

Krstasto armirane ploče

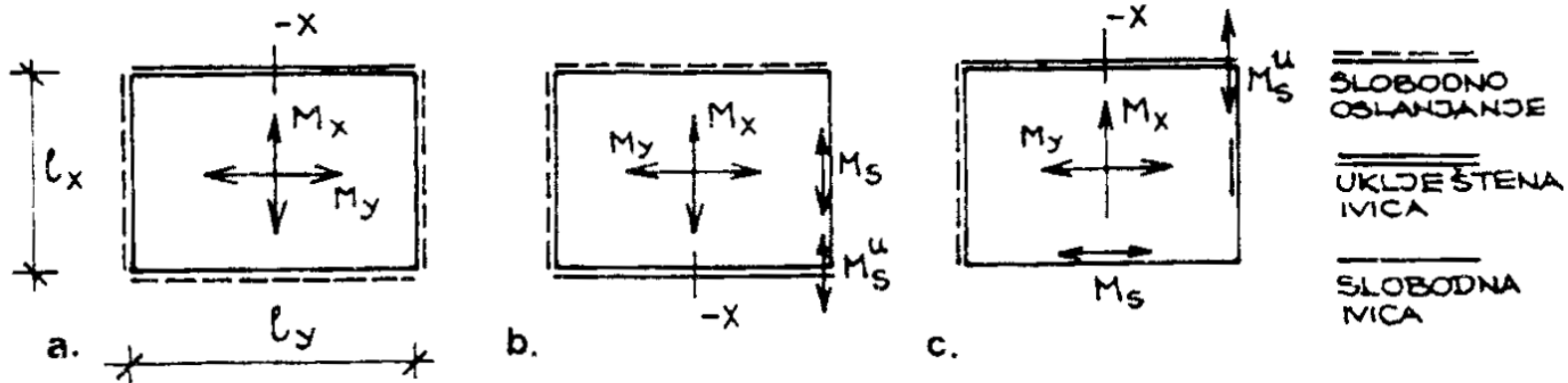
Ravni površinski nosači, linijski oslonjeni na grede ili zidove

Odnos raspona zadovoljava uslov $l_y/l_x \leq 2.0$ (2.5)

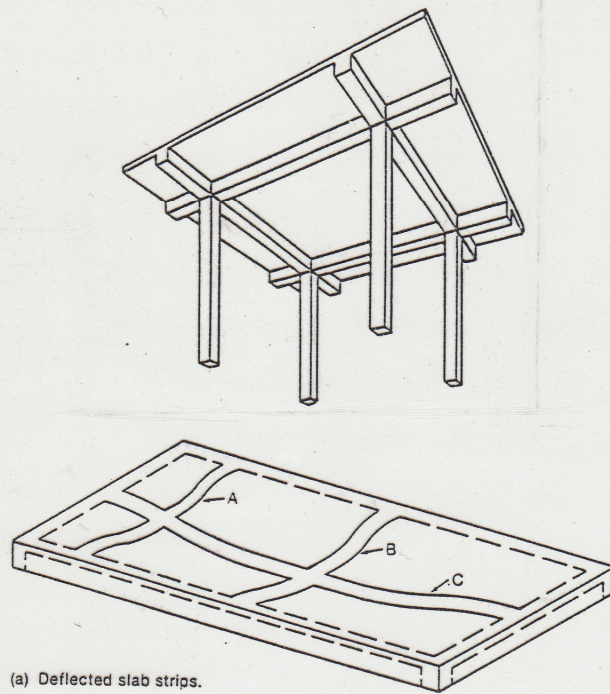
Debljina ploče je mala u odnosu na druge dve dimenzije, pa se za proračun može primeniti teorija elastičnosti.

Opterećenje koje deluje upravno na srednju ravan ploče, izaziva momente savijanja M_x i M_y kao i torzione momente M_{xy} .

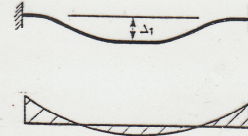
Ploče mogu biti oslonjene na sve četiri strane, sa jednom ili dve slobodne ivice.



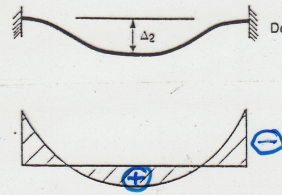
Često se koriste kao međuspratne konstrukcije stovarišta i magacina kada su u pitanju veća opterećenja.



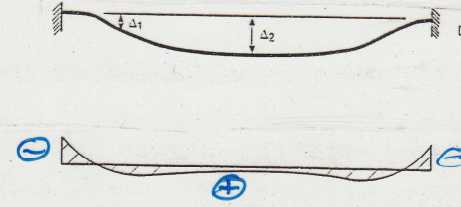
(b) Strip A. Deflections



(c) Strip B. Deflections



(d) Strip C. Deflection

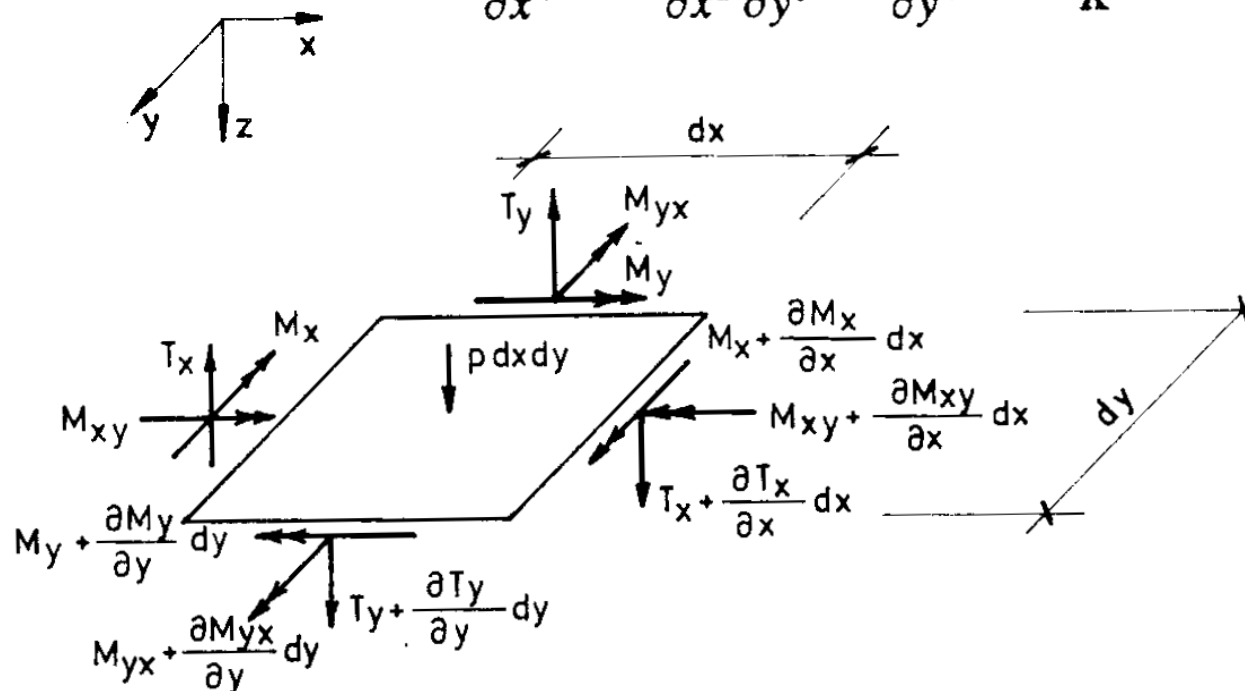


Pretpostavke za proračun

- ugibi w srednje ravni ploče su mali u odnosu na debljinu ploče,
- tačke koje leže na normali na srednju površinu i posle deformacije ostaju na pravoj koja je upravna na deformisanu srednju površinu,
- vlakna u srednjoj ravni ploče pri deformacijama ne menjaju svoju dužinu.

Postavljanjem uslova ravnoteže za elementarni isečak ploče i koristeći veze između deformacija i presečnih sila, dobija se linearna nehomogena parcijalna diferencijalna jednačina četvrtog stepena koja definiše elastičnu površ ploče pod datim opterećenjem p :

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P_{(x,y)}}{K}$$



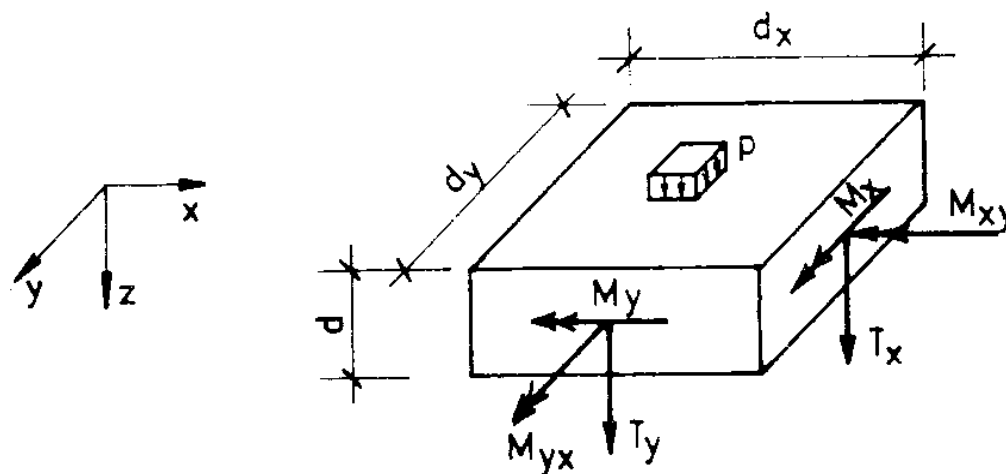
Rešavanjem diferencijalne jednačine, uz zadate konturne uslove, dobija se funkcija elastične površine ploče $w(x,y)$ i kada je ona poznata, mogu se sračunati sve presečne sile u ploči:

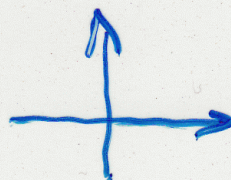
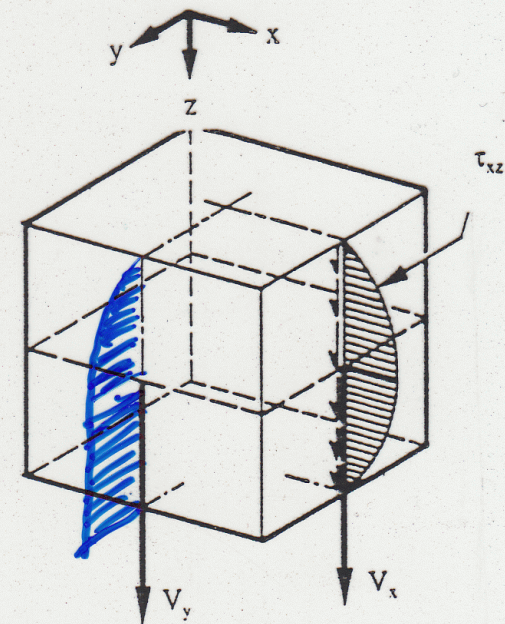
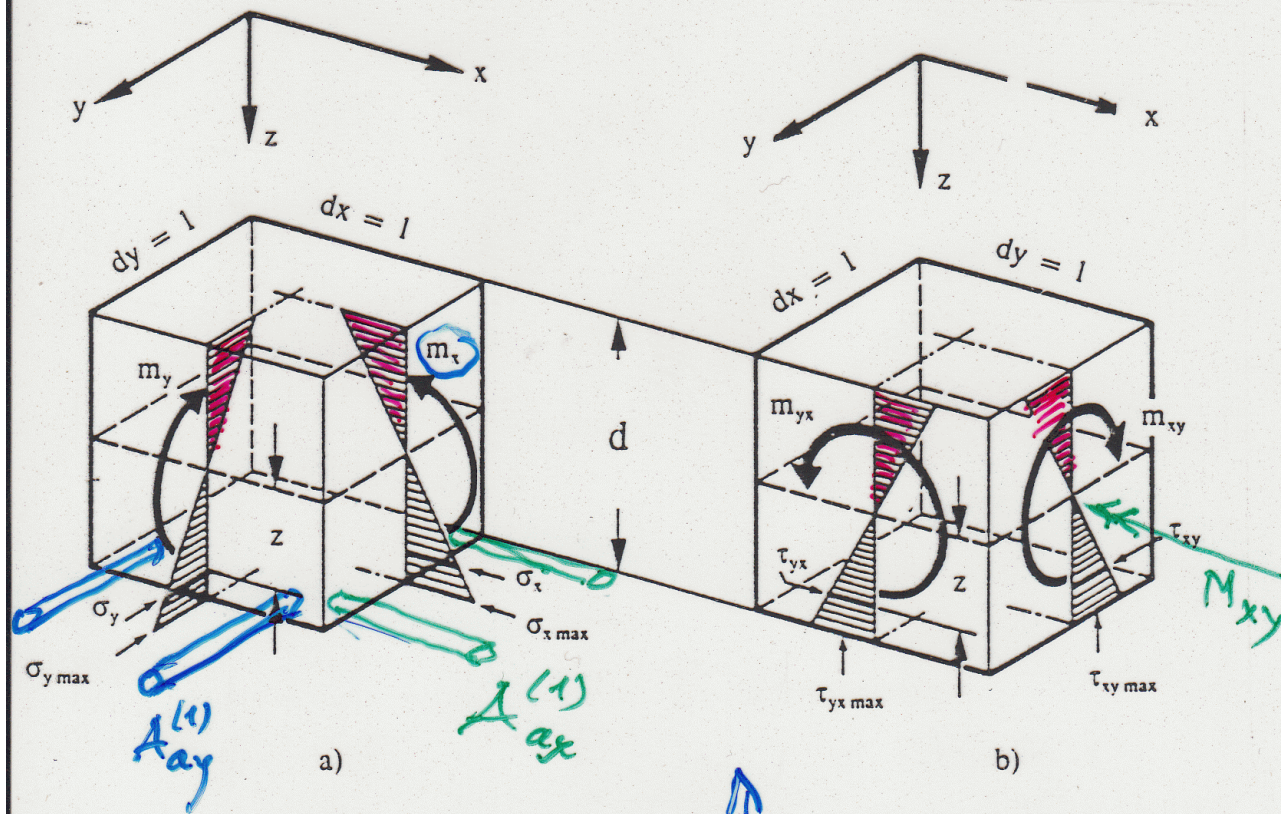
$$M_x = -K \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$M_y = -K \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

$$K = \frac{Ed^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$M_{xy} = - (1 - \nu) K \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

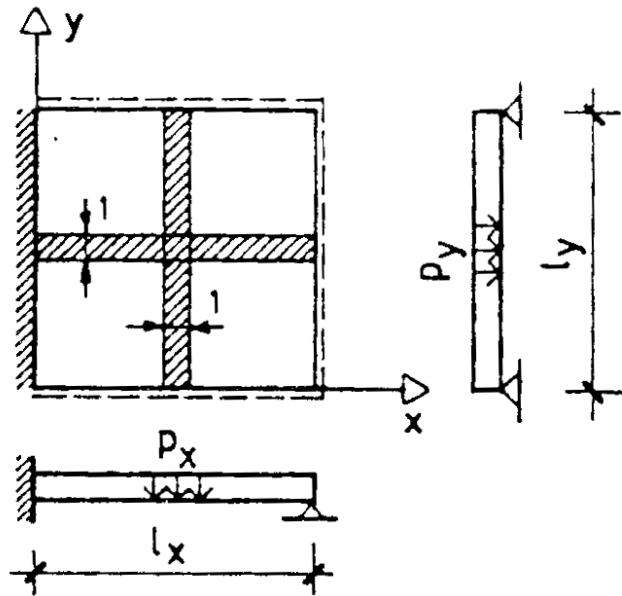




Približni proračuni

Markusova metoda zamenjujućih traka

Uticaji u krstasto armiranim pločama mogu se na **pribižan** način sračunati koristeći sledeći postupak: iz ploče opterećene površinskim opt. $q = p_x + p_y$ se izdvajaju dve srednje trake iz dva ortogonalna pravca, širine 1 m; koristeći činjenicu da obe trake na mestu ukrštanja moraju da imaju isti ugib ($w_x = w_y$) i da su momenti inercije obe trake isti ($I_x = I_y$), prvo se sračunaju pripadajuća opterećenja (p_x, p_y) za svaku traku, a zatim se sa tako određenim opterećenjima računaju momenti savijanja u x i y pravcu (M_x, M_y), kao za linijski nosač.



$$w_x = \alpha_x \frac{p_x l_x^4}{EI_x} \quad ; \quad w_y = \alpha_y \frac{p_y l_y^4}{EI_y}$$

$$M_x = \frac{p_x l_x^2}{\beta_x} \quad ; \quad M_y = \frac{p_y l_y^2}{\beta_y}$$

$$M_{xy} = 0$$

Proračun korišćenjem tablica

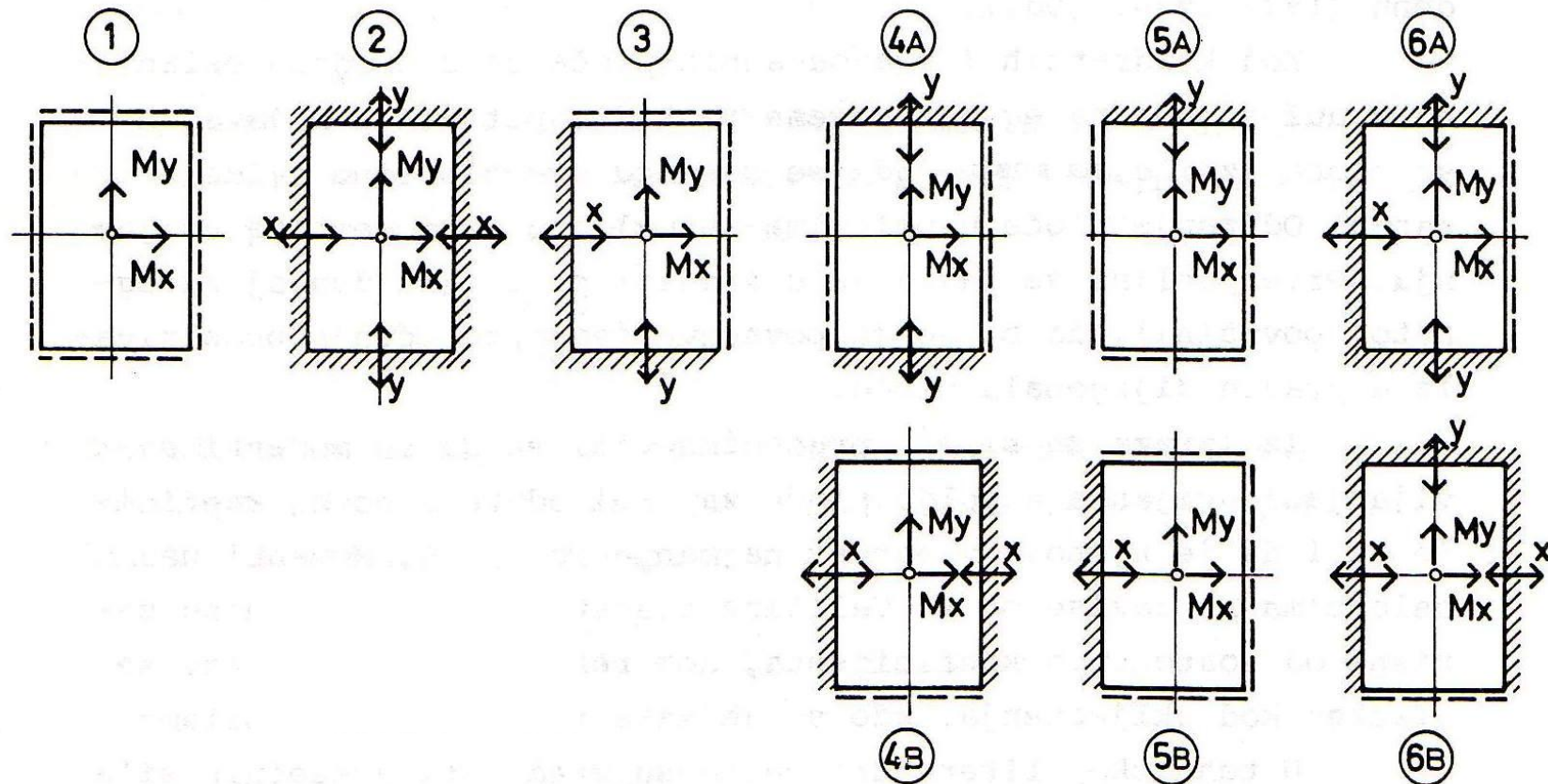
Proračun pogodan za praktičnu inženjersku primenu.

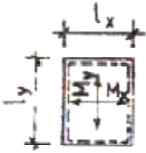
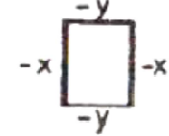
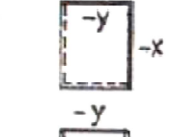
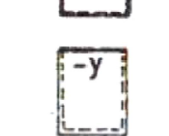
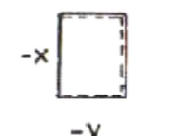
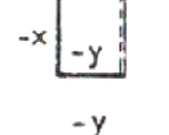
U slučaju jednako podeljenog opterećenja q , koje deluje upravno na srednju ravan ploče, ukupno opterećenje ploče određujemo kao $P = q l_x l_y$. Za definisane uslove oslanjanja bira se tip ploče i za odnos raspona l_y/l_x određuju se koeficijenti k_i , pomoću kojih se sračunavaju momenti u polju i nad osloncem; ovi uticaji dati su na jedan metar širine ploče:

$$M_i = k_i P \quad [kNm/m]$$

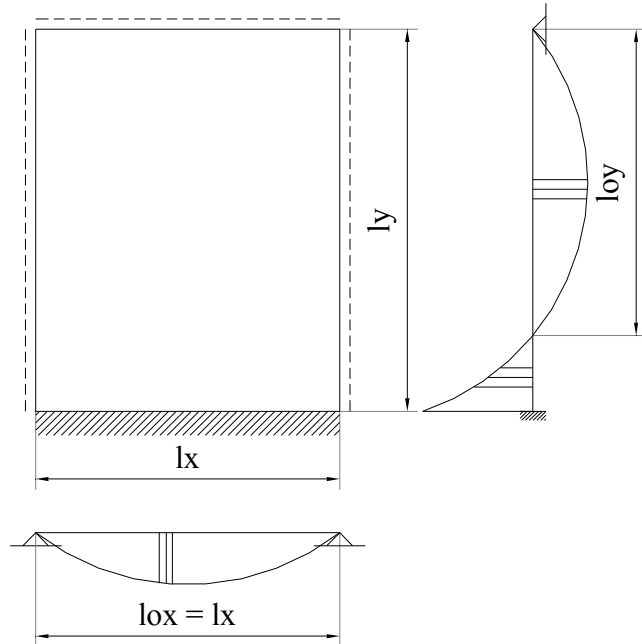
Tabulisane su vrednosti koeficijenata za karakteristične uticaje (polje, oslonac) za različite odnose raspona i načine oslanjanja.

Pojedinačne ploče – tablični slučajevi



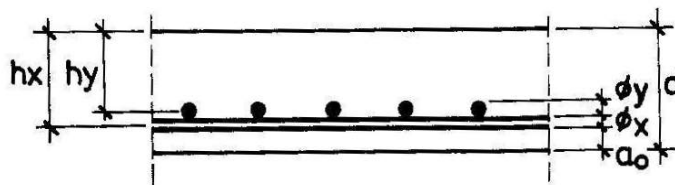
		$l_y : l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	P $q l_x l_y$ (kN)
uključena ivica slobodno oslonjena ivica		M_x	0,044	0,047	0,049	0,051	0,052	0,052	0,053	0,052	0,052	0,051	0,050	M $k_x P$ (kNm/m)
		M_y	0,044	0,041	0,038	0,034	0,032	0,029	0,026	0,024	0,022	0,020	0,019	
		M_x	0,021	0,023	0,023	0,024	0,020	0,020	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	
		M_y	0,021	0,019	0,017	0,015	0,013	0,011	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	
		$-X$	0,052	0,054	0,053	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048	0,046	0,044	0,042	
		$-Y$	0,052	0,049	0,047	0,044	0,041	0,038	0,036	0,034	0,032	0,030	0,029	
		M_x	0,028	0,030	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	
		M_y	0,028	0,025	0,023	0,021	0,019	0,017	0,014	0,014	0,012	0,011	0,010	
		$-X$	0,068	0,070	0,071	0,071	0,070	0,069	0,067	0,065	0,063	0,061	0,059	
		$-Y$	0,068	0,065	0,062	0,059	0,055	0,051	0,049	0,046	0,043	0,041	0,040	
		M_x	0,022	0,026	0,028	0,032	0,035	0,037	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043	
		M_y	0,032	0,032	0,031	0,030	0,029	0,027	0,026	0,024	0,023	0,021	0,020	
		$-Y$	0,070	0,072	0,073	0,072	0,072	0,070	0,068	0,066	0,064	0,062	0,060	
		M_x	0,032	0,031	0,030	0,029	0,028	0,027	0,026	0,024	0,023	0,022	0,021	
		M_y	0,022	0,018	0,015	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	
		$-X$	0,070	0,067	0,064	0,061	0,058	0,055	0,052	0,050	0,047	0,044	0,042	

Dimenzionisanje i armiranje krstastih ploča



$$\min d_p = \min l_0 / 35; \quad \min l_0 = \min(l_{0x}, l_{0y})$$

Poprečni presek dimenzija $b/d = 100/d_p$



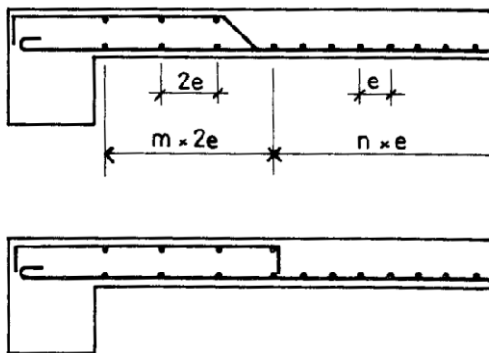
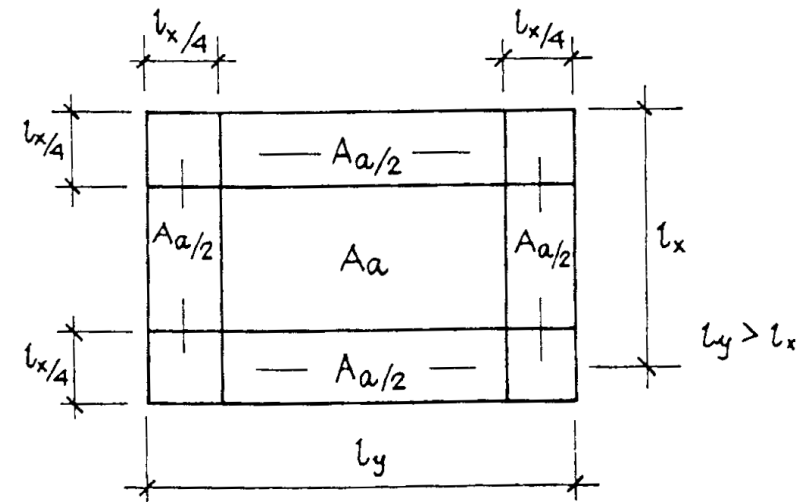
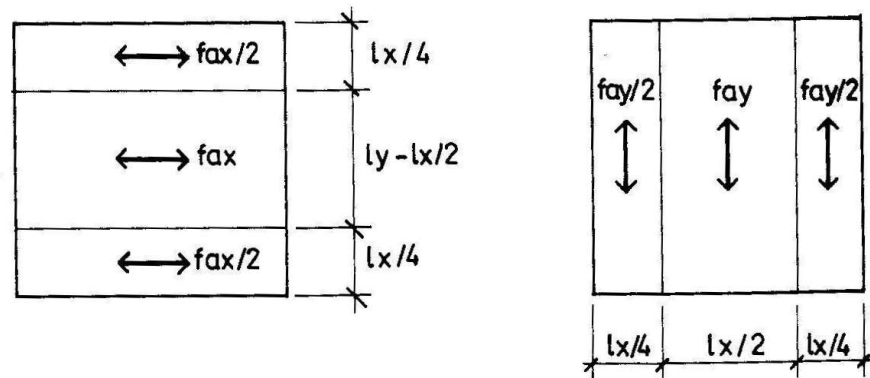
$$h_x = d - a_o - \phi_x / 2$$

$$h_y = d - a_o - \phi_x - \phi_y / 2$$

$$M_x > M_y$$

Gornja zona kao kod ploče u jednom pravcu, A_a i A_{ap}

Rasposed armature



Generalno važe pravila kao za ploče u jednom pravcu

Za armiranje donje zone Q mreže, za gornju R

Maksimalni razmaci šipki, minimalna armatura

a. glavna armatura:

- jednako podeljeno opterećenje:
$$e_a \leq \begin{cases} 2 d_p \\ 20 \text{ cm} \end{cases}$$

- koncentrisano opterećenje:
$$e_a \leq \begin{cases} 1.5 d_p \\ 20 \text{ cm} \end{cases}$$

b. podeona armatura:

- jednako podeljeno opterećenje:
$$e_{ap} \leq \begin{cases} 4 d_p \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

- koncentrisano opterećenje:
$$e_{ap} \leq \begin{cases} 3 d_p \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

	$\mu_{\min}$	$\mu_{p, \min}$
GA 240/360	0.15%	0.10%
RA 400/500	0.10%	0.085%
MA 500/560	0.075%	0.075%

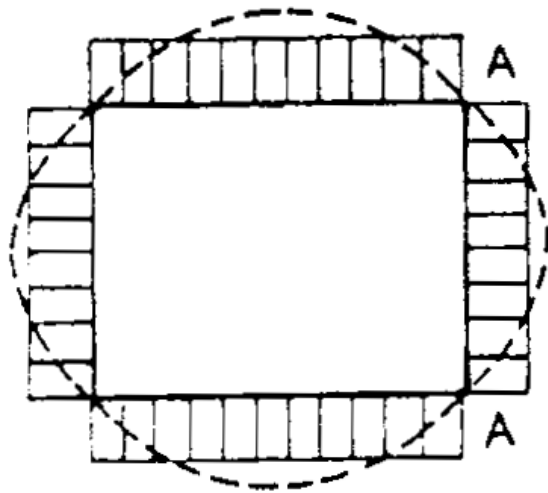
Proračun reakcija krstastih ploča

Raspodela reakcija je približno parabolična.

Za proračun se usvaja ravnomerno raspodeljena reakcija, eventualno linearno promenljiv trougaon raspored.

Proračun korišćenjem tablica:

$$\text{ukupna reakcija } Q_i = r_i P \quad (P = q l_x l_y)$$

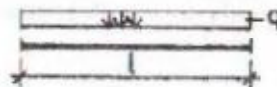


Koeficijenti f_j za određivanje rezultante reakcije oslonca kristalo arizirane ploče,
oslonjene na sve četiri strane, opterećenih jednako podejenim opterećenjem q (kN/m²)

$$P = q l_x l_y \text{ (kN)} \quad Q = r_j P \text{ (kN)}$$

$l_y:l_x$		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0		
Q_1	Q_2	Q_1	Q_1	0,250	0,260	0,272	0,280	0,288	0,296	0,304	0,310	0,316	0,322	0,327
	Q_2	Q_2	Q_2	0,250	0,240	0,228	0,220	0,212	0,204	0,196	0,190	0,184	0,178	0,173
Q_1	Q_3	Q_1	Q_1	0,220	0,232	0,244	0,254	0,264	0,273	0,281	0,290	0,296	0,302	0,308
	Q_3	Q_2	Q_2	0,330	0,313	0,298	0,285	0,272	0,262	0,251	0,242	0,234	0,227	0,220
	Q_3	Q_3	Q_3	0,230	0,223	0,214	0,207	0,200	0,192	0,187	0,178	0,174	0,169	0,164
Q_1	Q_3	Q_2	Q_2	0,330	0,346	0,362	0,376	0,387	0,399	0,410	0,418	0,426	0,434	0,442
	Q_3	Q_2	Q_2	0,230	0,240	0,246	0,252	0,257	0,261	0,264	0,270	0,274	0,276	0,278
	Q_3	Q_3	Q_3	0,220	0,207	0,196	0,186	0,178	0,170	0,163	0,156	0,150	0,145	0,140
Q_1	Q_2	Q_1	Q_1	0,198	0,211	0,223	0,234	0,244	0,254	0,262	0,270	0,278	0,285	0,292
	Q_2	Q_2	Q_2	0,302	0,289	0,277	0,266	0,256	0,246	0,238	0,230	0,222	0,215	0,208
Q_1	Q_2	Q_1	Q_1	0,302	0,315	0,326	0,334	0,342	0,350	0,356	0,361	0,367	0,372	0,377
	Q_2	Q_2	Q_2	0,198	0,185	0,174	0,166	0,158	0,150	0,144	0,139	0,133	0,128	0,123
Q_1	Q_3	Q_2	Q_2	0,292	0,313	0,331	0,346	0,360	0,370	0,380	0,390	0,400	0,410	0,419
	Q_3	Q_2	Q_2	0,208	0,217	0,226	0,233	0,241	0,247	0,252	0,256	0,260	0,263	0,266
	Q_3	Q_3	Q_3	0,292	0,274	0,257	0,244	0,230	0,221	0,212	0,204	0,196	0,189	0,182
	Q_3	Q_3	Q_3	0,208	0,196	0,186	0,177	0,169	0,162	0,156	0,150	0,144	0,138	0,133
Q_1	Q_3	Q_2	Q_2	0,262	0,282	0,300	0,316	0,329	0,344	0,354	0,365	0,376	0,386	0,394
	Q_3	Q_2	Q_2	0,190	0,200	0,210	0,218	0,227	0,234	0,240	0,245	0,250	0,254	0,258
	Q_3	Q_3	Q_3	0,274	0,259	0,245	0,233	0,222	0,211	0,203	0,195	0,187	0,180	0,174
Q_1	Q_2	Q_1	Q_1	0,274	0,285	0,297	0,309	0,318	0,326	0,334	0,341	0,347	0,353	0,358
	Q_2	Q_2	Q_2	0,190	0,182	0,174	0,165	0,158	0,152	0,146	0,141	0,136	0,131	0,126
	Q_2	Q_3	Q_3	0,262	0,248	0,232	0,217	0,206	0,196	0,186	0,177	0,170	0,163	0,158
Q_1	Q_2	Q_1	Q_1	0,250	0,266	0,279	0,291	0,302	0,312	0,320	0,327	0,333	0,339	0,345
	Q_2	Q_2	Q_2	0,250	0,234	0,221	0,209	0,198	0,188	0,180	0,173	0,167	0,161	0,155

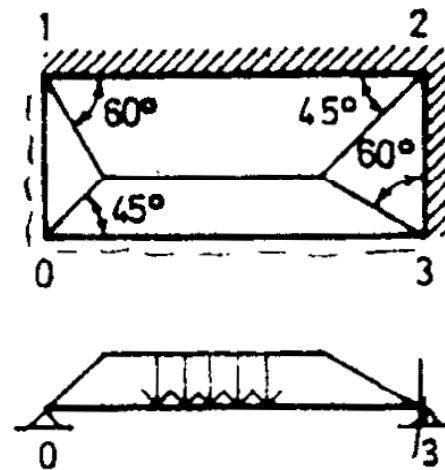
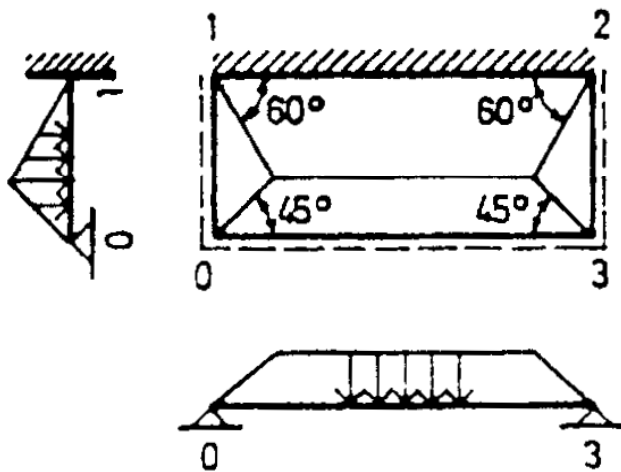
Približno opterećenje
oslonake grede



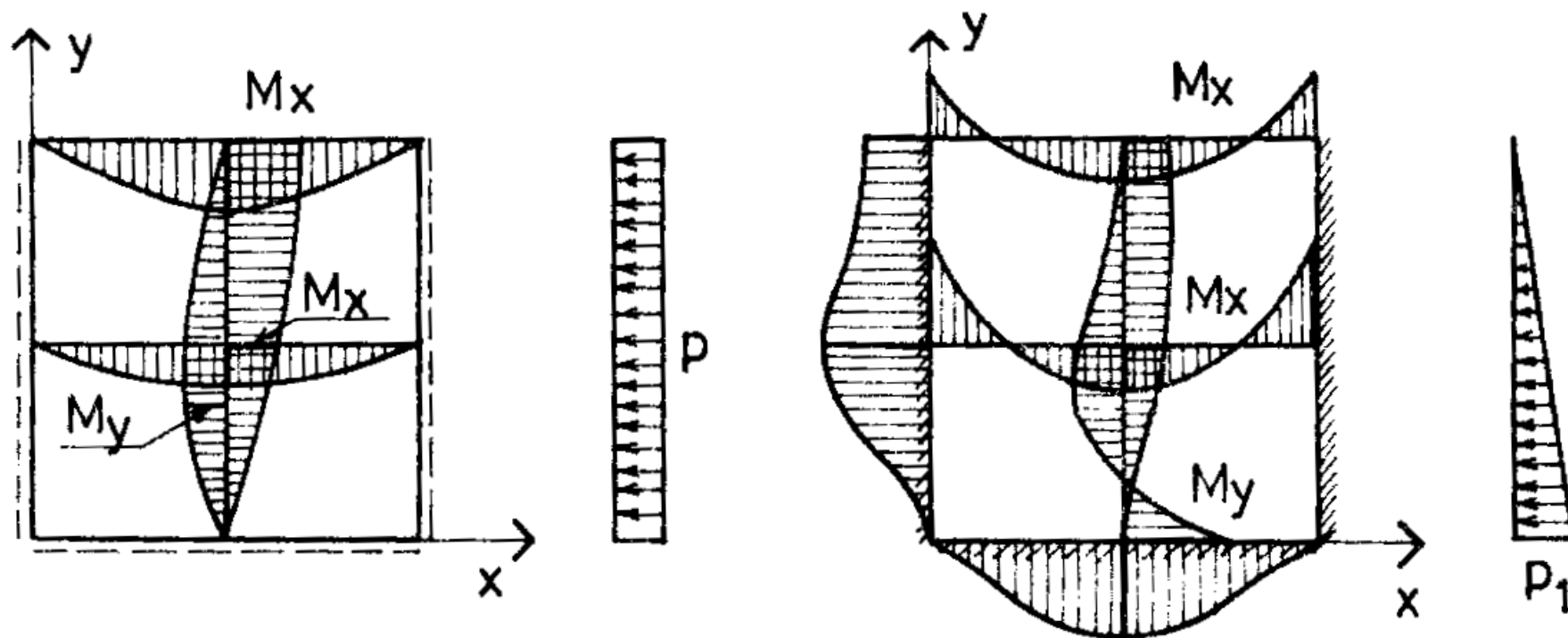
$$q = \frac{Q}{l}$$

— uklještena ivica
----- slobodno oslonjena ivica

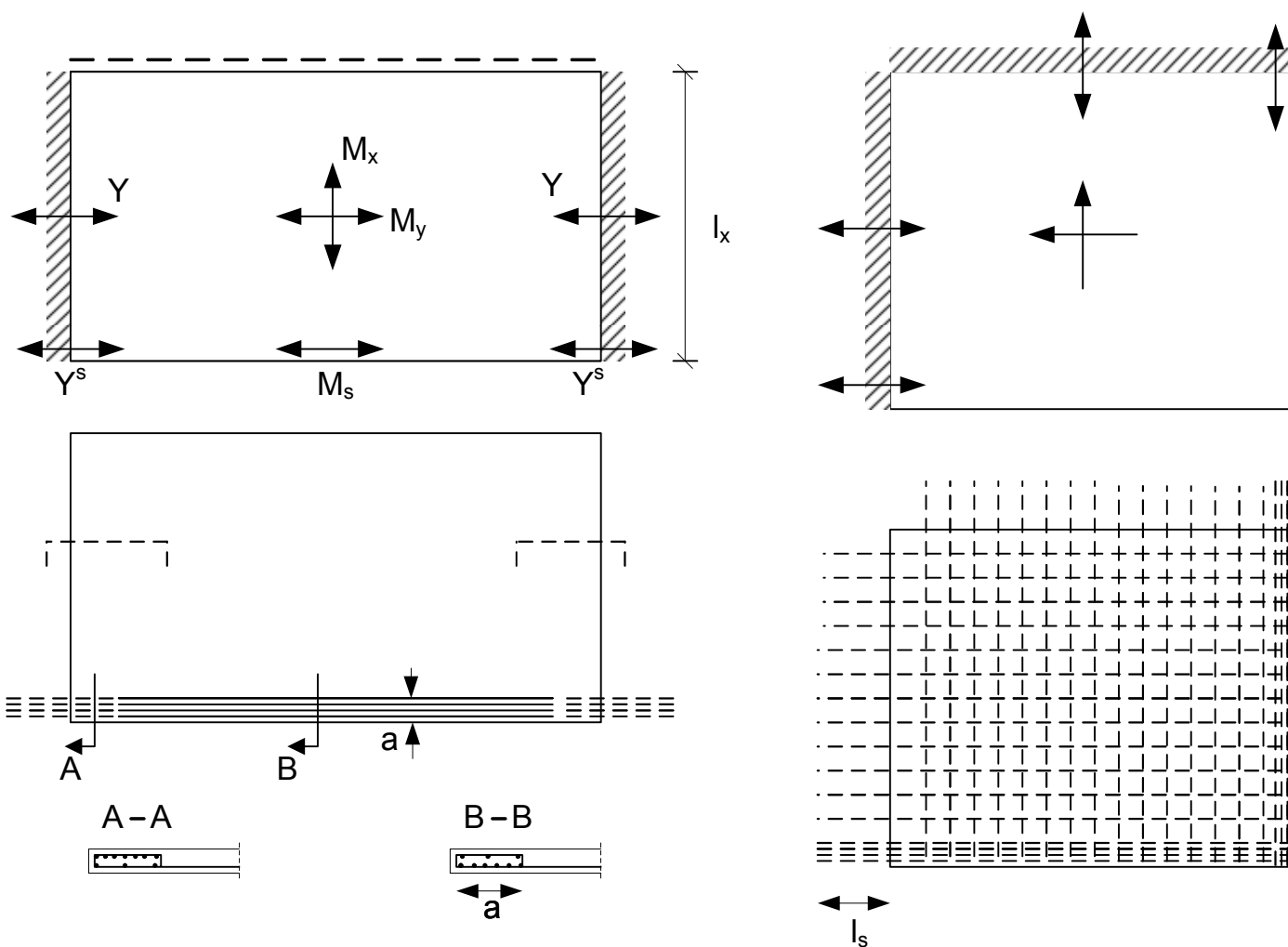
U nedostatku tablica, reakcije ploča se mogu dovoljno tačno odrediti prema pripadajućim površinama.



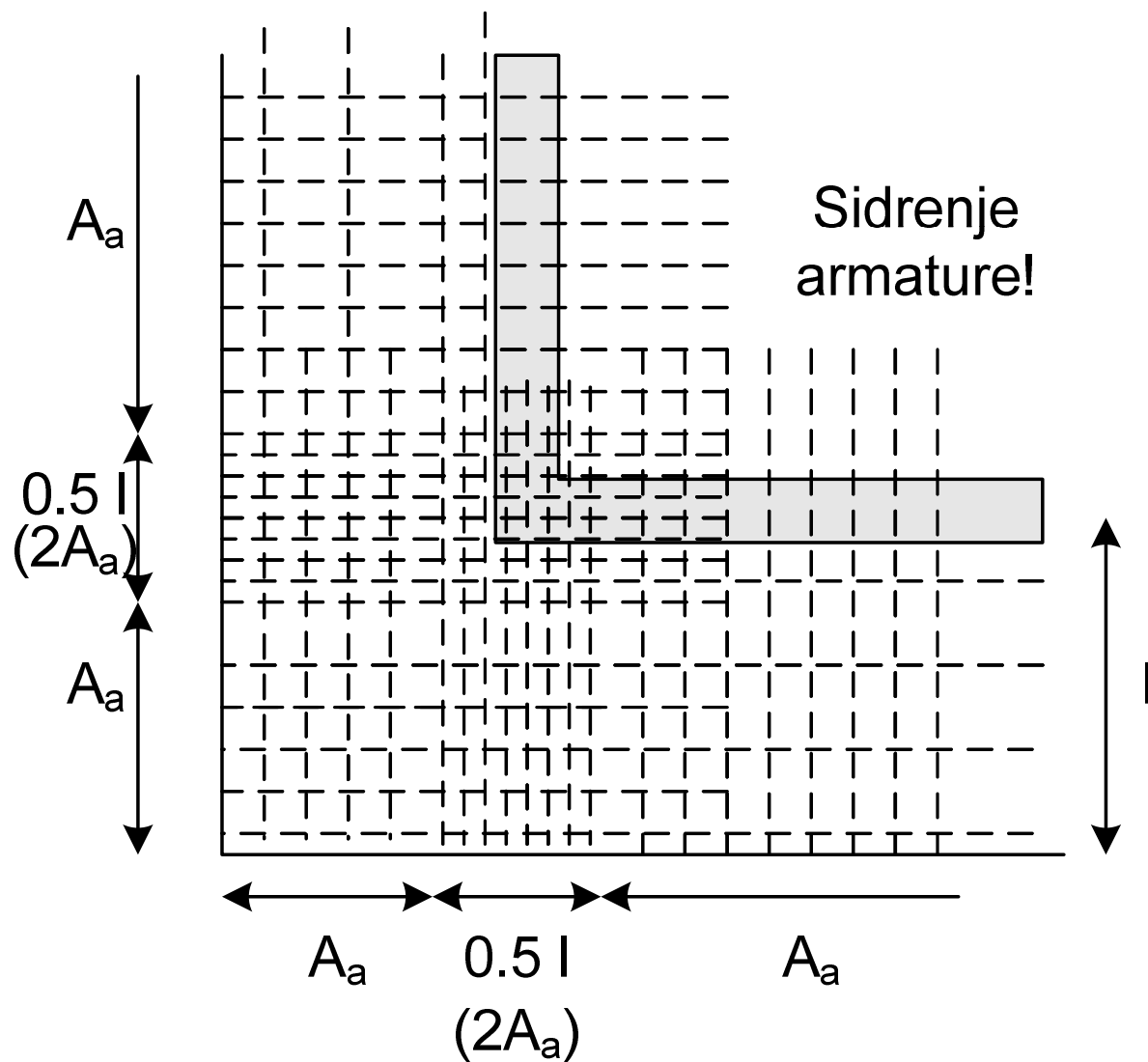
Ploče sa slobodnim ivicama



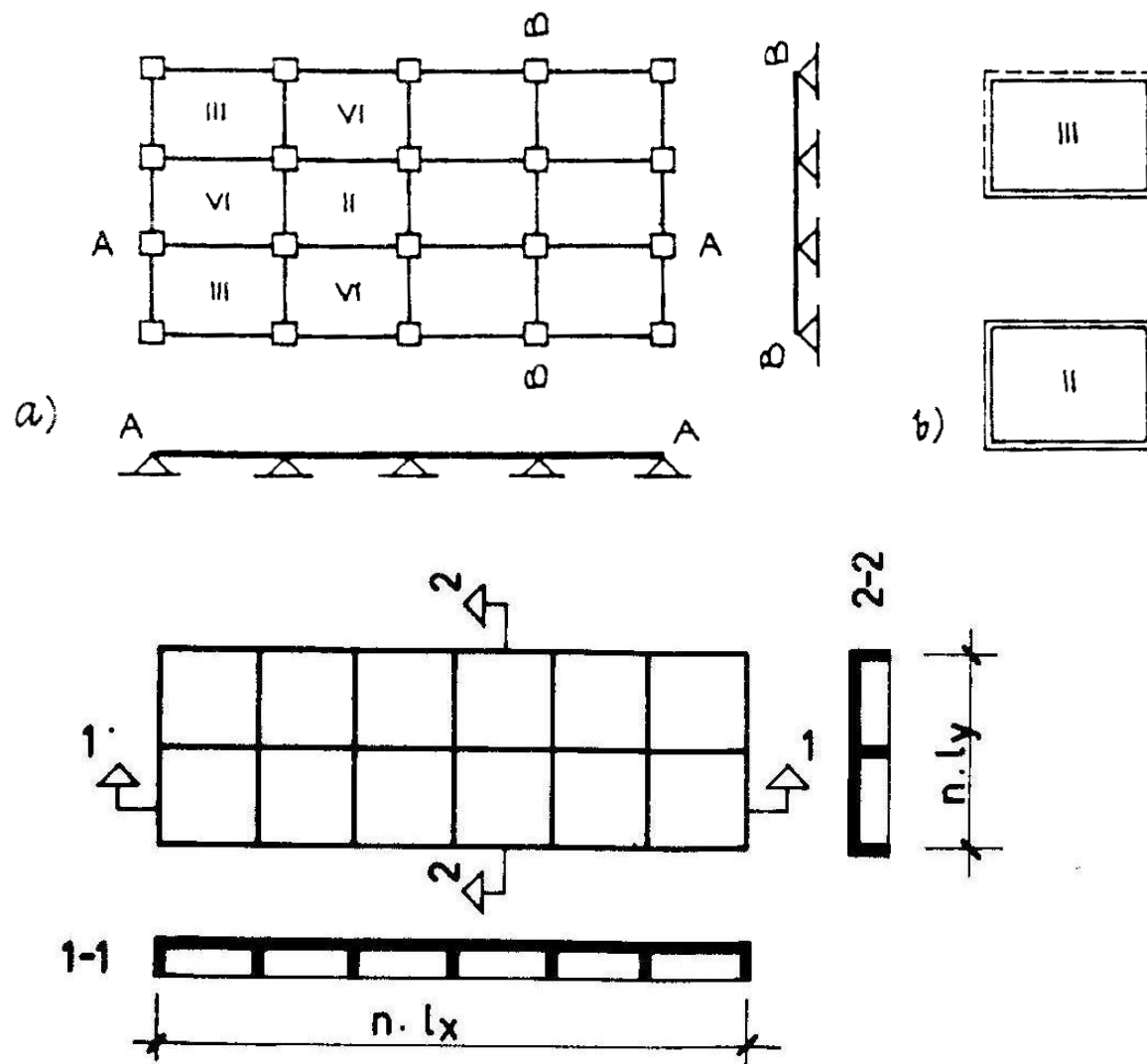
Ploče sa slobodnim ivicama - balkonske ploče



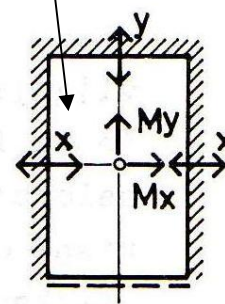
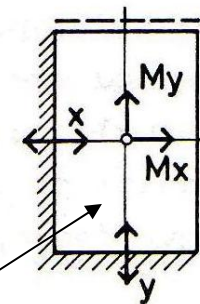
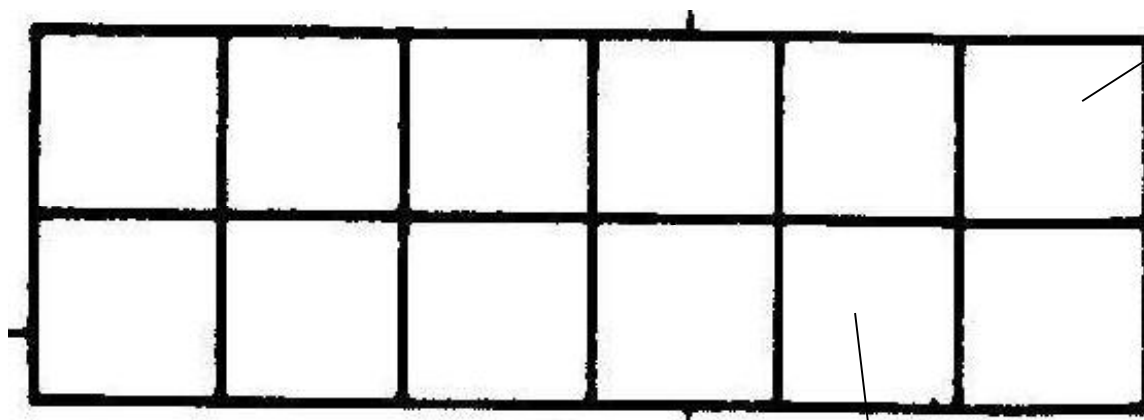
Balkonska ploča na uglu



Kontinualne krstasto armirane ploče

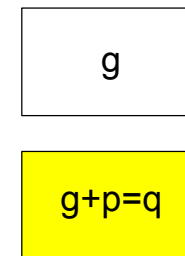
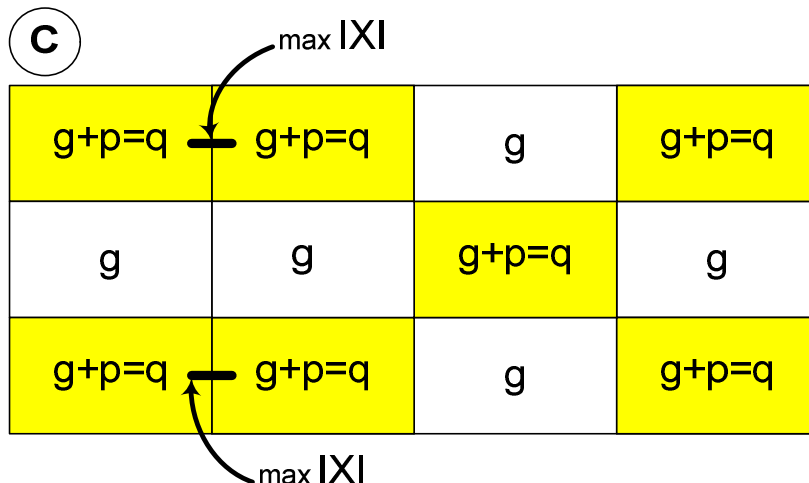
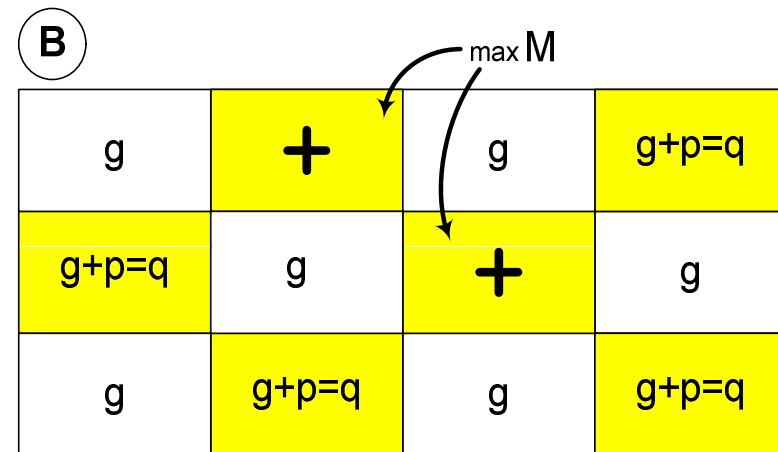
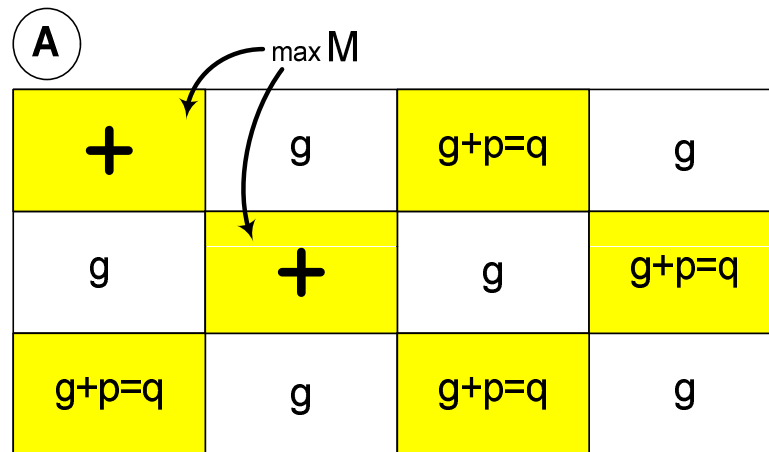


Veza tabličnih slučajeva pojedinih polja u okviru kontinualnih krstastih ploča

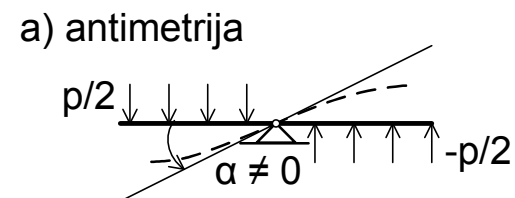
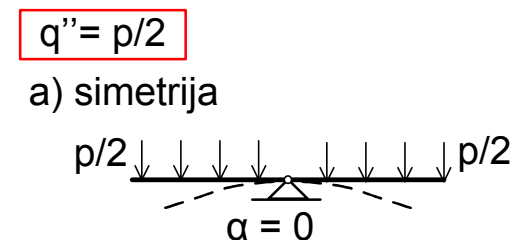
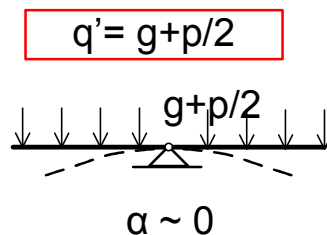
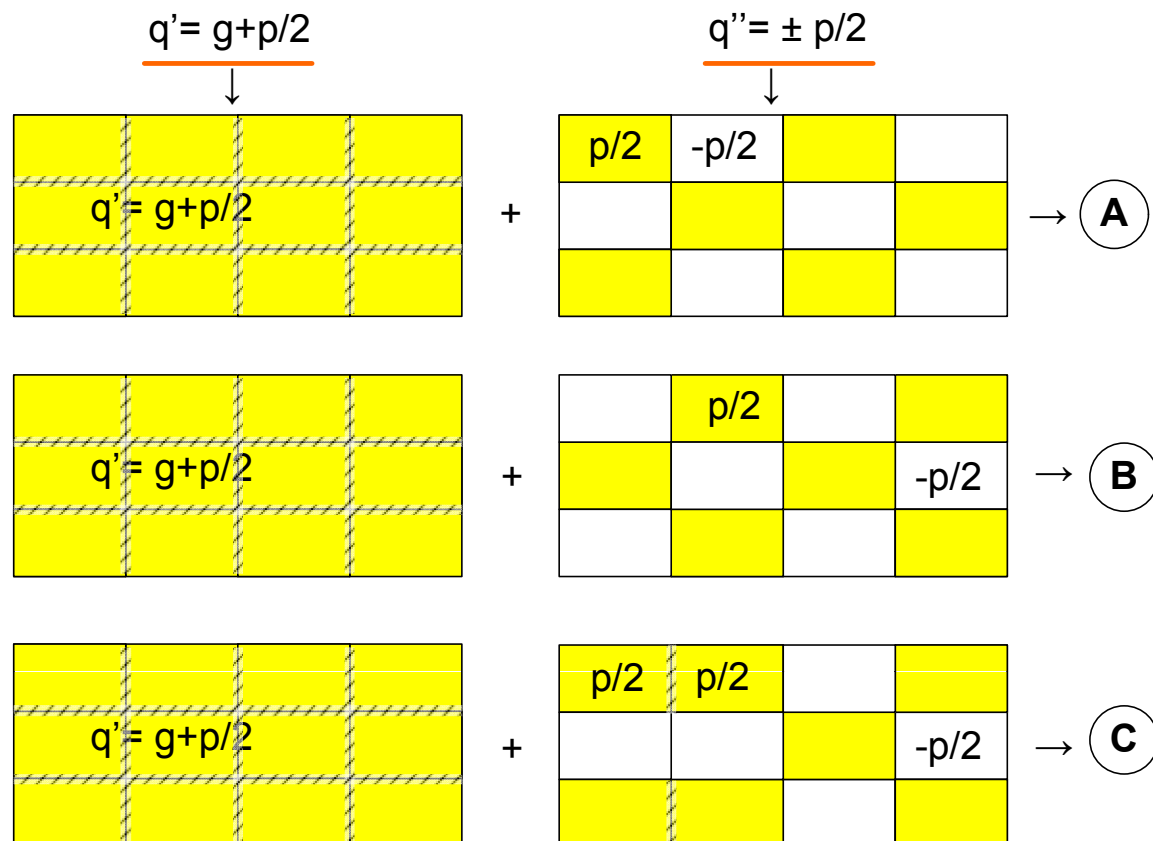


Proračun za ekstremne uticaje

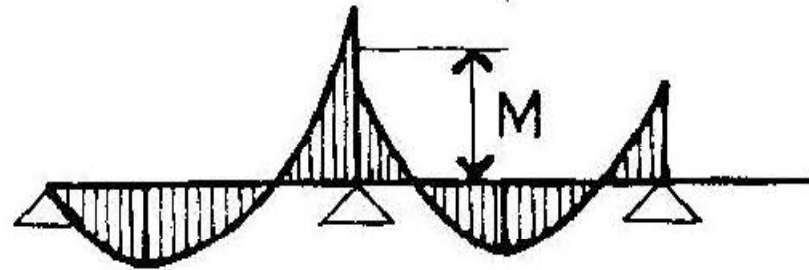
Kada je pokretno (korisno) opterećenje veliko (veće od stalnog) i kada postoji mogućnost da se ono nađe u položaju da izazove ekstremne uticaje u kontinualnim pločama (npr. stovarišta, magacini) → određivanje ekstremnih vrednosti statičkih uticaja. Sva polja se opterećuju stalnim opterećenjem, a korisnim samo ona polja da bi se dobili ekstremni uticaji prema uticajnim površinama (koristi se analogija sa uticajnim linijama za linijske sisteme).



Proračun ekstremnih uticaja pomoću proračuna pojedinačnih ploča tabličnim slučajevima



a	c	a
b ↔ d		b
↔ a	c	a



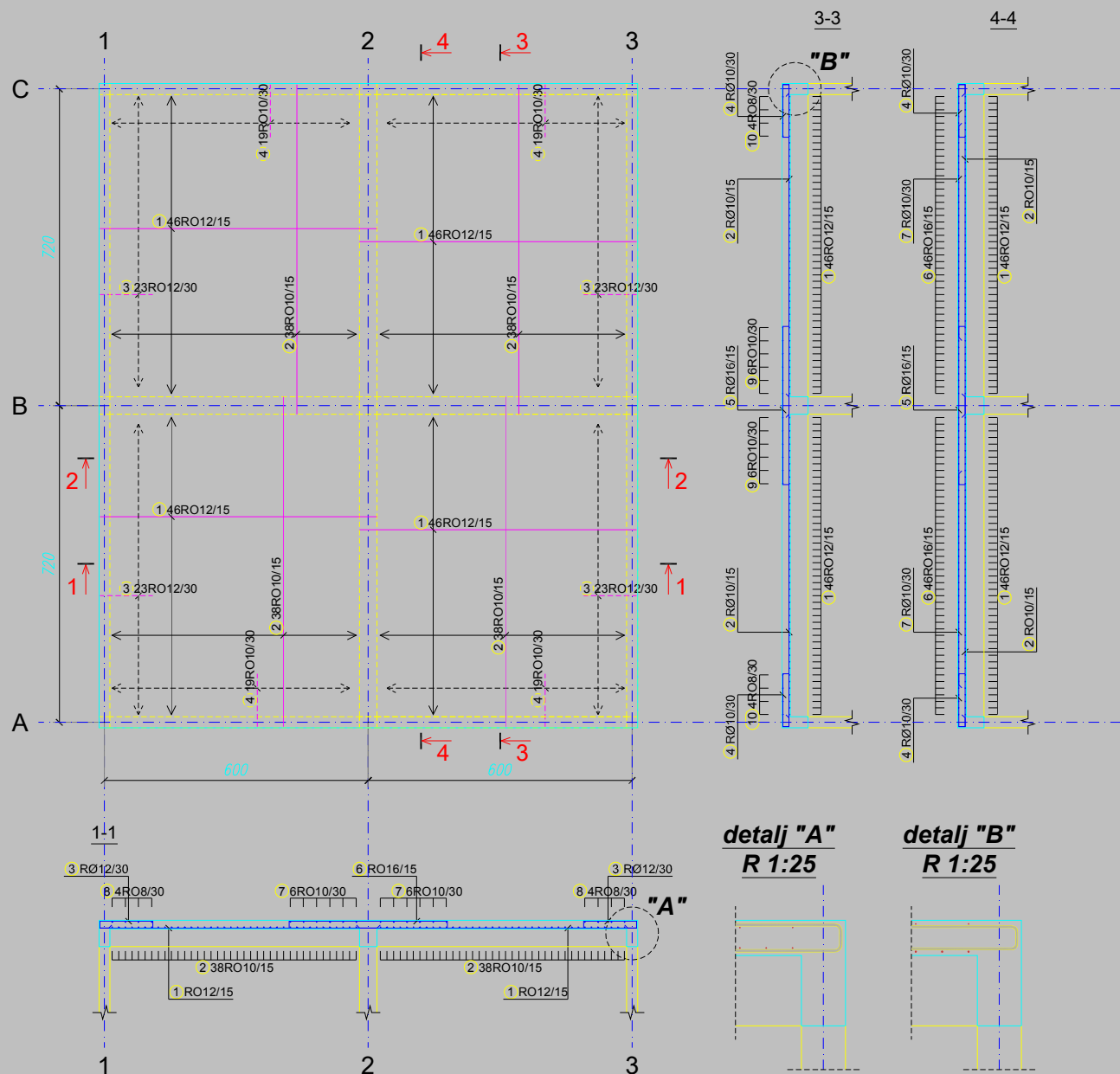
$$\max M'_x = M'_x + M''_x = k'_x P' + k''_x P''$$

$$P' = q' \cdot l_x \cdot l_y \quad P'' = q'' \cdot l_x \cdot l_y$$

$$\max |X| = 0.5 (X'_l + X'_d) + 0.5 (X''_l + X''_d)$$

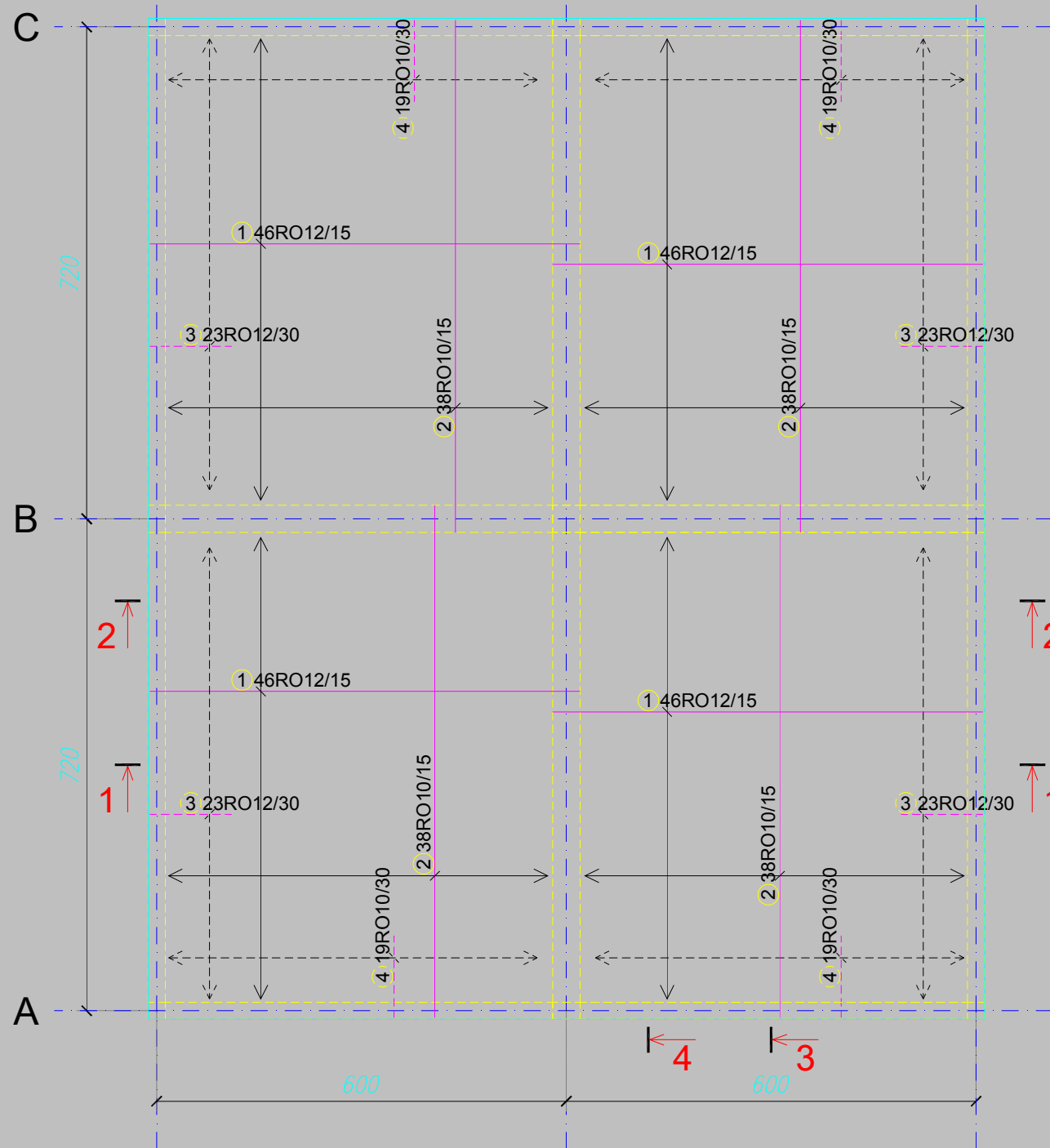
DONJA ZONA

11 560RO10 (4 kom./m2)



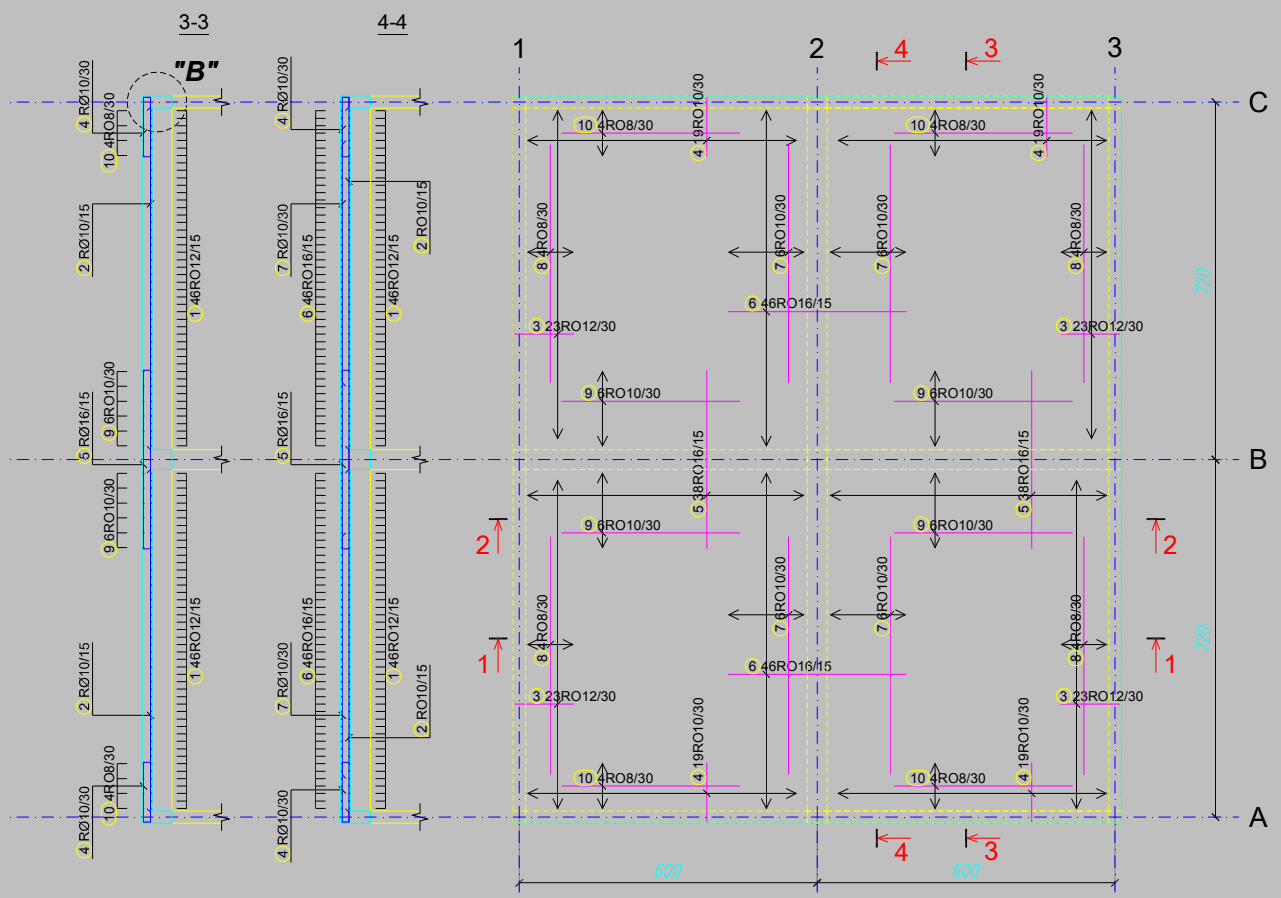
detalj "A"
R 1:25

detalj "B"
R 1:25

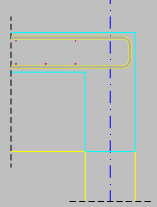


11 560RO10 (4 kom./m2)

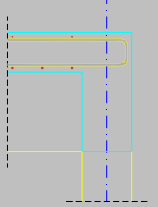
GORNJA ZONA



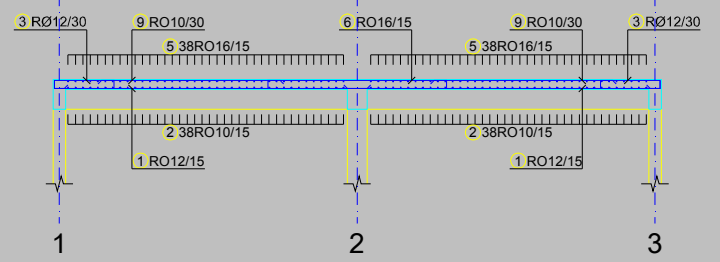
detalj "A"
R 1:25

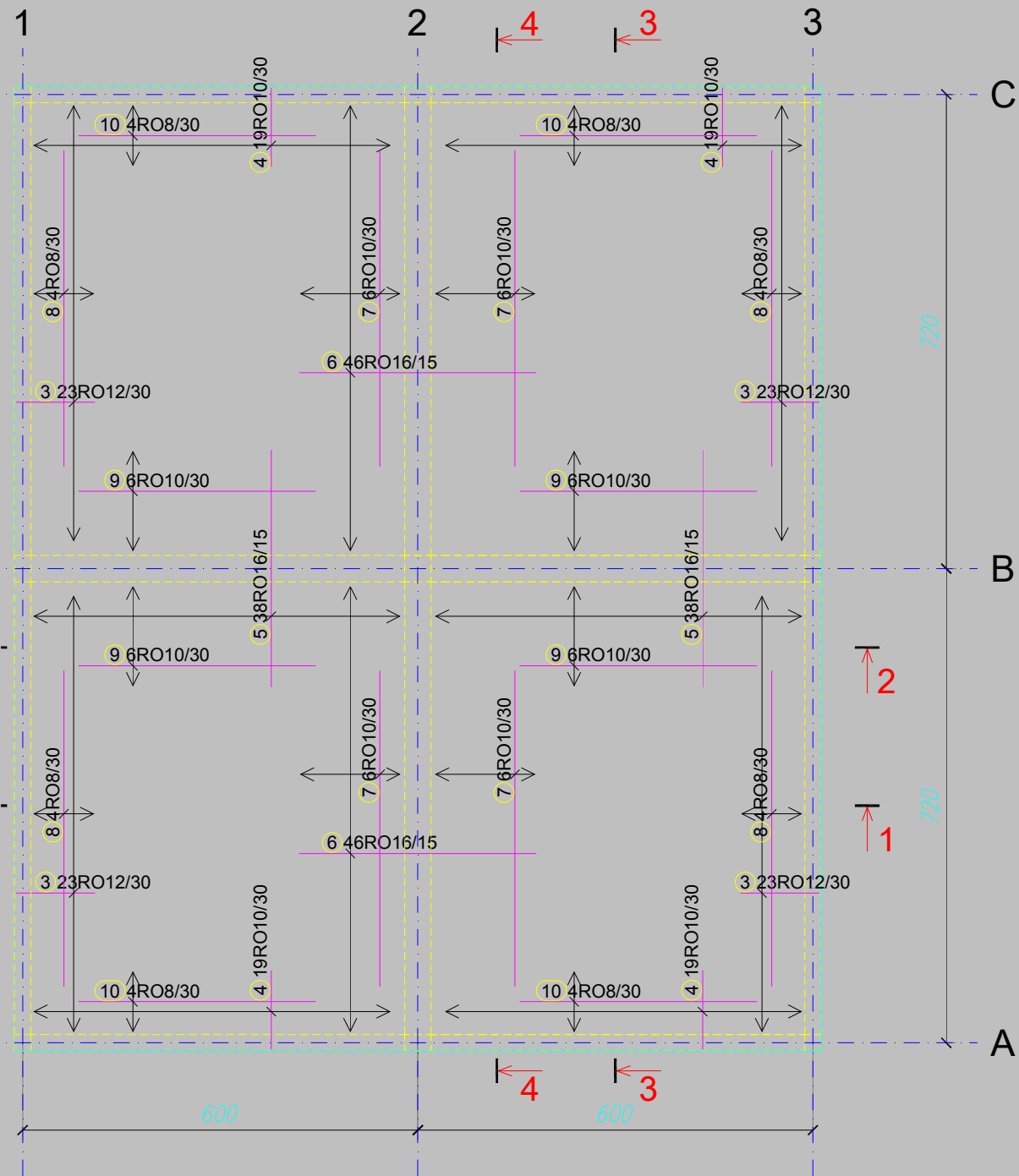


detalj "B"
R 1:25



2-2





1-1

3 RØ12/30

8 4RØ8/30

6 RØ16/15

7 6RØ10/30

7 6RØ10/30

3 RØ12/30

8 4RØ8/30

"A"

2 38RØ10/15

1 RØ12/15

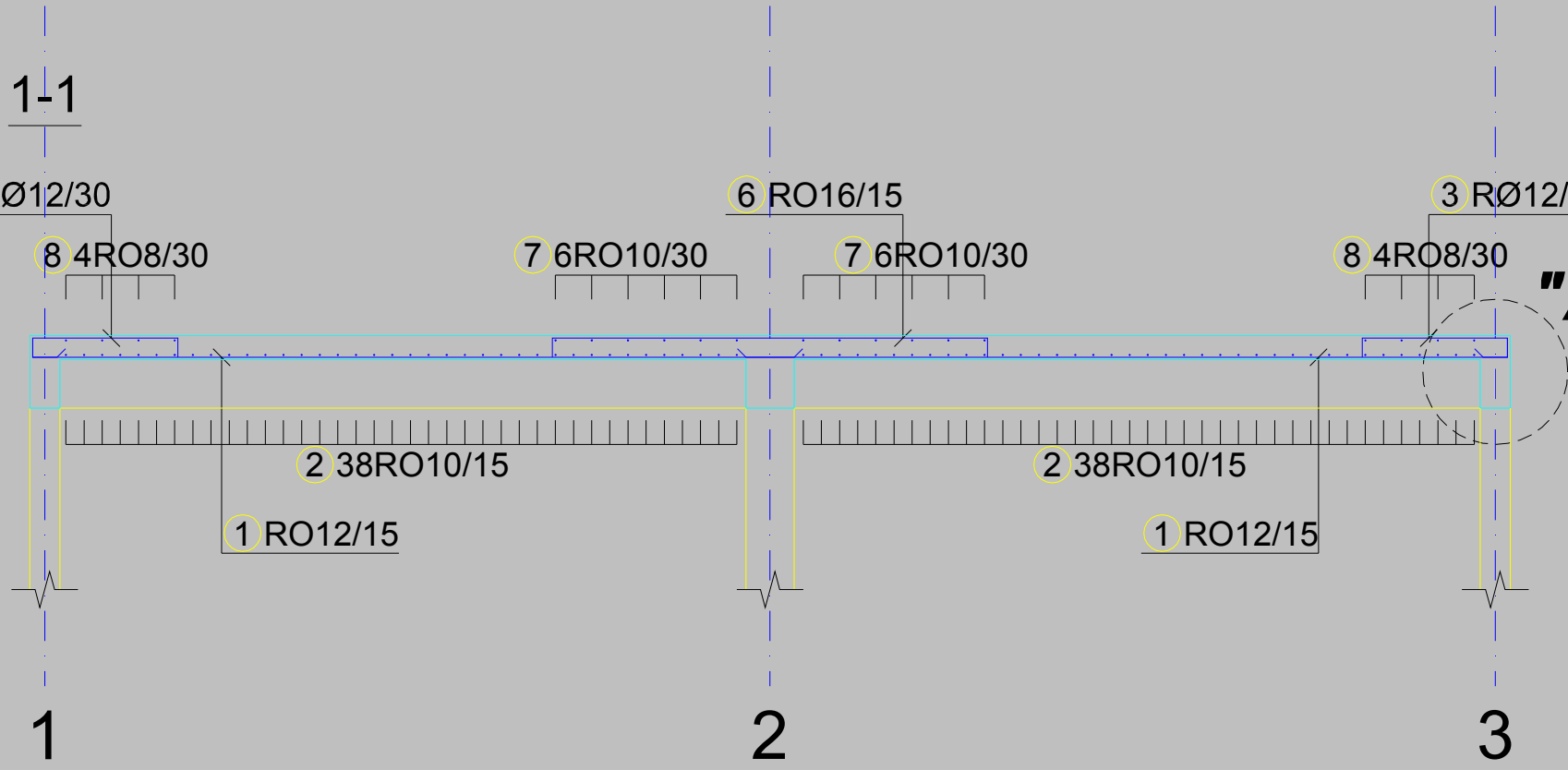
2 38RØ10/15

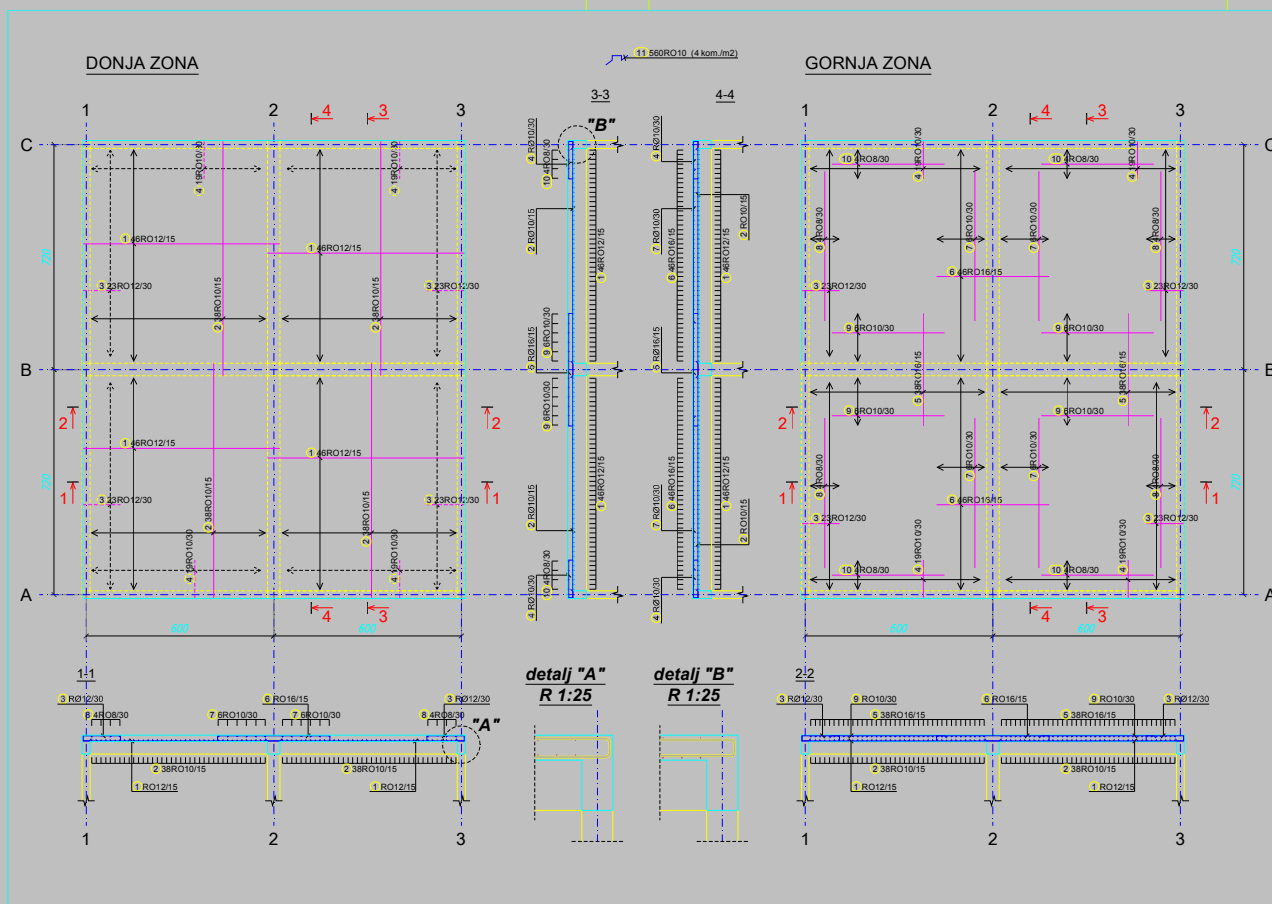
1 RØ12/15

1

2

3





Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mere [cm]	C	O mm	lg [m]	n [kom]
POS 200 (1 kom)					
1	5	RA2	12	6.46	184
2	14	RA2	10	7.64	152
3	15	RA2	12	1.72	92
4	3	RA2	10	1.68	76
5	14	RA2	16	3.88	76
6	16	RA2	16	3.92	92
7	480	RA2	10	4.80	24
8	480	RA2	8	4.80	16
9	360	RA2	10	3.60	24
10	360	RA2	8	3.60	16
11	30	RA2	10	1.08	560

Šipke - rekapitulacija			
O [mm]	lg [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
RA2			
8	134.40	0.41	54.43
10	2095.36	0.63	1326.36
12	1346.88	0.91	1227.01
16	655.52	1.62	1062.60
Ukupno			3670.40

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU			
ODSEK ZA KONSTRUKCIJE		KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE	
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA I		PRIMERI ZA VEZBE - LIST br.6	
PREDMETNI NASTAVNIK: PROF.DR D. NAJĐANOVIĆ		ASISTENT: M. STOJANOVIĆ	KANDIDAT:
PLAN ARMATURE POS 200			
KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500	RAZMERA CRTEŽA R 1:100/25	FORMAT CRTEŽA 297x600 mm	SKOLSKA 2008/2009. OVEŠA: