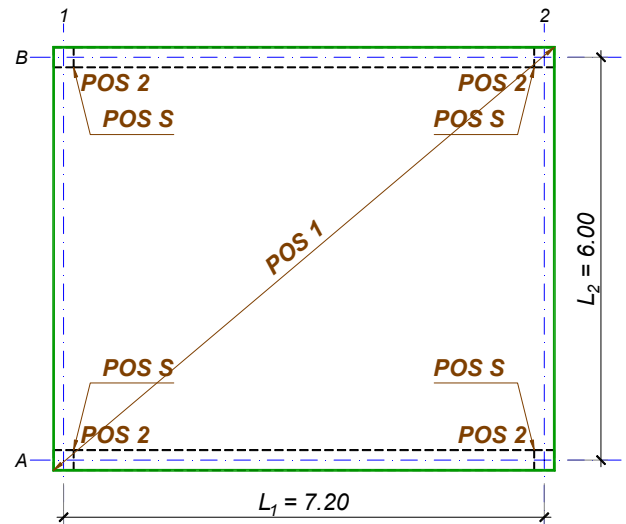


1 PRORAČUN PLOČE POS 1

Ploča dimenzija $6.0 \times 7.2 \text{ m}$ u osnovi oslonjena je na dve paralelne grede POS 2, koje su oslonjene na stubove POS S u uglovima ploče. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem $\Delta g = 2.0 \text{ kN/m}^2$ (slojevi poda i plafona), kao i povremenim opterećenjem $p = 4.0 \text{ kN/m}^2$. Potrebno je dimenzionisati ploču i grede, nacrtati planove oplata i armature i uraditi specifikaciju i rekapitulaciju. Kvalitet materijala usvojiti po sopstvenom izboru.



1.1 USVAJANJE DEBLJINE PLOČE

Kako je ploča oslonjena samo na dve paralelne grede POS 2, proračunava se kao ploča u jednom pravcu, raspona $L = L_2 = 6.0 \text{ m}$, bez obzira na odnos dimenzija u osnovi.

Obično je kriterijum za usvajanje debljine ploče ugib ploče. Smatra da je ugib u dopuštenim granicama ukoliko je debljina ploče odabrana u skladu sa članom 207 PBAB 87:

»Ako se stanje deformacija ne dokazuje posebno, najmanja debljina ploče koja se računa u jednom ili dva pravca treba da iznosi $1/35$ manjeg raspona, odnosno odstojanja nultih tačaka dijagrama momenata kod kontinualnih ili uklještenih ploča. Ako odstojanje nultih tačaka nije određeno statičkim proračunom, može se uzeti da to odstojanje iznosi $4/5$ raspona.«

$$d_{p,\min.} = \frac{L_0}{35} = \frac{600}{35} = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } d_p = 18 \text{ cm}$$

1.2 ANALIZA OPTEREĆENJA I PRORAČUN STATIČKIH UTICAJA

a. stalno opterećenje

- sopstvena težina ploče	$d_p \times \gamma_b = 0.18 \times 25 =$	4.5 kN/m^2
- dodatno stalno opterećenje	$\Delta g =$	2.0 kN/m^2
ukupno, stalno opterećenje	$g =$	6.5 kN/m^2

b. povremeno opterećenje	$p =$	4.0 kN/m^2
--------------------------	-------	----------------------

$$M_g = 6.5 \times 6.0^2 / 8 = 29.25 \text{ kNm/m} \quad ; \quad M_p = 4.0 \times 6.0^2 / 8 = 18.0 \text{ kNm/m}$$

$$T_g = 6.5 \times 6.0 / 2 = 19.5 \text{ kN/m} \quad ; \quad T_p = 4.0 \times 6.0 / 2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

1.3 DIMENZIONISANJE

1.3.1 Dimenzionisanje prema momentima savijanja

$$M_u = 1.6 \times M_g + 1.8 \times M_p = 1.6 \times 29.25 + 1.8 \times 18 = 79.2 \text{ kNm/m}$$

Kako povećanje marke betona vrlo malo smanjuje količinu armature za savijanje a naponi smicanja su, po pravilu, manji od računске čvrstoće τ_r , dovoljno je usvojiti beton MB 30:

$$\text{MB 30} \quad \Rightarrow \quad f_B = 20.5 \text{ MPa} = 2.05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{RA 400/500} \quad \Rightarrow \quad \sigma_v = 400 \text{ MPa} = 40.0 \text{ kN/cm}^2$$

Sva armatura je kod ploče smeštena u jedan red, tako da je:

$$a_1 = a_0 + \frac{\emptyset}{2}$$

gde je a_0 čist zaštitni sloj betona a \emptyset prečnik upotrebijene armature. Kako u zadatku nije posebno naglašeno, smatra se da se ploča nalazi u uslovima umereno agresivne sredine («napolju») pa propisana vrednost zaštitnog sloja iznosi $a_0 = 2$ cm (član 135 PBAB 87).

pretp. $a_1 = 3$ cm $\Rightarrow h = 18 - 3 = 15$ cm ; $b = 100$ cm = 1.0 m

$$k = \frac{15}{\sqrt{\frac{79.2 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 2.413 \Rightarrow \varepsilon_b / \varepsilon_a = 3.177 / 10\text{‰} ; \bar{\mu} = 19.049\%$$

$$A_{a, \text{potr.}} = 19.049 \times \frac{100 \times 15}{100} \times \frac{2.05}{40} = 14.64 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Kod ploča se ne usvaja broj, već prečnik i rastojanje profila. Na proračunskoj širini od 1 m¹ broj profila n površine preseka $a_a^{(1)}$ i površina armature A_a su:

$$n = \frac{100 \text{ cm}}{e_a} \Rightarrow A_a = n \times a_a^{(1)} = \frac{100 \times a_a^{(1)}}{e_a}$$

Broj profila n nije potrebno zaokruživati na ceo broj, jer stvarna širina ploče ionako nije 1 m, nego, u konkretnom slučaju, $L_1 = 7.20$ m. Dakle, ne usvaja se broj komada šipki nego njihov prečnik i osovinsko rastojanje e_a .

pretp. $\emptyset 14$ ($a_a^{(1)} = 1.54 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow e_a = \frac{100 \times a_a^{(1)}}{A_{a, \text{potr.}}} = \frac{100 \times 1.54}{14.64} = 10.5 \text{ cm}$

usvojeno: **RØ14/10** (15.39 cm²/m)

U slučaju da je sračunato rastojanje profila premalo - manje od 10 cm (u krajnjem slučaju 7.5 cm), potrebno je odabrati šipku većeg prečnika. Obratno, u slučaju da je sračunato rastojanje preveliko – veće od dopuštenog, potrebno je odabrati šipku manjeg prečnika.

Upravno na pravac pružanja glavne armature postavlja se podeona, čija površina treba da iznosi minimalno 20% potrebne glavne armature za slučaj dejstva jednako raspodeljenog opterećenja, odnosno 65% glavne armature za slučaj dejstva linijskog ili koncentrisanog opterećenja.

$$A_{ap} = 0.20 \times A_{a, \text{potr.}} = 0.20 \times 14.64 = 2.93 \text{ cm}^2/\text{m}$$

pretp. $\emptyset 10$ ($a_{ap}^{(1)} = 0.785 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow e_{ap} = \frac{100 \times a_{ap}^{(1)}}{A_{ap, \text{potr.}}} = \frac{100 \times 0.785}{2.93} = 26.8 \text{ cm}$

usvojeno: **RØ10/25** (3.14 cm²/m)

Napomene:

Minimalni procenti armiranja glavnom, odnosno podeonom armaturom iznose:

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

Maksimalna dopuštena rastojanja glavne, odnosno podeone armature na mestima maksimalnih uticaja iznose:

$$e_{a, \text{max}} = 2 \times d_p \quad (1.5 \times d_p) \leq 20 \text{ cm} \quad (\text{glavna armatura})$$

$$e_{ap, \text{max}} = 4 \times d_p \quad (3 \times d_p) \leq 30 \text{ cm} \quad (\text{podeona armatura})$$

Vrednosti u zgradama se odnose na slučaj kada je ploča opterećena linijskim (koncentrisanim) opterećenjem.

Svi zahtevi vezani za konstruisanje, proračun i armiranje ploča koje prenose opterećenje u jednom pravcu su sadržani u članovima 204-213 Pravilnika BAB 87.

1.3.2 Kontrola glavnih napona zatezanja

$$T_u = 1.6 \times T_g + 1.8 \times T_p = 1.6 \times 19.5 + 1.8 \times 12 = 52.8 \text{ kN/m}$$

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \times z} \approx \frac{T_u}{b \times 0.9 \times h} = \frac{52.8}{100 \times 0.9 \times 15} = 0.039 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nije potrebno osiguranje armaturom od glavnih napona zatezanja¹.

2 PRORAČUN GREDE POS 2

Grede POS 2 su slobodno oslonjene, raspona 7.2 m, opterećene stalnim i povremenim opterećenjem sa ploče POS 1 i sopstvenom težinom.

Usvojena je širina poprečnog preseka $b=25$ cm, dok se visina usvaja najčešće u granicama od 1/10 do 1/12 raspona. Za proračun statičkih uticaja usvojena je visina poprečnog preseka $d = L/12 = 720/12 = 60$ cm, koja će, po potrebi, biti korigovana.

2.1 ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$\text{sopstvena težina POS 2 } b \times d \times \gamma_b = 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m}$$

$$\text{od ploče POS 1 } \underline{R_g^{\text{POS 1}} = 6.5 \times 6.0 / 2 = 19.50 \text{ kN/m}}$$

$$\text{ukupno, stalno opterećenje } g = 23.25 \text{ kN/m}$$

$$\text{povremeno opterećenje } R_p^{\text{POS 1}} = 4.0 \times 6.0 / 2 = 12.00 \text{ kN/m}$$

$$M_g = 23.25 \times 7.2^2 / 8 = 150.7 \text{ kNm} \quad ; \quad M_p = 12.0 \times 7.2^2 / 8 = 77.8 \text{ kNm}$$

$$T_g = 23.25 \times 7.2 / 2 = 83.7 \text{ kN} \quad ; \quad T_p = 12.0 \times 7.2 / 2 = 43.2 \text{ kN}$$

2.2 DIMENZIONISANJE

$$M_u = 1.6 \times 150.7 + 1.8 \times 77.8 = 381.0 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 6 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 6 = 54 \text{ cm}$$

$$B = \min. \left\{ \begin{array}{l} b_1 + b + \frac{0.25}{3} \times l_0 \\ b_1 + b + 8 \times d_p \\ e / 2 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 25 + \frac{0.25}{3} \times 720 = 85 \\ 0 + 25 + 8 \times 18 = 169 \\ 600 / 2 = 300 \end{array} \right\} = 85 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči, pa se presek dimenzioniše kao pravougaoni, širine $B = 85$ cm:

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{381.0 \times 10^2}{85 \times 2.05}}} = 3.652 \Rightarrow \varepsilon_b / \varepsilon_a = 1.573 / 10\% ; \bar{\mu} = 7.888\% ; s = 0.136$$

$$x = s \times h = 0.136 \times 54 = 7.4 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

¹ Uobičajeno se ova kontrola ne sprovodi, jer su kod ploča opterećenih ravnomerno raspodeljenim opterećenjem glavni naponi zatezanja znatno manji od računске čvrstoće betona τ_r .

$$A_a = 7.888 \times \frac{85 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 18.92 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **5 RØ22** (19.01 cm²)

2.3 KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

$$T_u = 1.6 \times 83.7 + 1.8 \times 43.2 = 211.7 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{211.7}{25 \times 48.6} = 0.174 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\lambda = \frac{720}{2} \times \left(1 - \frac{0.11}{0.174}\right) = 132.7 \text{ cm}$$

$$\tau_n < 3\tau_r = 0.33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \tau_{Ru} = \frac{3}{2} \times (0.174 - 0.11) = 0.096 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno: $m = 2$, $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$ (vertikalne uzengije)

$$e_u = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{25 \times 0.096} \times 40 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \cot 45^\circ) = 33.2 \times a_u^{(1)}$$

pretp. URØ8 ($a_u^{(1)} = 0.503 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow e_u = 33.2 \times 0.503 = 16.7 \text{ cm}$

usvojeno: **URØ8/15** ($m=2$)

$$\Delta A_a = \frac{T_{mu}}{2\sigma_v} \times (\cot \theta - \cot \alpha) = \frac{211.7}{2 \times 40} \times (1 - 0) = 2.65 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **2 RØ22** (7.60 cm²)

3 GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

3.1 PLAN OPLATE

Plan oplate je izvođački crtež na kome su prikazani svi konstruktivni elementi u osnovi i dovoljnom broju poprečnih preseka. Mada ne postoji formalni pravilnik kako ovaj crtež izgleda, najčešće se izrađuje na jedan od dva načina:

- posmatrač je iznad predmetne međuspratne konstrukcije, koja se posmatra kao providna (isprekidanim linijama se prikazuju grede, stubovi i zidovi koji se nalaze ispod ploče). Horizontalni presek se radi tako da prođe kroz sve otvore (recimo, na približno 120 cm od poda, tako da se u osnovi prikažu položaji i vrata i prozora);
- posmatrač je ispod predmetne konstrukcije (vidi donju površinu ploče), pa se oslonački elementi (grede, stubovi, zidovi) vide u poprečnom preseku.

Prvi način se češće koristi jer tako pripremljeni planovi predstavljaju ujedno podlogu za izradu planova armature, što nikako ne znači da je drugi način pogrešan.

Razmera crteža zavisi od kompleksnosti konstrukcije i broja detalja (recimo, prodori za mašinske i druge instalacije). Uobičajene su razmere 1:50 do 1:100, sa uvećanim detaljima i lokalnim presecima, u meri u kojoj je to potrebno.

Najdebljim linijama (0.5 mm) se prikazuju elementi koji su prikazani u poprečnom preseku. Presečeni elementi od armiranog betona se šrafiraju ukrštenom šrafurom punim paralelnim linijama pod uglom od 45° na međusobnom rastojanju od 1 mm (ANSI 37) ili se senče

sivo (SOLID) ili svetlozeleno (kod crtanja crteža na providnom, paus papiru). Linije koje predstavljaju ivice elemenata prikazanih u izgledu su pune, debljine 0.35 mm. Elementi koji se nalaze ispod ploče (iza zida) se crtaju isprekidanim (HIDDEN) linijama debljine 0.25 mm, pri čemu je dužina crtica takva da se i na elementima najmanjih dimenzija (recimo, stubovi u preseku koji su ispod ploče) nedvosmisleno vidi da je linija isprekidana. Osovine se crtaju linijama debljine 0.2 mm, različitim po izgledu od isprekidanih (najčešće je to crtačka, tj. DASHDOT linija) dok se za oznake poprečnih preseka koriste ili lokalne oznake ili linije različite od osa ili isprekidanih linija (npr. CENTER). Kotne linije su debljine 0.15 mm a sve ostale linije (pomoćne linije, šrafura i sl.) su pune linije, najtanje moguće.

Oznake osovina se najčešće preuzimaju iz arhitektonskog dela projekta i moraju biti istovetne u svim delovima projektne dokumentacije. Ukoliko u zadatku nije zadat, potrebno je usvojiti osovine koje prolaze kroz sve (bitne) konstruktivne elemente i označiti ih (obično se koriste bročane oznake za pravac u kome ima više osovina, dok se upravni pravac označava slovnim oznakama). Ukoliko geometrija objekta nalaže, uvodi se i više pravaca osovina i mešovite oznake (recimo, A', A", A1 i slično). Poželjno je izbegavati dvosmislene oznake osovina (recimo, cifra »0« i slovo »O«), kombinacije ćirilčnih slova i arapskih cifara (recimo cifra »3« i slovo »3« ili cifra »4« i slovo »4«) ili upotrebu rimskih brojeva, što neki strani propisi vrlo precizno definišu.

Obavezan deo izrade projektne dokumentacije je **pozicioniranje** elemenata konstrukcije. Projektant ima slobodu kod pozicioniranja – uvođenja oznaka ploča, greda, zidova i stubova, ali oznake moraju biti jednoznačne u statičkom proračunu, na planovima oplata i armature. Pre masovne primene računara statički proračun je sproveden element po element, dok se danas vrlo često proračunski model čitave konstrukcije i rezultati proračuna prikazuju na jednom listu. Međutim, pozicioniranje je i dalje neophodno pre svega zbog planova armature, koji se daju zasebno za svaku gredu, zid ili stub. Oznake horizontalnih elemenata (ploča i greda) se obično vezuju za nivo na kome se nalaze (POS 320 je na trećem a POS 620 na šestom spratu), dok se zidovi i stubovi numerišu brojevima od 1 do n (može biti »problematično« kod dodavanja naknadnih elemenata konstrukcije, kada se narušava prvobitno uspostavljena logika numeracije) ili se prosto vezuju za osovine u kojima se nalaze (ukoliko se u jednoj osovini nalaze dva ili više zidova, mogu se označiti recimo kao POS Z1a, Z1b ili POS ZA1, ZA2 i slično). Stubovi se najčešće nalaze u preseku osovina, pa je vezivanje za njih i najjednostavniji način označavanja (POS SA1, S1B i slično), jer omogućava najbrže snalaženje. Elementi koji su POTPUNO jednaki mogu biti označeni istim oznakama, što nekada nije moguće sagledati na samom početku proračuna (recimo, mala izmena u geometriji nekog elementa na vrhu konstrukcije). Ovako odabrane oznake elemenata se čitko, slovima veličine 3 mm, ispisuju neposredno uz elemente konstrukcije (kod ploča se obično povlači jedna od dijagonala, a kod kontinualnih greda oznake ispisuju na krajevima).

Potrebno je vrlo detaljno iskotirati sve armiranobetonske elemente, kako u osnovi, tako i u preseku, sa obaveznim vezivanjem za izvedene elemente (sa prethodnih etaža) i/ili sistem osa. Podrazumevanih dimenzija nema (ose ne moraju nužno prolaziti kroz sredine elemenata). Kote moraju biti čitke (veličine minimalno 2.5 mm), uobičajeno se izražavaju u centimetrima, sa tačnošću od 0.5 cm.

U donjem desnom uglu crteža se formira pečat koji sadrži sve relevantne informacije o Investitoru, objektu, sadržaju, nazivu i rednom broju crteža, kvalitetu materijala, datumu i autoru, razmeri, vezi sa ostalim crtežima i slično. Kod jednostavnih crteža koji se rade u okviru školskih zadataka, u donjem desnom uglu je potrebno navesti naziv crteža, kvalitet materijala i razmeru. Crteži većeg formata od A4 se savijaju do te dimenzije tako da pečat bude vidljiv sa gornje strane.

U prilogu je dat plan oplata ploče POS 1, prikazan na oba pomenuta načina.

3.2 PLAN ARMATURE

Grafički, plan armature se crta na sličan način kao i plan oplate, pri čemu izbor razmere i ukupan broj listova zavisi od tipa elementa za koji se dokumentacija izrađuje (ploča, greda) i stepena njegove složenosti. Ovde će biti prikazani planovi armature za ploču POS 1 (najjednostavnija moguća, ploča koja prenosi opterećenje u jednom pravcu, sistema proste grede) i gredu POS 2 (takođe, sistema proste grede).

3.2.1 Izrada plana armature ploče

Plan armature ploče se, po pravilu, crta za dve odvojene zone – donju i gornju, baš kako se armatura i ređa u konstrukciji. Izuzetak je moguće napraviti samo kod veoma jednostavnih ploča bez otvora, kao što je slučaj u konkretnom primeru, gde se armatura gornje zone prikazuje npr. isprekidanim linijama, a iz poprečnog preseka i/ili datih detalja je jasno u gde se određena pozicija armature ugrađuje. Suprotno, u slučajevima ploča komplikovane geometrije sa velikim brojem otvora, kao i u pločama kod kojih je armatura smeštena u dva ili tri sloja u svakom od pravaca (recimo, temeljne ploče višeeetažnih objekata), broj crteža može biti i veći, pri čemu se na svakom od pojedinačnih crteža navode redni brojevi svih preostalih crteža koji se odnose na donju, odnosno gornju zonu.

Podloga za izradu plana armature je plan oplate opisan u tački 3.1 (prva varijanta). Tipovi linija su isti kao u planu oplate, ali se debljine smanje za jedan nivo, jer su najdeblje linije (0.5 mm) rezervisane za armaturu. Šipke se crtaju kao serije (ne crtaju se sve šipke u osnovi, već samo reprezentivi usvojene armature), sa kotnom linijom koja pokazuje na kojoj se dužini u osnovi šipke postavljaju. Tekstualna oznaka šipke sastoji se od pozicije (rednog broja), broja komada koji se postavlja na određenoj dužini, usvojenog prečnika i osovinskog rastojanja armature. Sve šipke istog oblika, prečnika i kvaliteta se označavaju istim brojem, bez obzira na međusobno rastojanje ili položaj u ploči (pravac, zona).

Usvojeni raspored armature se pregledno vidi iz osnove. Jedina nedostajuća informacija je položaj šipke po visini, odnosno da li se predmetna šipka nalazi u prvom ili drugom redu. Armatura se u pojedinim zonama ploče postavlja, po pravilu, u dva ortogonalna pravca (izuzetak su ploče složene geometrije gde pojedini delovi ploče zaklapaju ugao različit od 90° ili neke deblje temeljne ploče). Koja će se armatura naći u sloju sa manjom, odnosno većom statičkom visinom, određuje se statičkim proračunom, vodeći računa o svim relevantnim momentima savijanja². U konkretnom slučaju, jedina računski potrebna armatura je u donjoj zoni u pravcu raspona $L=6$ m, pa se usvojena armatura RØ16/10 smešta u prvi (donji) red donje zone, dok se usvojena podeona armatura RØ10/25 postavlja preko nje. Ova informacija se može dati u detalju u krupnijoj razmeri (prikaže se detalj armiranja kraja ploče u razmeri 1:25 i osnova u razmeri 1:100) ili komentaram uz seriju šipki (I red, II red i slično, uz obaveznu legendu šta npr. III red armature predstavlja). Crtanje čitavog poprečnog preseka nije neophodno, jer je potpuno nepregledan ukoliko je nacrtan u istoj razmeri kao osnova, a karikiranje razmere (recimo 1:25 za visinu preseka a 1:100 za dužinu) nije dopušteno.

3.2.2 Usvajanje armature za ploču POS 1

Računski potrebna armatura za ploču POS 1 se smešta u donju zonu u pravcu raspona, upravno na grede POS 2. Prema članu 168. PBAB neophodno je da se kod ploča preko krajnjeg, slobodnog oslonca (ovde se odnosi na oba oslonca, grede POS 2), prevede **najmanje polovina** armature iz polja (**donja zona**). Sidrenje ove armature se sprovodi uzimajući u obzir drugi stav ovog člana, za slučaj **indirektnog** oslanjanja (greda POS 2 kao oslonac

² O ovome će više reči biti kod krstasto armiranih ploča, gde se računski potrebna armatura pojavljuje u oba ortogonalna pravca

ploče je deformabilna)³. S druge strane, član 209. PBAB predviđa da se na krajnjim slobodnim osloncima ploča povije i prevede u **gornju zonu** najmanje **trećina do polovina** glavne armature. Rešenje koje zadovoljava odredbe oba pomenuta člana bilo bi rešenje sa usvojene dve pozicije glavne armature, kao što je prikazano na skici dole.

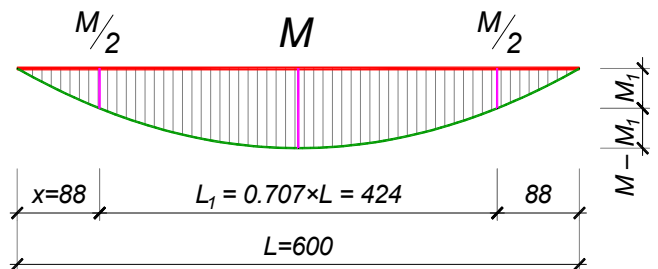
3.2.2.1 Varijanta 1

Princip vođenja armature duž nosača je isti kao i u slučaju grednog nosača. Konstruiše se linija **M/z**, čijim se pomeranjem za odgovarajuću vrednost **v** dobija linija zatežućih sila (predstavlja **potrebnu** površinu armature). Za odabrani profil i razmak lako je sračunati nosivost **usvojene** armature (horizontale koje presecaju liniju zatežućih sila) i odrediti statički potrebnu dužinu svake pojedinačne šipke. Na to je potrebno dodati dužinu sidrenja na oba kraja i šipku kotirati u odnosu na osovину ili oplatu.

Razlika u odnosu na gredne nosače je što se ne usvaja broj komada šipke armature, već njihovo međusobno rastojanje. Tako broj različitih šipki armature uglavnom biva ograničen na najviše dve pozicije, vodeći računa i o maksimalnom razmaku profila (član 208. PBAB).

Dakle, potrebno je **proceniti** ili tačno odrediti presek gde se moment savijanja ploče smanji na polovinu. Ovo drugo je lako moguće za jednostavne nosače i opterećenja. Prema skici desno, dužina L_1 je:

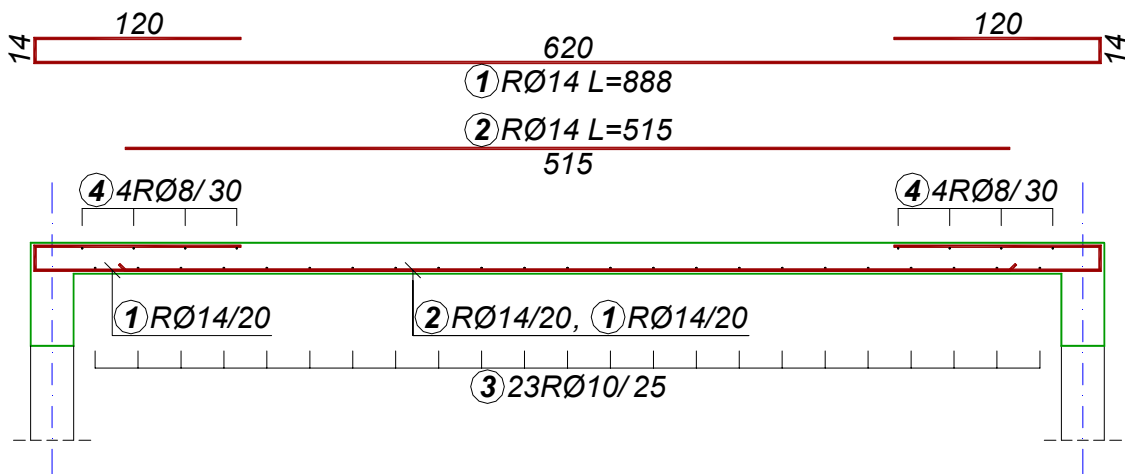
$$L_1 = L \times \sqrt{\frac{M - M_1}{M}}$$



pa sledi:

$$L_1 = L \times \sqrt{\frac{M - M/2}{M}} = \frac{L}{\sqrt{2}} = 424 \text{ cm} \Rightarrow x = \frac{L}{2} \times \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0.146 \times L = 88 \text{ cm}$$

Na donjoj skici je prikazano varijantno rešenje usvojene armature u poprečnom preseku. Oznake **1** i **2** u krugovima predstavljaju jedinstvenu oznaku šipke (poziciju), koja je razlikuje od svih ostalih po obliku, prečniku i vrsti armature. Rastojanje šipke u nastavku oznake predstavlja osovinsko rastojanje do sledeće šipke iste pozicije (savijene šipke označene brojem 1 se ređaju na međusobnom rastojanju od 20 cm, kao i prave šipke označene brojem 2; kako se ređaju naizmenično, rastojanje šipki u sredini raspona ploče je 10 cm, koliko je i usvojeno u statičkom proračunu).

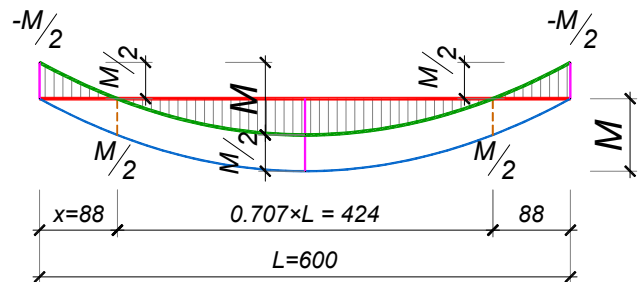


³ Slučaj "direktnog oslanjanja" u duhu ovog člana bilo bi oslanjanje ploče na armiranobetonski zid

Karakteristični oblici šipki, prikazani iznad preseka na prethodnoj skici, se obično nazivaju **specifikatori** (terminologija usvojena iz najzastupljenijeg računarskog programa za izradu detalja armature u zemlji). Služe da učine preglednijim usvojeni raspored armature, oblik i položaj šipki, pogotovu kod crteža izrađenih u sitnijoj razmeri. Ispisi na šipkama su dobijeni automatski (crtež je urađen pomenutim programom), ali nisu neophodni, jer se potrebni elementi ionako prikazuju na specifikaciji (izvodu) armature. Numeričke oznake predstavljaju **gabaritne** dužine pojedinih segmenata šipke (cifre 120, 14, 620) izražene u **centimetrima**, dok je sa L označena ukupna dužina šipke.

Šipka označena brojem **1** se postavlja od kraja do kraja nosača, pa ukupnu raspoloživu dužinu (osovinsko rastojanje + širina grede) treba umanjiti za dve debljine zaštitnog sloja ($600 + 25 - 2 \times 2.5 = 620$ cm). I visina savijene šipke je određena prema raspoloživom gabaritu ($d_p - 2 \times a_0 = 18 - 2 \times 2.0 = 14$ cm). Dužina šipke u gornjoj zoni je određena tako da pokrije čitavu zonu negativnih momenata, uvećanih za odgovarajuću dužinu sidrenja.

U gornju zonu je prevedena polovina armature iz polja pa je i nosivost usvojene armature dvaput manja od nosivosti preseka u donjoj zoni. Kako je prikazano na skici desno, kod razmatranog nosača sistema proste grede, "negativni" momenti savijanja se mogu javiti na dužini $x = 0.146 \times L = 88$ cm mereno od oslonca. Dodavanjem dužine sidrenja dobija se ukupna potrebna dužina šipke u gornjoj zoni:



$$L_1 = \left(\frac{b}{2} - a_1 \right) + x + L_{s,ef.} = \left(\frac{25}{2} - 2.5 \right) + 88 + 15 \times 1.4 \approx 120 \text{ cm}$$

Statički potrebna dužina šipke od $0.146 \times L$ (odnosno približno $0.15 \times L$) je ujedno i maksimalna dužina koja se može javiti u oslonačkoj zoni. Ukoliko ploča nije sistema proste nego kontinualne grede, ova se dužina smanjuje na približno $0.1 \times L$, što neće biti predmet daljih razmatranja. Dakle, dužina šipke uz slobodan oslonac u gornjoj zoni je uvek jednaka statički potrebnoj dužini (dužini zone u kojoj se javljaju "negativni" momenti) uvećanoj za odgovarajuću (efektivnu) dužinu sidrenja (ukupno $0.15 + 0.2 \times L$).

Dužina šipke označene brojem **2** je određena tako što se na statički potrebnu dužinu (424 cm) sa obe strane dodaje odgovarajuća dužina sidrenja:

$$MB 30, RA 400/500 \quad \Rightarrow \quad \tau_p = 1.75 \text{ MPa (član 149. PBAB)}$$

$$L_s = \frac{400}{4 \times 1.75 \times 1.8} \varnothing = 31.75 \varnothing = 31.75 \times 1.4 = 45 \text{ cm}^4$$

$$L_2 = \frac{L}{\sqrt{2}} + 2L_s = 424 + 2 \times 45 \approx 515 \text{ cm}^5$$

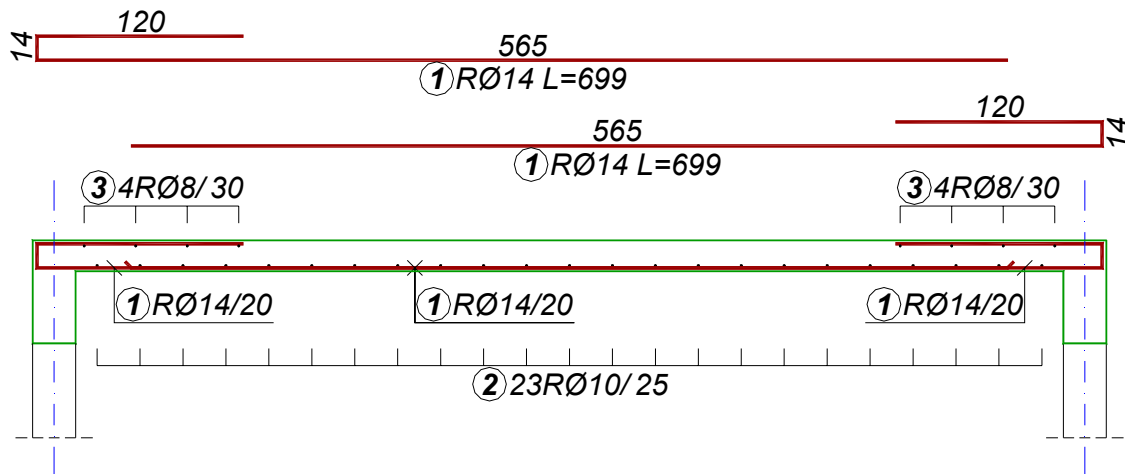
S obzirom na dužinu šipke **2**, istovremeno vodeći računa o maksimalnom dopuštenom rastojanju profila u ploči, nema smisla uvoditi nove pozicije armature.

⁴ S obzirom na uobičajene razmake šipki i način ugrađivanja betona, opravdano je smatrati da su sve šipke u ploči u uslovima dobre adhezije. Ovo predstavlja slobodnije tumačenje člana 149. Pravilnika BAB 87, utemeljeno i u odredbama relevantnih inostranih propisa, uključujući i EC-2.

⁵ Prilikom određivanja dužine šipke uvek se može računati sa efektivnom dužinom sidrenja $L_{s,ef.}$ koja je funkcija stvarnog napona u armaturi. Pomeranje linije M/z za vrednost $0.75 \times h$ ovde nije sprovedeno, s obzirom da nije potrebna računaska armatura za prihvatanje glavnih napona zatezanja, što predstavlja slobodnije tumačenje člana 167. Pravilnika BAB 87.

3.2.2.2 Varijanta 2

Sve šipke su istog oblika, označene kao pozicija **1**. Na jednom kraju šipke su savijene, a na drugom slobodne (praktično, šipka je dobijena od leve polovine šipke **1** i desne polovine šipke **2** iz prethodnog primera, tačka 3.2.2.1). Naizmenično se ređaju, tako da je savijeni kraj jednom sa leve, kod sledeće šipke sa desne strane ⁶.

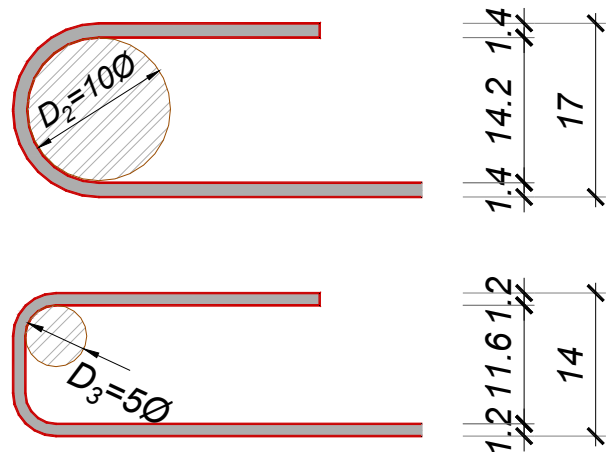


Druga varijanta je fleksibilnija od prethodne kad su greške (u okviru građevinskih tolerancija) u pitanju. Naime, nepreciznost može da nastane krivicom projektanta (nepažnja pri izradi detalja armature), izvođača (odstupanjem oplata od projektovanog položaja), odsustvom koordinacije (ne ažurirane izmene u projektu), usled netačnih podloga (geodetski snimci) i slično. Šta god da je uzrok odstupanja, armatura savijena na oba kraja po pogrešnim merama se mora seći i prepraviti, delimično i baciti.

Loša strana obe izložene varijante je ograničeno polje primene, jer nije moguće svaku šipku propisno saviti na napred opisani način.

Poluprečnici povijanja armature su definisani članovima 140 ÷ 147 Pravilnika BAB 87.

U opštem slučaju unutrašnji prečnik povijanja armature je $D_1=15\emptyset$. Kod formiranja kuke, prečnik povijanja je $D_2=10\emptyset$ a kod oblikovanja uzengija $D_3=5\emptyset$ (odnosi se na rebrastu armaturu).



Maksimalni prečnik uzengije je $R\emptyset12$ (član 140. PBAB), odakle se može zaključiti da je $\emptyset12$ najveći prečnik šipke koji se može saviti oko trna prečnika $5\emptyset$. Sledeći najmanji prečnik povijanja armature je $10\emptyset$ ⁷, što se može primeniti i na predmetnu šipku $R\emptyset14$. Dakle, korišćena šipka $R\emptyset14$ se

ne može oblikovati na predviđeni način, tako da joj je gabaritna dimenzija 14 cm (skica desno gore – minimalna gabaritna mera je 17 cm).

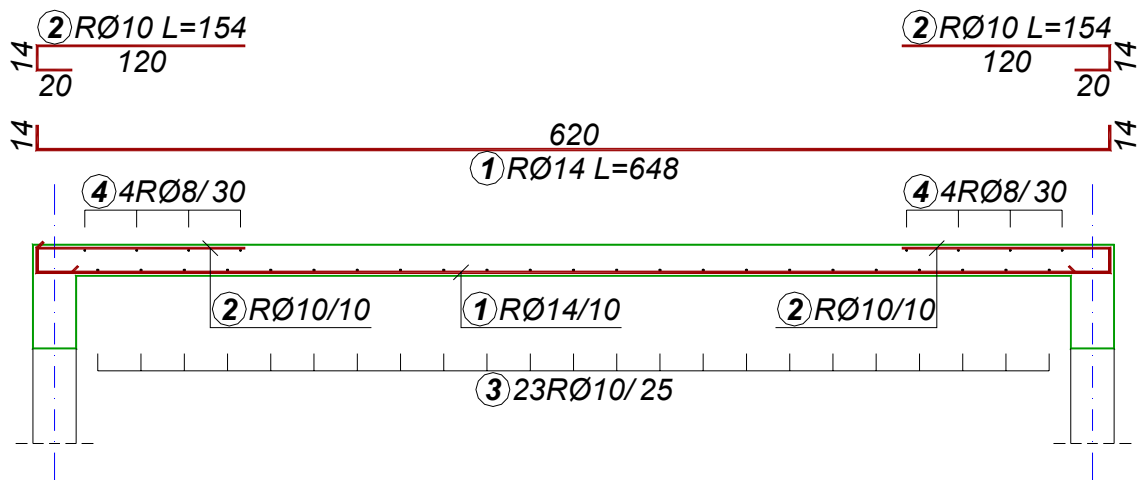
Kada se izloženo uzme u obzir, ovaj način oblikovanja šipki bi bio podesan za prečnike armature do **maksimalno $\emptyset12$ mm**.

⁶ U ovom slučaju su šipke namerno označene istom pozicijom (razlikuju se samo po položaju u konstrukciji). Isto tako, dopušteno je da ove šipke budu označene različitim pozicijama, ukoliko projektant smatra da je tako preglednije. U svakom slučaju, u osnovi je potrebno nacrtati dve serije šipki.

⁷ Ovo predstavlja nešto slobodnije tumačenje propisanih prečnika povijanja, jer je primenjeno uzastopno povijanje oko trna prečnika $D_2=10\emptyset$, što nije slučaj kod oblikovanja propisne kuke na šipki rebraste armature.

3.2.2.3 Varijanta 3

Ukoliko se šipka iz donje zone ne može ispravno saviti na napred opisani način, moguće je primeniti rešenje prikazano na donjoj skici.



Potrebna armatura u gornjoj zoni izvedena je u obliku ukosnice (šipka broj 2) i treba da obezbedi nosivost polovine do trećine nosivosti armature donje zone (član 209 PBAB). Kako je usvojena armatura istog kvaliteta kao u donjoj zoni, sledi:

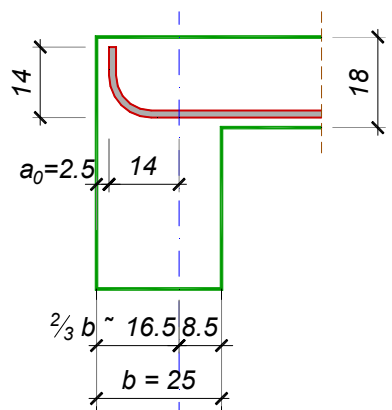
$$\frac{100 \times 0.785}{10} = 7.85 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{1}{2} \times \frac{100 \times 1.54}{10} = 7.70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Iz razloga navedenih u tački 3.2.2.2, ukosnice treba da budu prečnika **maksimalno 12 mm**. Nije obavezno, ali je uobičajeno da rastojanje ukosnica bude ili jednako ili dvostruko veće od rastojanja glavne armature. Određivanje njene dužine je opisano u tački 3.2.2.1, osim što je dužina sidrenja mogla biti nešto manja zbog prečnika upotrebljene armature:

$$L_1 = \left(\frac{b}{2} - a_1 \right) + x + L_{s,ef.} = \left(\frac{25}{2} - 2.5 \right) + 88 + 15 \times 1.0 \approx 115 \text{ cm}$$

Potencijalni problem u ovoj varijanti je sidrenje šipki donje zone.

Za slučaj **indirektnog** oslanjanja ploče na gredu raspoloživa dužina sidrenja je ukupno 14+14=28 cm (slika desno). Puna dužina sidrenja za beton MB 30, uslove dobre adhezije i reb-rastu šipku Ø14 mm je 31.75×1.4=45 cm. Međutim, preko slobodnog oslonca su prevedene i usidrene SVE šipke potrebne za prihvatanje maksimalnog momenta u polju. Stoga je napon u ovoj armaturi u zoni oslonca znatno manji od maksimalnog, odnosno dužina sidrenja se može u odgovarajućem odnosu smanjiti. Minimalna efektivna dužina sidrenja, određena članom 150 PBAB 87, mora biti veća od polovine pune dužine sidrenja, što je ovde zadovoljeno:



$$28.2 \text{ cm} = L_{s,min} > \frac{L_s}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm}$$

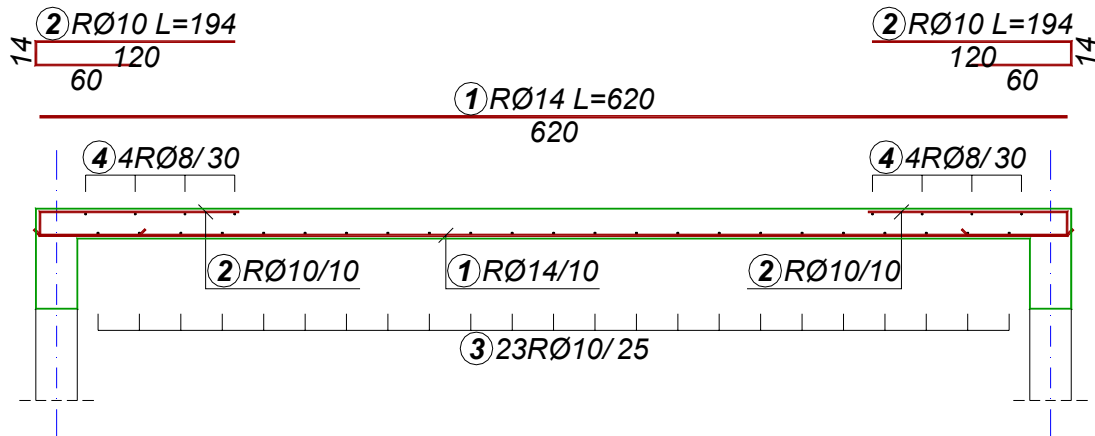
Međutim, ovde postoji problem sa oblikovanjem šipke iz donje zone. Naime, standardna kuka na kraju reb-raste podužne armature je prikazana na slici 20 u članu 143 PBAB. Lako je zaključiti da je gabaritna vertikalna dimenzija kuke:

$$L_2 = 8\emptyset + \frac{D_2}{2} + \emptyset = 8\emptyset + \frac{10\emptyset}{2} + \emptyset = 14\emptyset = 14 \times 1.4 = 19.6 \text{ cm}$$

što je veće od raspoloživih $18 - 2a_0 = 14$ cm. Prema tome, ovaj način vođenja armature se u konkretnom slučaju (debljina ploče, prečnik usvojene armature) **ne može primeniti**.

3.2.2.4 Varijanta 4

Prethodna varijanta će biti modifikovana tako što će ukosnica (šipka broj 2) biti produžena u donjem delu toliko da se propisno preklopi sa šipkom iz donje zone (šipka 1).



Dužina preklapanja je određena prema članu 161 PBAB, kao:

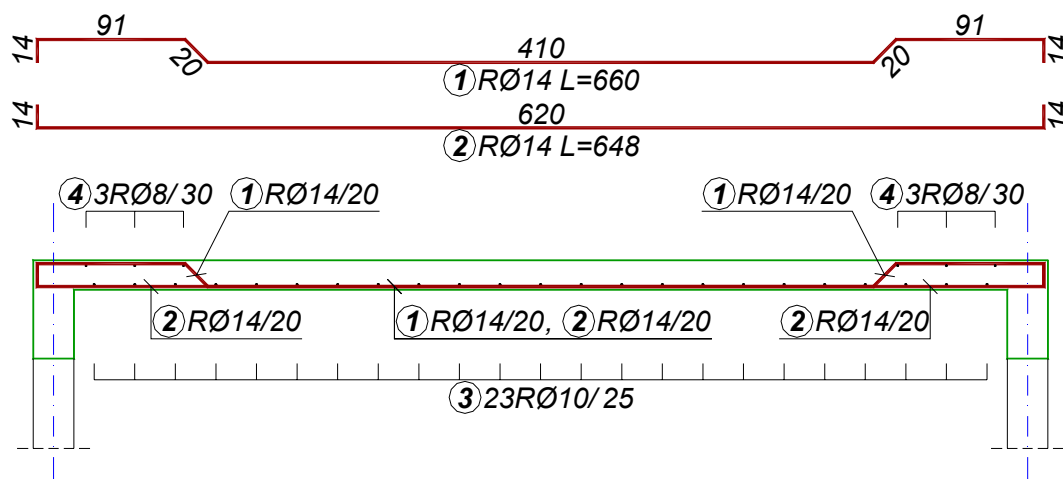
$$L_p = \alpha_1 \times L_s = 1.8 \times 31.75 \times 1.0 \approx 60 \text{ cm}^8$$

Ova varijanta armiranja ploče je primenljiva praktično u svim slučajevima (debljina ploče, prečnik upotrebljenih profila, lakoća ugradnje) i stoga se najčešće koristi.

Naravno, dužina šipki donje zone se može prilagoditi obliku dijagrama momenata savijanja kako je opisano u tački 3.2.2.1 (dve pozicije šipki na međusobnom rastojanju od 20 cm).

3.2.2.5 Varijanta 5

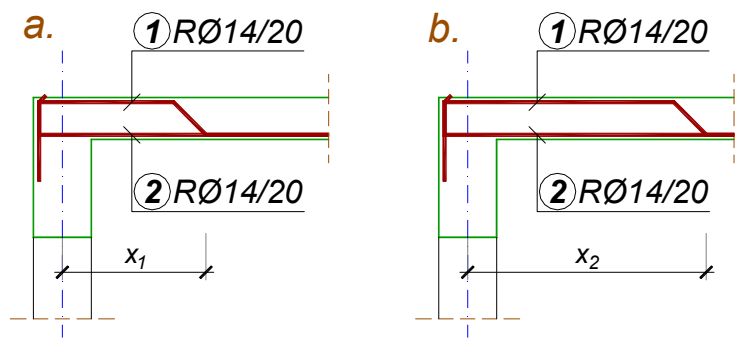
Jedan od mogućih načina armiranja ploče je prikazan na narednoj skici. Dobra strana je što je izvodljiv bez obzira na prečnik armature (šipke se savijaju oko trna prečnika $15\emptyset$ bez uzastopnih savijanja na istu stranu, pa nema ograničenja izloženih u tački 3.2.2.2).



Glavni nedostatak je određivanje tačnog položaja mesta povijanja ("grifovanja") šipke, posebno u situaciji kada opterećenje nije jednako raspodeljeno ili se može naći u proizvoljnom položaju na ploči. U slučaju a na narednoj skici šipka je povijena preblizu os-

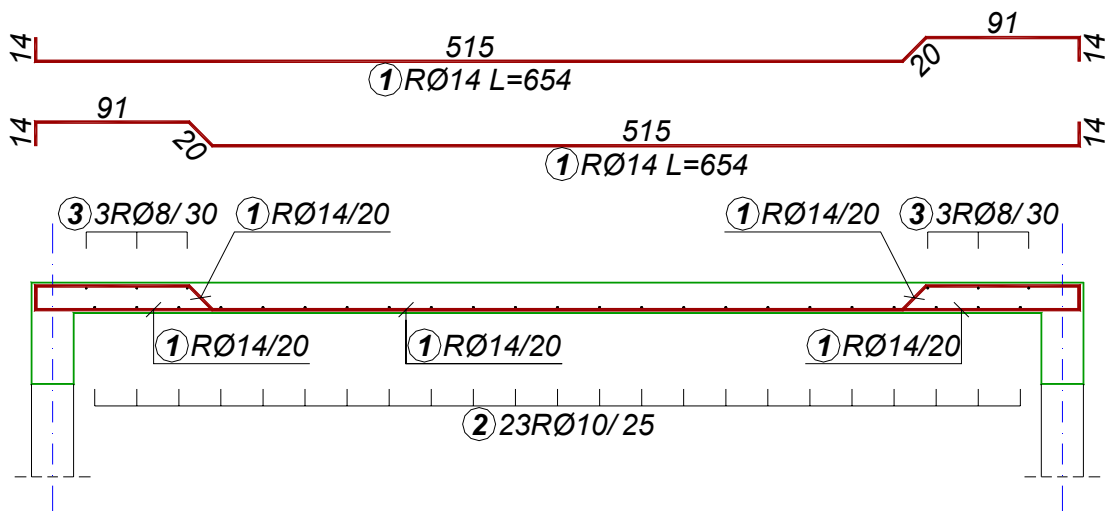
⁸ Može se smatrati da je nastavljeno 50% armature u jednom preseku (polovina armature iz polja je mogla biti skraćena i usidrena, videti tačku 3.2.2.2), pri čemu je čisto rastojanje nastavaka $a = 10 - (1.4 + 1.0) = 7.6$ cm, što je manje od $10\emptyset = 10$ cm

loncu, odnosno veličina x_1 je pre-mala. U donjoj zoni ima dovoljno ar-mature, ali je armatura u gornjoj zoni prekratka, odnosno ne može pokriti sve negativne momente savi-janja. Nasuprot tome, u slučaju **b** je šipka povijena predaleko od oslonca (preveliko x_2) i nosivost armature u donjoj zoni je nedovoljna.



Dodatni nedostatak ovog rešenja je obezbeđivanje dovoljne dužine sidrenja šipke **1** u gornjoj zoni. Da bi to ovde bilo učinjeno, neophodno je produžiti vertikalni deo šipke i preklopiti sa uzengijom iz grede. Ovo poslednje je moguće ukoliko se ploča oslanja na gredu (prekid betoniranja je na donjoj ivici grede), a nije moguće ukoliko se ploča oslanja na armiranobetonski zid (prekid betoniranja je na donjoj ivici ploče).

Naravno, ovo rešenje se može izvesti i na način prikazan na donjoj skici, korišćenjem jedne pozicije armature. Nažalost, ponovo su šipke savijene na oba kraja, što je nedosta-tak o kome je bilo reči u tački 3.2.2.2.



Čak i kad je mesto povijanja šipki dobro određeno, **ova varijanta nije izvodljiva u slučaju predmetne ploče**, s obzirom na izloženo u tački 3.2.2.3 vezano za formiranje kuka.

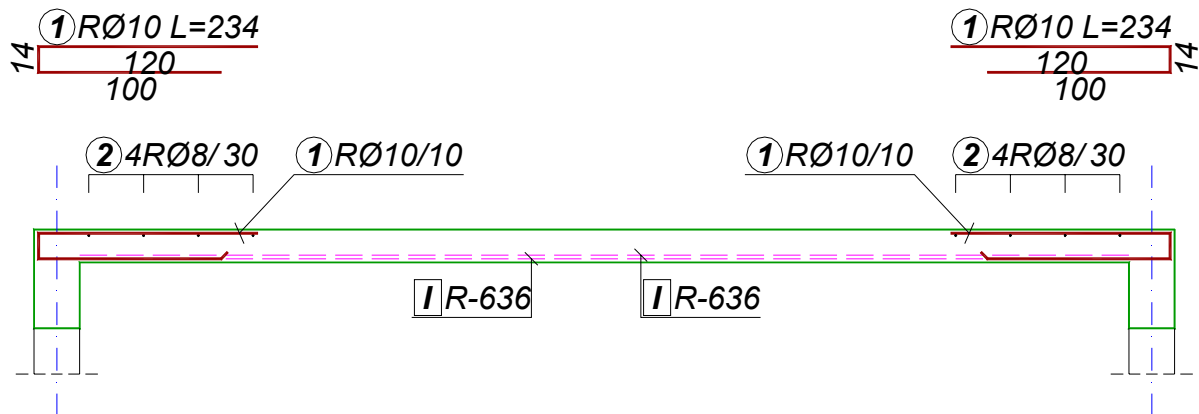
3.2.2.6 Varijanta 6 – armiranje mrežama

Dimenzionisanje ploče je sprovedeno u tački 1.3. Potrebnu površinu rebraste armature za zadovoljenje graničnog stanja nosivosti od $A_{a,potr.} = 14.64 \text{ cm}^2/\text{m}$ moguće je zameniti površinom mrežaste armature od:

$$A_{a,potr.} = 19.049 \times \frac{100 \times 15}{100} \times \frac{2.05}{50} = 14.64 \times \frac{40}{50} = 11.71 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Kako ploča prenosi opterećenje u jednom pravcu, za armiranje se koriste »R« mreže, kod kojih je glavna armatura postavljena u podužnom pravcu, dok je u poprečnom pravcu postavljena dovoljna podeona armatura (najmanje 20÷25% glavne armature). Kako je najveća mreža po katalogu **R 1131**, a potrebna je nešto veća površina armature, moguće je usvojiti dva sloja armaturnih mreža, na način prikazan na narednoj skici. Raspored mreža u osnovi je prikazan na posebnom planu armature datom u prilogu.

Svi ostali detalji se rešavaju na isti način kao kada se ploča armira pojedinačnim šipkama. Dužina ukosnice (šipka **1**) u donjoj zoni je povećana na 100 cm, kako bi se ostvarilo traženo preklapanje sa mrežom od tri okca u poprečnom pravcu.



3.2.3 Ojačanje slobodnih ivica ploče

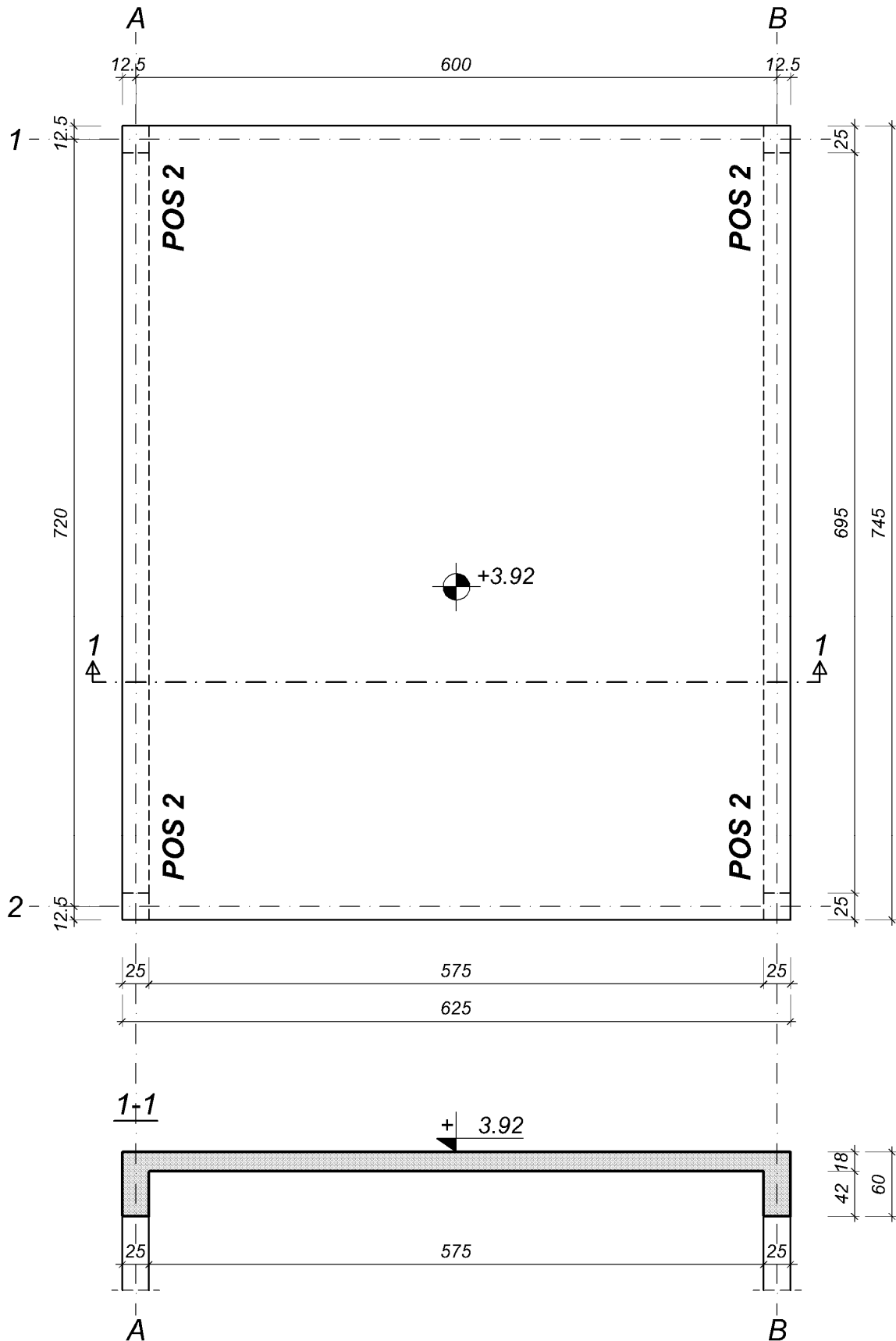
Sprovodi se u skladu sa članom 210 Pravilnika BAB 87, formiranjem »skrivena grede« od šest šipki podužne armature (po tri šipke u donjoj i gornjoj zoni, označenih kao $\pm 3R\Ø14$), povezanih ukosnicama upravnim na slobodnu ivicu ploče. Upotrebljenom oznakom \pm se označavaju šipke koje se nalaze na dva naspramna lica zida ili grede, kao i iste šipke u gornjoj i donjoj zoni ploče, najčešće ojačanja uz ivice ploče ili oko otvora.

3.3 ZAVRŠNE NAPOMENE

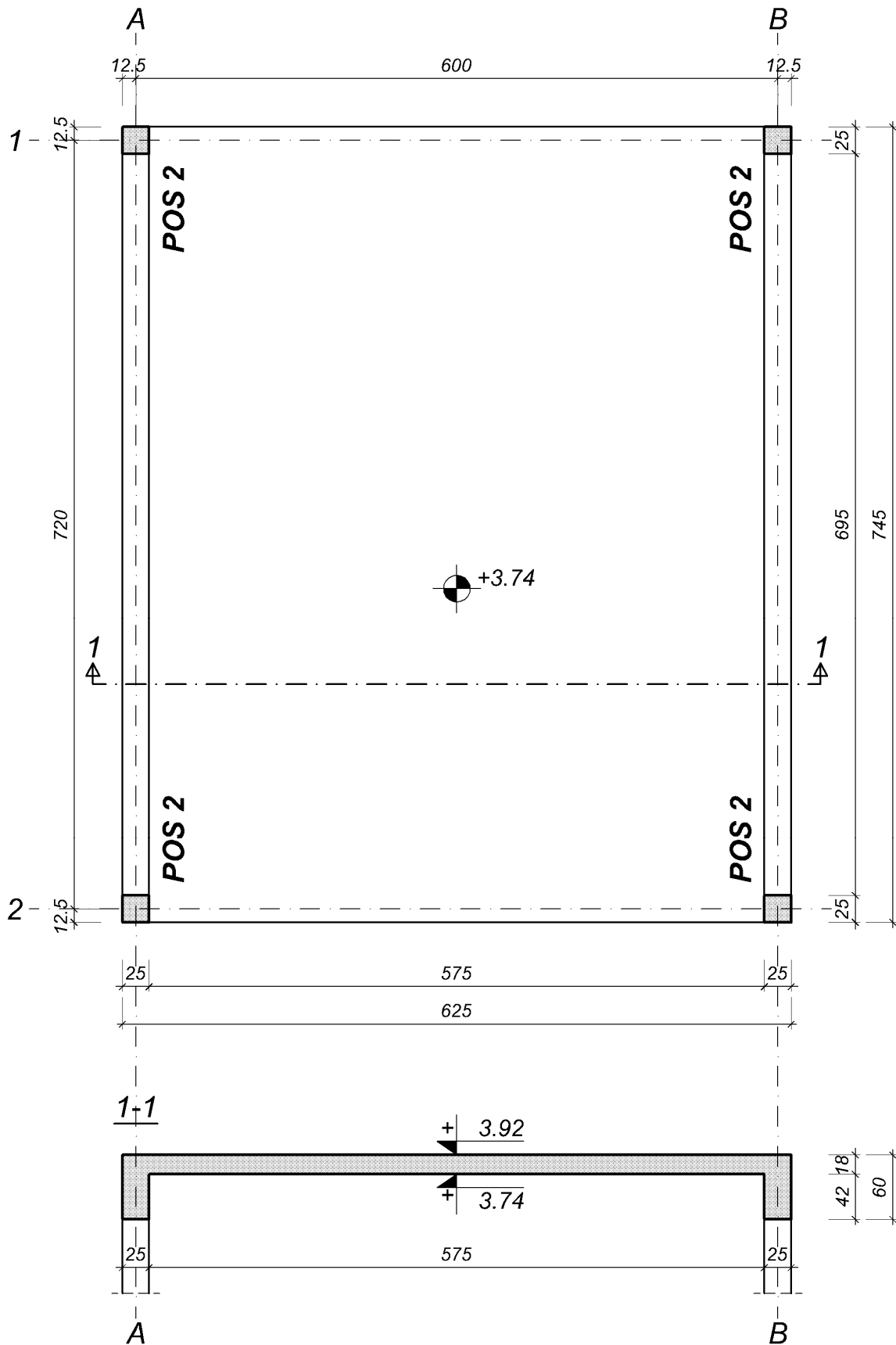
U prilogu su prikazani:

- plan oplata ploče (prikazane su obe predložene varijante – pogled odozgo i pogled odozdo);
- planovi armature ploče POS 1 sa odgovarajućim specifikacijama i rekapitulacijama armature za varijante 4 i 6
- plan armature grede POS 2 sa odgovarajućom specifikacijom i rekapitulacijom armature

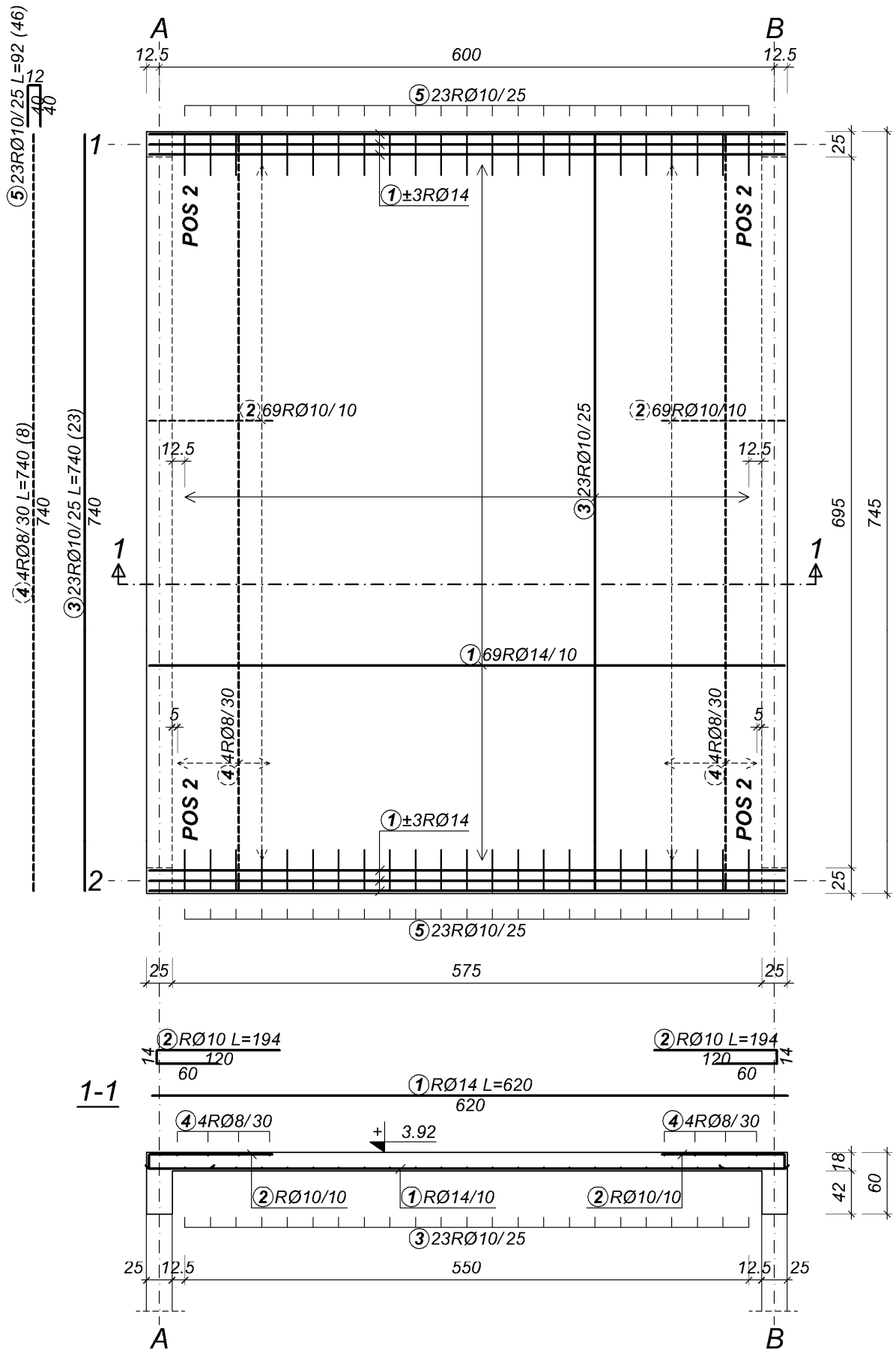
Odabrana rešenja (varijante 4 i 6) su odabrane jer predstavljaju jednostavna rešenja koja se najčešće primenjuju u praksi i mogu se izvesti bez ograničenja vezanih za prečnik upotrebljene armature. Preostale varijante, koje se kod razmatrane ploče ne mogu primeniti, su prikazane jer se javljaju u literaturi, a izvodljive su kod debljih ploča i/ili primene manjih prečnika ($\Ø \leq 12$).



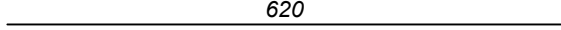
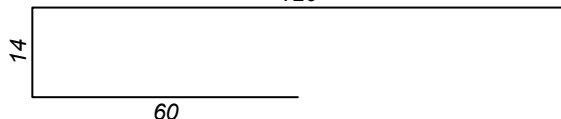
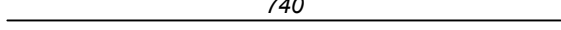
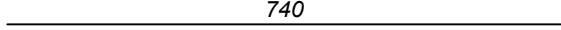
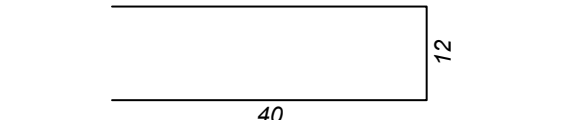
PLAN OPLATE **POS 1**
 MB 30 R 1:50
 Primer P1 - List br. 1



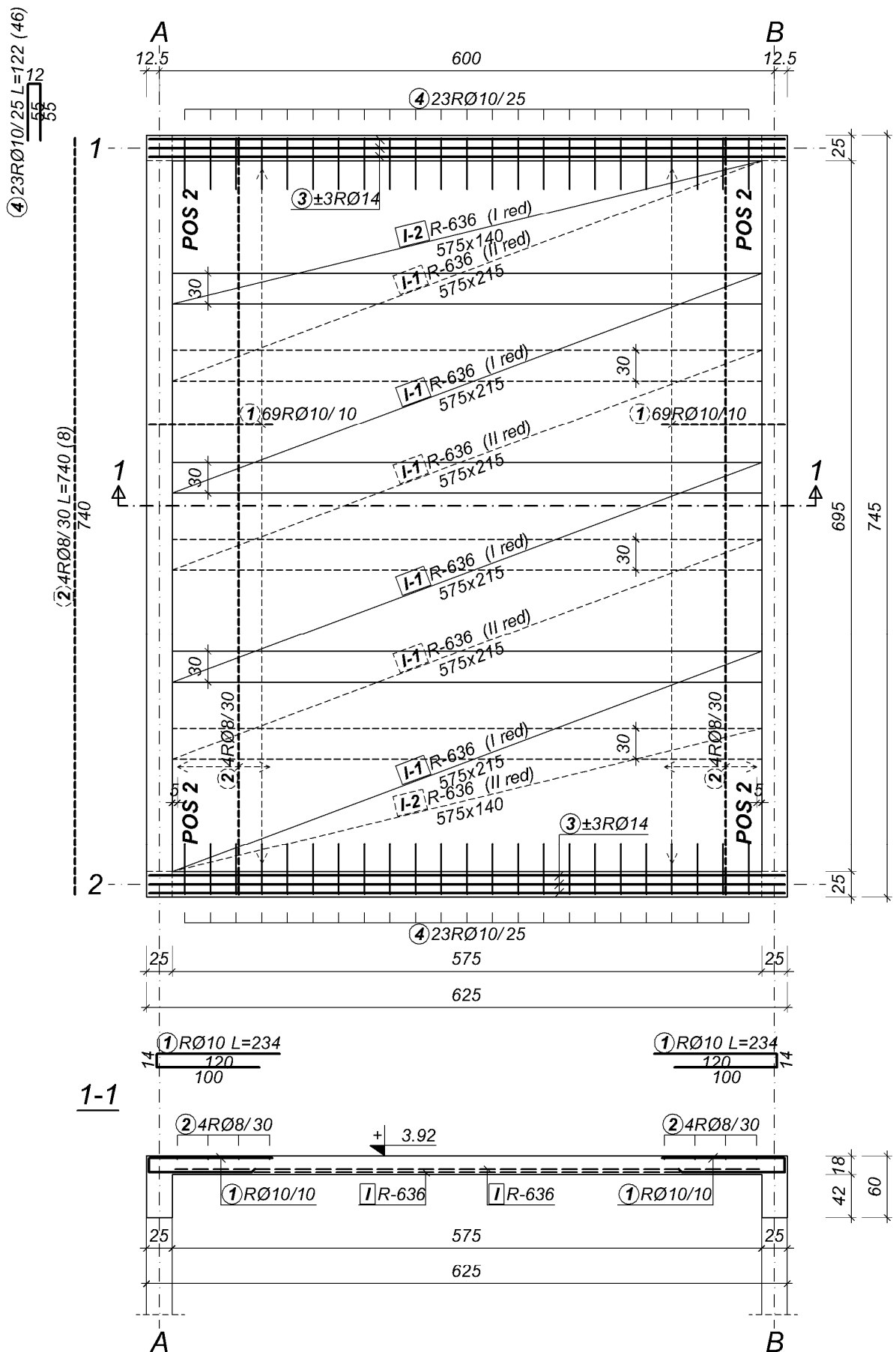
PLAN OPLATE POS 1
 MB 30 R 1:50
 Primer P1 - List br. 2



PLAN ARMATURE POS 1
 MB 30 RA 400/500 R 1:50
 Primer P1 - List br. 3

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	Č	Ø	lg [cm]	n [kom]	lgn [m]
POS 1 - varijanta 4 (1 kom)						
1	620 	RA2	14	620	81	502.20
2	120 14 60 	RA2	10	194	138	267.72
3	740 	RA2	10	740	23	170.20
4	740 	RA2	8	740	8	59.20
5	40 12 40 	RA2	10	92	46	42.32

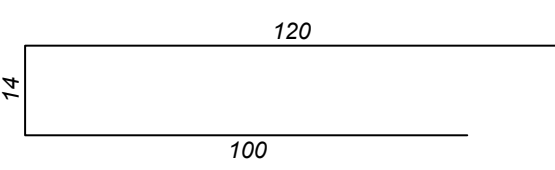
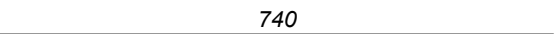
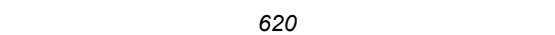
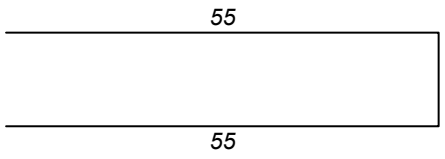
Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
RA2			
8	59.20	0.405	23.98
10	480.24	0.633	303.99
14	502.20	1.242	623.73
Ukupno			951.70

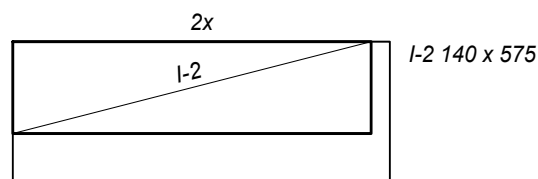
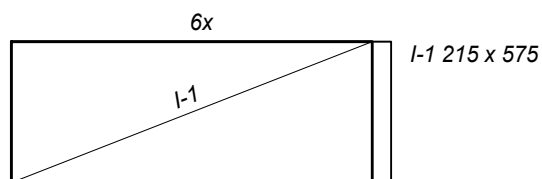


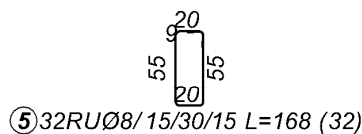
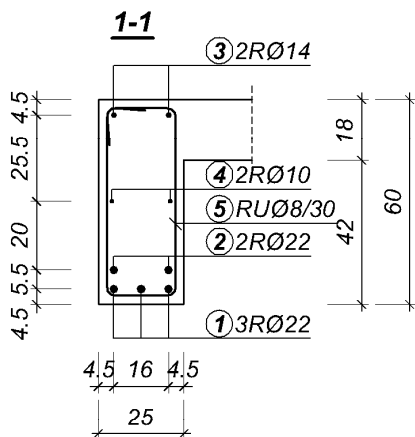
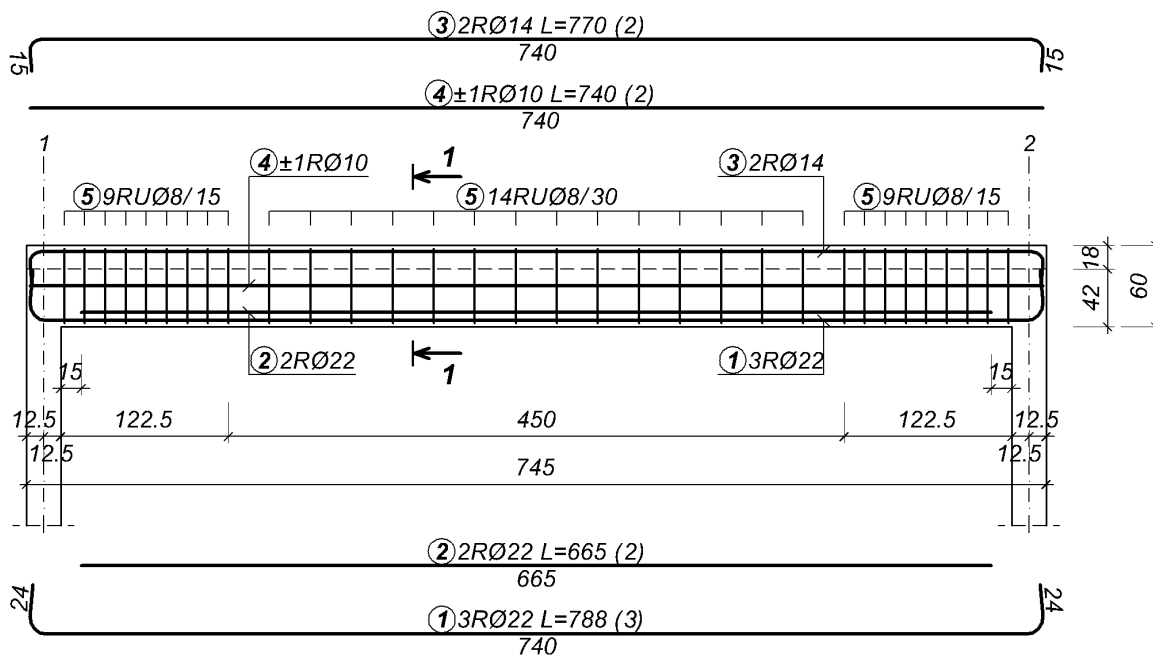
PLAN ARMATURE **POS 1**

MB 30 RA 400/500 MA 500/560 R 1:50

Primer P1 - List br. 4

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	Č	Ø	lg [cm]	n [kom]	lgn [m]
POS 1 - varijanta 6 (1 kom)						
1		RA2	10	234	138	322.92
2		RA2	8	740	8	59.20
3		RA2	14	620	12	74.40
4		RA2	10	122	46	56.12
Šipke - rekapitulacija						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']		Težina [kg]		
RA2						
8	59.20	0.405		23.98		
10	379.04	0.633		239.93		
14	74.40	1.242		92.40		
Ukupno						356.31
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m2]	Ukupna težina [kg]
POS 1 - varijanta 6 (1 kom)						
I-1	R-636	215	575	6	6.054	449.06
I-2	R-636	140	575	2	6.054	97.47
Ukupno						546.52
Mreže - rekapitulacija						
Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m2]	Ukupna težina [kg]	
R-636	215	605	8	6.054	629.98	
Ukupno						629.98
Mreže - plan sečenja						
POS 1 - varijanta 6						
R-636						



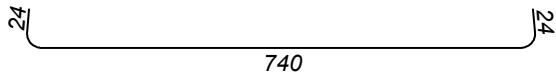
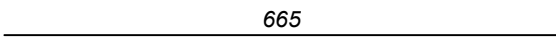
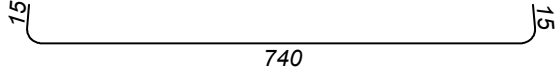
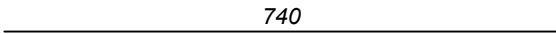
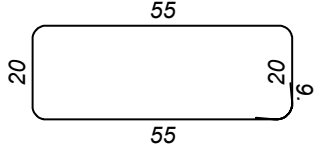


KOLIČINA BETONA: $V_b = 1.12 \text{ m}^3$

KOLIČINA ARMATURE: $\frac{163.23}{1.12} = 146.1 \text{ kg/m}^3$

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
RA2			
8	53.76	0.405	21.77
10	14.80	0.633	9.37
14	15.40	1.242	19.13
22	36.94	3.058	112.96
Ukupno			163.23

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU				
ODSEK ZA KONSTRUKCIJE		KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE		
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1		PRIMER P1 - LIST br. 5		
PREDMETNI NASTAVNIK: DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ	ASISTENT: M. STOJANOVIĆ		KANDIDAT:	
PLAN ARMATURE POS 2				
KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500	RAZMERA CRTEŽA R 1:50/20	FORMAT CRTEŽA 297×210	ŠKOLSKA 2015/2016.	OVERA:

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	Č	Ø	lg [cm]	n [kom]	lgn [m]
POS 2 (1 kom)						
1		RA2	22	788	3	23.64
2		RA2	22	665	2	13.30
3		RA2	14	770	2	15.40
4		RA2	10	740	2	14.80
5		RA2	8	168	32	53.76
Šipke - rekapitulacija						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']		Težina [kg]		
RA2						
8	53.76	0.405		21.77		
10	14.80	0.633		9.37		
14	15.40	1.242		19.13		
22	36.94	3.058		112.96		
Ukupno						163.23