

Godišnji zadatak, list 1: **Zadatak 1 – raspoređivanje armature**

Za gredu pravougaonog preseka, širine 35 cm i visine 75 cm, sračunata je potrebna površina armature u donjoj, zategnutoj zoni, od 34.88 cm^2 . Potrebno je usvojiti broj i raspored šipki tako da budu zadovoljene odredbe Pravilnika o zaštitnim slojevima i čistom rastojanju između profila. Potrebno je gredu armirati na sledeće načine:

- u prva dva slučaja koristiti pojedinačne profile (dva primera sa različitim prečnicima usvojene armature),
- u trećem slučaju primeniti armaturu grupisanu u cvasti
- ako je širina grede 25 cm, rasporediti usvojenu armaturu u presek (bilo koja od prethodnih varijanti – pojedinačni ili grupisani profili, ili nešto četvrto).

U svim primerima usvojiti uzengije UØ10/25. Sračunati ukupnu potrebnu dužinu uzengije L_u . Sve usvojene preseke nacrtati u razmeri 1:10.

MB 25 , GA 240/360 , jako agresivna sredina

Određivanje potrebnog broja profila

Ako ste izgubili papir sa vežbi, ili prosto niste bili:

<http://imksus.grf.bg.ac.rs/nastava/BETON/TEORIJA%20BETONSKIH%20KONSTRUKCIJA/PROPISI.%20TABLICE.%20DIJAGRAMI/KARAKTERISTIKE%20BETON%20I%20ARMATURA.PDF>

Za zadatu, glatku armaturu – postoje profili 5,6,8,.....28,32,36. Pazite da umesto površine (kolona $A_a^{(1)}$) ne koristite masu.

Termin »GREDA« i ostalo u uvodnom tekstu se odnosi na nosač koji je izložen **savijanju**. Kod takvih nosača armatura se koncentriše u zategnutoj zoni (ovde donja zona), na visini po pravilu manjoj od petine do šestine visine preseka¹. U konkretnom slučaju, to je petnaestak centimetara, odnosno praktično ne više od 3 reda armature.

Hajde prvo da se pozabavimo rešenjem sa **POJEDINAČNIM** šipkama.

Sa uglednih primera, a ima ih i na:

<http://imksus.grf.bg.ac.rs/nastava/BETON/TEORIJA%20BETONSKIH%20KONSTRUKCIJA/SVASTARA/>

ste mogli uočiti da se u preseku širine 35 cm može u jedan horizontalni red smestiti 4-5 profila. Dakle, ukupan broj usvojenih šipki ne bi trebalo da bude veći od $3 \times (4 \div 5)$, tj. 12 do 15. Što nas dovodi do korišćenja profila **VEĆIH OD 16 mm**. Recimo, dovoljno je:

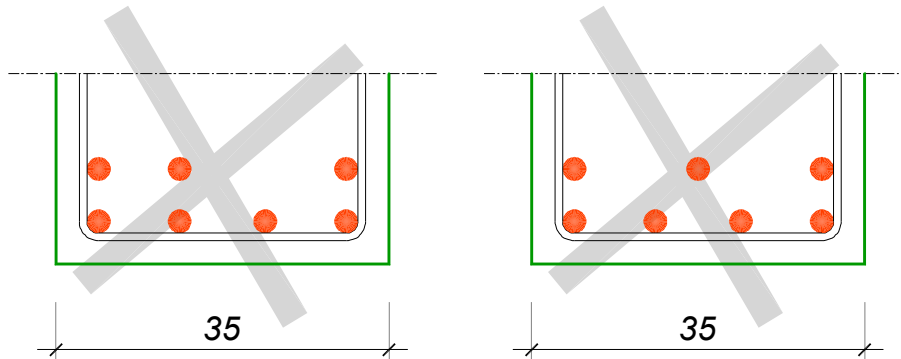
- a. **14Ø18** ($14 \times 2.54 = 35.56 \text{ cm}^2 > 34.88 \text{ cm}^2 = A_{a1, \text{potr.}}$) ili
- b. **12Ø20** ($12 \times 3.14 = 37.68 \text{ cm}^2$) ili
- c. **10Ø22** ($10 \times 3.80 = 38.00 \text{ cm}^2$) ili
- d. **8Ø25** ($8 \times 4.91 = 39.28 \text{ cm}^2$) ili
- e. **6Ø28** ($6 \times 6.16 = 36.96 \text{ cm}^2$) ili
- f. **5Ø32** ($5 \times 8.04 = 40.20 \text{ cm}^2$) itd...

Verujem da vam je skrenuta pažnja da izbegavate korišćenje najvećih raspoloživih profila. Navođenje svih razloga za to u ovom trenutku bi bilo bespredmetno, ali će se skrenuti pažnja svaki put kada se dođe do nekog konkretnog (ugrađivanje, sidrednje, nastavljanje, prsline...). To praktično znači da **SAMO IZUZETNO koristite PROFILE VEĆEG PREČNIKA OD 25 mm**. Da ne dužim zasad, samo bih vas zbunio.

Dakle, treba izabrati 2 varijante od prve 4 ponuđene (da zaboravimo Ø28 i Ø32). Treba voditi računa o obezbeđivanju simetrije preseka i o tome da šipke, barem u donjoj zoni,

¹ Detaljnije kod proračuna savijanih nosača, počinje u trećoj nedelji vežbanja

budu »postrojene« u kolone neposredno jedna iznad druge. Ovo sa skice dole SIGURNO NEĆETE NAĆI NI NA JEDNOM PRIMERU! I nemojte da radite.



Nije jedini kriterijum da se usvojena armatura što manje razlikuje od računski potrebne (u tom slučaju, dovoljan broj profila $\varnothing 5$ mm bi uvek bio superiorno rešenje). Dakle, biće na nosaču (nosačima) dosta preseka za dimenzionisanje, pa bi o optimalnom izboru profila govorili tek kad ih (skoro) sve dimenzionišemo. A to prevazilazi obim OVOG zadatka. Napravićemo par varijanti.

Gornja granica (koliko više armature od računski potrebne) ne postoji (može i šipka više, recimo, ako je potrebno – zbog simetrije preseka – usvojiti paran broj profila).

S druge strane, usvajanje MANJE količine armature od računski potrebne je dopušteno samo izuzetno, pod određenim okolnostima koje će u nastavku kursa biti precizno objašnjene. Praktično, NIJE DOZVOLJENO².

U sledećem koraku potrebno je usvojiti broj šipki u jednom redu. Na primerima je prikazan presek ove širine sa 4 i 5 profila i vi ste u dilemi šta da usvojite. Odgovor je, očekivano, ZAVISI. Od čega? Bolje rečeno, od čega SVE zavisi?

Od **čistog zaštitnog sloja** svakako. STOP!

<http://imksus.grf.bg.ac.rs/nastava/BETON/TEORIJA%20BETONSKIH%20KONSTRUKCIJA/PROPISI.%20TABLICE.%20DIJAGRAMI/PRAVLNIK%20PBAB-87.PDF>

Hajde da njega odredimo. Definisana je propisima i član 135. PBAB kaže:

- u pitanju je linijski a ne površinski element (greda, stub a ne ploča, zid) pa je $a_0 = 2.0$ cm za SLABO agresivnu sredinu
- u našem slučaju je sredina JAKO agresivna, pa dodajemo 1.5 cm

Ostale stavke ne traže korekcije (ili nam podaci nisu poznati), tako da sledi:

$$a_0 = 2.0 + 1.5 = 3.5 \text{ cm}$$

- zaštitni sloj betona ne sme biti manji od prečnika upotrebljene armature (ili prečnika zamenjujućeg profila svežnja armature). Kako smo se opredelili za pojedinačne šipke $\varnothing 25$ mm, to je usvojeni zaštitni sloj DOVOLJAN.

Čist zaštitni sloj je rastojanje od površine betona do najbliže armature, što je u svakom slučaju uzengija. Dakle, spoljašnje dimenzije uzengije (u izvodu armature uzengija se i daje spoljašnjom merom, vidi član 145 PBAB 87), prema slici 21 koja se odnosi na glatku armaturu, su:

$$a_u = b - 2 \times a_0 = 35 - 2 \times 3.5 = 28 \text{ cm}$$

$$b_u = d - 2 \times a_0 = 75 - 2 \times 3.5 = 68 \text{ cm}$$

² Odnosi se i na relikv iz Teorije dopuštenih napona – da se dozvoljava prekoračenje dopuštenog napona od 3%, što praktično znači da se sme usvojiti do 3% manje armature od računski potrebne. Dok ne budete bili sigurni da znate šta radite, NE USVAJAJTE MANJE ARMATURE OD POTREBNE

Ko je zaboravio, **b** i **d** su date dimenzije poprečnog preseka grede.

Kako se dimenzije šipki u izvodu armature kod nas po pravilu daju u centimetrima, usvaja se konačna SPOLJAŠNJA dimenzija uzengije 28/68 cm. Tražena ukupna dužina uzengije L_u će biti, prema slici 21, član 145:

$$L_u = 2 \times (a_u + b_u) + 16 - 6\varnothing_u = 2 \times (28 + 68) + 16 - 6 \times 0.8 = 203.2 \text{ cm}$$

Ovo je MINIMALNA vrednost, koja je dobijena iz željene spoljašnje mere uzengije i MINIMALNE potrebne veličine Δl_{ku} , koja je potrebna da bi se kuka ispravno napravila. Ako želimo da dimenzije šipke damo u [cm], onda i ovu vrednost možemo zaokružiti naviše i, umesto minimalnih ($8\text{cm} - 3\varnothing_u$) za jednu kuku usvojiti npr. 8 cm, nakon čega dužina uzengije postaje

$$L_u = 2 \times (a_u + b_u) + 2 \times 8 = 2 \times (28 + 68) + 16 = 208 \text{ cm}$$

kako je i uobičajeno u izvodima armature.

Kada je uzengija definisana, moguće je odrediti tačan položaj ugaone šipke u odnosu na najbližu ivicu betona, na skici obeležen sa a' . Napominje se da se radi o računskoj veličini, **koja se na izvođačkom crtežu ne mora nužno kotirati** (šipka leži na uzengiji) i, kao računska veličina, može imati i "neobičnu" vrednost, izraženu u delovima milimetra.

$$a' = a_0 + \varnothing_u + \frac{\varnothing}{2}$$

$$a' = 3.5 + 0.8 + \frac{2.5}{2} = 5.55 \text{ cm}$$

Sledi da je osovinsko rastojanje ugao-nih šipki u jednom horizontalnom redu:

$$35 - 2 \times 5.55 = 23.9 \text{ cm}$$

Između ovih šipki moguće je postaviti npr. još tri profila (kružići na skici desno prikazani isprekidanom linijom), pri čemu bi osovinsko rastojanje između njih bilo prosečno³

$$23.9/4 = 5.975 \approx 6 \text{ cm}$$

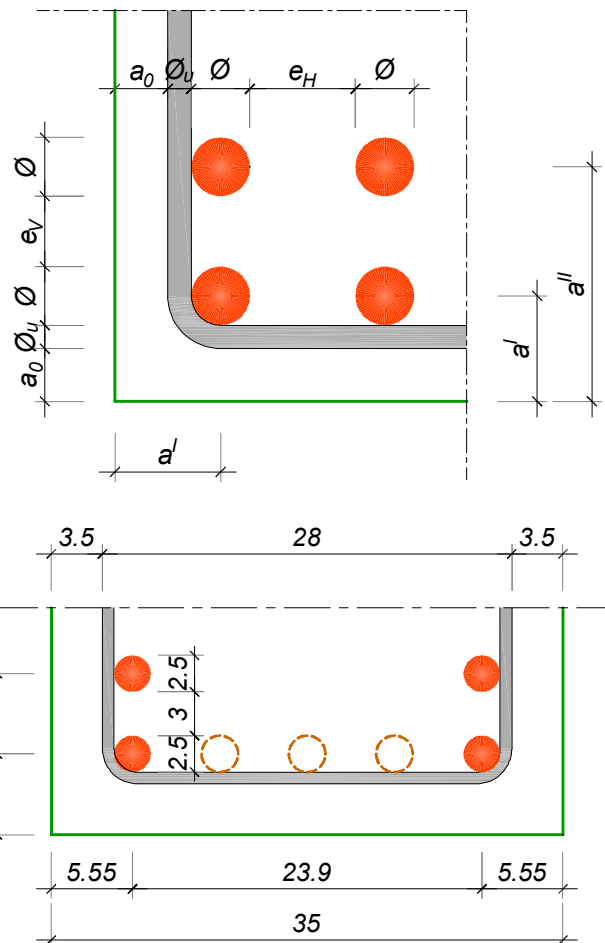
Dakle, čisto horizontalno rastojanje profila je:

$$e_H = 5.975 - 2.5 \approx 3.5 \text{ cm}$$

Strogo formalno, ovo rastojanje ZADOVOLJAVA odredbe Pravilnika (član 137):

$$e_H, e_V \geq \left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ cm} \\ \varnothing (\varnothing_{EKV}) = 2.5 \text{ cm} \\ 0.8 \times D_{MAX} \end{array} \right\}$$

pri čemu nismo proverili uslov vezan za prečnik maksimalnog zrna agregata.



³ Stvarno rastojanje profila bilo bi još manje, jer je stvarni položaj ugaonih šipki određen krivinom u uglu uzengije. Unutrašnji prečnik te krivine iznosi $4\varnothing_u$ za glatku, odnosno $5\varnothing_u$ za rebrastu armaturu, dakle veći je od prečnika podužne armature

Logično je pretpostaviti da se za betoniranje grede ovako velikog preseka, koristi i najkrupnija frakcija agregata (32/63 mm). Tako bi iz gornjeg uslova minimalno čisto rastojanje profila bilo $0.8 \times 6.3 = 5.04 \approx 5$ cm, kako se preporučuje recimo kod centrično zategnutih elemenata. Takođe, čisto HORIZONTALNO rastojanje profila je određeno i prečnikom pervibratorske igle u (ovom slučaju nepoznat podatak), ali je reda veličine 5 cm.

Vrlo bitan podatak je i da li se zategnuta armatura nalazi u donjoj zoni (polja grednih nosača, kao u ovom primeru) ili gornjoj zoni (oslonачki preseći kontinualnih nosača, konzole). Čista horizontalna rastojanja u ovom poslednjem slučaju moraju biti veća od minimalno zahtevanih. Naime, smisao uslova $e_H > 0.8 \times D_{max}$ može biti shvaćen "ne mora baš svako zrno najkrupnije frakcije da prođe između šipki u donjoj zoni" ali kada je gornja zona u pitanju, SVAKO zrno mora proći kroz koš šipki pa u ovom slučaju treba projektovati veće horizontalne razmake profila.

Sve u svemu, da rezimiramo:

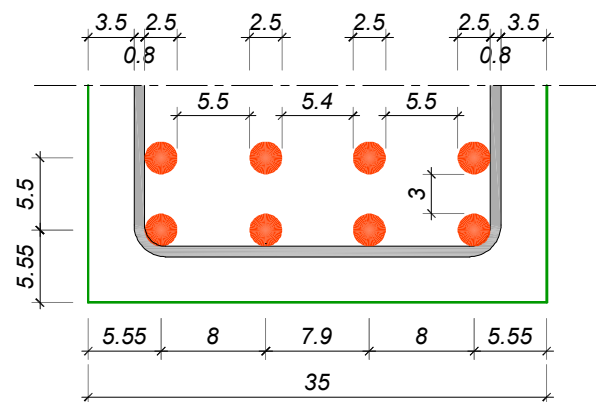
- vertikalna čista rastojanja profila usvojiti kao minimalna (3 cm, \emptyset_{ekv})
- poželjno je da horizontalna čista rastojanja u donjoj zoni budu cca. 5 cm (izuzetno mogu biti i minimalno propisana, koja ne treba shvatiti kao podrazumevana), a u gornjoj barem jedno rastojanje treba da je jednako prečniku najkrupnijeg zrna agregata (tj. osovinsko rastojanje profila cca. 10 cm).

Varijanta 1

Usvojeno je **8Ø25** (39.28 cm²) sa rasporedom prikazanim na skici desno. Usvojeno je minimalno čisto rastojanje između redova od 3 cm. Položaj težišta zategnute armature određen je kao:

$$a_1 = \frac{4 \times (5.55 + 11.05)}{8} = 8.30 \text{ cm}$$

Potrebno je nacrtati čitav poprečni presek (a ne samo zategnutu zonu), i nije potrebno kotirati veličine koje su prikazane samo radi objašnjenja (a_0 , čista rastojanja profila i sl.).

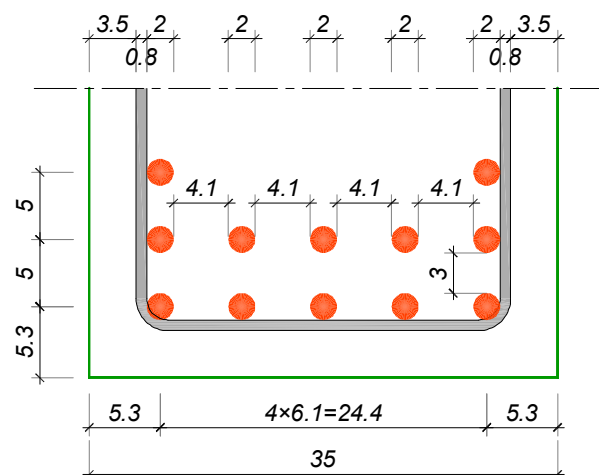


Varijanta 2

Usvojeno je **12Ø20** (37.68 cm²) sa rasporedom prikazanim na skici desno. Usvojeno je minimalno čisto vertikalno rastojanje između redova od 3 cm. Položaj težišta zategnute armature određen je kao:

$$a_1 = \frac{5 \times (5.3 + 10.3) + 2 \times 15.3}{12} = 9.05 \text{ cm}$$

Napomena: da se ova armatura nalazi u gornjoj zoni, iz ranije navedenih razloga usvojio bih tri reda sa po 4 šipke u redu.



Varijanta 3 – grupisane šipke

Dozvoljeno je grupisati šipke po 2, 3 ili 4, tako da se u jednoj ravni nalaze najviše 2 profila (dakle, nije dozvoljeno staviti 3 šipke jednu na drugu, kako su dopuštali stari propisi). Pri tome je neophodno da prečnik zamenjujućeg profila bude **manji od 44 mm**.

Zamenjujući profil je krug iste površine kao ukupna armatura grupisana u svežanj. Ukoliko grupišemo n šipki istog prečnika, sledi:

$$\frac{\pi}{4} \times \varnothing_{EKV}^2 = \frac{\pi}{4} \times \sum_{i=1}^n \varnothing_i^2 = \frac{\pi}{4} \times n \times \varnothing^2 \Rightarrow \varnothing_{EKV} = \sqrt{n} \times \varnothing \leq 44 \text{ mm}$$

Dakle, u svežnjeve možemo grupisati sledeće prečnike:

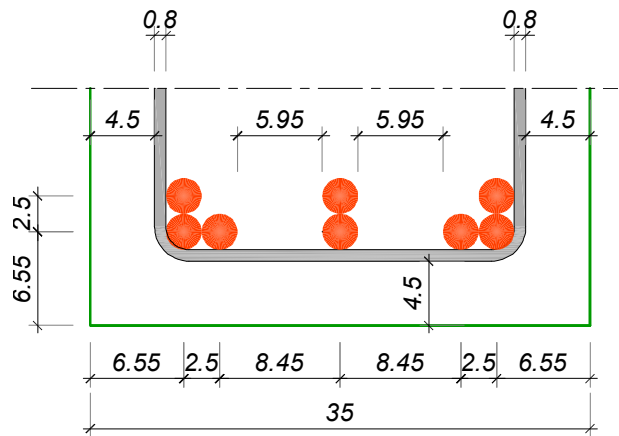
$$\begin{aligned} n = 4: \quad \varnothing_{max} &= \mathbf{22} \quad (\varnothing_{EKV} = 44 \text{ mm}) \\ n = 3: \quad \varnothing_{max} &= \mathbf{25} \quad (\varnothing_{EKV} = 43.3 \text{ mm}) \\ n = 2: \quad \varnothing_{max} &= \mathbf{28} \quad (\varnothing_{EKV} = 39.6 \text{ mm}) \end{aligned}$$

Profili preko $\varnothing 28$ se NE SMEJU GRUPISATI !!!

U odnosu na napred izrečeno, jedini dodatni uslov kod raspoređivanja armature je što i čist zaštitni sloj i čista rastojanja profila moraju biti barem jednaki prečniku \varnothing_{EKV} .

Usvojeno je **8 $\varnothing 25$** (39.28 cm²) sa rasporedom prikazanim na skici desno. Zaštitni sloj mora biti bar 43.3 mm, dakle 45 mm (da bi spoljna mera uzengije bila **zaokružena na ceo cm**). Položaj težišta zategnute armature određen je kao:

$$a_1 = \frac{5 \times 6.55 + 3 \times 9.05}{8} = \mathbf{7.49 \text{ cm}}$$



U poređenju sa Varijantom 1, grupisanjem armature smo postigli smanjenje veličine a_1 za 8 mm, odnosno povećanje statičke visine kao osnovnog parametra nosivosti preseka, za 1%⁴. Međutim, moglo se dogoditi, za neku drugu širinu preseka, ili druge uslove agresivnosti sredine⁵, da grupisanje armature dovede do povećanja veličine a_1 i smanjenja nosivosti preseka, uz ostale nepovoljne efekte koje grupisanje armature proizvodi (stanje prslina).

Još neke mogućnosti grupisanja armature u cvasti su prikazane na primerima obrađenim na vežbama, dobili ste ih odštampane. Na jednom listu je 6 opcija sa šipkama $\varnothing 22$, a na drugom 8 opcija sa šipkama većeg prečnika. Uočite npr. u petom primeru sa šipkama $\varnothing 22$ da su vrednosti a_0 različite za donju ivicu (uz tu ivicu su 4 šipke u svežnju) i bočne ivice (po 2 šipke u svežnju). Sve vrednosti u primerima su MINIMALNO računski potrebne, dakle nije vođeno računa o potrebi da se dimenzija uzengije zaokruži na ceo centimetar, što je u praksi uobičajeno.

Poenta svih ovih primera je da shvatite da je grupisanje armature IZUZETAK, a nikako pravilo. Drugo, ma šta usvojili, težište armature se neće DRAMATIČNO promeniti. Odnosno, uvek je moguće armaturu smestiti u 2-3 reda, na cca. šestinu visine preseka.

⁴ Oдох mnogo unapred, zasad je bitno da veličina a_1 bude što manja, uz zadovoljenje svih uslova vezanih za trajnost i ugradljivost (zaštitni slojevi, čisti razmaci)

⁵ Za najveći broj konstrukcija možemo smatrati da se nalaze u uslovima UMERENO agresivne sredine (nemamo more, a uglavnom ni industrijski razvijene zone sa velikim aerorozagađenjem). Dakle, uobičajeni zaštitni sloj kod greda bi bio 2.5 cm. U takvoj sredini bi u Varijanti 1 dobili $a_1 = 7.3$ cm, odnosno povoljniju situaciju nego u Varijanti 3, čak i kad je samo nosivost u pitanju

Varijanta 4

U ovom primeru potrebno je armaturu rasporediti u gredu iste visine, ali širine 25 cm. Možete uzeti nešto četvrto, ali cilj je uvek da nešto UPOREDITE i po mogućnosti ZAPAMPTITE za ubuduće. Evo za početak nekoliko opaski:

- potrebna površina armature (ovde je to ulazni podatak) se UVEK određuje u zavisnosti od statičke visine h (saznaćete ubrzo, kod savijanih nosača, šta je to - prihvatite zasad da se sračunava kao:

$$h = d - a_1$$

gde je d – ZADATA visina preseka, ovde 75 cm, a a_1 položaj težišta armature od zategnute ivice, ovde ga računamo za svaki pojedinačni raspored. Odnosno, za manju statičku visinu dobićemo VEĆU potrebnu armaturu i obratno.

- ovo prethodno nije poenta OVOG zadatka, jer još nemate dovoljan broj informacija – smatraćemo da je potrebna površina armature 34.88 cm^2
- armatura će biti smeštena u veći broj redova nego u prethodnom primeru, jer se može smestiti manji broj šipki u jedan horizontalni red

Zbog toga kombinacije a,b ili c sa prve strane neću ni razmatrati (sigurno preko 3 reda armature, a nije neophodno). Opet pokušavam sa pojedinačnim šipkama Ø25. Sledi raspored prikazan na skici desno. Položaj težišta zategnute armature određen je kao:

$$a_1 = \frac{3 \times (5.55 + 11.05) + 2 \times 16.55}{8} = 10.36 \text{ cm}$$

Čisto horizontalno rastojanje profila je, formalno gledano, dovoljno, ali ne bi smetalo da je nešto veće – pervibratorska igla Ø51 mm ne može proći kroz ovaj koš armature. Za uslove umereno agresivne sredine (ponavljam, to je 90% elemenata), ovaj raspored armature bi bio idealan.

Pošto ovo predstavlja nabačena razmišljanja o problemu, i vi niste u obavezi sve ovo da uradite (verujem da je tekst zadatka sasvim precizan), probaću još neku varijantu. Npr. grupisanje armature u ovom slučaju. Iskoristiću primer 3 kao polazni, naravno.

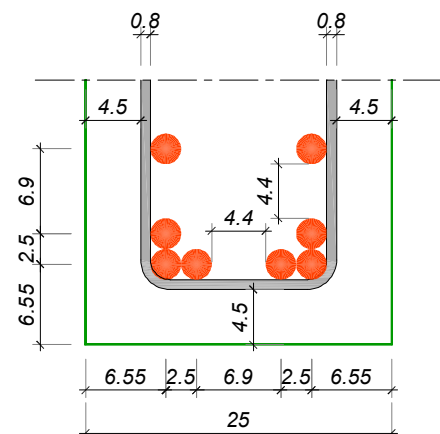
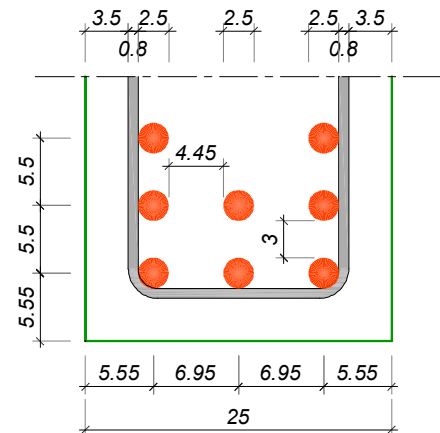
Čisto horizontalno rastojanje profila je u formalnom smislu dovoljno. Vrednost a_1 je u ovom slučaju:

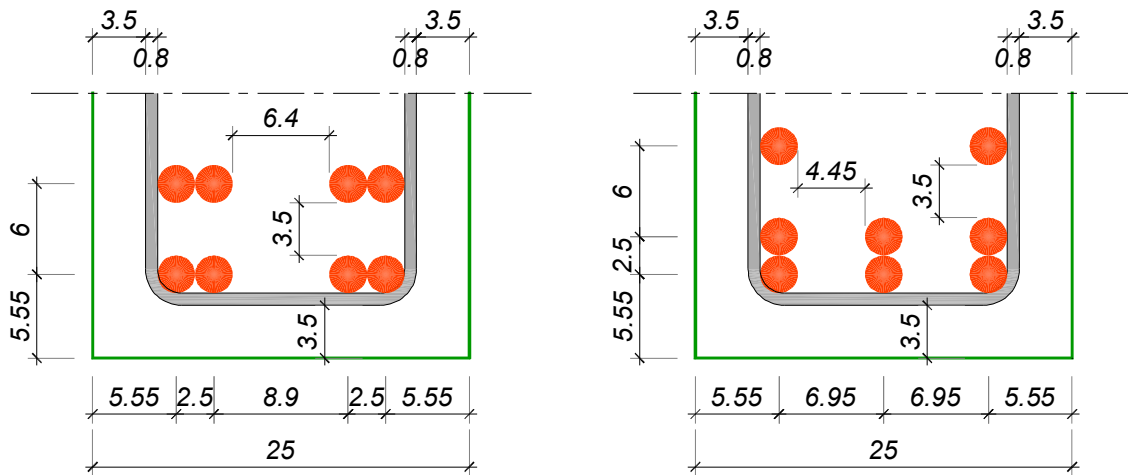
$$a_1 = \frac{4 \times 6.55 + 2 \times (9.05 + 15.95)}{8} = 9.53 \text{ cm}$$

Grupisanje u cvast četiri šipke Ø25 nije dozvoljeno, tako da je jedina preostala mogućnost grupisanja po dva profila. U tom slučaju a_0 i čista rastojanja moraju da iznose minimalno:

$$\varnothing_{EKV} = \sqrt{2} \times 25 = 35.3 \text{ mm}$$

Hajde da ovo zaokružimo na 35 mm i ostavimo iste uzengije kao u primerima sa pojedinačnim profilima. Formalista bi rekao da moram da zadovoljim $a_0 \geq \varnothing_{EKV}$, pa bi a_0 bilo 4 cm, ali zbog 0.3 mm to neću da radim. Mogući rasporedi su prikazani na narednoj skici, a težišta armature su:

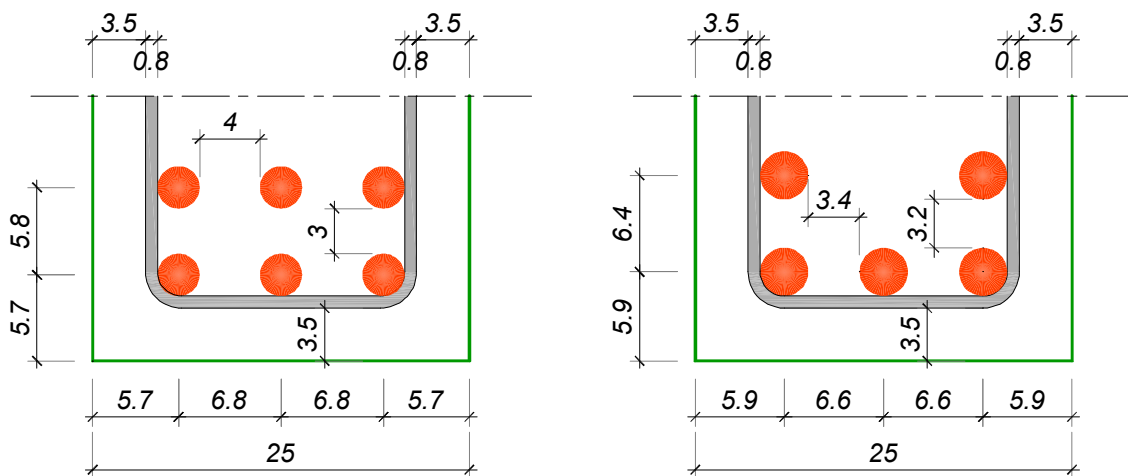




$$a_1 = \frac{4 \times (5.55 + 11.55)}{8} = 8.55 \text{ cm} \quad \text{tj.} \quad a_1 = \frac{3 \times (5.55 + 8.05) + 2 \times 14.05}{8} = 8.61 \text{ cm}$$

Ukoliko je NEOPHODNO radi zadovoljenja nosivosti preseka, može se primeniti i jedan od prethodna dva načina, ali prednost uvek treba dati primeni pojedinačnih profila.

U ovom delu će biti prikazano i rešenje sa debljim profilima, $6\text{Ø}28$ i $5\text{Ø}32^6$ – poslednje dve pomenute varijante sa prve strane.



$$a_1 = \frac{3 \times (5.7 + 11.5)}{6} = 8.6 \text{ cm} \quad \text{tj.} \quad a_1 = \frac{3 \times 5.9 + 2 \times 12.3}{5} = 8.46 \text{ cm}$$

Naravno da je moguće dati još rešenja, ali u jednom trenutku se treba opredeliti.

Na crtežima u prilogu su 4 usvojena rešenja. Za sve preseke važe i sledeće napomene:

- kao rezultat proračuna nije navedena potrebna armatura u pritisnutoj zoni preseka. To znači da je u gornjoj zoni dovoljno staviti 2 šipke u uglovima uzengija. Mada te šipke mogu biti i manjeg prečnika, bez detaljnog obrazlažanja razloga, usvajam ISTE profile kao u donjoj zoni
- po visini preseka se u svim slučajevima pojavljuju šipke $\text{Ø}12$. Ovi profili se ubacuju kada rastojanje šipki pređe 30 cm, obično su cca. polovina prečnika glavne armature, i većeg prečnika od uzengije (praktično, $\text{Ø}10$ ili $\text{Ø}12$)
- ovi crteži su izvođački, pa se na njima ne obeležavaju računске vrednosti, npr. a_1 , Ø_{EKV} i slično

Želim da verujem da je svako u ovome našao barem jedan red koji mu je pomogao...

⁶ Zaštitni sloj, ali i rastojanje profila, mora biti najmanje jednako prečniku šipke !!!