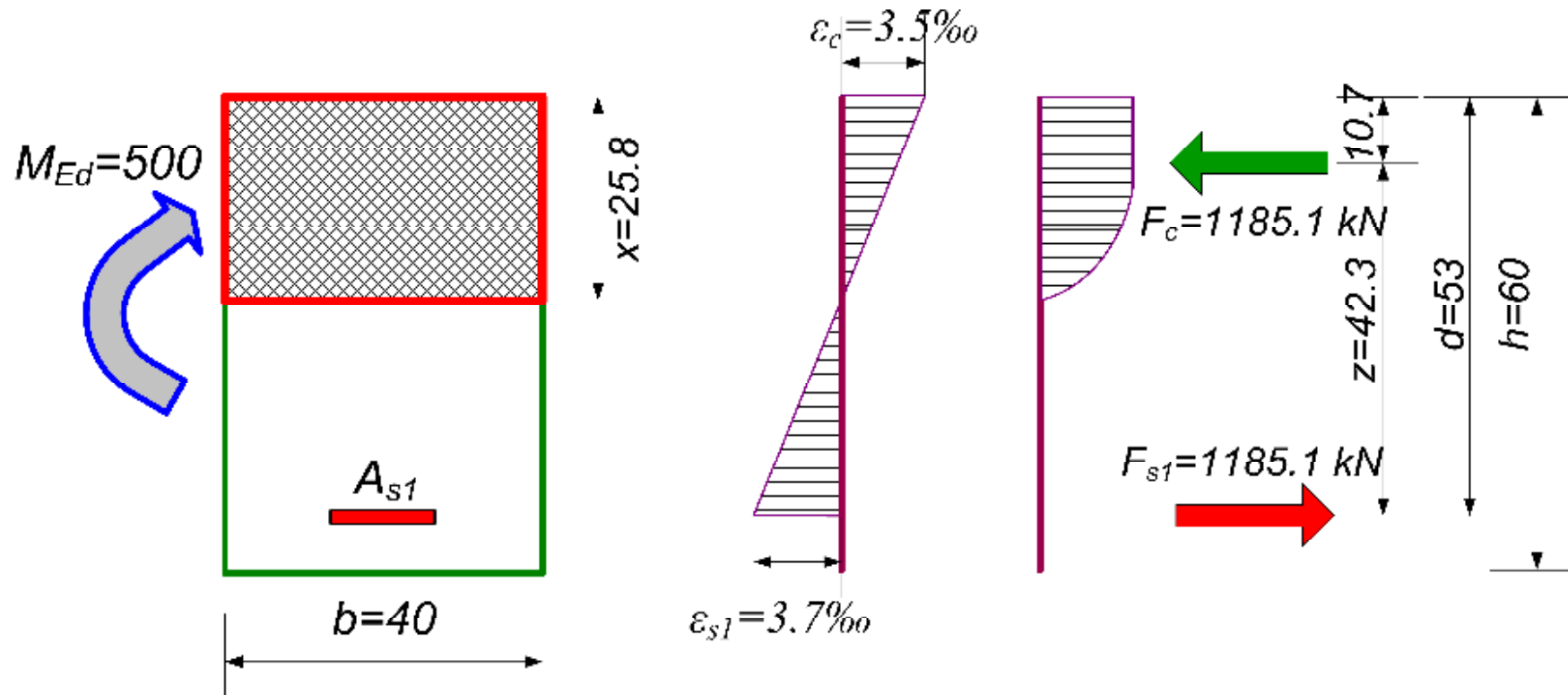
$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = A_{s1} \times f_{yd}$$

$$F_{s1} = 27.18 \times 43.5 = 1182.3 \text{ kN} = F_c$$

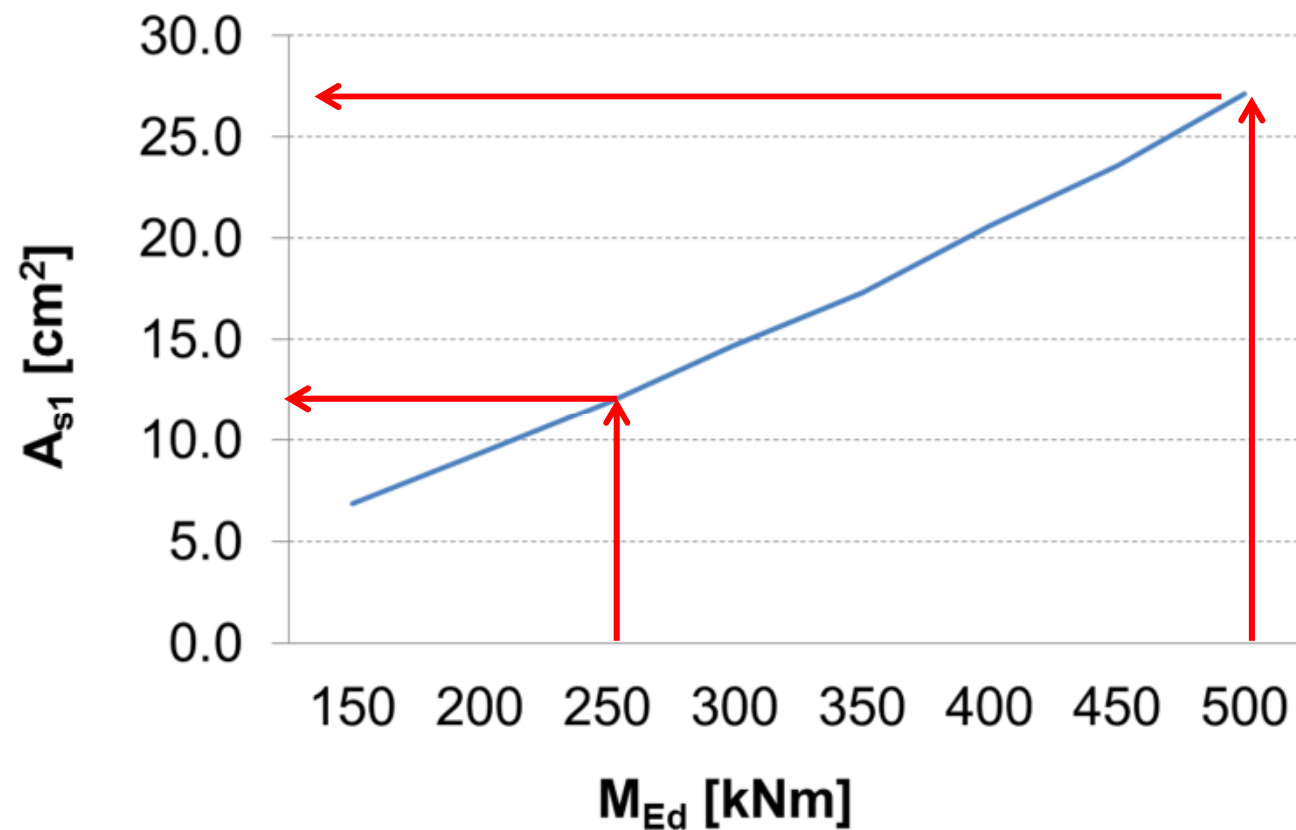
$$x = \xi \times d = 0.486 \times 53 = 25.8 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \times d = 0.798 \times 53 = 42.3 \text{ cm}$$

Zadatak 3 - VEZANO dimenzionisanje



Zavisnost A_{s1} od promene M



Zadatak 4 - **VEZANO** dimenzionisanje

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = \mathbf{250} \text{ kNm}$$

$$\mathbf{b = 20 \text{ cm}} \quad \text{C25/30}$$

$$h = 60 \text{ cm} \quad \text{B500 B}$$

$$\text{C25/30} \quad \longrightarrow \quad f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B500 B} \quad \longrightarrow \quad f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ Mpa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$



Zadatak 4- **VEZANO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$

2. pretp. $d_1 = 7 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{53}{\sqrt{\frac{250 \cdot 10^2}{20 \cdot 1.42}}} = 1.784$$

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314
3.50	3.65	0.490	0.796	39.627	1.780	0.316

$\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$



Zadatak 4 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314

4. Računa se:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 39.352 \times \frac{20 \times 53}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 13.62 \text{ cm}^2$$

ILI

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{250 \cdot 10^2}{0.798 \times 53 \times 43.5} = 13.59 \text{ cm}^2$$

Zadatak 4 - VEZANO dimenzionisanje

5. Usvaja se: $5\text{Ø}20$ (15.70 cm^2)

7. **Konstruisanje preseka**

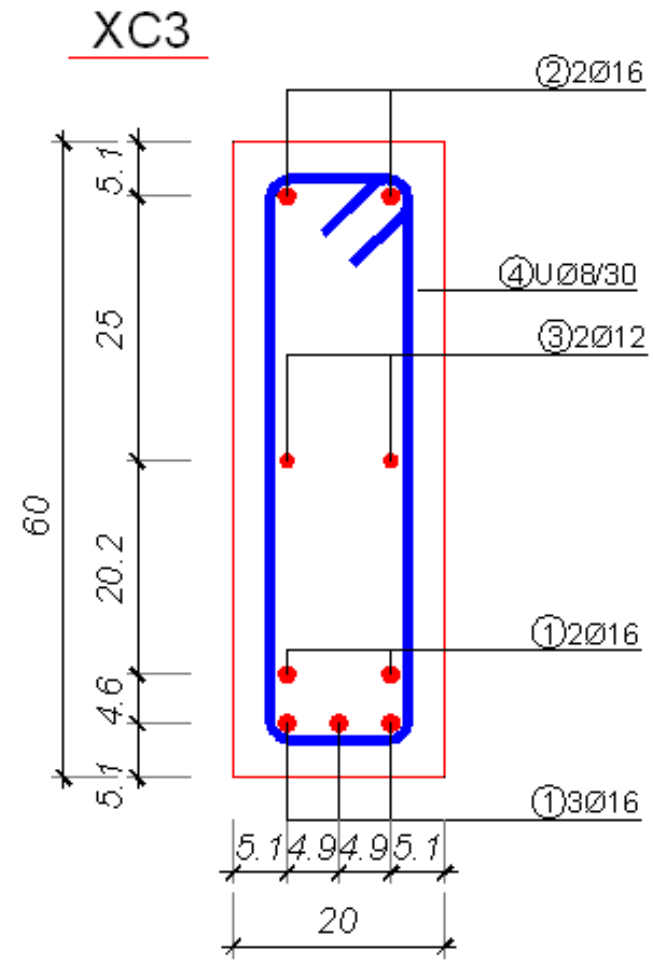
6. **Računanje težišta armature**

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (3 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 7 = 6.94 \text{ cm}$$

$$d_{1,stv} \approx d_{1,prp}$$



Zadatak 4 - **VEZANO** dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	3.70	0.486	0.798	39.352	1.785	0.314

$$F_c = 0.810 \times \xi \times b \times d \times f_{cd}$$

$$F_c = 0.810 \times 0.486 \times 20 \times 53 \times 1.42 = 592.5 \text{ kN}$$

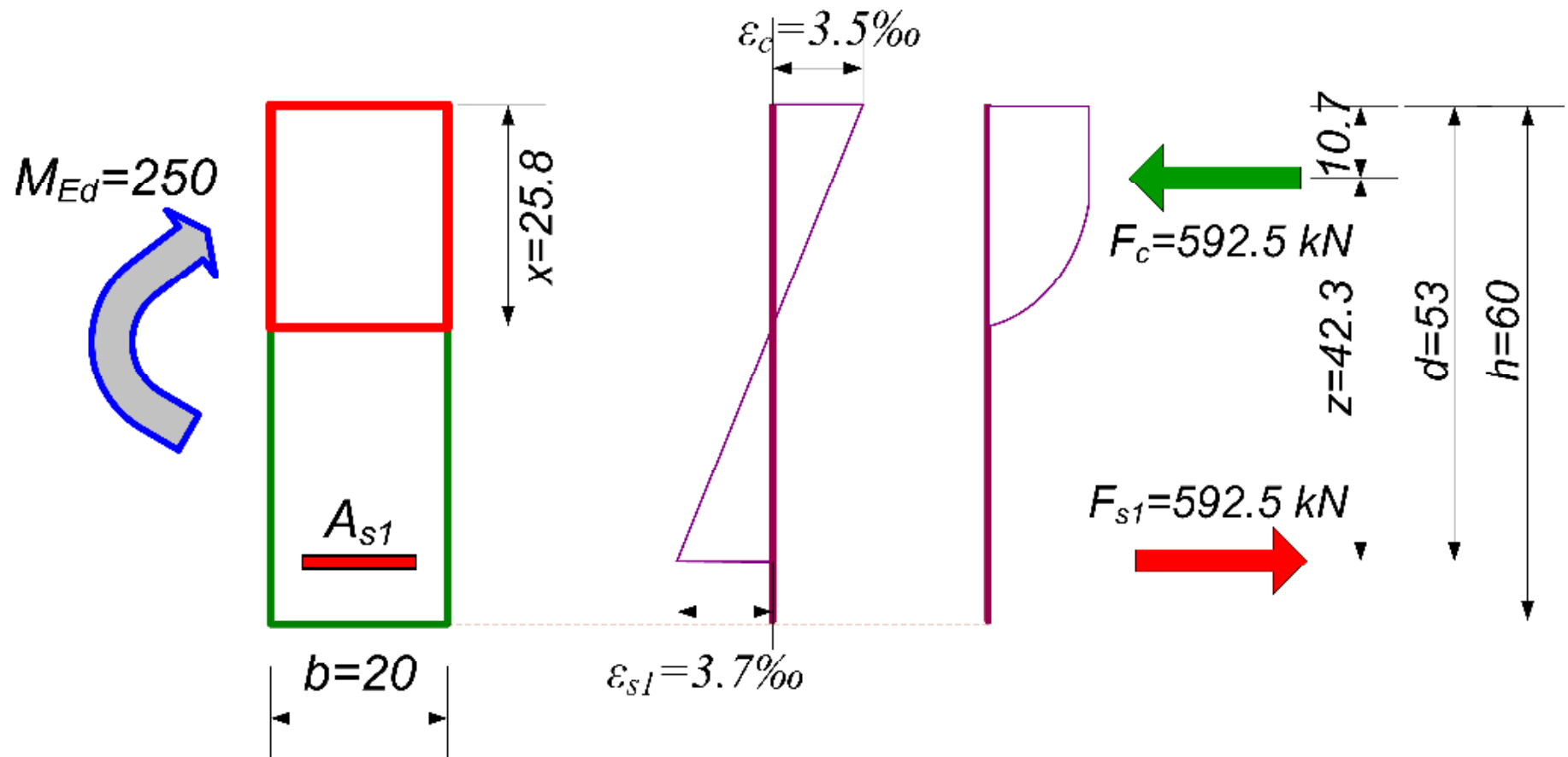
$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = A_{s1} \times f_{yd}$$

$$F_{s1} = 13.62 \times 43.5 = 592.5 \text{ kN} = F_c$$

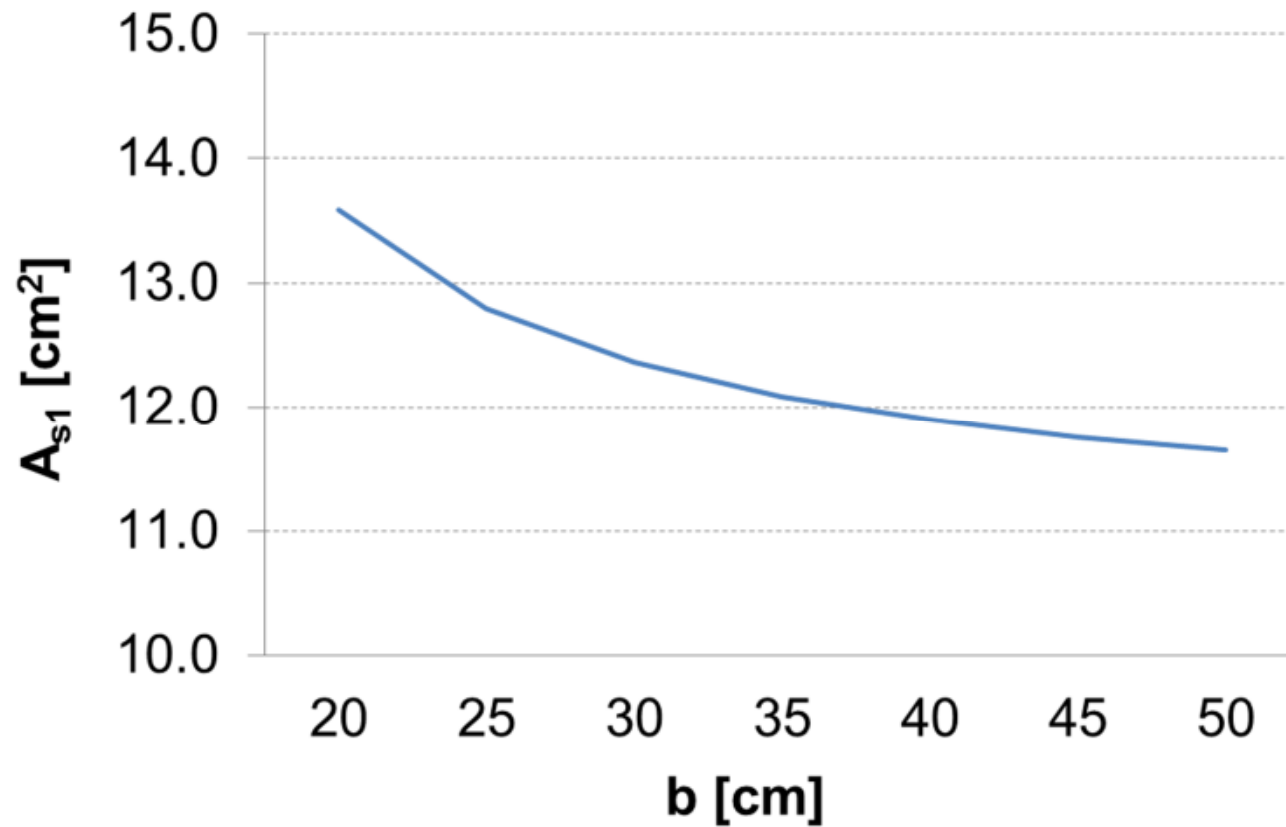
$$x = \xi \times d = 0.486 \times 53 = 25.76 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \times d = 0.798 \times 53 = 42.29 \text{ cm}$$

Zadatak 4 - VEZANO dimenzionisanje



Zavisnost A_{s1} od promene b



Zadatak 5 - **VEZANO** dimenzionisanje

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:


$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

C50/60

$$h = 60 \text{ cm}$$

B500 B

C50/60  $f_{cd} = 0.85 \cdot 50 / 1.5 = 28.3 \text{ MPa} = 2.83 \text{ kN/cm}^2$

B500 B  $f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$



Zadatak 5 - **VEZANO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$

2. pretp. $d_1 = 7 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{53}{\sqrt{\frac{250 \cdot 10^2}{40 \cdot 2.83}}} = 3.566$$

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	35.00	0.091	0.962	7.359	3.758	0.071
3.50	30.00	0.104	0.957	8.458	3.516	0.081

Zadatak 5 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	30.00	0.104	0.957	8.458	3.516	0.081

4. Računa se:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 8.458 \times \frac{40 \times 53}{100} \times \frac{2.83}{43.5} = 11.66 \text{ cm}^2$$

ILI

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	30.00	0.104	0.957	8.458	3.516	0.081

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{250 \cdot 10^2}{0.957 \times 53 \times 43.5} = 11.33 \text{ cm}^2$$



Zadatak 5 - VEZANO dimenzionisanje

5. Usvaja se: $6\emptyset 16$ (12.06 cm^2)

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

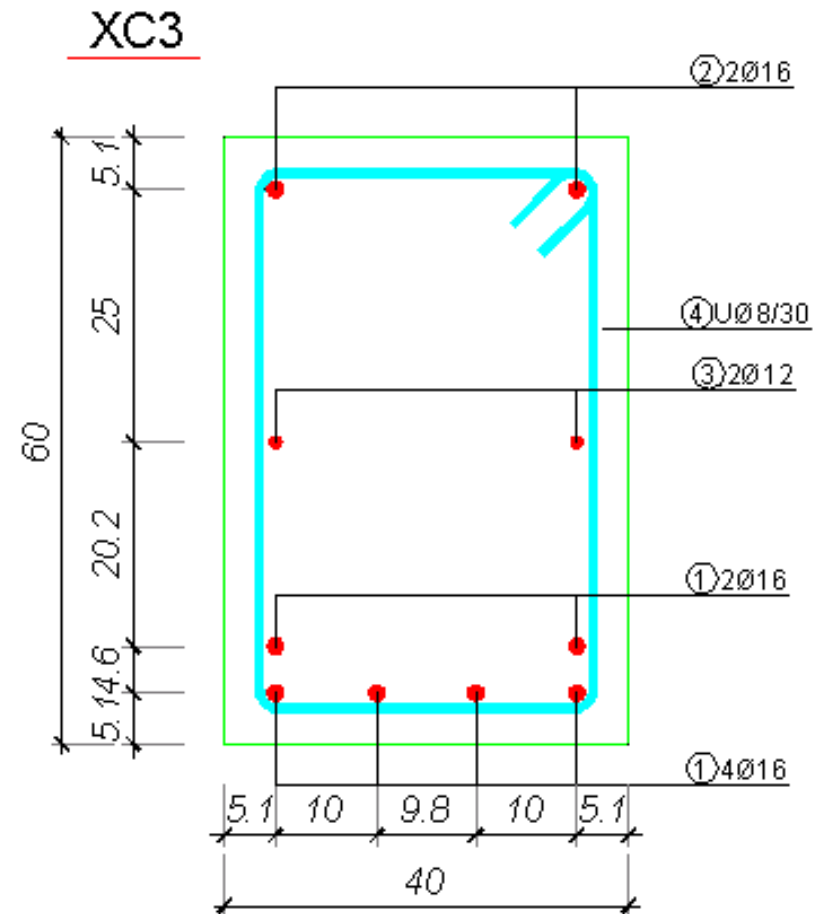
$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (4 \times 5.1 + 2 \times 9.7)/5 = 6.63 \text{ cm}$$

$d_{1, \text{stv}} < d_{1, \text{prp}}$, na strani sigurnosti jer je

$$d_{\text{stv}} > d_{\text{prp}}$$

7. Konstruisanje preseka



Zadatak 5 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	κ	μ
3.50	30.00	0.104	0.957	8.458	3.516	0.081

$$F_c = 0.810 \times \xi \times b \times d \times f_{cd}$$

$$F_c = 0.810 \times 0.104 \times 40 \times 53 \times 2.83 = 505.4 \text{ kN}$$

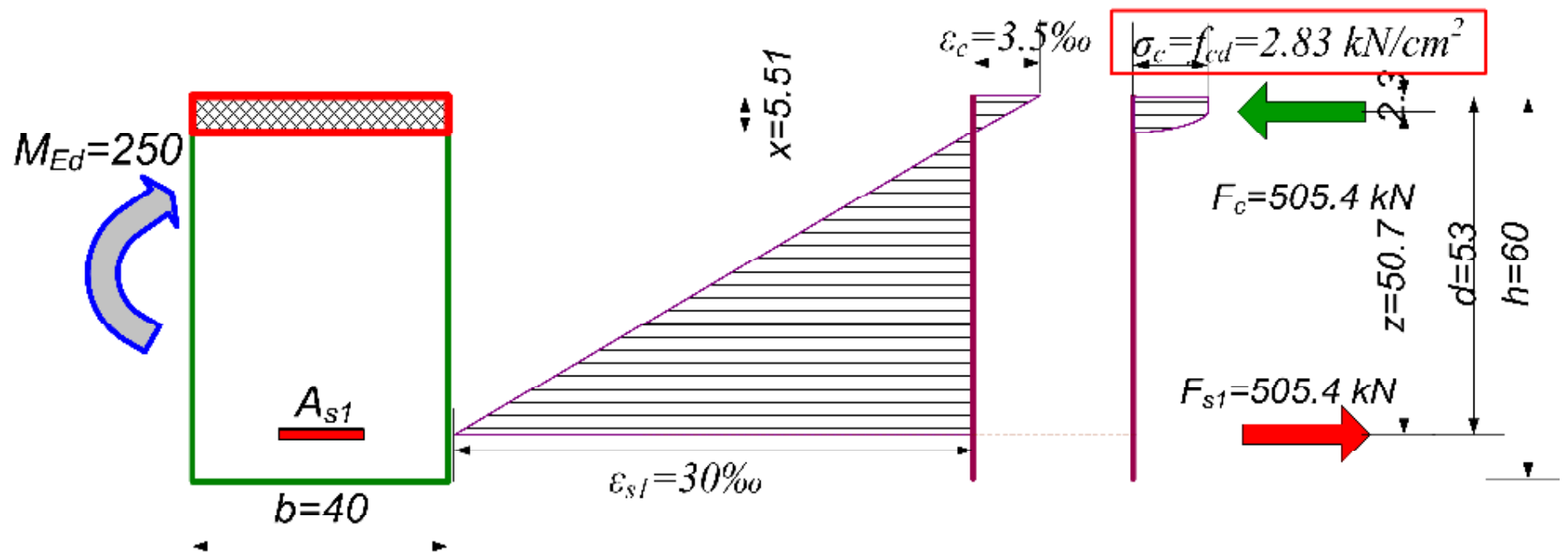
$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = A_{s1} \times f_{yd}$$

$$F_{s1} = 11.66 \times 43.5 = 507.2 \text{ kN} = F_c$$

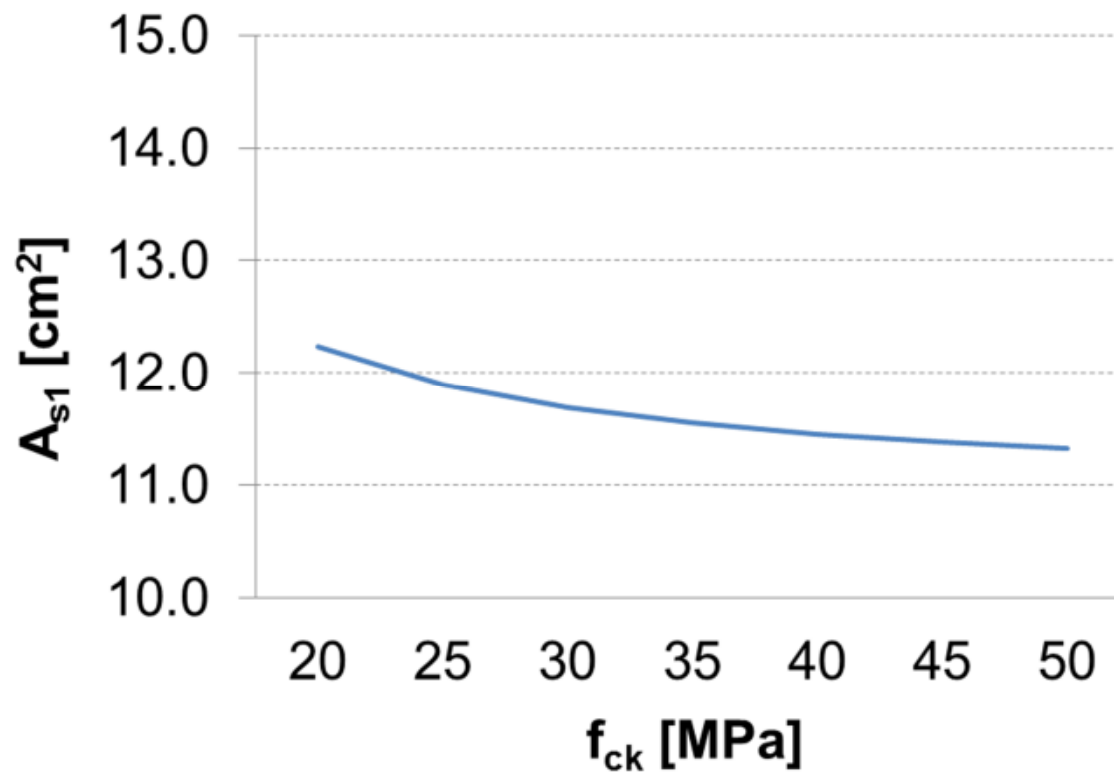
$$x = \xi \times d = 0.104 \times 53 = 5.51 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \times d = 0.957 \times 53 = 50.72 \text{ cm}$$

Zadatak 5 - VEZANO dimenzionisanje



Zavisnost A_{s1} od promene klase betona



Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

Stalne i prolazne proračunske situacije

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

$$M_{Ed} = \gamma_G \cdot M_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Q_{k,1}} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot M_{Q_{k,i}}$$

Dejstvo	Stalno (γ_G)	Promenljivo (γ_Q)
Nepovoljno	1.35	1.50
Povoljno	1.00	0.00

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



Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

2. Usvajaju se ε_c i ε_{s1} , pri čemu je:

$$\varepsilon_c = 3,5\text{‰} \quad \text{i} \quad \varepsilon_{s1,lim} \leq \varepsilon_{s1} \leq \varepsilon_{ud}$$

$$\varepsilon_{s1,lim} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0025 \\ \frac{f_{yd}}{E_s} \end{array} \right.$$

$$0,9 \cdot \varepsilon_{uk} = 45\text{‰}$$

Za usvojene vrednosti dilatacija iz tabela se očitavaju koeficijenti k ili μ (**položaj neutralne linije**), odnosno ω_1 (**mehanički procenat armiranja**).

Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

3. Sračunava se **statička visina, d** :

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} \xrightarrow{\text{TABL.}} k \Rightarrow d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}$$

4. Sračunava se **potrebna površina armature, A_{s1}** :

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{ili} \quad A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

5. **Usvaja se broj i prečnik šipki armature.** Usvojena armatura se raspoređuje u preseku (*vidi vežbe 1V_TBK1*)
6. **Sračunava se položaj težišta d_1** usvojene armature i usvaja visina preseka h :

$$h = d + d_1$$

7. **Konačno se konstruiše poprečni presek** i prikazuje u odgovarajućoj razmeri (1:10) sa svim potrebnim kotama i oznakama.



Zadatak 6a - **SLOBODNO** dimenzionisanje

Odrediti **visinu** i potrebnu **površinu armature** za presek pravougaonog oblika, opterećen momentima savijanja usled stalnog (M_G) i povremenog (M_Q) opterećenja. Podaci za proračun:

$$M_G = 60 \text{ kNm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

C25/30

$$M_Q = 80 \text{ kNm}$$

B500 B

C25/30 $\rightarrow f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$

B500 B $\rightarrow f_{yd} = 500 \cdot 1.15 = 435 \text{ MPa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$

γ_c

γ_s



Zadatak 6a - **SLOBODNO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 1.35 \times 60 + 1.5 \times 80 = 201 \text{ kNm}$

γ_G points to 1.35
 $\gamma_{Q,1}$ points to 1.5

2. usv. $\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = 3.5 / 10\text{‰}$

$2,5\text{‰} \leq \varepsilon_{s1} \leq 45 \text{‰}$ → Za B500 **B** !!

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	10.00	0.259	0.892	20.988	2.311	0.187

$$k = 2.311 ; \omega_1 = 20.988\% ; \zeta = 0.892$$

3. Računamo: $d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 2.311 \times \sqrt{\frac{201 \times 10^2}{25 \times 1,42}} = 55 \text{ cm}$

Zadatak 6a - **SLOBODNO** dimenzionisanje

4. Računamo:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 20.988 \times \frac{25 \times 55}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 9.42 \text{ cm}^2$$

ILI

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{201 \times 10^2}{0.892 \times 55 \times 43.5} = 9.42 \text{ cm}^2$$

5. Usvojeno: **5Ø16** (10,05 cm²)



Zadatak 6a - **SLOBODNO** dimenzionisanje

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

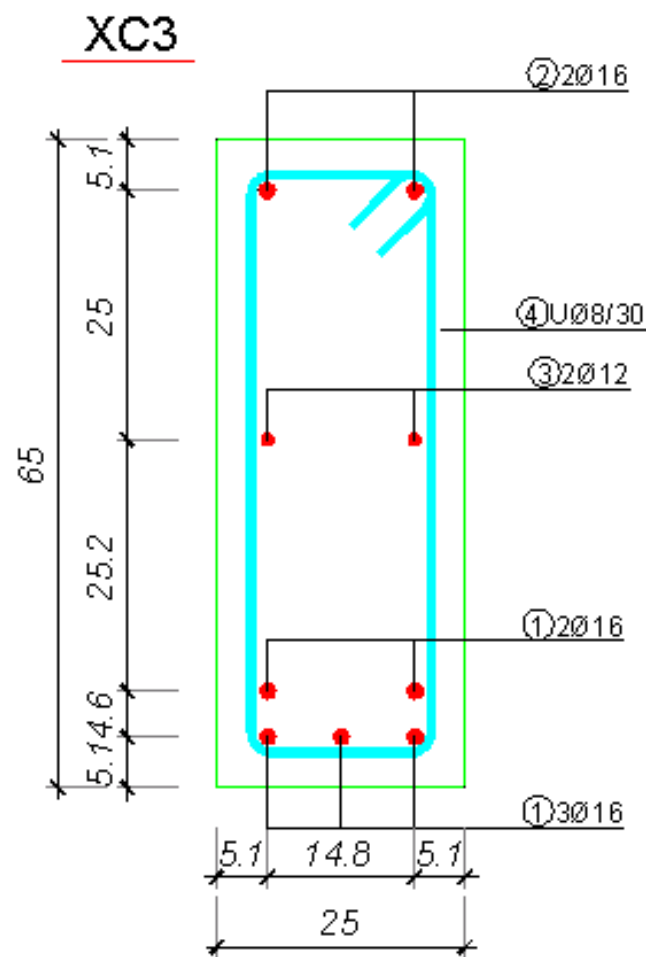
$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (3 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 5 = 6.94 \text{ cm}$$

$$h = 55 + 6.94 = 61.94 \text{ cm}$$

usv. $h = 65 \text{ cm}$

7. Konstruisanje preseka



Zadatak 6b - **SLOBODNO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 1.35 \times 60 + 1.5 \times 80 = 201 \text{ kNm}$

2. usv. $\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = 3.5 / 20 \text{‰}$

$$2.5 \text{‰} \leq \varepsilon_{s1} \leq 45 \text{‰}$$

$\varepsilon_c \text{ (‰)}$	$\varepsilon_{s1} \text{ (‰)}$	ξ	ζ	$\omega_1 \text{ (%)}$	k	μ
3.50	20.00	0.149	0.938	12.057	2.974	0.113

3. Računamo:

$$d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 2.974 \times \sqrt{\frac{201 \times 10^2}{25 \times 1,42}} = 70.8 \text{ cm}$$

Zadatak 6b - **SLOBODNO** dimenzionisanje

4. Računamo:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 12.057 \times \frac{25 \times 70.8}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 6.97 \text{ cm}^2$$

5. Usvojeno: **5Ø14** (7.70 cm²)



„puno“ sitnih profila, neki predlog?

Zadatak 6b - **SLOBODNO** dimenzionisanje

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.4/2 = 5.0 \text{ cm}$$

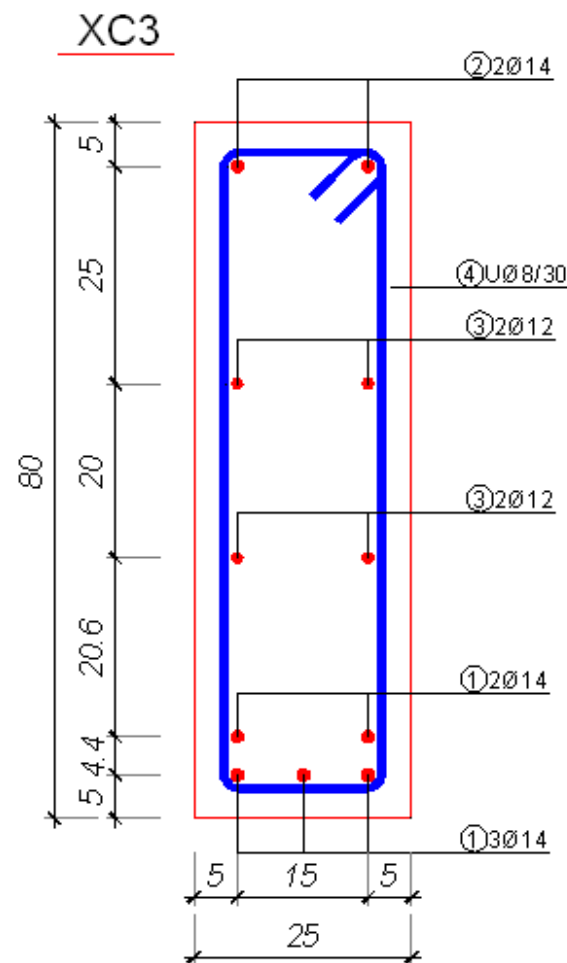
$$d^{II} = 5.0 + 3.0 + 2 \times 1.4/2 = 9.4 \text{ cm}$$

$$d_1 = (3 \times 5.0 + 2 \times 9.4)/5 = 6.76 \text{ cm}$$

$$h = 70.8 + 6.76 = 77.56 \text{ cm}$$

usv. $h = 80 \text{ cm}$

7. Konstruisanje preseka



Zadatak 6c - **SLOBODNO** dimenzionisanje

1. $M_{Ed} = 1.35 \times 60 + 1.5 \times 80 = 201 \text{ kNm}$

2. usv. $\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = 3.5 / 3\text{‰}$

$$2,5\text{‰} \leq \varepsilon_{s1} \leq 45 \text{‰}$$

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	3.00	0.538	0.776	43.590	1.719	0.338

3. Računamo:

$$d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 1.719 \times \sqrt{\frac{201 \times 10^2}{25 \times 1,42}} = 40.9 \text{ cm}$$

Zadatak 6c - **SLOBODNO** dimenzionisanje

4. Računamo:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 43.590 \times \frac{25 \times 40.9}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 14.55 \text{ cm}^2$$

5. Usvojeno: **5Ø20** (15.7 cm²)



Zadatak 6c - **SLOBODNO** dimenzionisanje

6. Računanje težišta armature

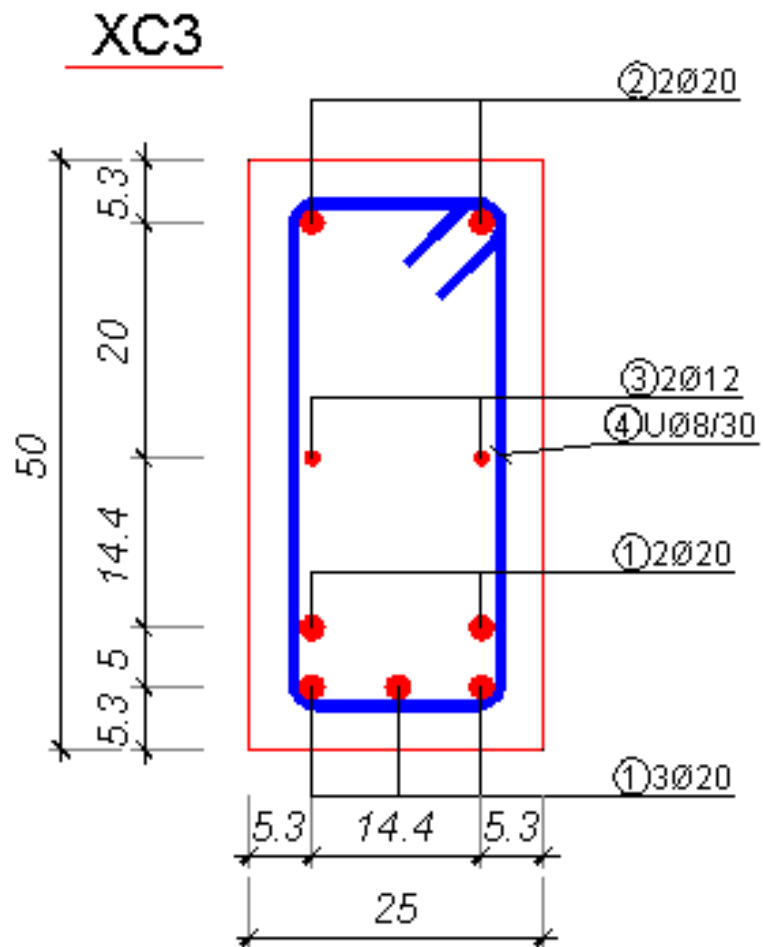
$$d^I = 3.5 + 0.8 + 2.0/2 = 5.3 \text{ cm}$$

$$d^{II} = 5.3 + 3.0 + 2 \times 2.0/2 = 10.3 \text{ cm}$$

$$d_1 = (3 \times 5.3 + 2 \times 10.3)/5 = 7.3 \text{ cm}$$

$$h = 40.9 + 7.3 = 48.2 \text{ cm}$$

usv. $h = 50 \text{ cm}$



Uporedna analiza zadatka 6a, 6b, 6c

