

# ***BETONSKE KONSTRUKCIJE***

***Prof. dr Snežana Marinković***

***Doc. dr Ivan Ignjatović***

***Semestar: V***

***ESPB: 6***

# **LITERATURA**

## **BETONSKE KONSTRUKCIJE**

***Najdanović Dušan***

## **BETON I ARMIRANI BETON 87**

***1 Priručnik***

***2 Prilozi***

# **OSOBBINE MATERIJALA U ARMIRANOM BETONU**

- 1. Armirani beton**
- 2. Marka betona**
- 3. Čvrstoća betona pri zatezanju**
- 4. Deformacije betona pri opterećenju**
- 5. Skupljanje betona**
- 6. Tečenje betona**
- 7. Armatura**
  - Vrste čelika**
  - Zajednički rad betona i armature**
  - Zaštitni slojevi betona od armature**
  - Oblikovanje armature**

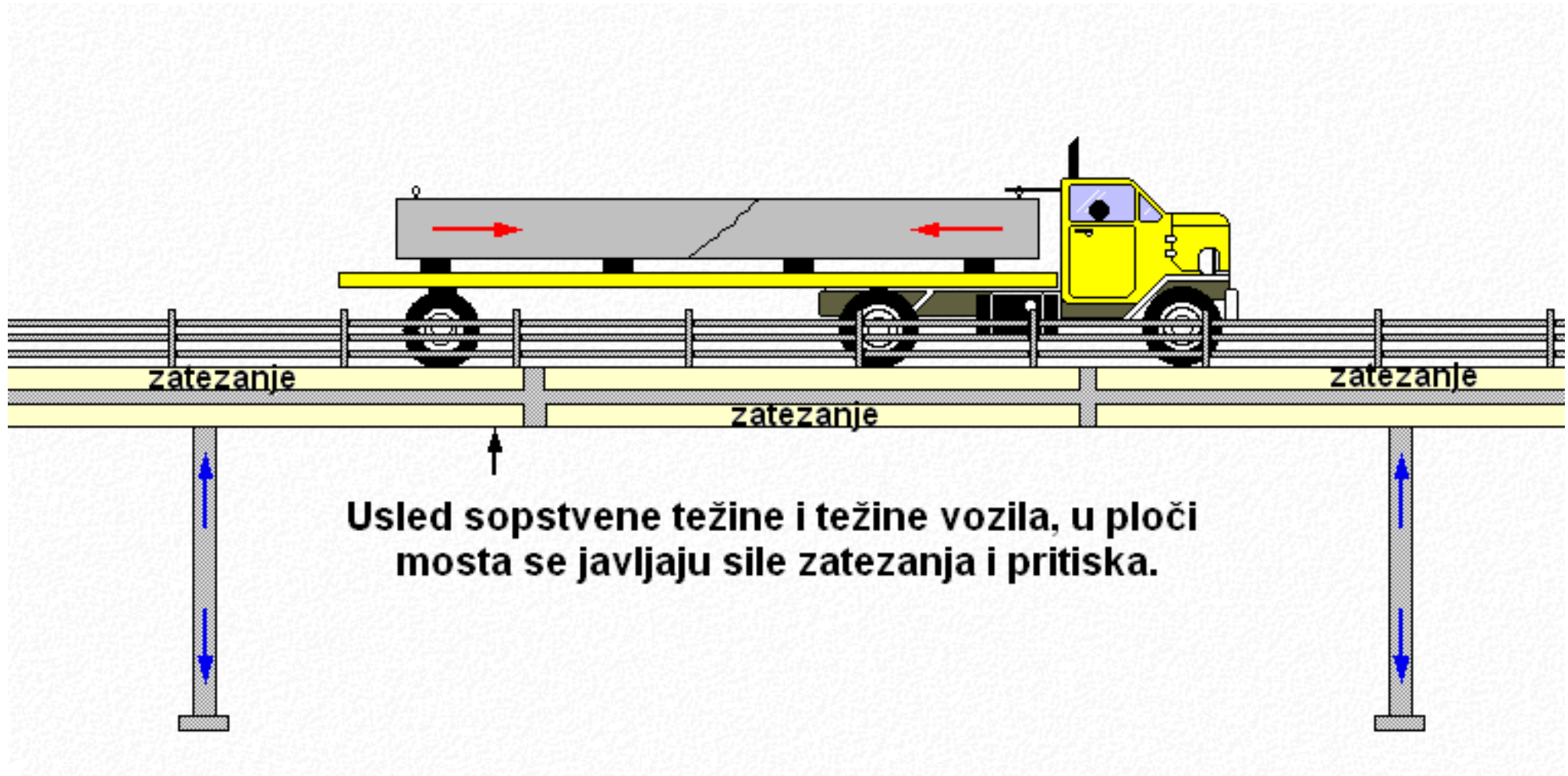
# 1. ARMIRANI BETON

- *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*



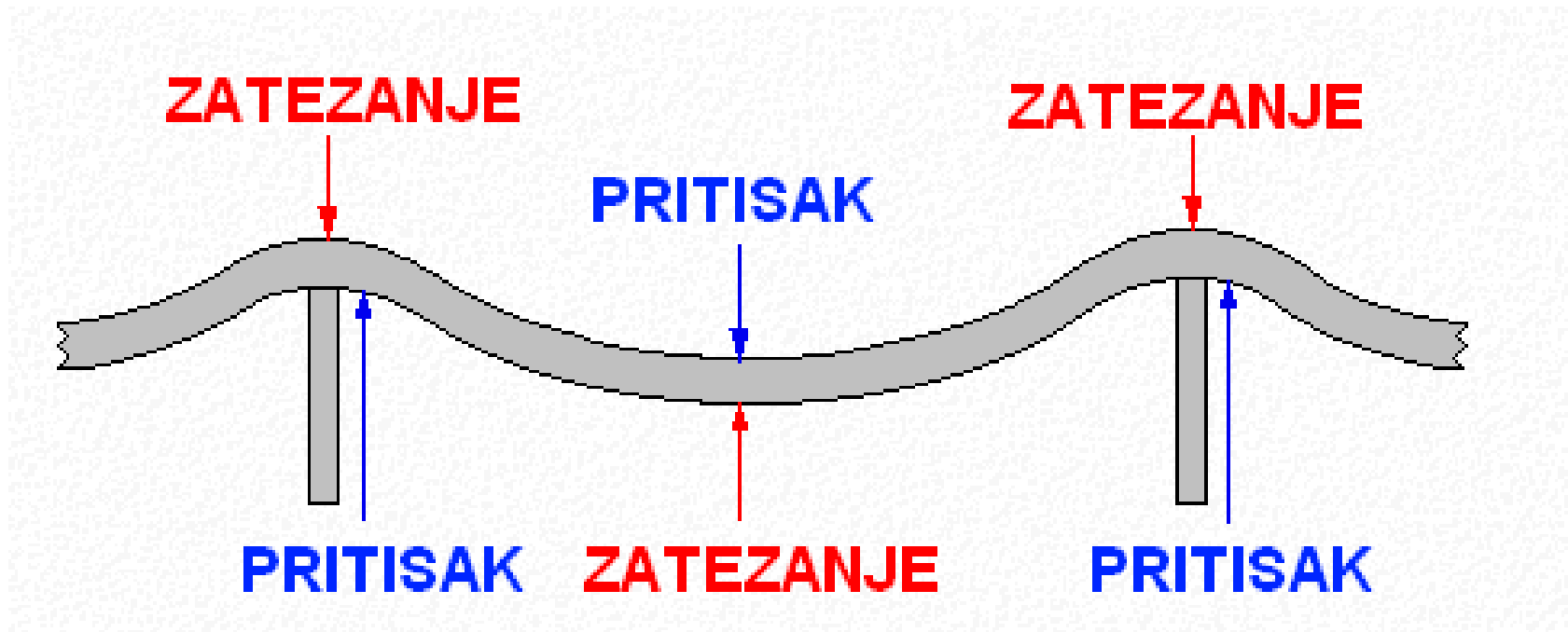
# 1. ARMIRANI BETON

- **Zašto armiramo betonske nosače?**



# 1. ARMIRANI BETON

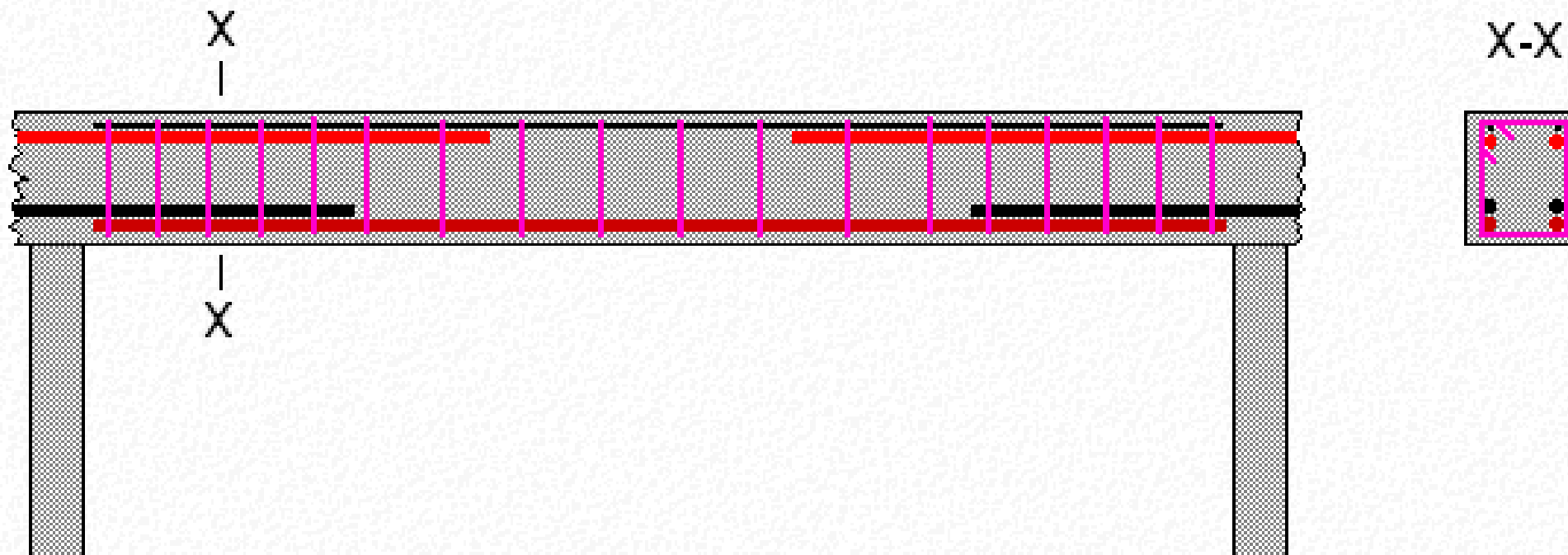
- *Na slici je prikazan karikiran deformisani oblik ploče mosta*



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

# 1. 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*



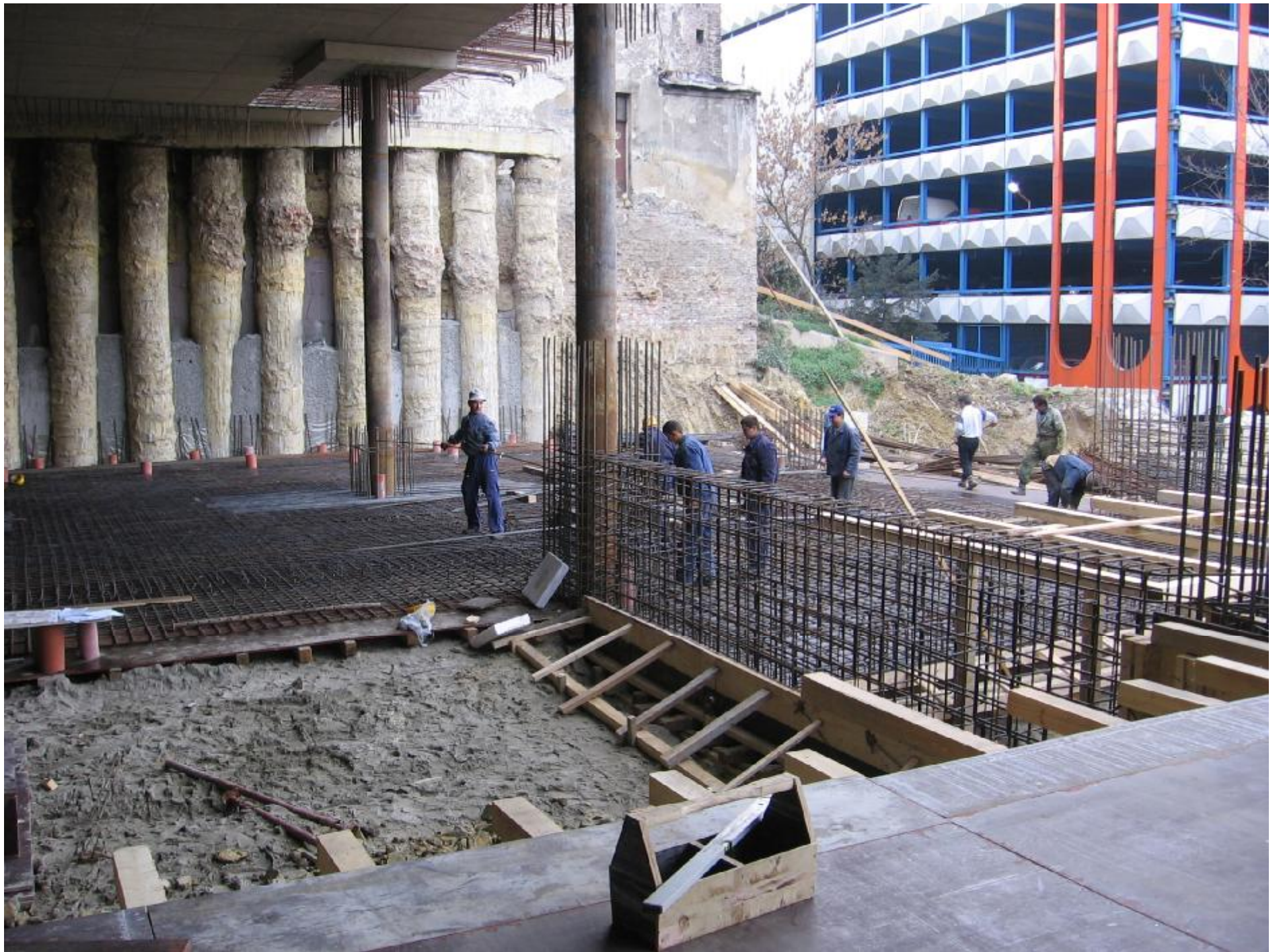
















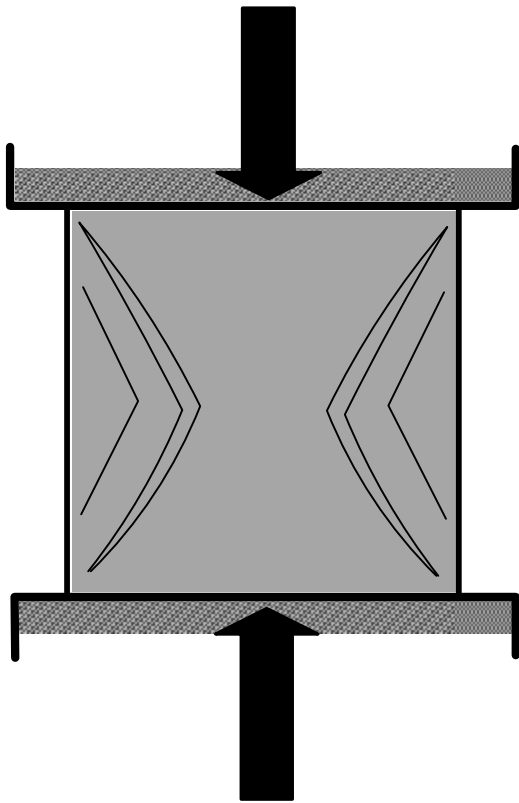




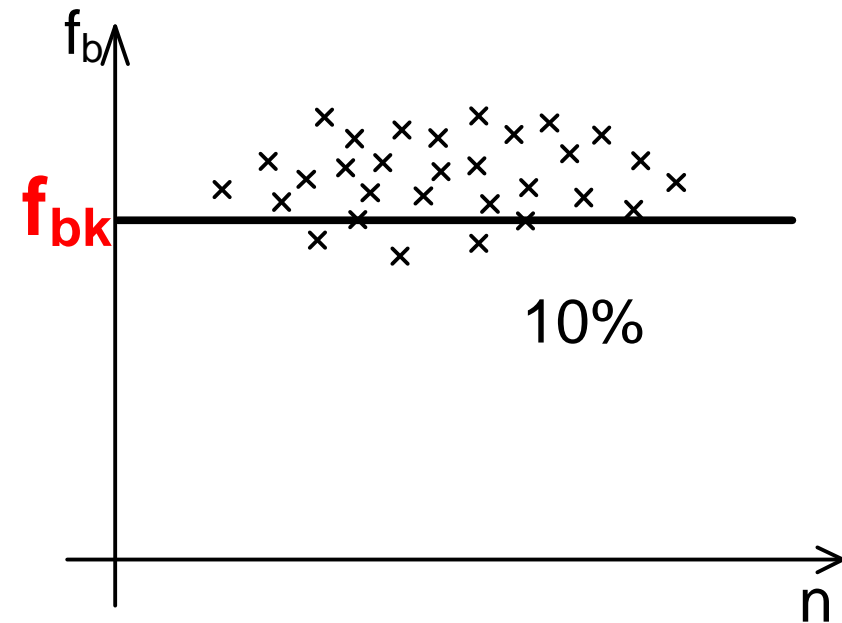


## 2. MARKA BETONA

- Čvrstoća betona pri pritisku
  - kocke 20x20x20cm

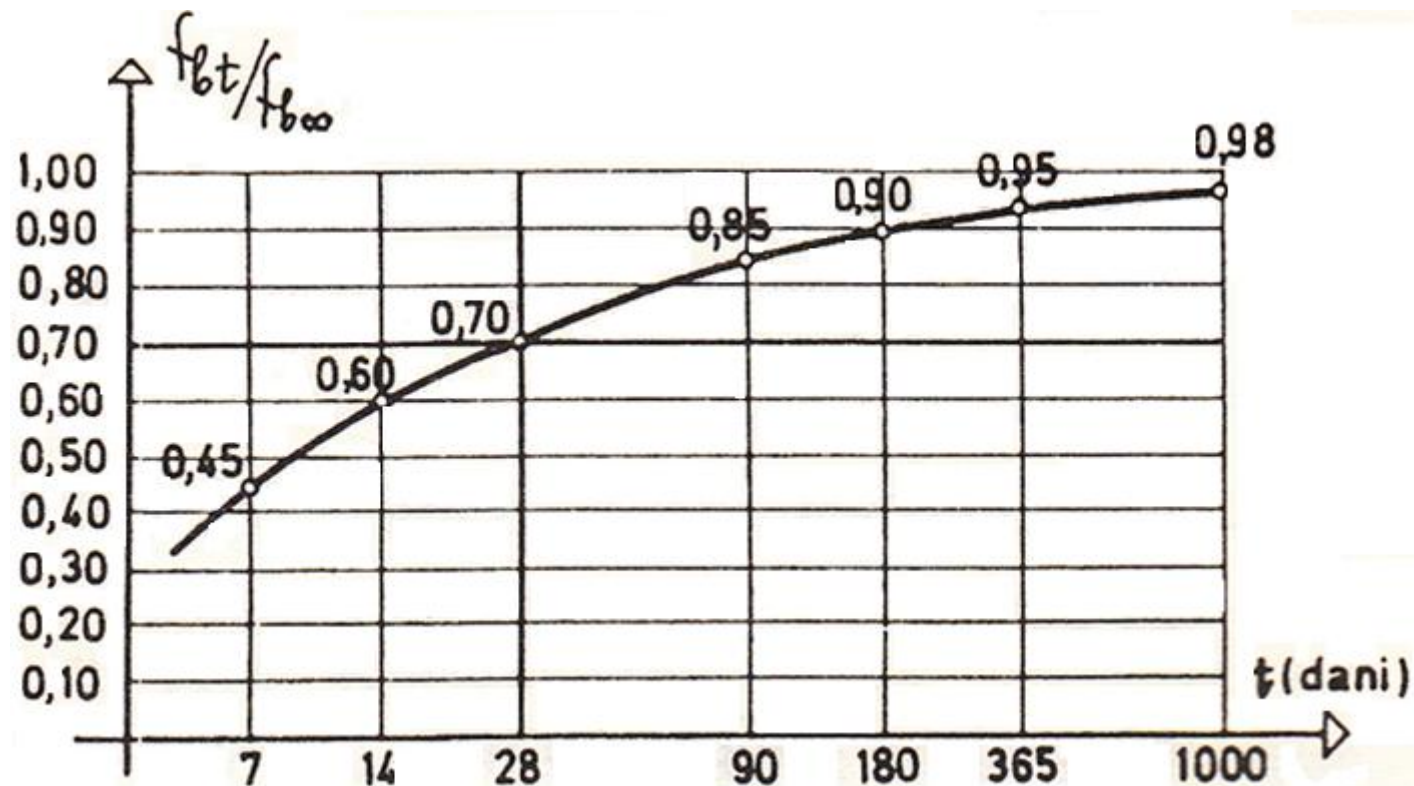


- Karakteristična čvrstoća betona  $f_{bk}$  – fraktil 10%



## 2. MARKA BETONA

- *Marka betona MB [MPa]  $f_{bk}$   $t=28$  dana*
- *Armirani beton MB: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 MPa*
- *Beton prve kategorije B.I MB10, 20, 25*
- *Beton druge kategorije B.II MB veća od 30MPa*



### 3. ČVRSTOĆA BETONA PRI ZATEZANJU

- Čvrstoća betona pri zatezanju:

$$f_{bz} = \frac{f_{bk}}{20} \div \frac{f_{bk}}{6} \quad f_{bz} \approx \frac{f_{bk}}{10}$$

- Srednja vrednost čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju (BAB 87):

$$f_{bz,m} = 0.25 \sqrt[3]{f_{bk}^2} \text{ [MPa]}$$

- Granično stanje pojave prslina (BAB 87):

$$f_{bz} = 0.70 \cdot f_{bz,m}$$

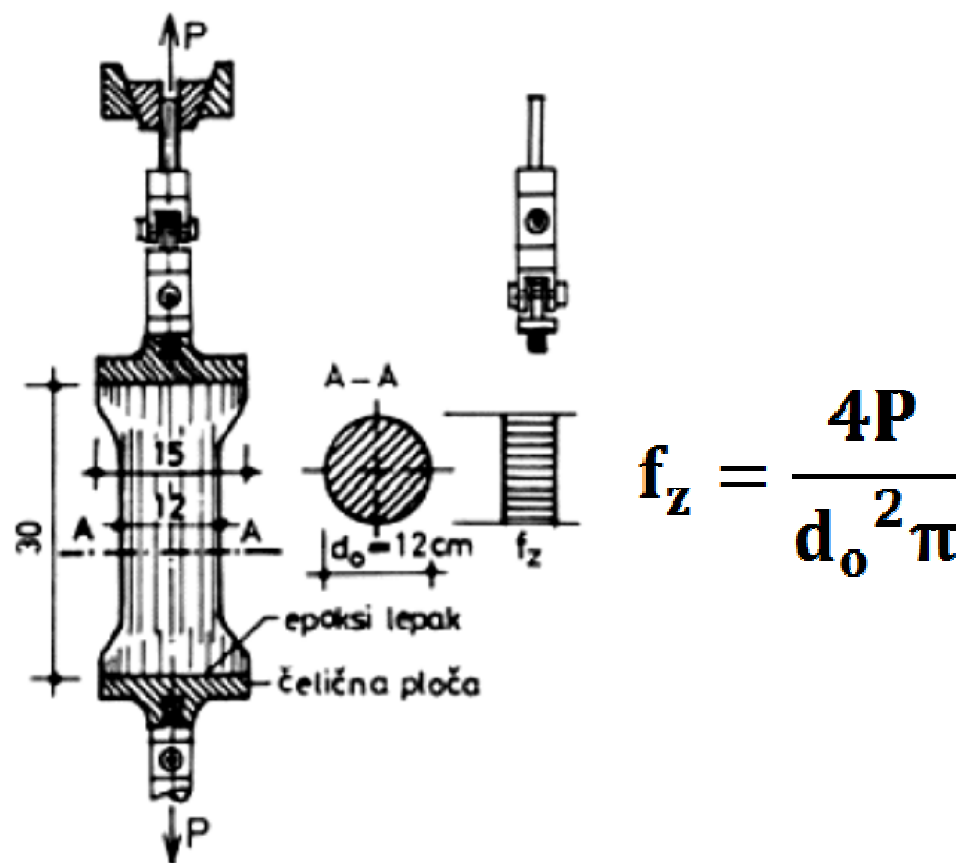
- Odnos čvrstoće betona pri zatezanju savijanjem i pri aksijalnom zatezanju:

$$\frac{f_{bzs}}{f_{bz}} = \left( 0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}} \right) \geq 1 \quad d[m]$$

### 3. ČVRSTOĆA BETONA PRI ZATEZANJU

- *Eksperimantлно određivanje čvrstoća betona pri zatezanju:*

#### 1. Direktnim zatezanjem uzorka



# 3. ČVRSTOĆA BETONA PRI ZATEZANJU



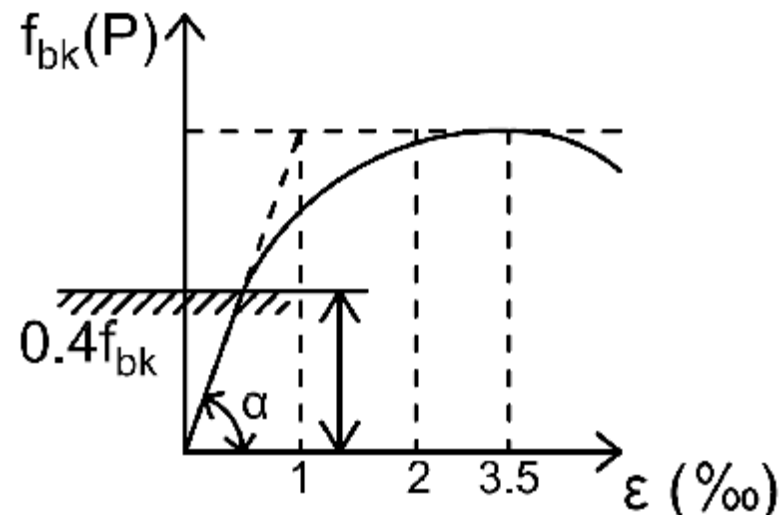
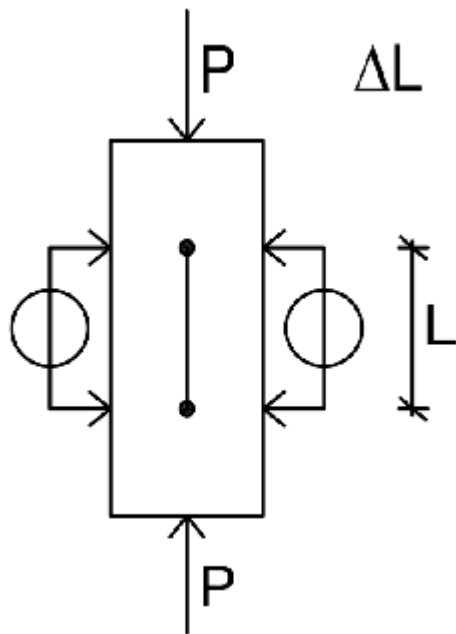
# 3. ČVRSTOĆA BETONA PRI ZATEZANJU



ri

## 4. DEFORMACIJE BETONA POD OPTEREĆENJEM

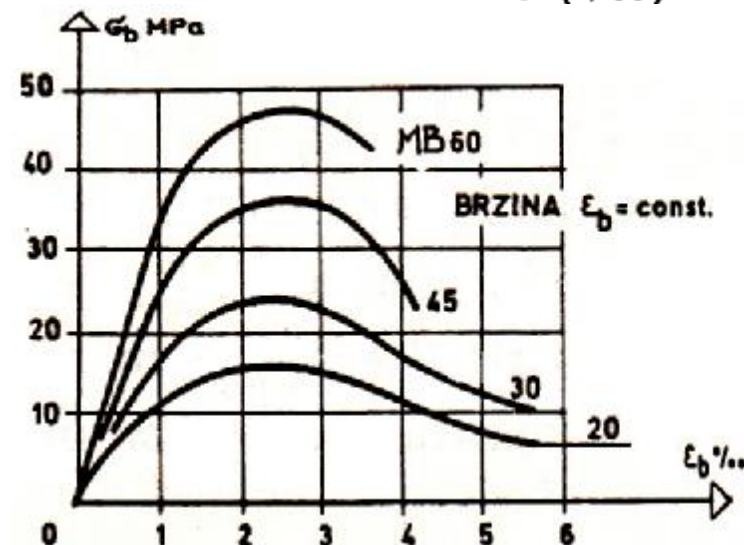
- **Beton je visko-elasto-plastičan materijal**



$$BAB87 \rightarrow E_b = 9.25 \cdot \sqrt[3]{f_{bk} + 10}$$

$$f_{bk} \rightarrow [MPa] \quad E_b \rightarrow [GPa]$$

$$\nu = 0.15 \div 0.20$$



## 5. SKUPLJANJE BETONA

- Po
- oč
- Pr
- sk



ost

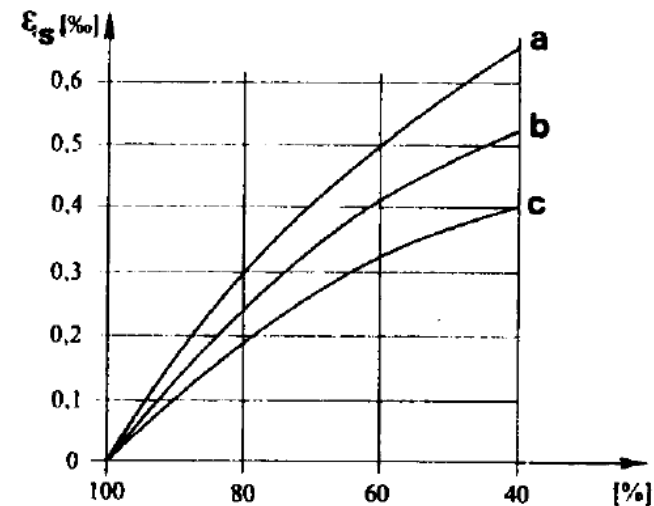


## 5. SKUPLJANJE BETONA

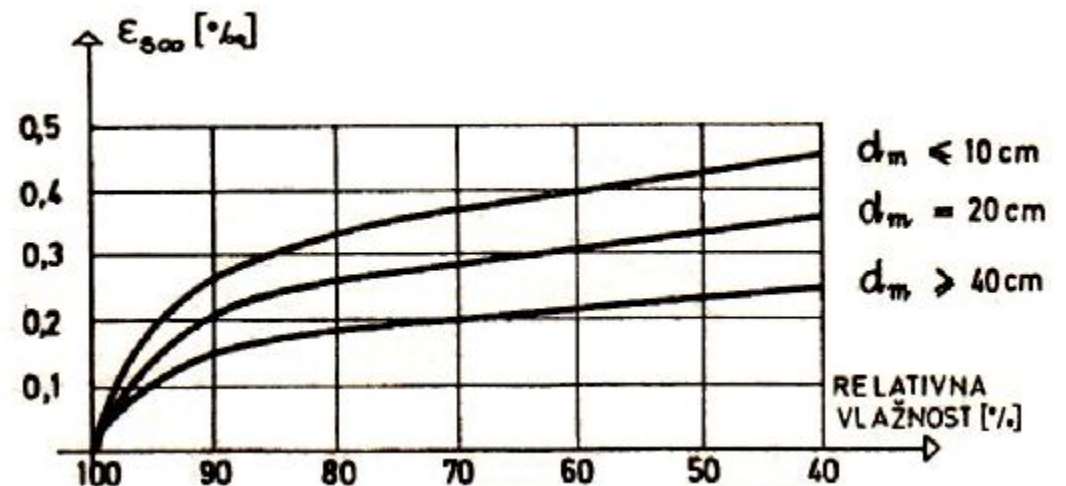
- *Na veličinu skupljanja utiče niz faktora:*

1. *Vrsta i količina cementa*
2. *Vodocementni faktor*
3. *Vlažnost sredine*
4. *Temperatura sredine*
5. *Dimenzije elementa*

$$d_m = \frac{2V}{A_b} = \frac{2A_b}{O}$$



- a. žitka konzistencija
- b. plastična konzistencija
- c. kruta konzistencija

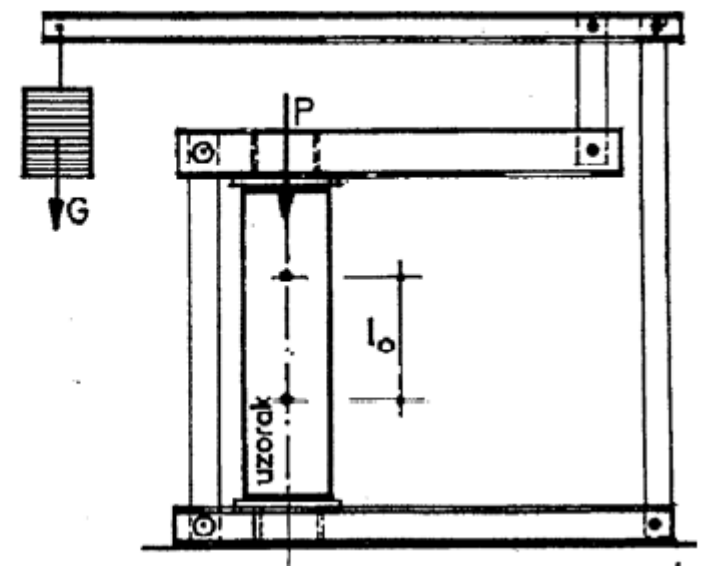
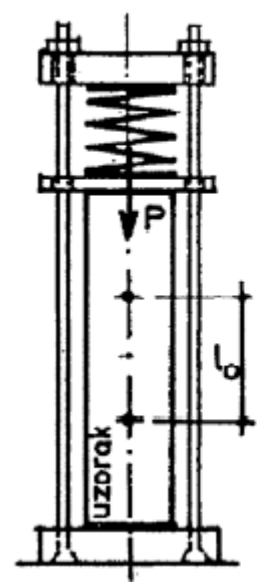


6.

- 
- 

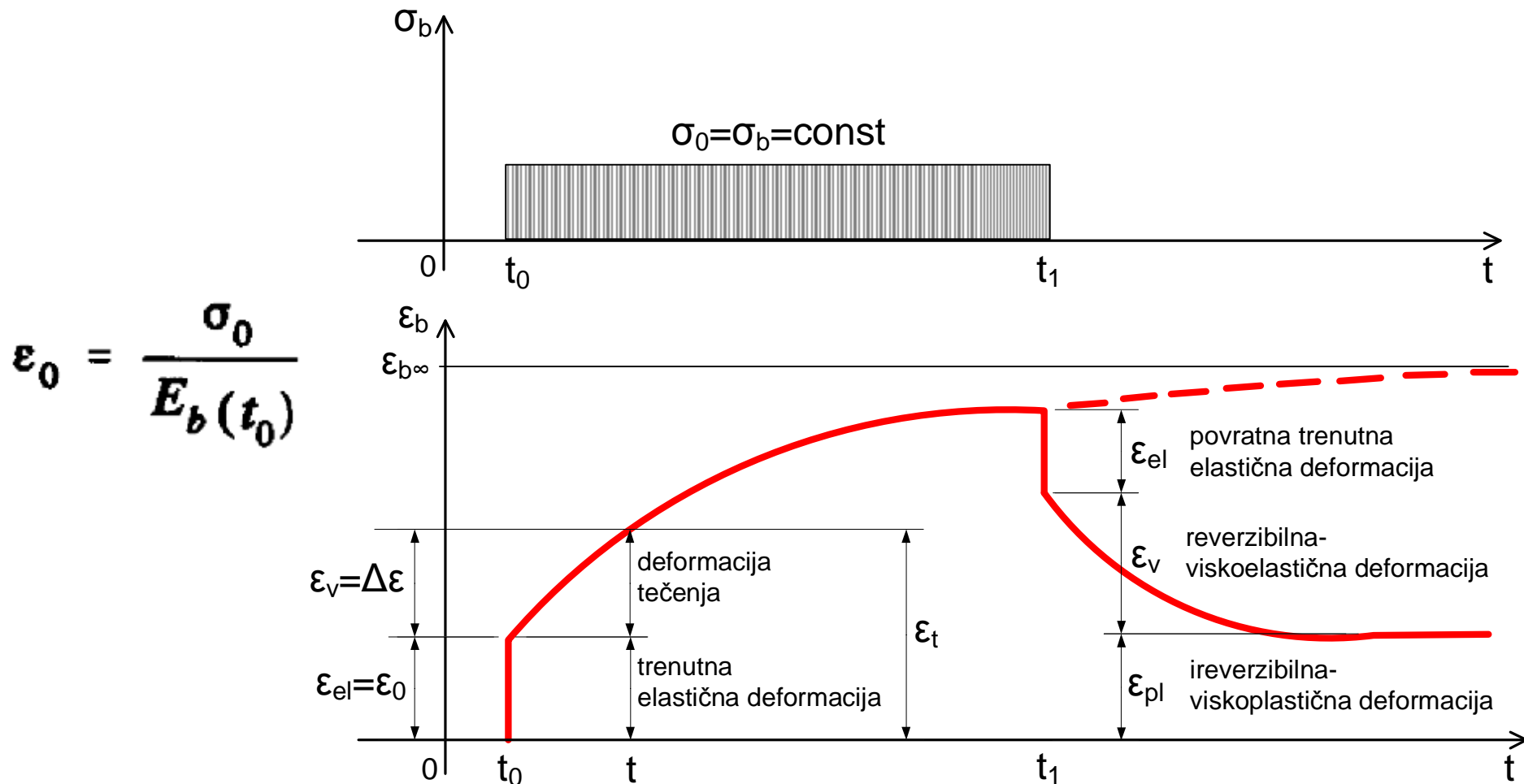


*racija u toku vremena pod (ili promenjivih) napona  
migracije slobodne vode u  
anja mikroprslina*



## 6. TEČENJE BETONA

- *Posmatramo betonski uzorak opterećen konstantnom centričnom silom pritiska  $P$  ( $\sigma_b$ )*



## 6. TEČENJE BETONA

- ***Ukupna dilatacija u trenutku  $t = t_1$***

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{(t_1, t_0)} = \boldsymbol{\varepsilon}_t = \boldsymbol{\varepsilon}_{el} + \boldsymbol{\varepsilon}_v = \boldsymbol{\varepsilon}_0 + \Delta\boldsymbol{\varepsilon}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_t = \boldsymbol{\varepsilon}_0 \left( \mathbf{1} + \frac{\Delta\boldsymbol{\varepsilon}}{\boldsymbol{\varepsilon}_0} \right) = \frac{\boldsymbol{\sigma}_0}{\mathbf{E}_b(t_0)} (\mathbf{1} + \boldsymbol{\varphi}) = \boldsymbol{\sigma}_0 \Phi$$

***j - koeficijent tečenja***

***F - funkcija tečenja***

Starost	Vlažnost	Koeficijent tečenja
$t_o = 7$ dana	40%	$j = 4.3$
$t_o = 90$ dana	40%	$j = 2.7$
$t_o = 7$ dana	90%	$j = 1.7$
$t_o = 90$ dana	90%	$j = 1.3$

$$\Phi = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{E}_b(t_0)} (\mathbf{1} + \boldsymbol{\varphi})$$

J2

proveriti tabelu

Jelena, 9/29/2013

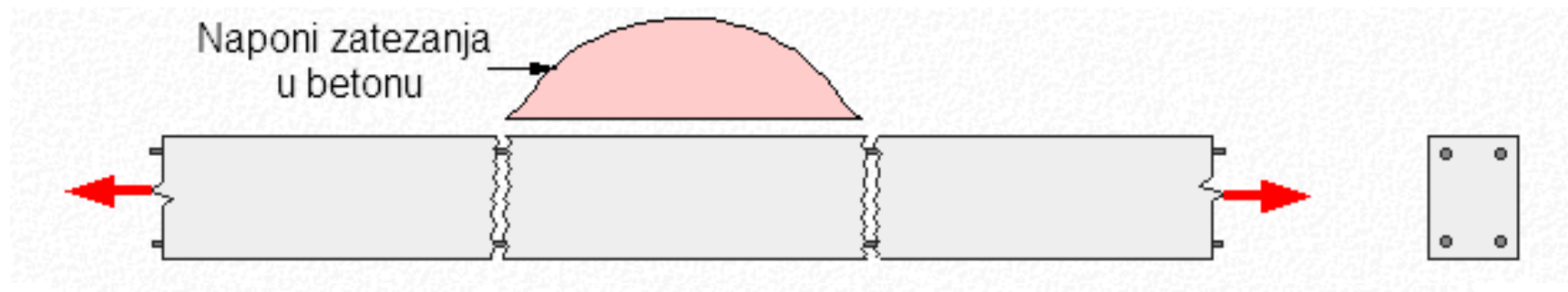
## 6. TEČENJE BETONA

- ***Deformacija tečenja zavisi od sledećih faktora:***
  - ***Starosti betona u trenutku nanošenja opterećenja***
  - ***Konzistencije betona***
  - ***Dimenzija elementa***
  - ***Atmosferske sredine***
  - ***Veličine nanetog opterećenja***

$$\begin{aligned}\varepsilon_b(t) - \varepsilon_s(t, t_{0,s}) \\ = \frac{\sigma_b(t_0)}{E_b(t_0)} [1 + \varphi(t, t_0)] + \frac{\sigma_b(t) - \sigma_b(t_0)}{E_b(t_0)} [1 + \chi(t, t_0)\varphi(t, t_0)]\end{aligned}$$

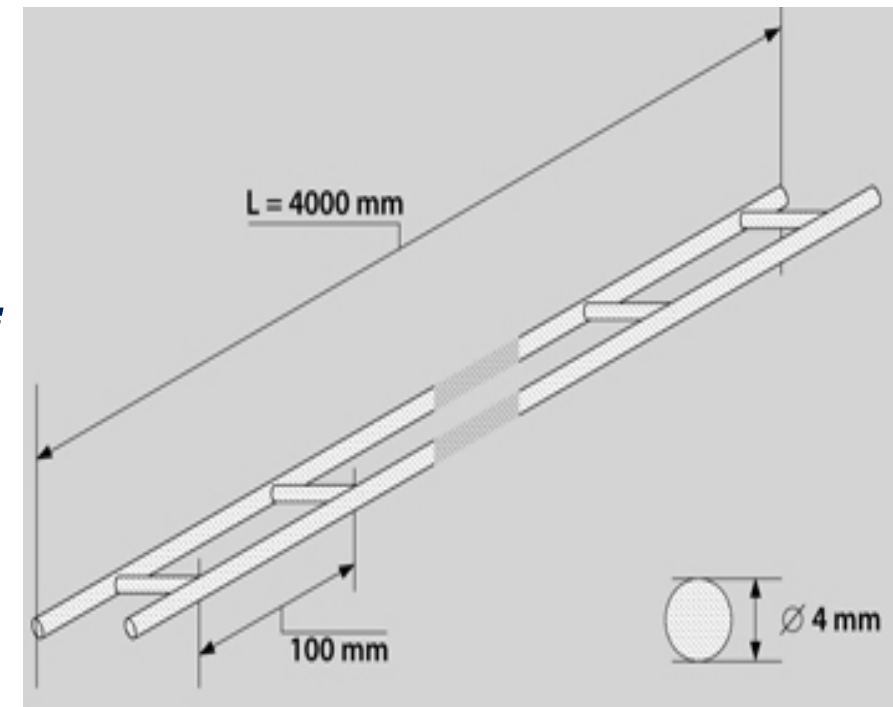
## 7. ARMATURA

- **Beton je materijal koji dobro prihvata napone pritiska, ali jako slabo prihvata napone zatezanja**
- **Armatura se postavlja u betonskim elementima da:**
  - **Prihvati napone zatezanja koji se javljaju u armiranobetonskim elementima**
  - **Ograniči širinu pukotina koje se mogu javiti u elementu na preporučene vrednosti**
  - **Obezbedi dodatnu nosivost na pritisak ako je to potrebno**



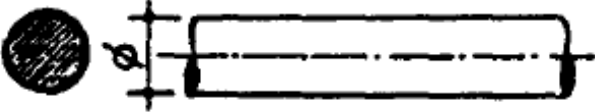

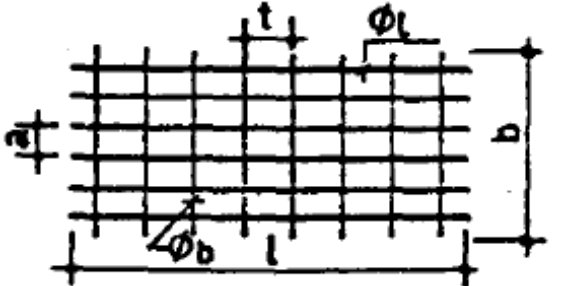
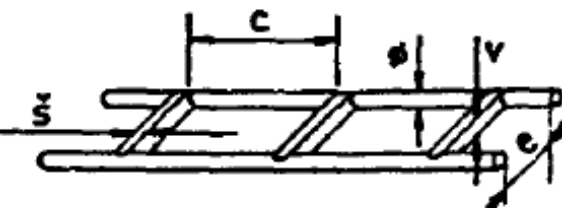
## 7. ARMATURA – VRSTE ČELIKA

- **Za armiranje armiranobetonskih konstrukcija koriste se:**
  - **glatki čelik (GA)**
  - **rebrasti čelik (RA)**
  - **hladno vučene gladke (MAG) ili orebrene žice (MAR) međusobno zavarene u obliku mreža (mrežasta armatura)**
  - **Bi-armatura (BiA)**
- **Kvalitet čelika se predstavlja preko karakteristične granice razvlačenja  $f_y$  (MPa) i karakteristične čvrstoće na zatezanje  $f_u$  (MPa) kao  $f_y/f_u$**





# 7. ARMATURA – VRSTE ČELIKA

NAZIV ARMATURE	OBLIK	OZNAKA VRSTE ČELIKA	OZNAKA ARMATURE I MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA
1. GLATKA ARMATURA OD MEKOG BETONSKOG ČELIKA		Č 0200 Č 0300	GA 220/340 GA 240/360
2. REBRATA ARMATURA OD VISOKOVREDNOG PRIRODNO TVRDOG ČELIKA		Č 0550 Č 0551	RA 400/500-1 RA 400/500-2
3. MREŽASTA ARMATURA – ZAVARENE ARMATURNE MREŽE OD HLADNOVUČENE GLATKE ILI OREBRENE ŽICE		— —	MAG 500/560 MAR 500/560
4. Bi-ARMATURA – ARMATURA SPECIJALNOG OBLIKA OD HLADNOVUČENE ŽICE		—	BiA 680/800

## 7. ARMATURA – VRSTE ČELIKA

- *Modul elastičnosti  
glatke i rebraste  
armature*

$$E_a = 200 \div 210 \text{ GPa}$$

- *Modul elastičnosti  
visokovrednih čelika  
hladno obrađenih*

$$E_a = 190 \div 200 \text{ GPa}$$

**GA 240/360**

Ø	$A_a^{(1)}$	$m_a^{(1)}$
mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
5	0.196	0.154
6	0.283	0.222
8	0.503	0.395
10	0.785	0.617
12	1.13	0.888
14	1.54	1.208
16	2.01	1.578
18	2.54	1.998
20	3.14	2.466
22	3.80	2.984
25	4.91	3.853
28	6.16	4.834
32	8.04	6.313
36	10.18	7.990

**RA 400/500**

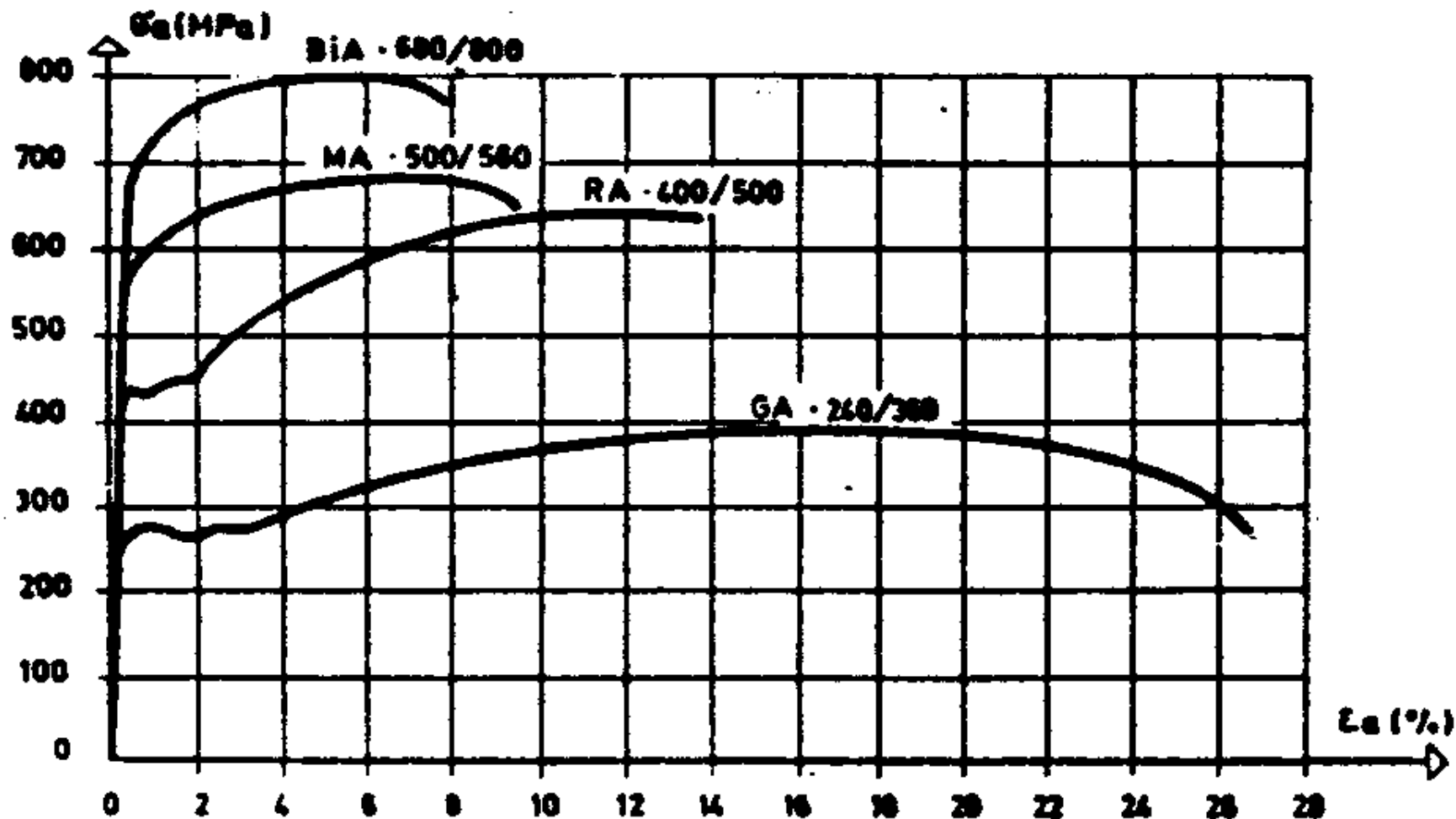
Ø	$A_a^{(1)}$	$m_a^{(1)}$
mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
6	0.283	0.228
8	0.503	0.405
10	0.785	0.633
12	1.13	0.911
14	1.54	1.242
16	2.01	1.621
19	2.84	2.288

6	0.283	0.228
8	0.503	0.405
10	0.785	0.633
12	1.13	0.911
14	1.54	1.242
16	2.01	1.621
19	2.84	2.288

22	3.80	3.058
25	4.91	3.951
28	6.16	4.956
32	8.04	6.474
36	10.18	8.200

## 7. ARMATURA – VRSTE ČELIKA

- *Dijagram napon-dilatacija različitih vrsta čelika*



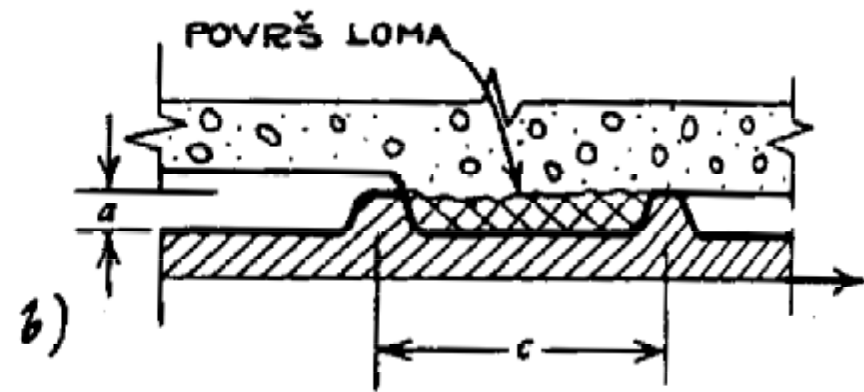
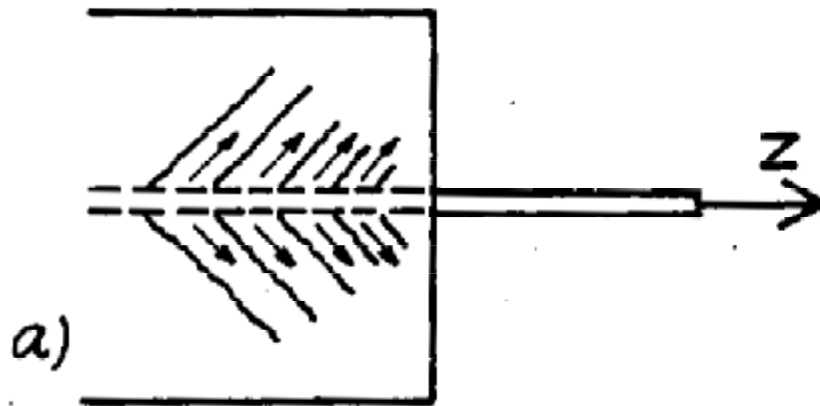
J1

Nacrtati ponovo grafik

Jelena, 9/29/2013

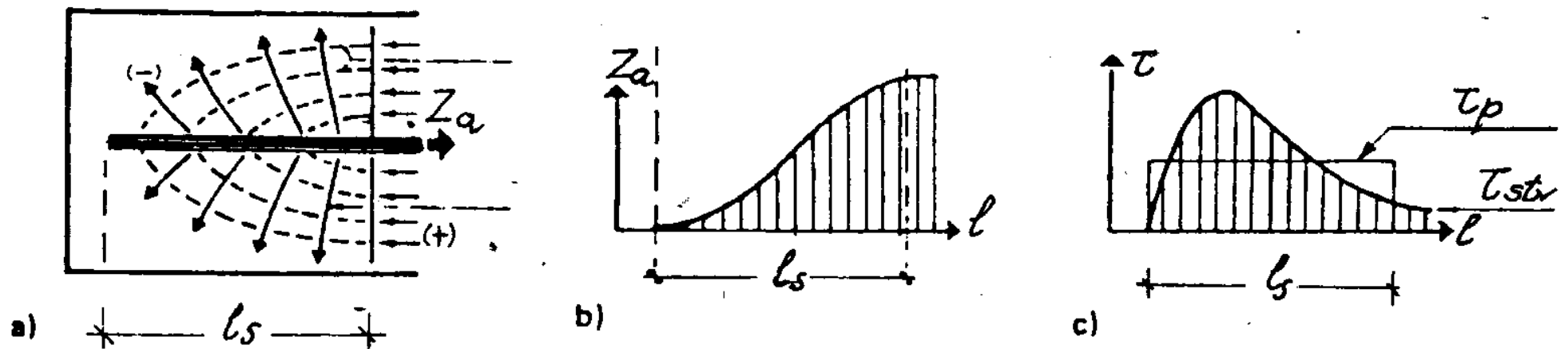
## 7. ARMATURA-Zajednički rad betona i armature

- **Jedna od osnovnih pretpostavki pri proračunu armiranobetonskih konstrukcija bazira se na čvrstoj vezi betona i armature, i pretpostavlja da nema klizanja između dva materijala**
- **Čvrsta veza se ostvaruje naponima prijanjanja kod glatke, a kod rebraste i kombinacijom sa smicanjem zbog prisustva rebara**



## 7. ARMATURA-Zajednički rad betona i armature

- Neophodno je vršiti pravilno sidrenje zategnute armature u betonsku masu, odnosno postepeno prenošenje sile zatezanja sa armature na okolni beton
- Dužina sidrenja  $l_s$  zavisi od položaja šipke u elementu, od vrste čelika, marke betona i prečnika šipke armature
- Dužina sidrenja se dobija iz uslova ravnoteže, usvajajući da u njoj deluje konstantan napon prijanjanja



## 7. ARMATURA-Zajednički rad betona i armature

$Z_a$  - sila zatezanja u šipki usidrene armature

$A_a$  - površina poprečnog preseka usidrene šipke

$O_a$  - obim šipke

$f$  - prečnik šipke

$t_p$  - napon prijanjanja za uslove dobre adhezije

$s_v$  - granica razvlačenja čelika

$g_u$  - koeficijent sigurnosti

$$l_s = \frac{A_a \sigma_v}{O_a \gamma_u \tau_p} = \frac{\phi \sigma_v}{4 \gamma_u \tau_p}$$

Tabela 4.1. Vrednosti napona prijanjanja  $\tau_p$  za uslove dobre adhezije [MPa]

Vrsta armature	Marka betona $MB$					
	15	20	30	40	50	60
$GA$	0.60	0.67	0.76	0.85	0.92	0.98
$RA$	1.20	1.40	1.75	2.10	2.45	2.80

## 7. ARMATURA-Zajednički rad betona i armature

- *Na dužini sidrenja treba predvideti i poprečno raspoređenu armaturu-uzengije, koja prima barem 20% sile u ukupnoj armaturi koja se sidri*
- *U zonama relativno malih naprezanja dužina sidrenja se može sračunati prema efektivnim-stvarnim naponima u armaturi*

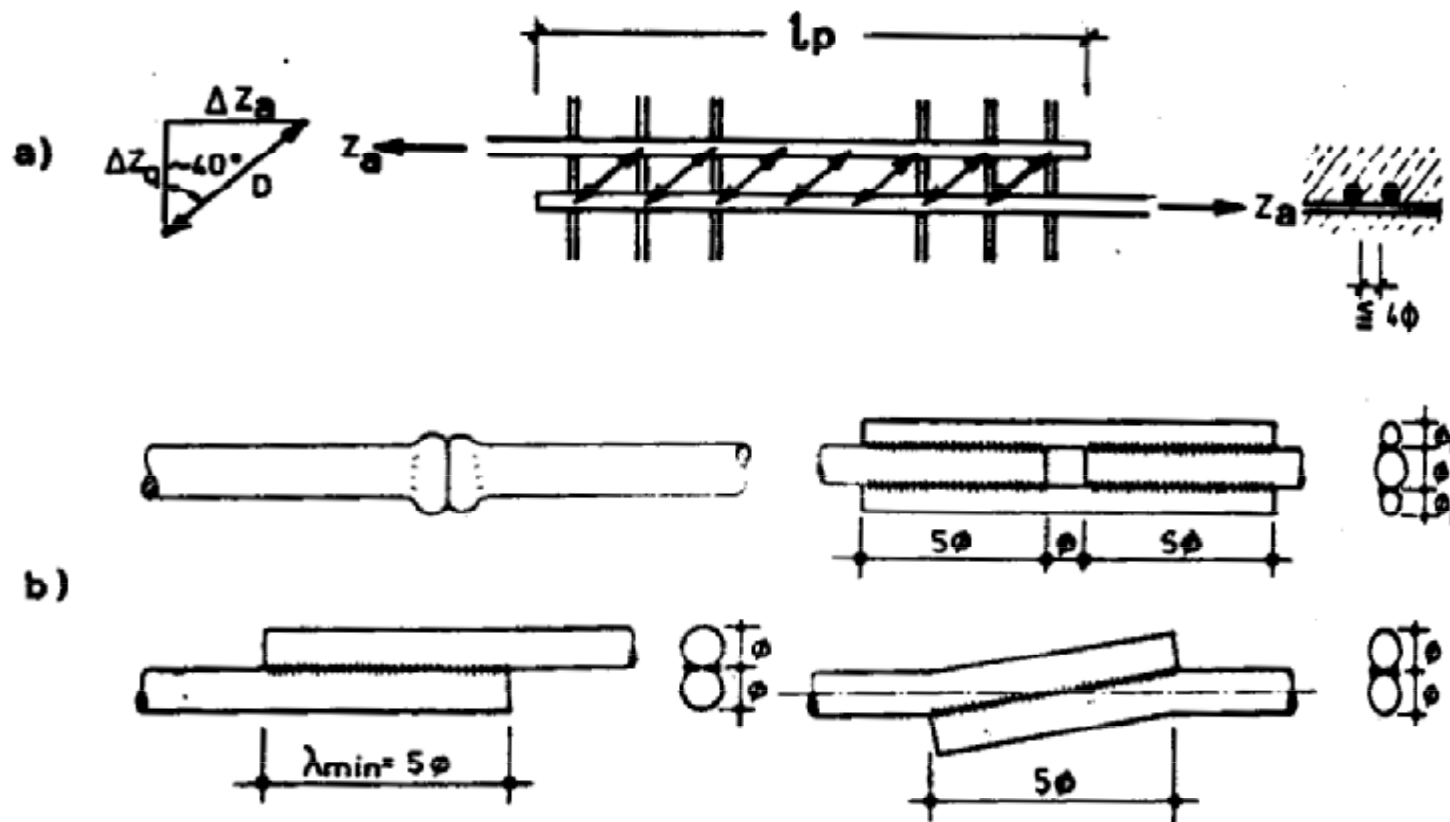
$$l_{s,ef} = \alpha l_s \frac{\sigma_{a,ef}}{\sigma_a} > l_{s,min}$$

- *$\sigma_{a,ef}$  - stvarni napon u armaturi*
- *$\sigma_a$  - dopušteni napon u armaturi (BAB 87, član 125)*
- *$a=1$  za sidrenje bez kuka,  $a=2/3$  za sidrenje sa kukama*
- *$l_{s,min} = 0.5l_s \text{ } \text{£} \text{ } 10f \text{ } \text{£} \text{ } 15cm$*



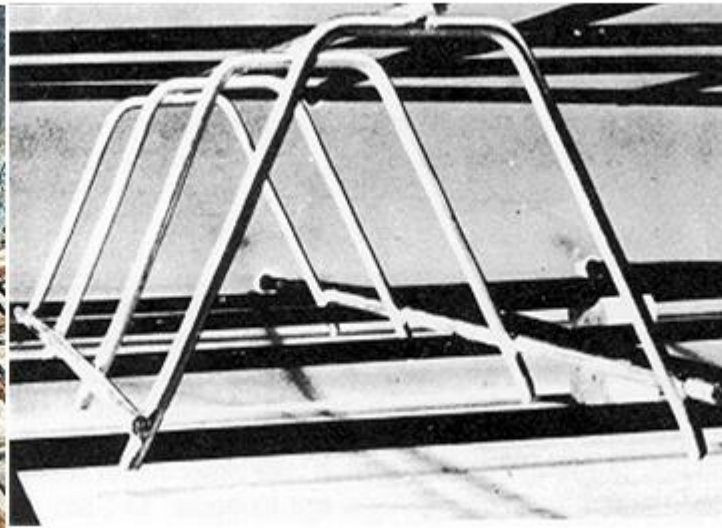
## 7. ARMATURA - Nastavljanje armature

- Zbog ograničenih uslova proizvodnje, transporta i ugradnje armatura se mora nastavljati na gradilištu
- Najčešće se nastavljnje vrši preklapanjem kada je neophodno obezbediti potrebnu dužinu preklopa  $l_p$  (BAB 87)



## **7. ARMATURA – Zaštitni slojevi betona do armature**

- **Zaštitni sloj je minimalno rastojanje od bilo koje armature u elementu do najbliže površine betona**
- **Osnovni parametri koji određuju debljinu zaštitnog sloja su:**
  - **vrsta elementa (ploča-zid, greda-stub)**
  - **stepen agresivnosti sredine u kojoj se element nalazi**
  - **marka betona**
  - **prečnik i vrsta armature**
  - **način ugrađivanja betona, odnosno izvođenja konstrukcije**



## **7. ARMATURA – Zaštitni slojevi betona do armature**

- **Slabo agresivna sredina:** unutrašnjost stambenih, administrativnih i drugih prostorija, u kojima AB elementi nisu izloženi vlazi, atmosferskim i korozivnim uticajima (elementi "unutra", veoma suve sredine, relativna vlažnost 40%)
- **Srednje agresivna sredina:** unutrašnjost prostorija sa većom vlažnošću i slabijim ili povremenim korozivnim isparenjima; AB elementi u slobodnom prostoru, izloženi uobičajenim atmosferskim uticajima, kao i elementi u direktnom kontaktu sa tekućom vodom ili običnim tlom (elementi "napolju", relativna vlažnost 70%)
- **Jako agresivna sredina:** prostori u kojima su AB elementi izloženi jačim tečnim ili gasovitim uticajima (slabo kisele tečnosti, slana voda, voda sa mnogo kiseonika, korozivna tla i gasovi, atmosfera zagađena korozivnim industrijskim gasovima i vazduh u blizini mora)

## 7. ARMATURA – Zaštitni slojevi betona do armature

- **MINIMALNE DEBLJINE ZAŠTITNOG SLOJA  $a_0$  [cm]**

<i>agresivnost sredine</i>	<i>grede, stubovi</i>	<i>ploče, ljuske, zidovi</i>
<i>slaba</i>	<b>2.0</b>	<b>1.5</b>
<i>srednja</i>	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>
<i>jaka</i>	<b>3.5</b>	<b>3.0</b>

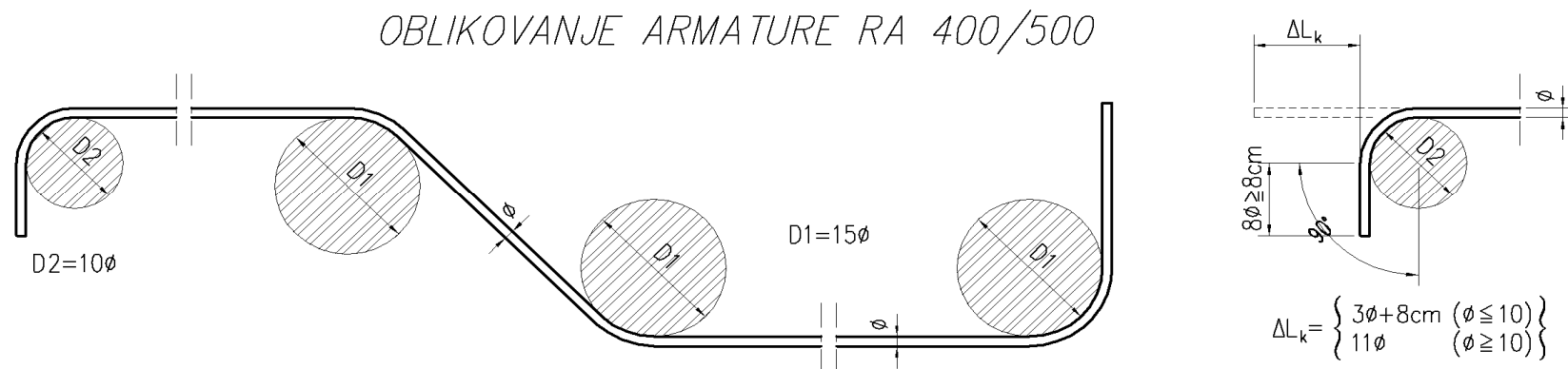
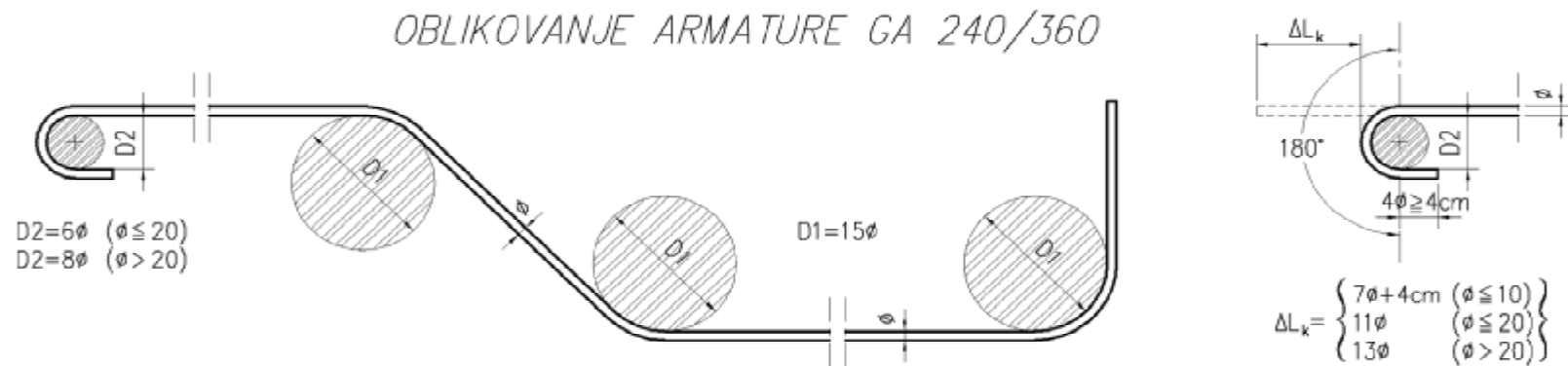
- **Čist zaštitni sloj ne sme biti manji od prečnika upotrebijene armature ( $a_0 \geq \emptyset$ )**
- **Ukoliko je potreban zaštitni sloj betona veći od 5 cm, mora se armirati posebno tankom armaturnom mrežom**
- **Rastojanje te armature u zaštitnom sloju od spoljne površine betona ne može biti manje od 2 cm**

## **7. ARMATURA – Zaštitni slojevi betona do armature**

- **Vrednosti iz tabele se, zavisno od posebnih uslova, koriguju i to:**
  - **+0.5 cm ukoliko se izvode od betona MB < 25**
  - **+0.5 cm ukoliko elementi nakon betoniranja nisu dostupni kontroli**
  - **+1.0 cm ako se površina betona naknadno obrađuje postupcima koji izazivaju oštećenja zaštitnog sloja betona**
  - **+1.0 cm za konstrukcije koje se izvode klizajućom oplatom**
  - **-0.5 cm ukoliko su elementi proizvedeni u fabričkim uslovima**
- **Korekcija minimalnog zaštitnog sloja betona vrši se simultano**

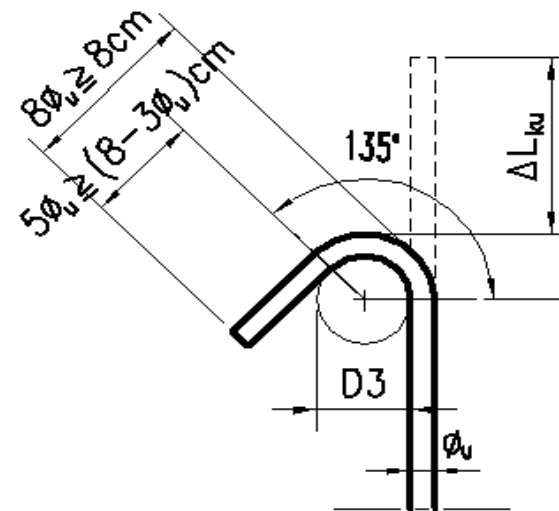
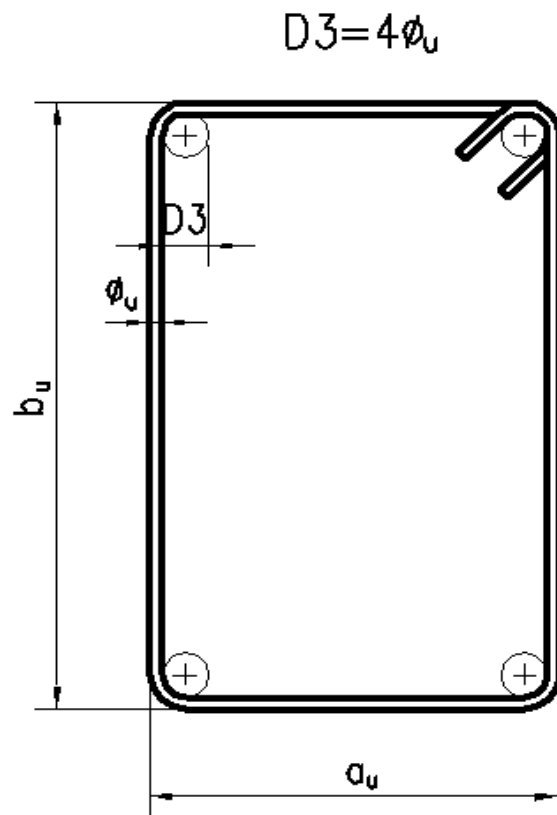
## 7. ARMATURA – Oblikovanje armature

- Prilikom oblikovanja armature moraju se ispoštovati minimalni prečnici povijanja šipki armature (BAB 139-147)



## 7. ARMATURA – Oblikovanje armature

- Uzengije od glatke armature:

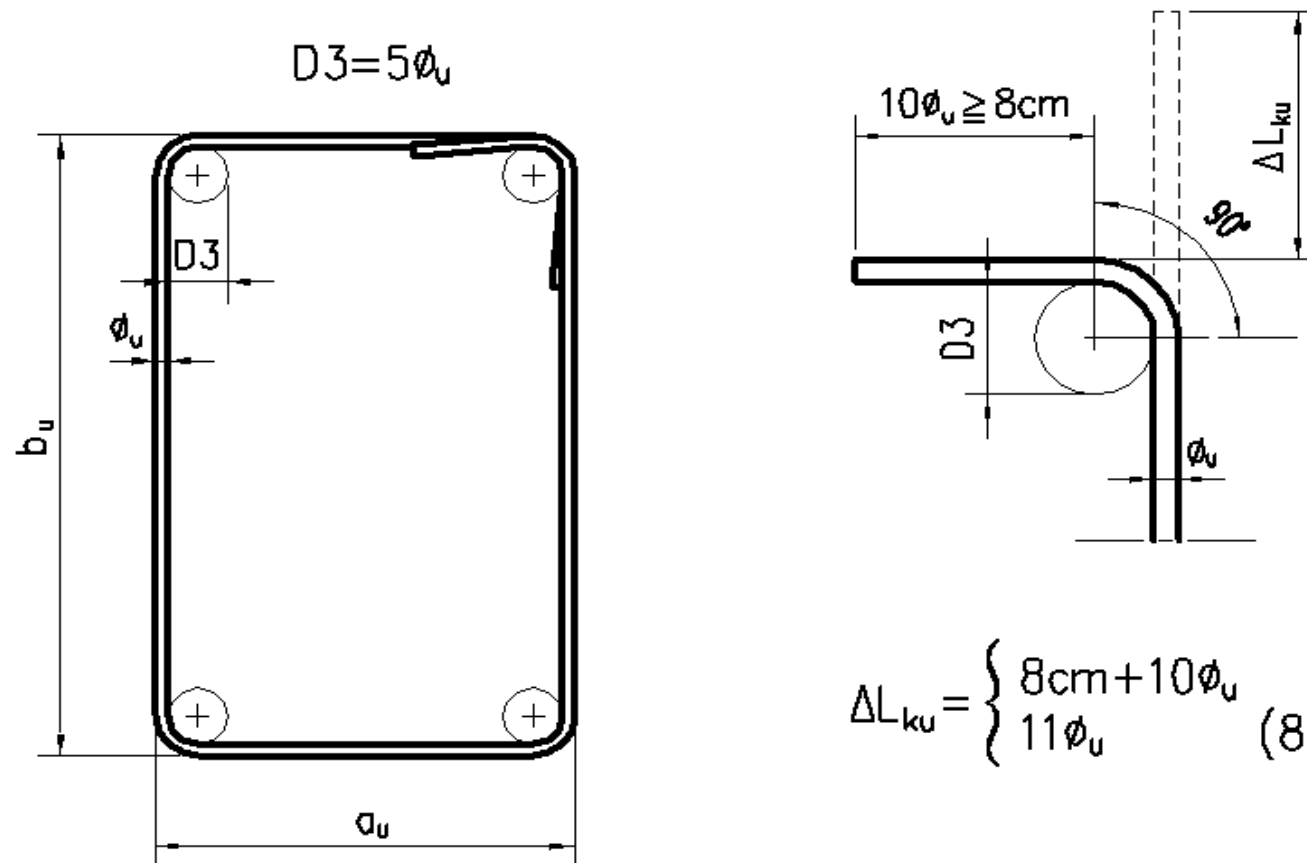


$$\Delta L_{ku} = \begin{cases} 8\text{cm} & (\phi \leq 10) \\ 8\phi_u & (10 \leq \phi_u \leq 16) \end{cases}$$

$$L_u = \begin{cases} 2a_u + 2b_u + 16\text{cm} - 6\phi_u & (\phi \leq 10) \\ 2a_u + 2b_u + 10\phi_u & (10 \leq \phi_u \leq 16) \end{cases}$$

## 7. ARMATURA – Oblikovanje armature

- Uzengije od rebraste armature:



$$\Delta L_{ku} = \begin{cases} 8\text{cm} + 10\phi_u & (\phi_u \leq 8) \\ 11\phi_u & (8 \leq \phi_u \leq 12) \end{cases}$$

$$L_u = \begin{cases} 2a_u + 2b_u + 16\text{cm} - 5\phi_u & (\phi_u \leq 8) \\ 2a_u + 2b_u + 15\phi_u & (8 \leq \phi_u \leq 12) \end{cases}$$