

# Projekt armiranobetonske zgrade u Zadru

---

**Milardović, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:387873>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Antonio Milardović**

**Split, 2024**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

## **Projekt armiranobetonske zgrade u Zadru**

**Završni rad**

**Split, 2024**

***Sažetak:***

Projektni zadatak ove armiranobetonske zgrade u Zadru je proračunati pozicije i odrediti potrebnu armaturu za pojedine dijelove zgrade, prikazati model zgrade u programu SCIA Engineer 22.0 sa kombinacijama za granično stanje uporabljivosti (GSU), granično stanje nosivosti (GSN) te za potresne kombinacije u smjerovima x i y. Također u projektu se nalaze i nacrti armature za grede i ploče sa iskazima armature.

***Ključne riječi:***

Armiranobetonska zgrada, proračun.

## **Reinforced concrete building project in Zadar**

***Abstract:***

The project task of this reinforced concrete building in Zadar is to calculate the positions and determine the required reinforcement for individual parts of the building, to display the building model in the SCIA Engineer 22.0 program with combinations for the serviceability limit state (SLS), load-bearing limit state (ULS) and for seismic combinations in the x and y directions. Also in the project there are reinforcement drawings for beams and slabs with reinforcement statements.

***Keywords:***

Reinforced concrete building, calculation.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:           **STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO**  
KANDIDAT:       ANTONIO MILARDOVIĆ  
MATIČNI BROJ (JMBAG): 0023147983  
KATEDRA:       **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET:        Betonske konstrukcije 1

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Projekt armiranobetonske zgrade u Zadru

Opis zadatka:

Prema zadanim skicama u prilogu potrebno je izraditi projekt armiranobetonske građevine. Projekt mora sadržavati tehnički opis, planove pozicija proračune i planove armature. Koristiti beton C 40/50 i armaturu: B 500B.

U Splitu, 03.03.2024.

Voditelj Završnog rada:

## SADRŽAJ :

### OPĆI DIO PROJEKTA

• Naslovne stranice.....	1-2
• Sažetak.....	3
• Zadatak .....	4
• Sadržaj.....	5

### TEHNIČKI DIO PROJEKTA :

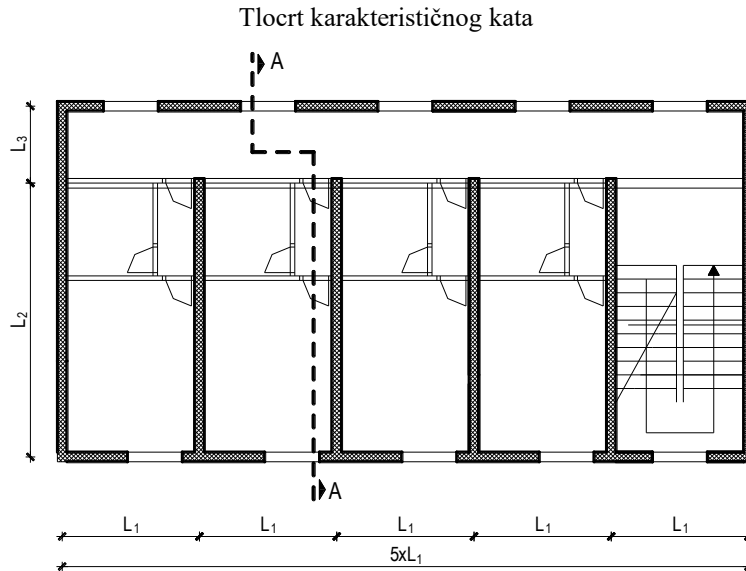
1. TEHNIČKI OPIS .....	8
1.1. Općenito .....	8
1.2. Konstrukcija građevine.....	8
1.3. Temeljenje .....	8
1.4. Materijali .....	8
1.5. Opterećenja.....	8
1.6. Posebne napomene uz izvođenje .....	8
2. PROGRAM KONROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	9
2.1. Općenito .....	9
2.2. Svojstva građevnih proizvoda .....	9
2.2.1. Beton .....	9
2.2.2. Armaturni čelik.....	10
2.3. Izvođenje AB konstrukcije.....	11
2.3.1. Općenito .....	11
2.3.2. Nadzorne radnje.....	11
2.3.3. Ugranja betona .....	11
2.3.4. Njega betona.....	11
2.3.5. Oplata i skele .....	12
2.4. Ostale napomene u programu kontrole i osiguranja kvalitete .....	12
2.4.1. Iskolčenje i zahtjevana geometrija .....	12
2.4.2. Zemljani radovi .....	13
3. NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE .....	14
4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	15
4.1. Određivanje preliminarnih dimenzija konstrukcijskih elemenata .....	15
4.2. Pozicije 500 .....	16
4.3. Pozicije 400/300/200/100.....	18

5. Opterećenje potresom ( $S_x$ , $S_y$ ) .....	20
6. PRORAČUN POZICIJE 500 .....	27
7. PRORAČUN POZICIJE 400/300/200/100.....	44
8. PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE.....	66
8.1 Dimenzioniranje zida .....	68
8.2 Dimenzioniranje temelja .....	70
9. NACRTI.....	74
10. LITERATURA.....	80

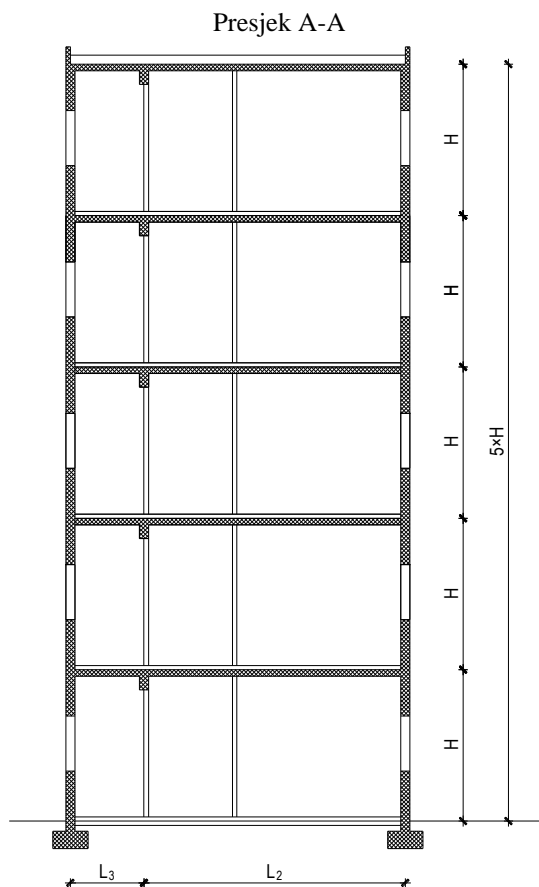
Prema zadanim skicama potrebno je izraditi projekt armiranobetonske građevine koji mora sadržavati:

1. Tehnički opis
2. Planove pozicija
3. Proračune
4. Planove armature

Koristiti beton C 40/50 i armaturu: B 500B.



$L_1 = 5,9 \text{ m}$   
 $L_2 = 6,7 \text{ m}$   
 $L_3 = 4,0 \text{ m}$   
 $H = 3,0 \text{ m}$   
 $q = 3,2 \text{ kN/m}^2$   
 $v_{b0} = 50 \text{ m/s}$   
 $a_g = 0,18g$   
 $\sigma_{tla,dop} = 0,45 \text{ MPa}$





# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito

Predmet ovog glavnog projekta je armiranobetonska građevina pravokutnog oblika. Građevina je tlocrtnih gabarita 10.9 x 29.7 m, sa ravnim krovom. Ukupna visina građevine od gotovog poda iznosi 15.5 m. Temeljne trake, podna ploča i nadzemna glavna konstrukcija su u AB izvedbi.

## 1.2. Konstrukcija građevine

Nosiva konstrukcija građevine je armiranobetonska, a čine ju zidovi, ploče i grede. Pomoću programa SCIA Engineer dobili smo rezne sile te momente u pločama i gredama. Sve armiranobetonske ploče su debljine  $d = 17$  cm, a sve armiranobetonske grede su dimenzija  $b/h = 30/50$  cm. Građevina ima i armiranobetonsko stubište za vertikalnu komunikaciju između katova.

## 1.3. Temeljenje

Temelji su izvedeni u obliku armiranobetonskih temeljnih traka dimenzija širine  $\check{s} = 140$  cm i visine  $v = 70$  cm.

## 1.4. Materijali

Za izradu nosive konstrukcije koristi se beton C 40/50 te armaturni čelik B500B (rebrasta i mrežasta armatura).

## 1.5. Opterećenja

Opterećenja i kombinacije opterećenja na konstrukciju određene su prema HRN EN 1990, HRN EN 1991, HRN EN 1997 i HRN EN 1998. U pogledu opterećenja vjetrom, građevina se nalazi u vjetrovnom području sa osnovnom brzinom vjetra od 50 m/s prema HRN EN 1991-1-4:2012. Građevina se prema HRN EN 1998 nalazi u području s horizontalnim vršnim ubrzanjem tla  $a_g = 0,18$  g za povratni period od 475 godina.

## 1.6. Posebne napomene uz izvođenje

Propisuje se modul stišljivosti ispod temeljnih konstrukcija i podne ploče  $M_S \geq 100$  MPa. Nasip na koji se temelji podna ploča treba biti izrađen od dobro građiranog kamenog materijala u slojevima od 30 cm te zbijen minimalno na propisan modul stišljivosti. Preporuča se stalni geotehnički nadzor u fazi pripreme temeljnog tla i izvedbe temeljnih konstrukcija.

## 2. PROGRAM KONROLE I OSIGURANJA KVALITETE

### 2.1. Općenito

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o gradnji (NN 153/13, NN 20/17, NN39/19). Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor, s posebnim naglaskom na nadzor od strane geomehaničara prilikom radova iskopa te samog temeljenja građevine. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Kao mjera kontrole kvalitete izvođenja propisuje se i obavezan projektantski nadzor nad izvođenjem nosive konstrukcije prema Zakonu o gradnji. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija i suglasnost projektanta. Sve izmjene obavezno je unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Mjerodavne podloge za upravljanje kvalitetom građevinskih proizvoda su Zakon o građevnim proizvodima (NN76/13, 30/14, 130/17 i 39/19), Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 103/08, 147/09, 87/10, 129/11), Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda NN 113/08, Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN 30/09, 139/10, 14/14) te Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, NN 75/20).

### 2.2. Svojstva građevnih proizvoda

#### 2.2.1. Beton

Za izvedbu nosive AB konstrukcije rabiti projektirani beton u svemu prema Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije, (NN 17/17, NN 75/20) (u daljnjem tekstu Propis).

#### Specificirana tehnička svojstva za beton

razred tlačne čvrstoće	aditiv	maksimalna nazivna veličina zrna agregata [mm]
C30/37	aditiv za poboljšanje ugradljivosti, vodocementni faktor $v/c \leq 0.45$	32
C40/50	aditiv za poboljšanje ugradljivosti, vodocementni faktor $v/c \leq 0.45$	32

Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta. Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije. Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrsnulog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Zbog opasnosti od korozije armature ne smiju se upotrebljavati betoni koji sadrže cemente tipa CEM III/C, CEM IV i CEM V prema normi HRN EN 197-1.

Bridove svih elemenata, koji su između ploha pod pravim kutem treba "skositi", tako da budu mehanički otporni i postojani. Bridovi elemenata trebaju biti precizno izvedeni, ravni i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. Voditi računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona, prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

### **Specificirana tehnička svojstva za pojedine elemente AB konstrukcije**

Temeljne: XC2, debljina zaštitnog sloja  $c_{\min}=40$  mm; C40/50

AB podna ploča, AB temeljna greda: XC4, debljina zaštitnog sloja  $c_{\min}=40$  mm; C30/37, hidroizolacija, dodatak betonu protiv smrzavanja

#### **2.2.2. Armaturni čelik**

Armatura mora udovoljavati normama HRN 1130-1:2008; HRN 1130-2:2008; HRN 1130-3:2008; HRN 1130-4:2008; HRN 1130- 5:2008; HRN EN 10080:2005; i Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije.

Za izvedbu nosive AB konstrukcije upotrebljavati šipkastu (rebrastu) i mrežastu (rebrastu) armaturu (B500B).

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona, kojeg je dužan izraditi izvođač radova. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

## **2.3. Izvođenje AB konstrukcije**

### **2.3.1. Općenito**

Izvođač radova treba izvesti betonske i armirano-betonske radove u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670-1 - Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito i Propis. Pogon za proizvodnju betona mora ispunjavati zahtjeve norme HRN EN 206-1 - Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost. Za svaku vrstu betona proizvođač odnosno izvođač je dužan dostaviti odgovarajuću ispravu o sukladnosti.

### **2.3.2. Nadzorne radnje**

Nadzorni inženjer obvezno određuje neposredno prije ugradnje betona provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava svježeg betona i utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona na mjestu ugradnje betona prema Propisu. Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju i pripremaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju prema HRN EN 12350, u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670 i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te, kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

Podaci o uzimanju uzoraka betona evidentiraju se uz obvezno navođenje oznake pojedinačnog elementa betonske konstrukcije i mjesta u elementu betonske konstrukcije na kojem se beton ugrađivao u trenutku uzimanja uzoraka. Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se prema Propisu i normama na koju Propis upućuje. Tlačna čvrstoća očvrstnalog betona ispituje se na uzorku starom 28 dana. Uzimanje uzoraka betona, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava projektiranog betona (potvrđivanje sukladnosti tlačne čvrstoće i svojstava dodataka) provodi se prema normama - sukladno Propisu. Uzimanje uzoraka armature, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava armature provodi se prema normama - sukladno Propisu.

### **2.3.3. Ugradnja betona**

Ugradnja betona se provodi u skladu s HRN EN 13670-1, točkama 8, 9 i 10 i Dodatak E. Početna temperatura svježeg betona u fazi ugradnje ne smije biti niža od +5°C, ni viša od +30°C. U slučaju da je temperatura izvan ovih granica, treba poduzeti mjere u skladu s Propisom. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja. Transport svježeg betona do gradilišta te do samog mjesta ugradnje u oplatu treba biti takav da ne dolazi do pojave segregacije betona. Beton treba ugraditi što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Ugrađivanje betona u oplatu izvesti mehanički s potrebnim vibriranjem. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem.

### **2.3.4. Njega betona**

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi u skladu s HRN EN 13670-1, točka 8.5.

Neposredno nakon betoniranja, beton treba biti zaštićen od slijedećeg: prebrzog isušivanja, brze izmjene topline, oborinske i tekuće vode, vibracija koje mogu štetno utjecati na stvrdnjavanje betona. Beton se nakon ugradnje mora zaštititi da bi se osigurala zadovoljavajuća hidratacija na površini te izbjegla oštećenja zbog ranog i naglog skupljanja. Minimalno trajanje njege betona: minimalno 3 dana, a u slučaju velikih (ljetnih) vrućina 5 dana.

### **2.3.5. Oplata i skele**

Oplata i skele moraju biti u skladu s HRN EN 13670-1, točka 5. i Dodatak B. Skele i oplata moraju biti tako konstruirane i izvedene da mogu preuzeti opterećenja i utjecaje koji nastaju u izvođenju radova, bez štetnih slijeganja i deformacija, kako bi se osigurala sigurnost i točnost elemenata konstrukcije predviđena projektom konstrukcije. Oplata konstrukcije mora biti takva da se za vrijeme betoniranja na gube sastojci betona te da vanjsko lice betona ispunjava zahtjeve date u projektu konstrukcije (glatki beton, natur beton, i sl.). Oplata se mora lako i bez oštećenja skidati s još neočvrstlog betona. Njene unutarnje stranice moraju biti čiste i po potrebi premazane zaštitnim sredstvom, koje ne smije djelovati štetno na beton, mijenjati boju betona, utjecati na vezu armature i betona ili djelovati štetno na materijal koji se nakadno nanosi na betonsku konstrukciju.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova

## **2.4. Ostale napomene u programu kontrole i osiguranja kvalitete**

### **2.4.1. Iskolčenje i zahtjevana geometrija**

Od faze iskolčenja građevine, preko svih faza izgradnje, do završetka građevine, nužan je stalni geodetski nadzor. Tijekom građenja vršiti: stalnu kontrolu iskolčenja i druge geometrije svih elemenata (uključivo i elemenata zaštite građevne jame) kontrolu osiguranja svih točaka kontrolu repera i poligonih točaka.

## **2.4.2. Zemljani radovi**

### **Iskopi**

Tijekom radova na iskopima potrebno je posvetiti pažnju slijedećem:

- da se iskop obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta, te propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehnička svojstva tla),
- da tijekom rada ne dođe do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- da se ne vrše nepotrebno povećani ili štetni iskopi,
- za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na građevini Izvoditelj je dužan osigurati pravilnu odvodnju,
- ne smije se dozvoliti zadržavanje vode u iskopima,
- vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom elaboratu, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu građevine.

### **Nasipi**

Kontrolu kvalitete materijala za izradu nasipa vršiti prema važećim normama.

Kontrolom i tekućim ispitivanjima obuhvatiti:

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stišljivosti (MS), -

ispitivanje granulometrije nasipnog materijala.

Nasipavanje izvoditi u propisanim debljinama slojeva i s propisanom zbijenošću. Kontrola geometrije vrši se kontinuirano, vizualno i mjerenjem. Kontrola zbijenosti vrši se probno po slojevima i obvezno na vrhu.

### **Temelji**

Betoniranje temeljnih konstrukcija izvesti u primjerenoj oplati na prethodno postavljenoj termoizolaciji i hidroizolaciji. Nakon postavljanja s armaturom prema Izvedbenom projektu konstrukcije, može se krenuti u betoniranje temeljnih konstrukcija prema ovom projektu. Naročitu pažnju posvetiti zaštiti hidroizolacije, te traženim zaštitnim slojevima armature, posebno na mjestima oslabljenja presjeka instalacijskim kanalima. Betonirane temelja može započeti nakon što nadzorni inženjer, potvrdi da je temeljno tlo u skladu s pretpostavkama ove mape, pregleda postavljenu armaturu, nakon što su provjerene dimenzije temelja, te upisana dozvola o betoniranju u građevinski dnevnik. Zasipavanje oko izvedenih temelja izvesti nakon izrade i zaštite hidroizolacije i to u slojevima s potrebnim zbijanjem, kako ne bi došlo do naknadnog slijeganja nasutog tla. Nasuti materijal (iza i ispod ukopanih zidova) treba zadovoljavati mehaničke karakteristike predviđene ovim projektom, u suprotnom obavijestiti i zatražiti odobrenje za ugradnju od strane projektanta konstrukcija. Dozvoljena odstupanja prilikom izvođenja armirano-betonske konstrukcije temelja iznose  $\pm 2$  cm u tlocrtnim dimenzijama i visinskom pogledu.

### **3. NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE**

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama TEHNIČKOG PROPISA ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE (NN 17/17, NN 75/20). Izjavu o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine dužan je prirediti Izvođač u skladu s pozitivnom regulativom RH, tehničkim propisima, normama na koje se oni pozivaju te glavnim i izvedbenim projektom. Redovite preglede u svrhu održavanja konstrukcije potrebno je provoditi svakih 5 godina. Način obavljanja pregleda je slijedeći:

- vizualni pregled konstrukcija, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina, relativni pomaci dilatacijskih cjelina, te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,

- utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature i antikorozivne zaštite

- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata armirano-betonske i čelične konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda opisanog u podtočki a) sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Dokumentaciju o izvršenim pregledima i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije i svih njenih elemenata dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Uporabni vijek predmetne građevine je najmanje 50 godina. Ova vrijednost predstavlja polazište na osnovu kojeg su definirani zahtjevi za beton, izvođenje radova i održavanje konstrukcije. Nepovoljni klimatski faktori lokacije zahtijevaju povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. Preporučuje se da korisnici i suvlasnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom.

## 4. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 4.1. Određivanje preliminarnih dimenzija konstrukcijskih elemenata

Visina ploče:

$$L_0 = L_1 = 5,9 \text{ (m)}$$

$$h_{pl} = \frac{L_0}{35} = \frac{590}{35} = 16,86 \text{ (cm)}$$

**Odabrana debljina ploče -  $h_{pl} = 17 \text{ (cm)}$**

Visina grede:

$$h_{grede,1} = \frac{L_1}{10} = \frac{0,85 \cdot 590}{10} = 50,15 \text{ (cm)}$$

**Odabrana visina grede -  $h_{grede,1} = 50 \text{ (cm)}$**

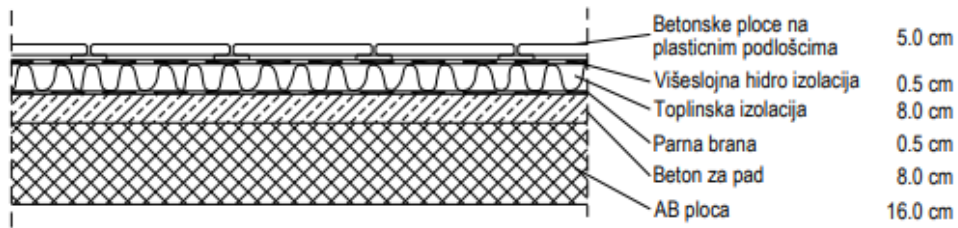
Širina grede:

**Odabrana širina grede -  $b_{grede} = 30 \text{ (cm)}$**



## 4.2. Pozicije 500

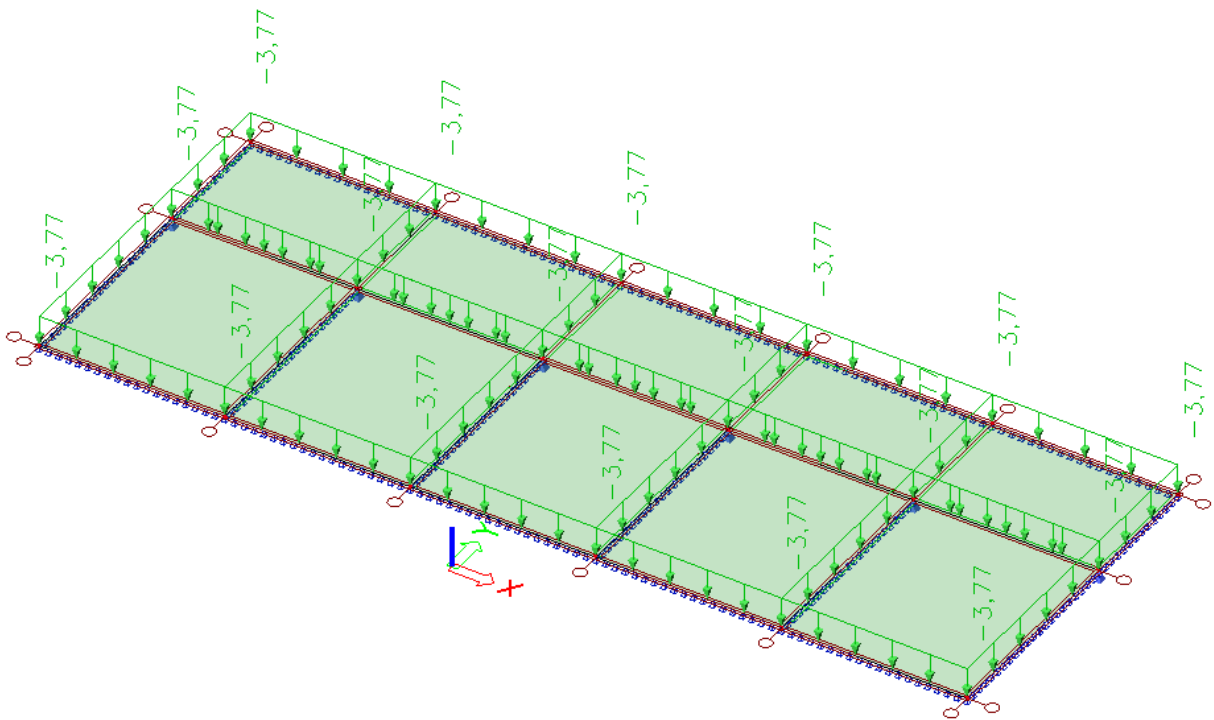
### Stalno opterećenje



Prikaz slojeva ploče – pozicija 500

Tablica ukupnog stalnog opterećenja ( $g_{500}$ ) pozicije 500

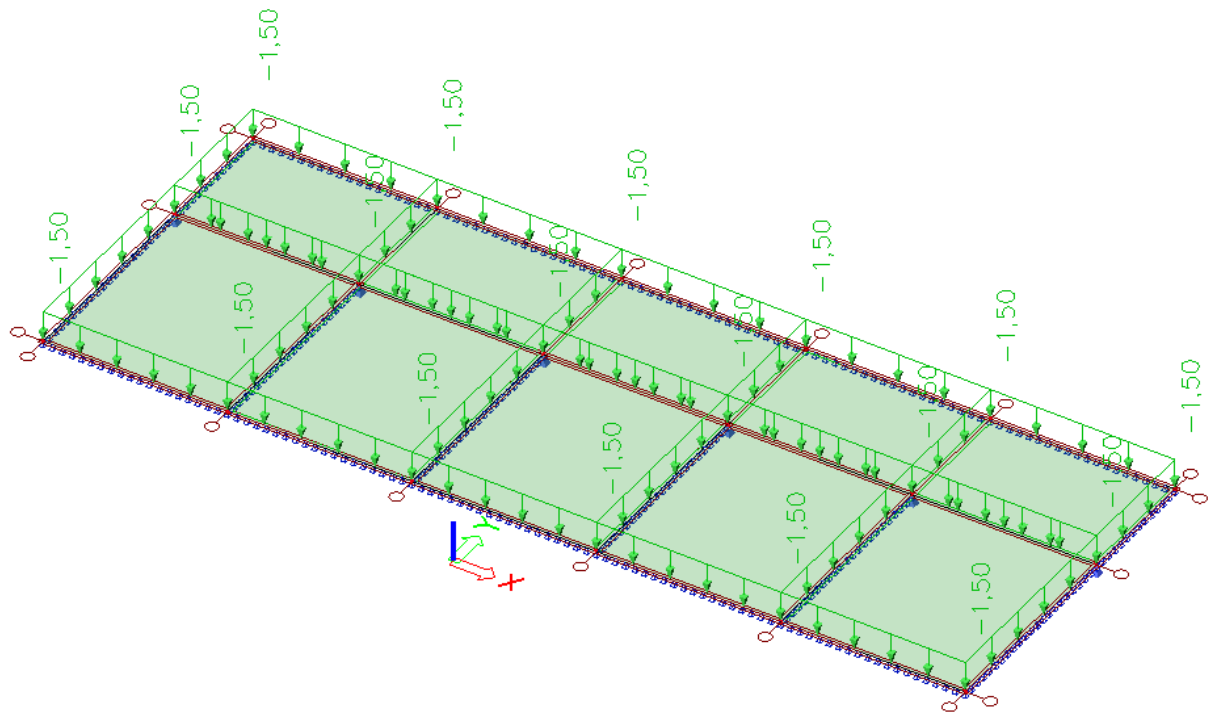
	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d * $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )	
Betonske ploče na plastičnim podloščima	0,05	25,0	1,25	$\Delta g$ (dodatno stalno opterećenje)
Hidroizolacija + parna brana	0,01	20,0	0,20	
Toplinska izolacija	0,08	5,0	0,40	
Beton za pad	0,08	24,0	1,92	
Ukupno dodatno stalno opterećenje: $g_{500} = 3,77$ (kN/m <sup>2</sup> )				



Ploča poz 500 - dodatno stalno opterećenje

## Promjenjivo opterećenje

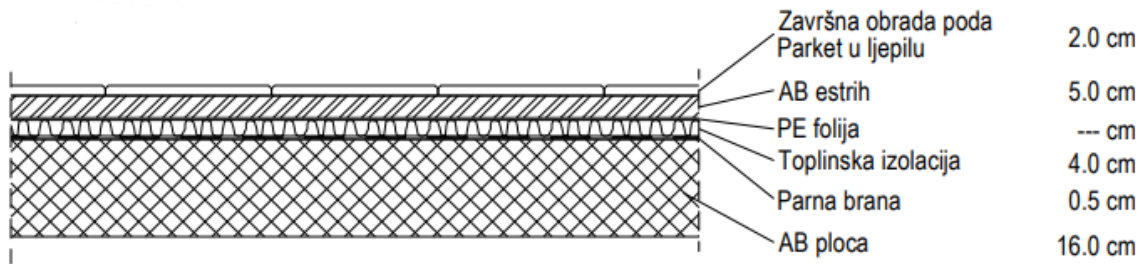
$$q_{500} = s + w \approx 1.5 \text{ kN/m}^2$$



*Ploča poz 500 - promjenjivo opterećenje*

### 4.3. Pozicije 400/300/200/100

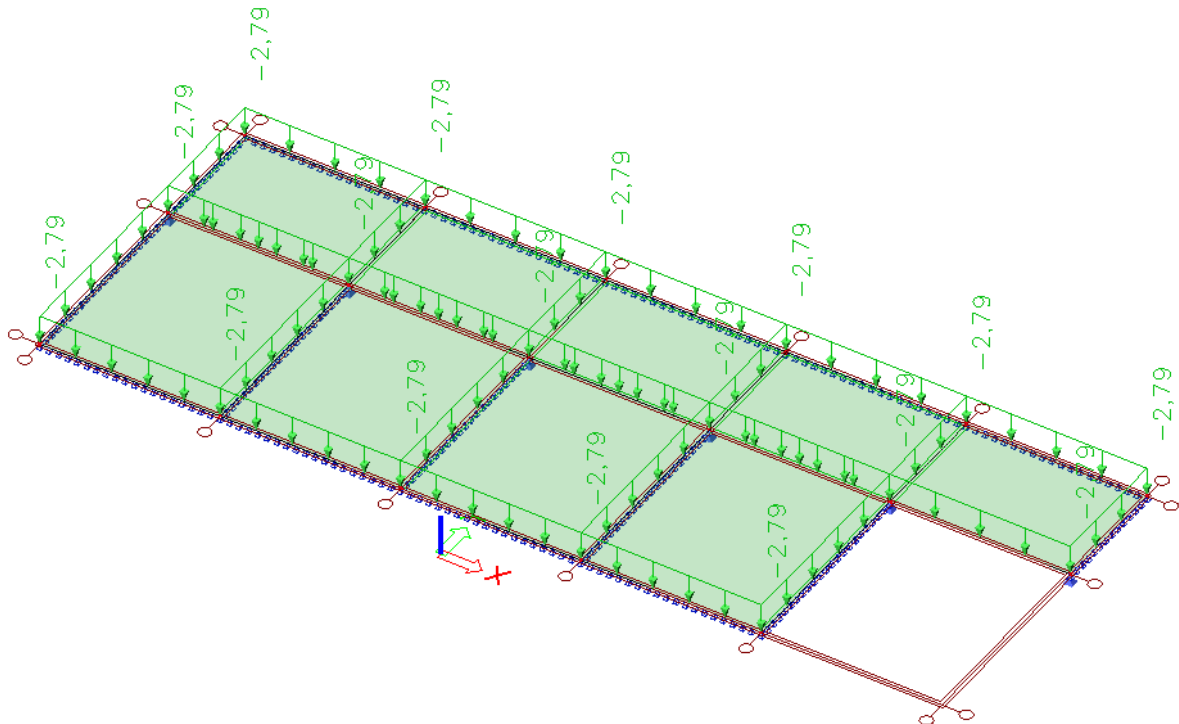
#### Stalno opterećenje



Prikaz slojeva međukatne ploče – pozicija 400/300/200/100

Tablica ukupnog stalnog opterećenja ( $g_{400} / g_{300} / g_{200} / g_{100}$ ) pozicije 400/300/200/100

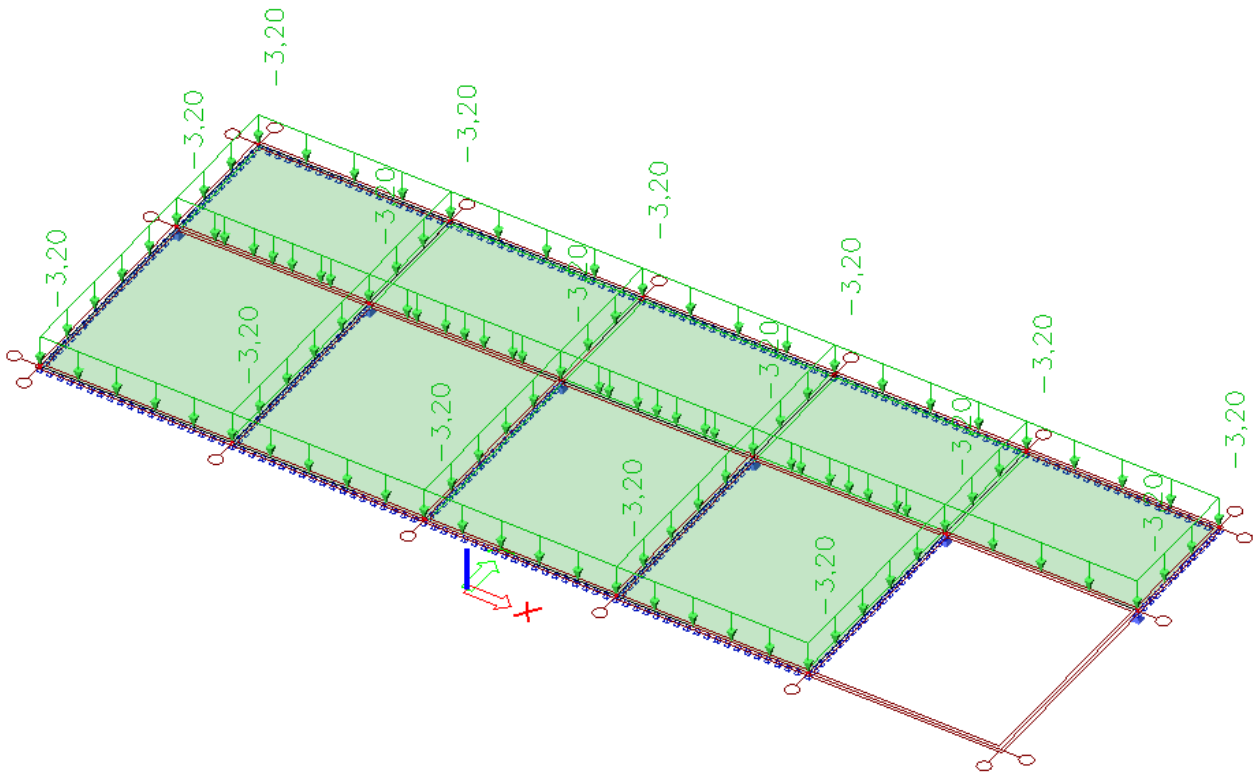
	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d * $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Pregrade			1,00
Završna obrada poda-parket	0,02	12,0	0,24
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,04	5,0	0,20
Hidroizolacija	0,005	20,0	0,10
Ukupno dodatno stalno opterećenje: $g_{400/300/200/100} = 2,79$ (kN/m <sup>2</sup> )			



Ploča poz 400/300/200/100 - dodatno stalno opterećenje

## *Promjenjivo opterećenje*

$$q_{100}=q_{200}=q_{300}=q_{400}= 3.2 \text{ kN/m}^2$$



*Ploča poz 400/300/200/100 - promijenjivo opterećenje*

## 5. Opterećenje potresom ( $S_x, S_y$ )

Potresne sile proračunate su postupkom spektralne analize prema HRN EN 1998 (EN 1998-1:2004/A1:2013 & EN 1998-2:2005+AC:2010+A1:2009+A2:2011). Građevina se nalazi u zoni projektnog ubrzanja tla  $a_g = 0.18g$ , prema važećoj seizmičkoj karti (povratni period 475 godina).

Ukupna masa konstrukcije proračunata je računalnim programom na osnovi zadane stalnog opterećenja i dijela uporabnog opterećenja (30%).

$$W = \Sigma G + \Sigma \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot Q_i = 1.0xG + (0.5x0.6xQ)$$

### Koeficijenti za proračun ordinata spektra odgovora

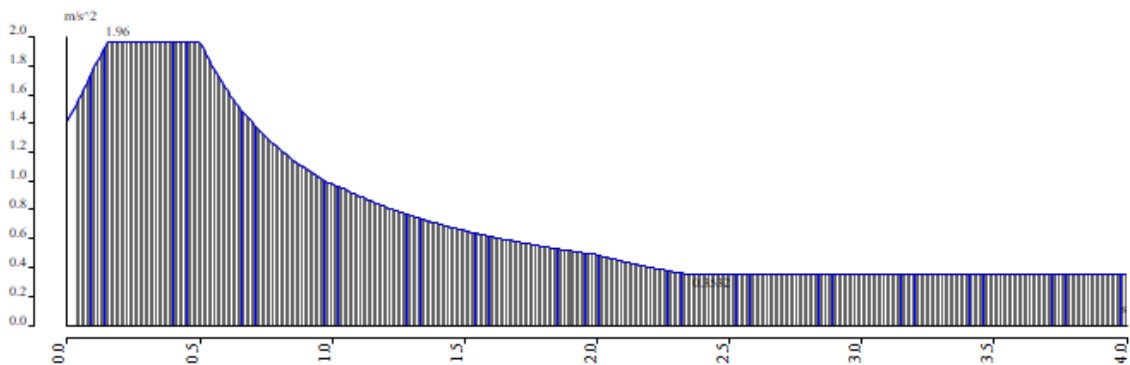
Faktor važnosti  $\psi = 1.0$

Faktor ponašanja  $q = q_0 k_w = 3.3x1.0x0.8 = 2.6$

$S = 1.0, \beta_0 = 2.5, T_B = 0.15 \text{ s}, T_C = 0.4 \text{ s}, T_D = 2.0 \text{ s}$

Računsko ubrzanje tla  $a_g = 0.18g$

Kategorija tla A.



*Računski spektar odgovora*

Proračun konstrukcije izvršen je metodom spektra odgovora. Ukupni pomaci i sile izračunati su prema SRSS metodi.

U nastavku su prikazani rezultati modalne analize.

Tablica: Rezultati modalne analize

Relativemodal masses

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{x1}/W_{x\text{tot}}$	$W_{y1}/W_{y\text{tot}}$	$W_{z1}/W_{z\text{tot}}$	$W_{x1,R}/W_{x\text{tot},R}$	$W_{y1,R}/W_{y\text{tot},R}$	$W_{z1,R}/W_{z\text{tot},R}$
1	58.9433	0,11	9,38	0,0000	0,6731	0,0139	0,2135	0,0001	0,0004
2	75.59	0,08	12,03	0,2193	0,0001	0,0013	0,0000	0,0291	0,0005
3	76.4981	0,08	12,18	0,4492	0,0000	0,0008	0,0000	0,0414	0,0009
4	80.0628	0,08	12,74	0,0624	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0002
5	85.4451	0,07	13,60	0,0048	0,0000	0,0010	0,0000	0,0006	0,0015
6	86.0221	0,07	13,69	0,0629	0,0000	0,0042	0,0005	0,0050	0,0209
7	87.6157	0,07	13,94	0,0121	0,0001	0,0081	0,0001	0,0057	0,0170
8	88.9305	0,07	14,15	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0016	0,0000
9	90.8999	0,07	14,47	0,0001	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
10	91.6752	0,07	14,59	0,0004	0,0002	0,0002	0,0000	0,0015	0,0009
11	92.9371	0,07	14,79	0,0007	0,0013	0,0015	0,0001	0,0050	0,0182
12	93.8345	0,07	14,93	0,0000	0,0001	0,0048	0,0000	0,0043	0,0085
13	93.9382	0,07	14,95	0,0015	0,0000	0,0000	0,0001	0,0439	0,0211
14	96.085	0,07	15,29	0,0013	0,0007	0,0120	0,0001	0,0052	0,0016
15	97.0988	0,05	15,45	0,0008	0,0008	0,0243	0,0003	0,0040	0,0153
16	99.2499	0,06	15,80	0,0001	0,0014	0,0443	0,0010	0,0134	0,3866
17	99.5154	0,06	15,84	0,0000	0,0152	0,1165	0,0022	0,0034	0,0380
18	101.91	0,06	16,22	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,0005	0,0254
19	103.541	0,06	16,48	0,0003	0,0000	0,0019	0,0000	0,0172	0,0699
20	104.086	0,06	16,57	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0007	0,0011
21	104.579	0,06	16,64	0,0002	0,0000	0,0008	0,0001	0,0068	0,0305
22	105.716	0,06	16,83	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003	0,0187	0,0107
23	106.247	0,06	16,91	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0000	0,0001
24	107.653	0,06	17,13	0,0003	0,0109	0,0935	0,0000	0,0080	0,0017
25	108.712	0,06	17,30	0,0001	0,0000	0,0094	0,0078	0,0021	0,0010
26	109.394	0,06	17,41	0,0000	0,0016	0,0005	0,0149	0,0055	0,0140
27	109.513	0,06	17,43	0,0000	0,0004	0,0089	0,0001	0,0007	0,0004
28	110.355	0,06	17,56	0,0000	0,0008	0,0005	0,0010	0,0002	0,0058
29	110.495	0,06	17,59	0,0000	0,0003	0,0035	0,0036	0,0008	0,0307
30	110.932	0,06	17,66	0,0000	0,0005	0,0301	0,0002	0,0031	0,0037
31	113.527	0,06	18,07	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
32	114.582	0,05	18,24	0,0046	0,0001	0,0001	0,0006	0,0002	0,0133
33	115.96	0,05	18,46	0,0003	0,0000	0,0003	0,0005	0,0002	0,0009
34	116.723	0,05	18,58	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
35	117.823	0,05	18,75	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
36	118.873	0,05	18,92	0,0001	0,0000	0,0023	0,0015	0,0045	0,0001
37	119.141	0,05	18,96	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
38	120.283	0,05	19,14	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001
39	121.067	0,05	19,27	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
40	121.393	0,05	19,32	0,0001	0,0009	0,0032	0,0024	0,0018	0,0015
41	122.088	0,05	19,43	0,0000	0,0000	0,0017	0,0005	0,0014	0,0000
42	123.055	0,05	19,58	0,0000	0,0009	0,0019	0,0026	0,0004	0,0005
43	123.189	0,05	19,61	0,0000	0,0001	0,0008	0,0001	0,0013	0,0000
44	124.485	0,05	19,81	0,0003	0,0036	0,0322	0,0147	0,0238	0,0049
45	125.062	0,05	19,90	0,0000	0,0005	0,0015	0,0025	0,0010	0,0001
46	126.031	0,05	20,06	0,0000	0,0014	0,0043	0,0066	0,0044	0,0006
47	126.132	0,05	20,07	0,0001	0,0030	0,0176	0,0108	0,0016	0,0000
48	126.823	0,05	20,18	0,0003	0,0001	0,0005	0,0000	0,0117	0,0067
49	128.215	0,05	20,41	0,0000	0,0028	0,0219	0,0108	0,0007	0,0011
50	128.553	0,05	20,46	0,0002	0,0003	0,0051	0,0000	0,0356	0,0076
				0,8228	0,7215	0,4781	0,3006	0,3687	0,7639

Obzirom da zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi cca 80 % ukupne mase konstrukcije u kombinacijama koje uključuju djelovanje potresa, djelovanja  $S_x$  i  $S_y$  će se množiti korekcijskim koeficijentima  $k_x$  i  $k_y$ :

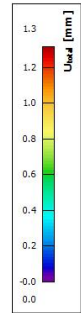
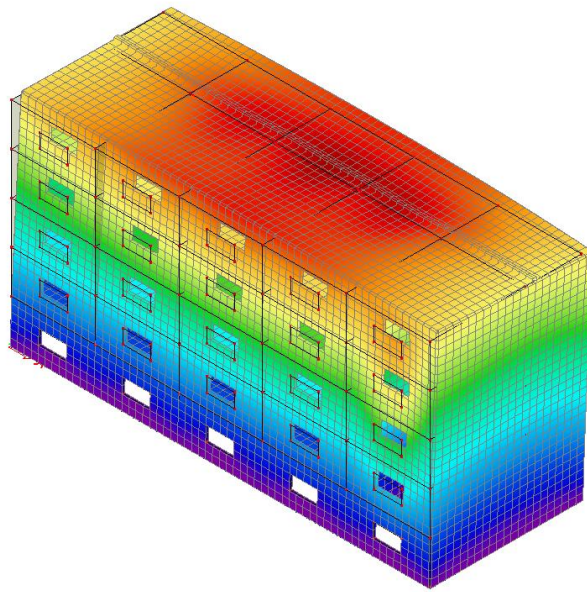
$$k_x = 1.000/0.80 = 1.25$$

$$k_y = 1.000/0.80 = 1.25$$

# Mod 1 – ukupni pomak :

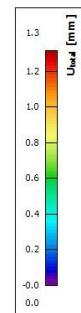
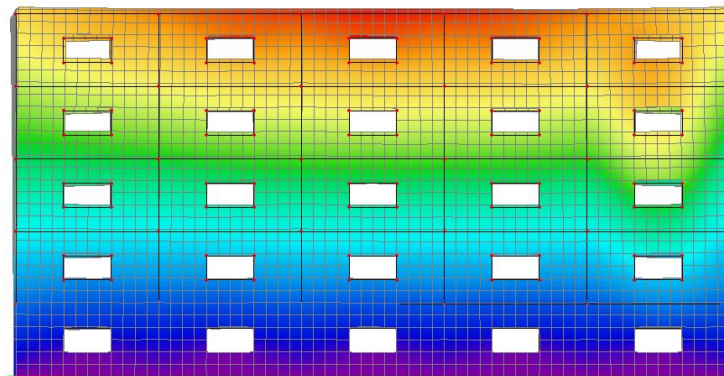
## 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/1 - 9,38  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



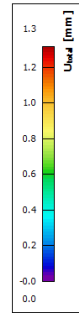
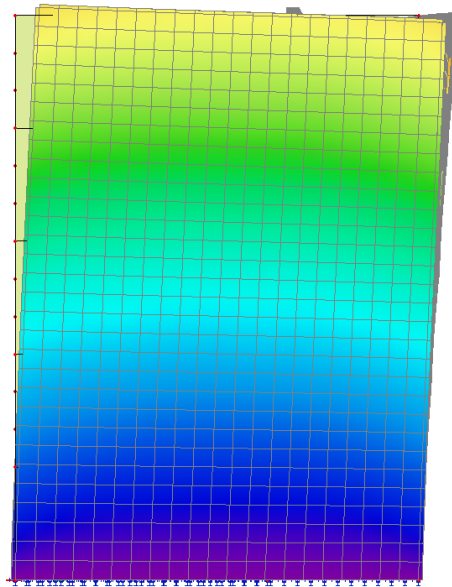
## 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/1 - 9,38  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



**3D displacement**

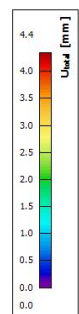
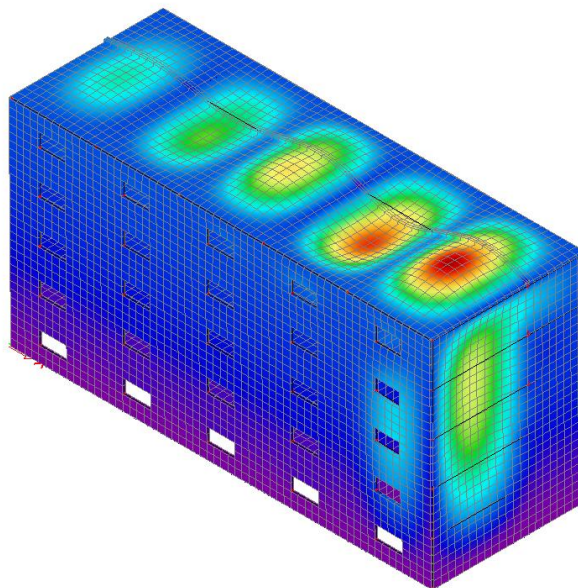
Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/1 - 9,38  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



**Mod 2 – ukupni pomak :**

**3D displacement**

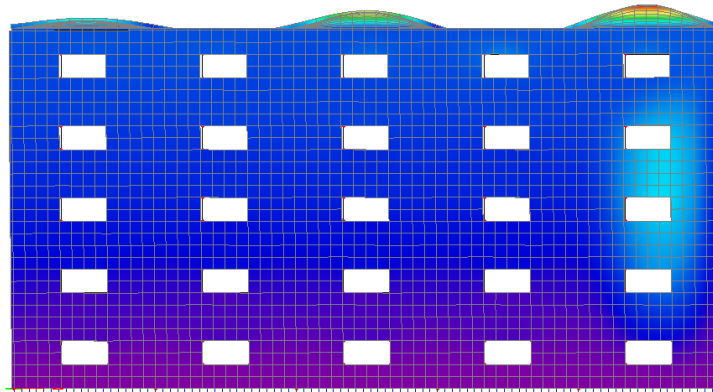
Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/2 - 12,03  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global





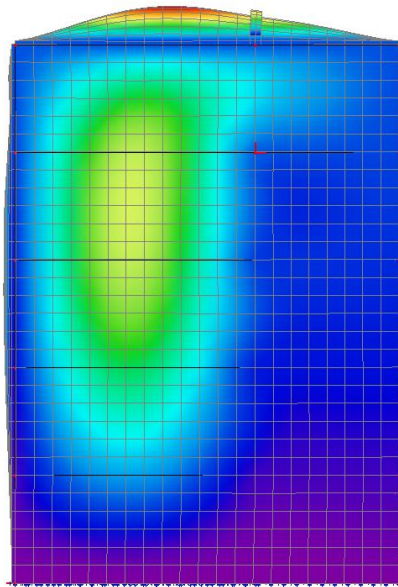
**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/2 - 12,03  
Selection: All  
Location: In nodes avg., System: Global



**3D displacement**

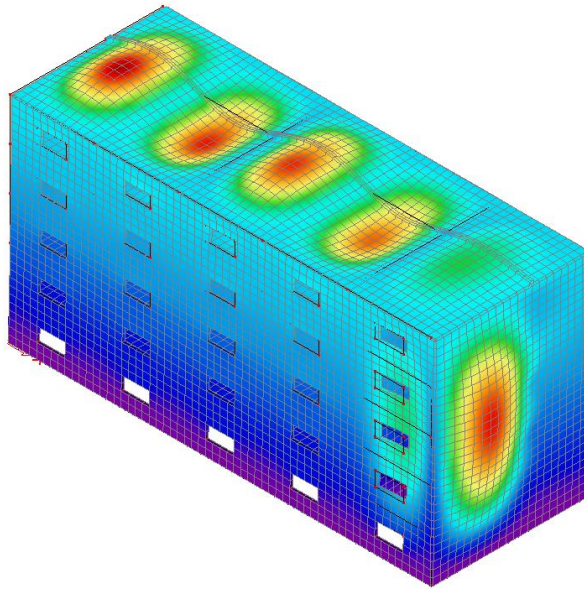
Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/2 - 12,03  
Selection: All  
Location: In nodes avg., System: Global



# Mod 3 – ukupni pomak :

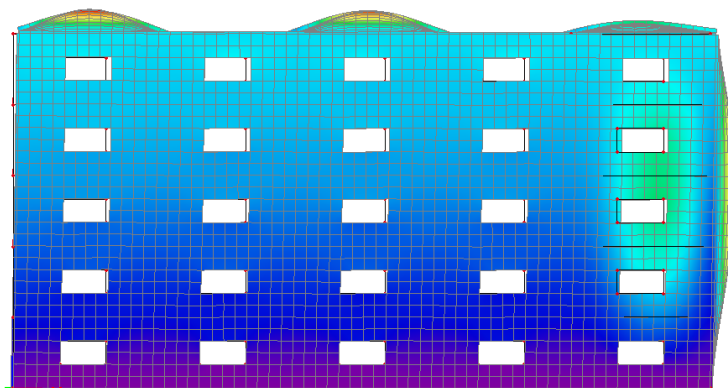
## 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1 kg.  
Mass combination: CM1/3 - 12,18  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



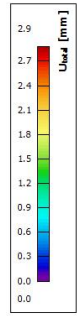
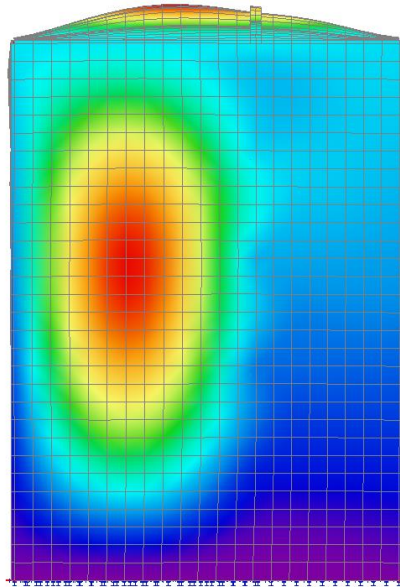
## 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1 kg.  
Mass combination: CM1/3 - 12,18  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/3 - 12,18  
Selection: All  
Location: In nodes avg., System: Global



## 6. PRORAČUN POZICIJE 500

Za potrebe proračuna pozicije 500 izrađen je 2D numerički model. Za opterećenja prikazana u poglavlju 2, izrađeno je nekoliko kombinacija opterećenja :

- GSN1 :  $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q$
- GSU1 :  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot q$

(a) Proračun ploče

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

Minimalna armatura:

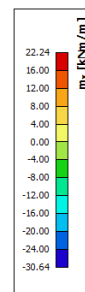
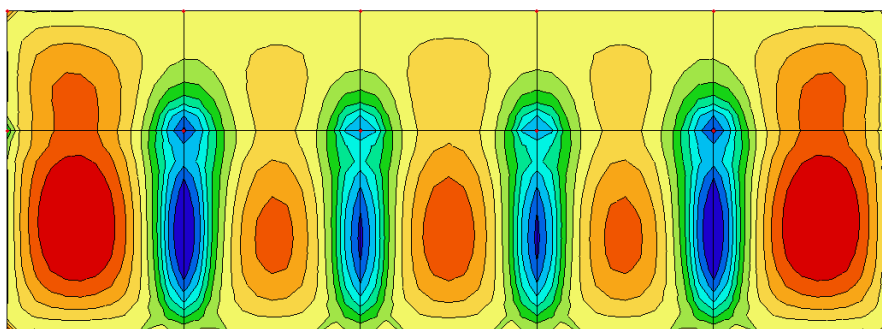
$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (3,5/500) \cdot 100 \cdot 14 \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 14$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (3,5/500) \cdot 100 \cdot 14 = 2,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

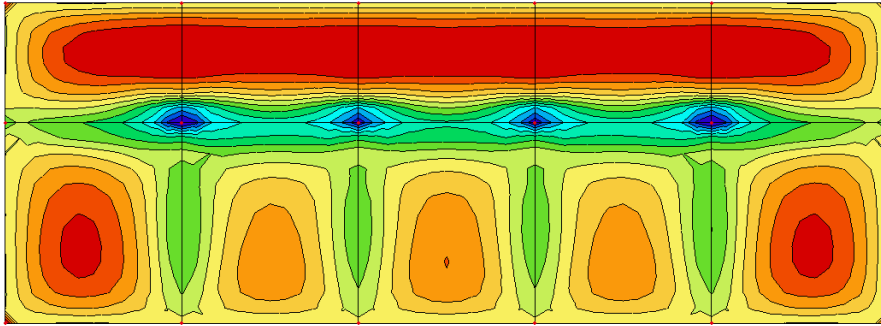
$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 14 = 1,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2D internal forces  
Values: mxx  
Linear calculation  
Combination: KGS-1  
Extremes: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: LCS  
mesh element



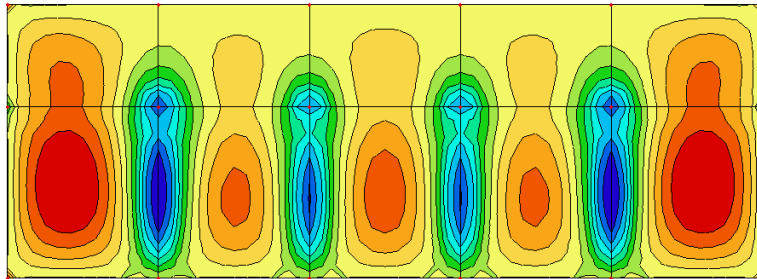
Momenti savijanja  $M_{xx}$  za GSN1 - ploča poz 500

2D internal forces  
 Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: KGS-1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: LCS  
 mesh element



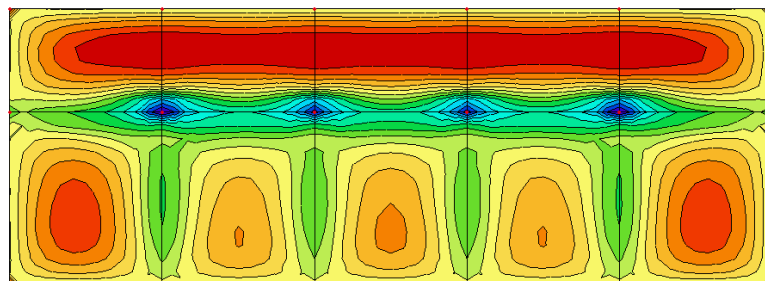
Momenti savijanja  $M_{yy}$  za GSN1 - ploča poz 500

2D internal forces  
 Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU-1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: LCS  
 mesh element



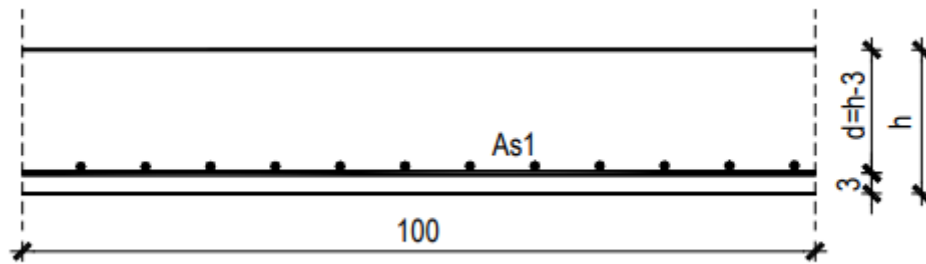
Momenti savijanja  $M_{xx}$  za GSU1 - ploča poz 500

2D internal forces  
 Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU-1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: LCS  
 mesh element



Momenti savijanja  $M_{yy}$  za GSU1 - ploča poz 500

(1) Polje – ploče koje nose u dva smjera



$$M_{Ed,1} = 22,24 \text{ kNm/m}$$

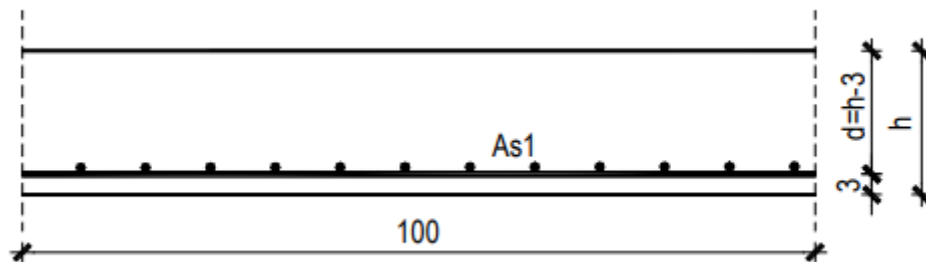
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22,24 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,04203$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,107$  ;  $\zeta = 0,962$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,107 \cdot 14 = 1,50 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22,24 \cdot 100}{0,962 \cdot 14 \cdot 43,48} = 3,80 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  Q-385 ( $A_{s1} = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

(2) Polje – ploče koje nose u jednom smjeru



$$M_{Ed,1} = 17,54 \text{ kNm/m}$$

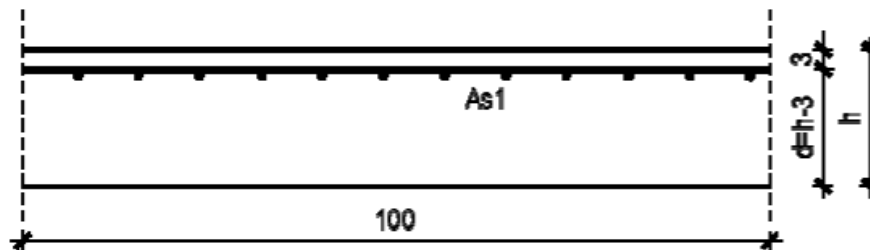
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{17,54 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,03314$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1,1 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,099$  ;  $\zeta = 0,965$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,099 \cdot 14 = 1,39 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{17,54 \cdot 100}{0,965 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2,99 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  R-335 ( $A_{s1} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

1) Ležaj – x smjer



$$M_{Ed,1} = 30,64 \text{ kNm/m}$$

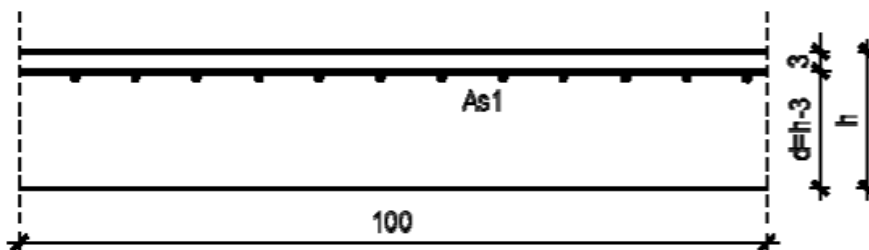
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30,64 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,057898$$

očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 1,5 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,130$  ;  $\zeta = 0,953$   
 položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,130 \cdot 14 = 1,82 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30,64 \cdot 100}{0,953 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,28 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  R-636 ( $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

2) Ležaj – y smjer



$$M_{Ed,1} = 25,73 \text{ kNm/m}$$

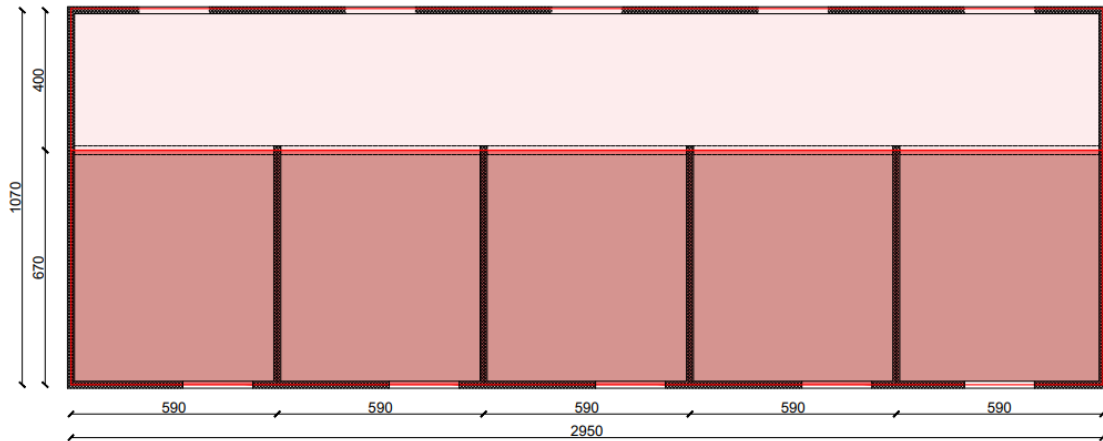
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,73 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,04862$$

očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,123$  ;  $\zeta = 0,956$   
 položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,123 \cdot 14 = 1,72 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,73 \cdot 100}{0,956 \cdot 14 \cdot 43,48} = 4,42 \text{ cm}^2$$

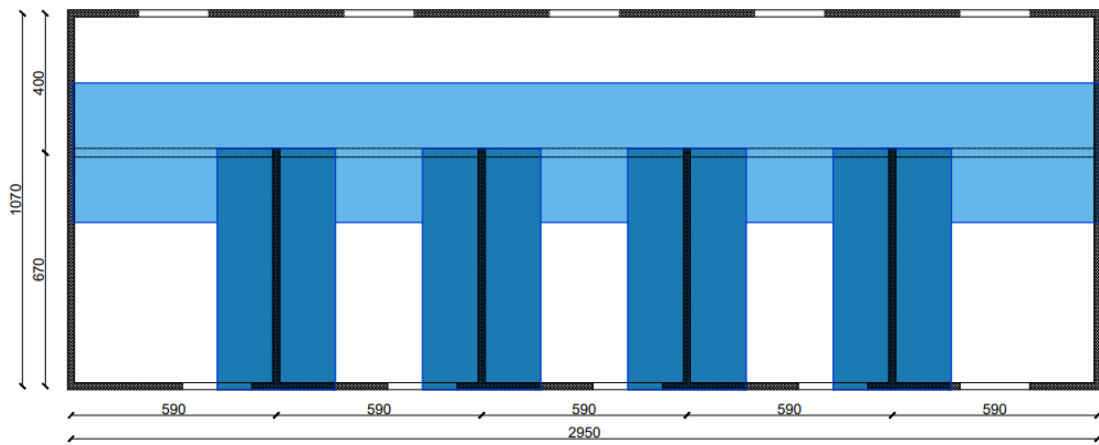
odabrano  $\rightarrow$  R-503 ( $A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

- SKICA ARMATURE POZICIJE 500 POLJE :



R-335  
Q-385

- SKICA ARMATURE POZICIJE 500 LEŽAJ :



R-503  
R-636



- **KONTROLA PROGIBA (GSU)**

Maksimalni očitani progib iznosi 3,0 mm

Nelinearni dugotrajni progib se procenjuje 2,5 veći:

$$V = 2,5 \cdot 0,30 = 0,75$$

Maksimalni dozvoljeni progib :

$$V_{\max} = \frac{L_1}{300} = \frac{590}{300} = 1,97 \text{ cm}$$

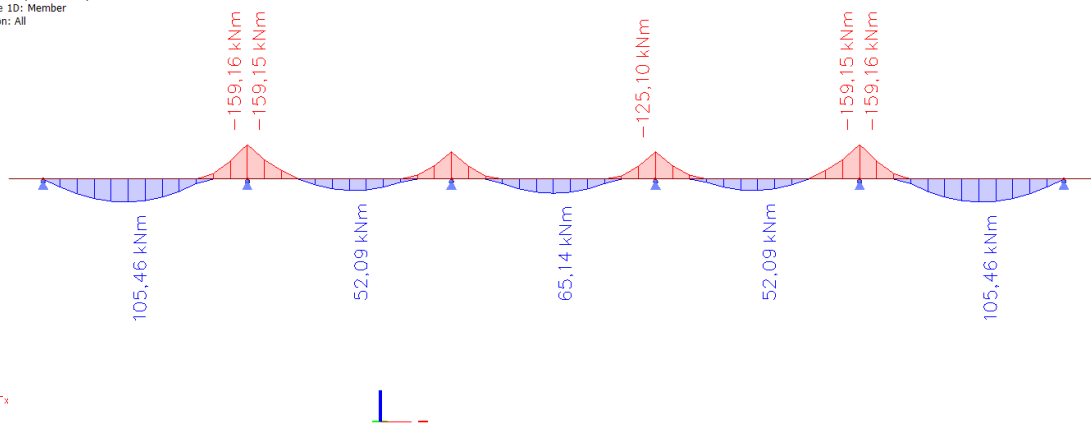
$$V < V_{\max}$$

0,75 < 1,97 zadovoljava!

**(A) PRORAČUN GREDE POZ 500 :**

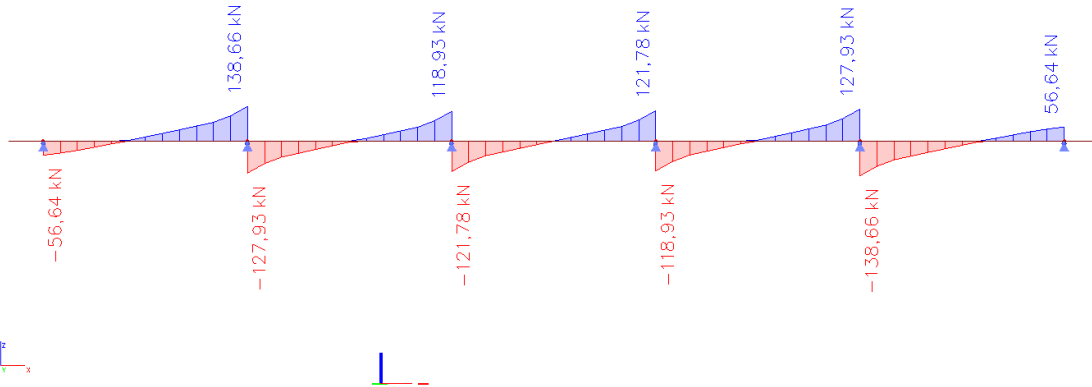
Moment savijanja  $M_y$  :

1D internal forces  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: KGS-1  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



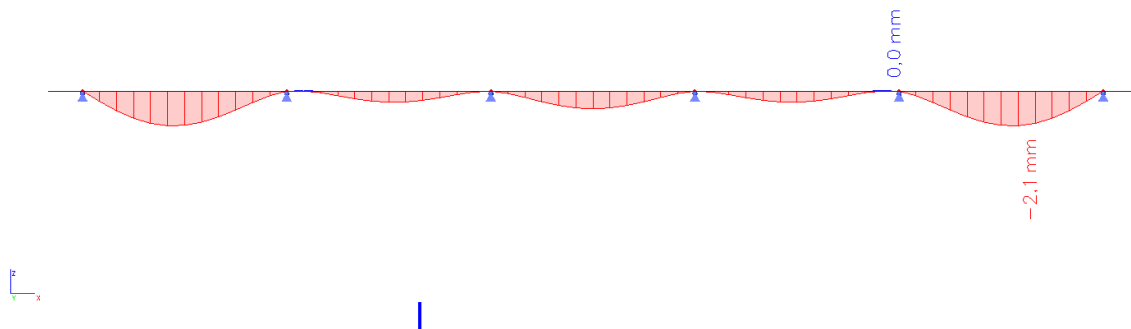
## Poprečna sila Vz :

**1D internal forces**  
 Values: Vz  
 Linear calculation  
 Combination: KGS-1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



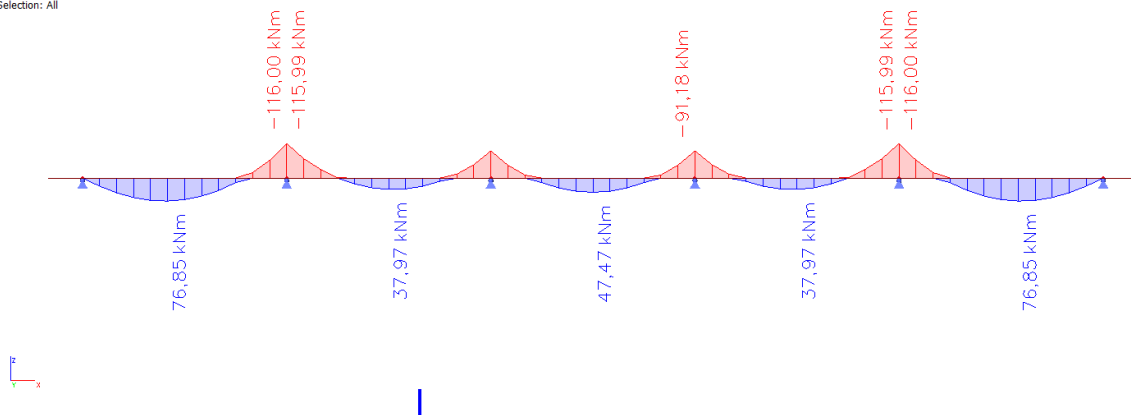
## Pomak uz :

**1D deformations**  
 Values: uz  
 Linear calculation  
 Combination: GSU-1  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



## Za GSU- 1 My :

**1D internal forces**  
 Values: My  
 Linear calculation  
 Combination: GSU-1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All

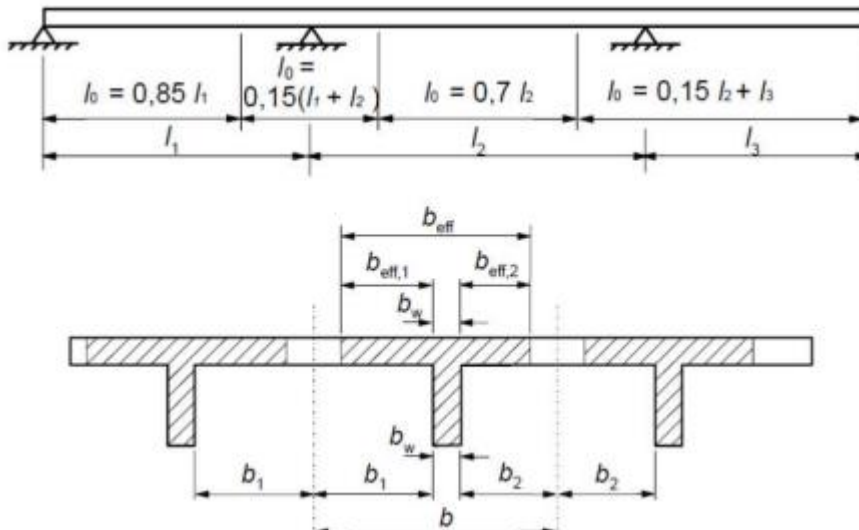


## Dimenzioniranje

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

### ➤ ODREĐIVANJE SUDJELUJUĆE ŠIRINE PLOČE ( $b_{eff}$ )



$$b_{eff} = \sum b_{eff} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$b_{eff} \leq b_i$$

**Polje 1:**  $b_{eff} = b_w + 0,85 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,85 \cdot 5,9/5 = 1,30$  m

**Polje 2 i 3:**  $b_{eff} = b_w + 0,70 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,70 \cdot 5,9/5 = 1,13$  m

### Polje 1

$$M_{Ed,1} = 105,46 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{105,46 \cdot 100}{130 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0148$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,7 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,065$  ;  $\zeta = 0,977$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,065 \cdot 45 = 2,93 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{105,46 \cdot 100}{0,977 \cdot 45 \cdot 43,48} = 5,51 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 3 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 6,03 \text{ cm}^2$ )

### Polje 2

$$M_{Ed,2} = 52,09 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,2}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{52,09 \cdot 100}{113 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,00882$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,048$  ;  $\zeta = 0,984$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,048 \cdot 45 = 2,16 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{52,09 \cdot 100}{0,984 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,71 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 2 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$ )

### Polje 3

$$M_{Ed,3} = 65,14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,3}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{65,14 \cdot 100}{113 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0110$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,057$  ;  $\zeta = 0,981$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 45 = 2,57 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,3}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{65,14 \cdot 100}{0,981 \cdot 45 \cdot 43,48} = 3,39 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 2 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj 1

$$M_{Ed,1} = 159,16 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{159,16 \cdot 100}{30 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,097$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 2,2 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,180$  ;  $\zeta = 0,931$

položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,180 \cdot 45 = 8,1 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,931 \cdot 45 = 41,9 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{159,16 \cdot 100}{0,931 \cdot 45 \cdot 43,48} = 8,74 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 5 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj 2

$$M_{Ed,1} = 125,10 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,2}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{125,10 \cdot 100}{30 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0763$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1,8 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,153$  ;  $\zeta = 0,944$

položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,153 \cdot 45 = 6,89 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,944 \cdot 45 = 42,48 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{125,10 \cdot 100}{0,944 \cdot 45 \cdot 43,48} = 6,77 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 4 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj 3

$$M_{Ed,3} = 125,10 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,3}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{125,10 \cdot 100}{30 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0763$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1,8 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,153$  ;  $\zeta = 0,944$

položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,153 \cdot 45 = 6,89 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,944 \cdot 45 = 42,48 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,3}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{125,10 \cdot 100}{0,944 \cdot 45 \cdot 43,48} = 6,77 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 4 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ )

### Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$b_t$  – srednja širina vlačnog područja

$d$  – statička visina

$f_{ctm}$  – srednja vlačna čvrstoća betona

$f_{yk}$  – karakteristična granica popuštanja čelika

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d \geq 0,26 \cdot 3,5/500 \cdot 25 \cdot 45 \geq 2,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot 25 \cdot 45 \geq 1,46 \text{ cm}^2$$

### Maksimalna armatura:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot A_c$$

$A_c$  – površina betonskog presjeka

Polje:

$$A_{s1,max}^A = 0,04 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 0,04 \cdot 130 \cdot 17 = 88,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max}^{B,C} = 0,04 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 0,04 \cdot 113 \cdot 17 = 76,84 \text{ cm}^2$$

Ležaj:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b_w \cdot d = 0,04 \cdot 30 \cdot 45 = 54,0 \text{ cm}^2$$

## (B) DIMENZIONIRANJE NA POPREČNE SILE ( $V_{Ed}$ )

### Ležaj 0

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 56,64 \text{ kN}$$

#### Dio poprečne sile koju preuzima beton

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \cdot d \leq 0,02 = 6,03 / 25 \cdot 45 = 0,00536 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{sl} = 3 \text{ } \emptyset 16 \text{ (} A_{sl} = 6,03 \text{ cm}^2 \text{)} = 6,03 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00536 \cdot 40)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 300 \cdot 450 = 75157,630 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 75,16 \text{ kN} > V_{Ed} = 56,64 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 40^{1/2} = 0,48$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,48 \cdot 300 \cdot 450 \geq 64800,0 \text{ N} = 64,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 75,16 \text{ kN} \geq 64,8 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

#### Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1,0 - 40/250] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 26,7 = 908334 \text{ N} = 908,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 908,33 \text{ kN} > V_{Ed} = 56,64 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 56,64 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 56,64 / 908,33 \approx 0,062 \rightarrow V_{Ed} < 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 56,64 < 0,3 \cdot 908,33$$

$$V_{Ed} = 56,64 < 272,50$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spone

reznost spona:  $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona:  $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

**Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)**

-Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg } \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 111,29 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 56,64 \text{ kN}$$

(dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)



## Ležaj 1

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 138,66 \text{ kN}$$

### Dio poprečne sile koju preuzima beton

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_l = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{s1}/b \cdot d \leq 0,02 = 20,1 / 25 \cdot 45 = 0,01787 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{s1} = 3 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 6,03 \text{ cm}^2) + 5 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2) + 2 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2) = 6,03 + 10,05 + 4,02 = 20,1 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,01787 \cdot 40)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 300 \cdot 450 = 112277,57 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 112,28 \text{ kN} < V_{Ed} = 138,66 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 40^{1/2} = 0,48$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,48 \cdot 300 \cdot 450 \geq 64800,0 \text{ N} = 64,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 112,28 \text{ kN} \geq 64,8 \text{ kN} \text{ (uvjet zadovoljen)}$$

### Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1,0 - 40/250] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 26,7 = 908334 \text{ N} = 908,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 908,33 \text{ kN} > V_{Ed} = 138,66 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 138,66 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 138,66 / 908,33 \approx 0,153 \rightarrow V_{Ed} < 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 138,66 < 0,3 \cdot 908,33$$

$$V_{Ed} = 138,66 < 272,50$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona

reznost spona:  $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona:  $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$ )

-Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg } \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 111,29 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 138,66 \text{ kN}$$

(nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

### Potrebni razmak spona

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 45)}{138,66} = 20,07 \text{ cm}$$

odabrane spona:  $\text{Ø } 10/20 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

## - KONTROLA ŠIRINE PUKOTINA POZ 500

$$M_{Ed} = 76,85 \text{ kNm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:**

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

**Vrijednost  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  određuje se prema izrazu:**

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

**Položaj neutralne osi:**

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,71 \cdot 6,03}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 45}{5,71 \cdot 6,03}} \right) = 9,08 \text{ cm}$$

**Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:**

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{76,85 \cdot 100}{\left(45 - \frac{9,08}{3}\right) \cdot 6,03} = 30,36 \text{ kN/cm}^2 = 303,6 \text{ MPa}$$

$$k_t = 0,4$$

→ za dugotrajno opterećenje

$$E_s = 200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa}$$

→ modul elastičnosti armature

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa} = 35\,000 \text{ MPa}$$

→ modul elastičnosti betona (C 40/50)

$$\alpha_e = E_s/E_{cm} = 200/35 = 5,71$$

→ omjer modula elastičnosti

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6,03}{2,5 \cdot 30 \cdot 3} = 0,0268 \rightarrow \text{koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom}$$

$$A_{c,eff} = 2,5 \cdot b_w \cdot d_1$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{303,6 - 0,4 \cdot \frac{3,5}{0,0268} \cdot (1 + 5,71 \cdot 0,0268)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{303,6}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0012168 \geq 0,0009108$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0012168$$

**Najveći razmak pukotina:**

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$\emptyset = 16 \text{ mm}$  → promjer najdeblje šipke

$c = 42 \text{ mm}$  → zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  → rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  → savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 42 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,0268} = 244,29 \text{ mm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine:**

$$w_k = s_{r,max} \times (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 244,29 \cdot 0,0012168 = \mathbf{0,30 \text{ mm}} \leq w_g = \mathbf{0,30 \text{ mm}}$$

## 7. PRORAČUN POZICIJE 400/300/200/100

Za potrebe proračuna pozicije 400/300/200/100 izrađen je 2D numerički model. Za opterećenja prikazana u poglavlju 2, izrađeno je nekoliko kombinacija opterećenja:

- GSN1:  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot q$  (mjerodavno za dimenzioniranje u polju )
- GSN2:  $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q$  (mjerodavno za dimenzioniranje na ležaju)
- GSU1:  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot q$

(a) Proračun ploče

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

Minimalna armatura:

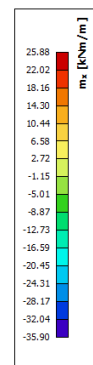
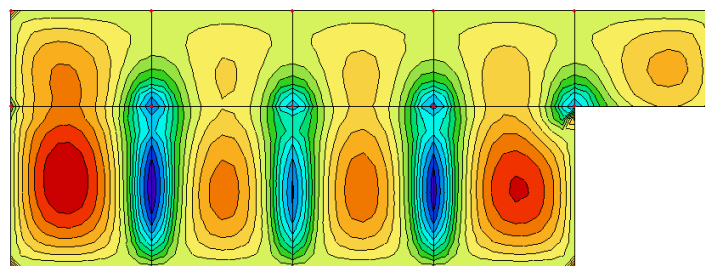
$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (3,5/500) \cdot 100 \cdot 14 \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 14$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (3,5/500) \cdot 100 \cdot 14 = 2,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

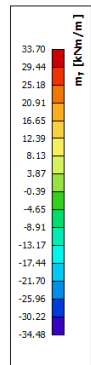
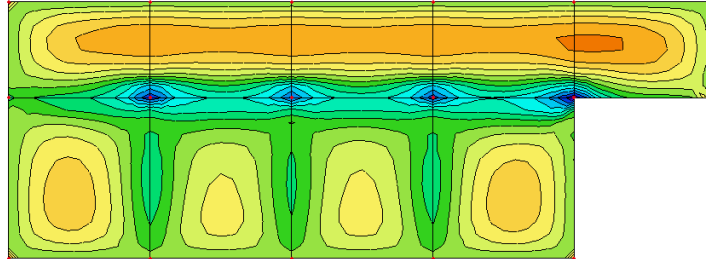
$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 14 = 1,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2D internal forces  
Values: m<sub>x</sub>  
Linear calculation  
Combination: KGS-1 polje  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: LCS  
mesh element



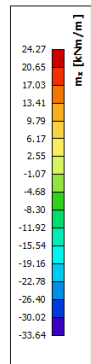
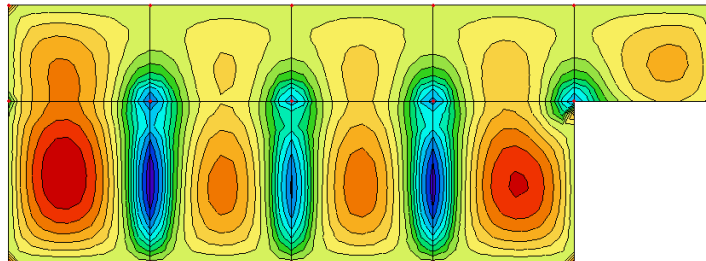
Momenti savijanja  $M_{xx}$  za GSN1 - ploča poz 400/300/200/100

**2D internal forces**  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: KGS-1 polje  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: LCS  
mesh element



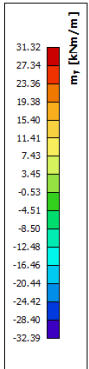
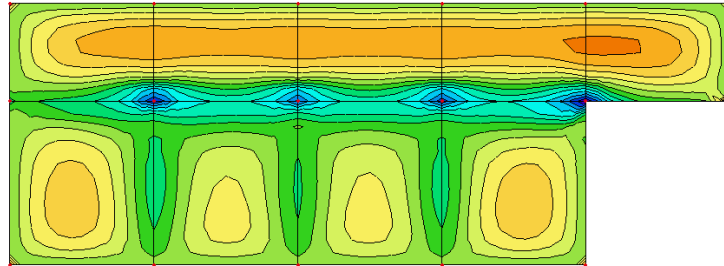
*Momenti savijanja  $M_{yy}$  za GSN1 - ploča poz 400/300/200/100*

**2D internal forces**  
Values:  $m_x$   
Linear calculation  
Combination: KGS-2  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: LCS  
mesh element



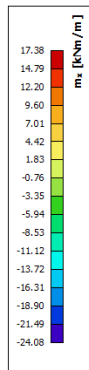
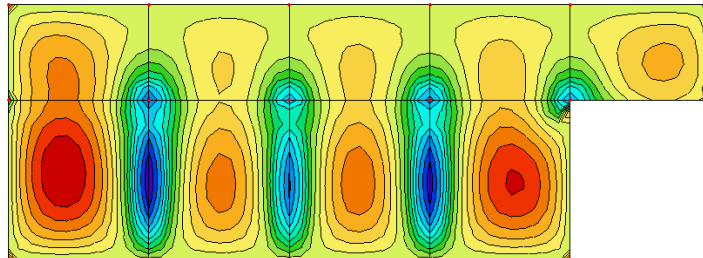
*Momenti savijanja  $M_{xx}$  za GSN2 - ploča poz 400/300/200/100*

2D internal forces  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: KGS-2  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg., System: LCS  
mesh element



Momenti savijanja  $M_{yy}$  za GSN2 - ploča poz 400/300/200/100

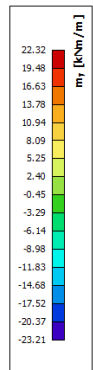
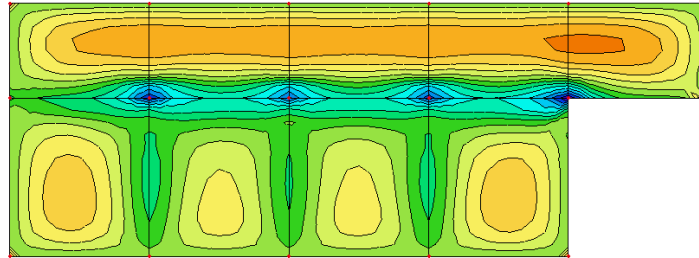
2D internal forces  
Values:  $m_x$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg., System: LCS  
mesh element



Momenti savijanja  $M_{xx}$  za GSU1 - ploča poz 400/300/200/100

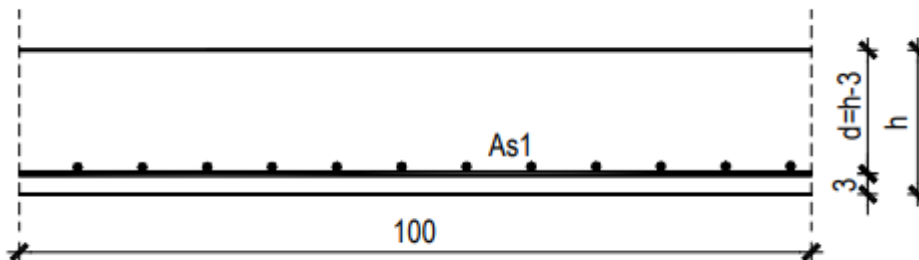
**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU-1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg., System: LCS  
 mesh element



Momenti savijanja  $M_{yy}$  za GSU1 - ploča poz 400/300/200/100

### 1) Polje – ploče koje nose u dva smjera



$$M_{Ed,1} = 25,88 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,88 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,04890$$

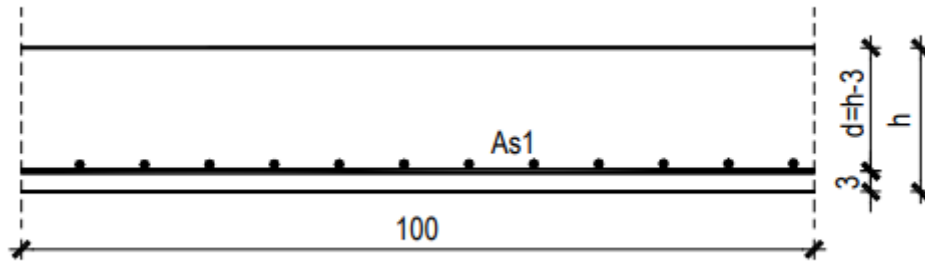
očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,123$  ;  $\zeta = 0,956$   
 položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,123 \cdot 14 = 1,72 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,88 \cdot 100}{0,956 \cdot 14 \cdot 43,48} = 4,45 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  Q-503 ( $A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$ )



2) Polje – ploče koje nose u jednom smjeru



$$M_{Ed,1} = 33,70 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,70 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,06368$$

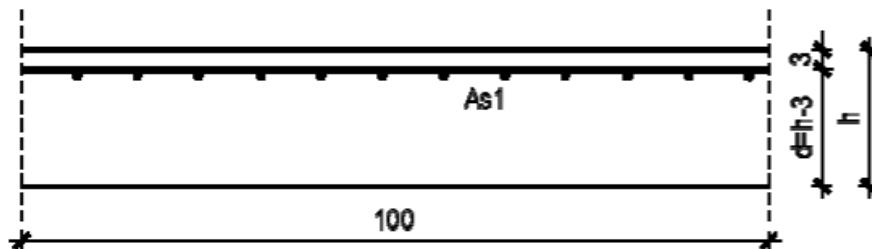
očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 1,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,138$  ;  $\zeta = 0,950$   
 položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,138 \cdot 14 = 1,93 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{33,70 \cdot 100}{0,950 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,83 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  R-636 ( $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

GSN-2

1) Ležaj – x smjer



$$M_{Ed,1} = 33,64 \text{ kNm/m}$$

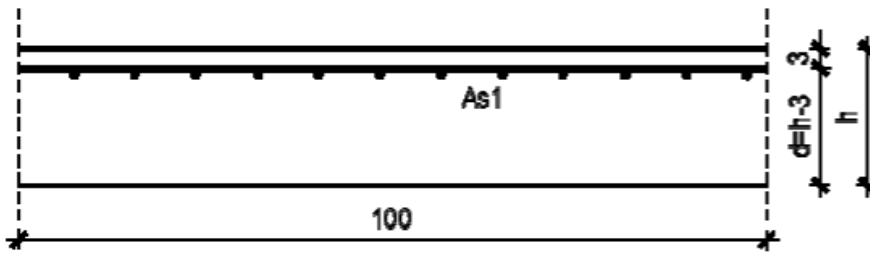
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,64 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,06357$$

očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 1,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,138$  ;  $\zeta = 0,950$   
 položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,138 \cdot 14 = 1,93 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{33,64 \cdot 100}{0,950 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,82 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow$  R-636 ( $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

2) Ležaj – y smjer



$$M_{Ed,1} = 32,39 \text{ kNm/m}$$

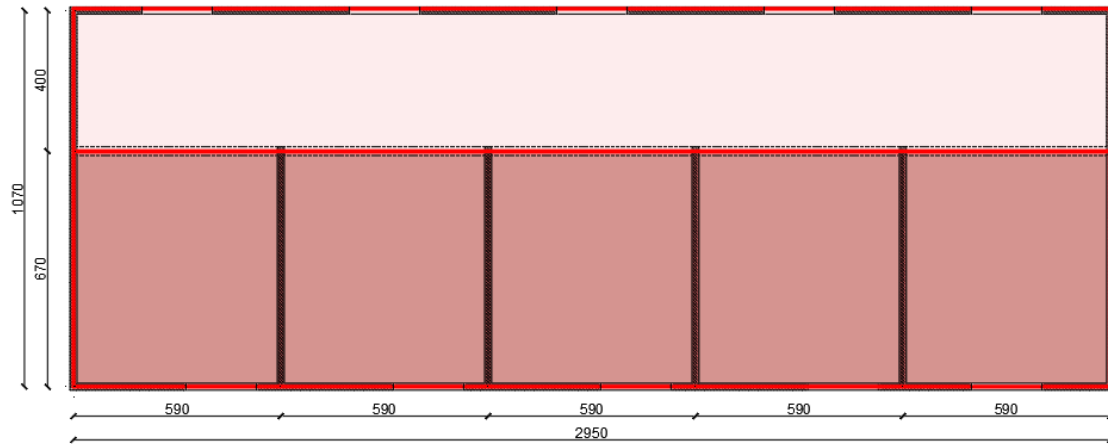
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{32,39 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,7} = 0,0612$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,138$  ;  $\zeta = 0,950$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,138 \cdot 14 = 1,93 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{32,39 \cdot 100}{0,950 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,60 \text{ cm}^2$$

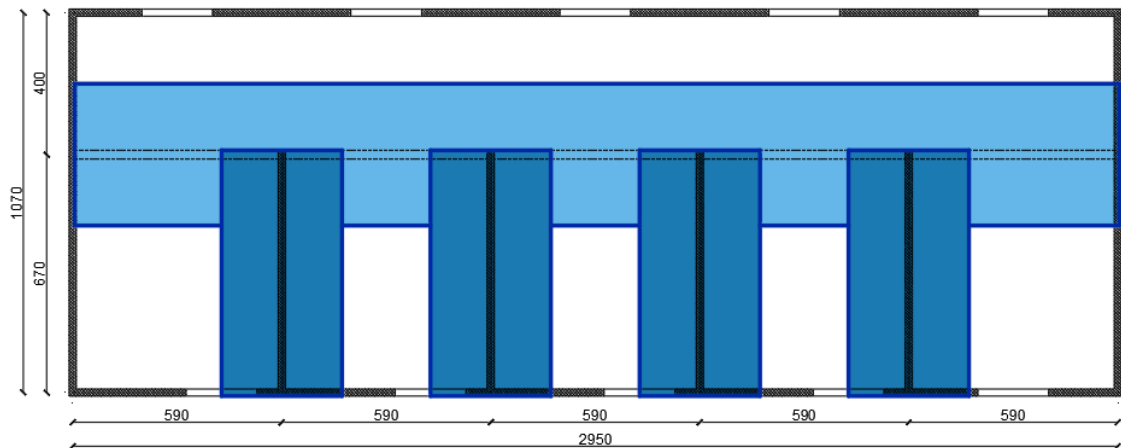
odabrano  $\rightarrow$  R-636 ( $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

- SKICA ARMATURE POZICIJE 400/300/200/100 POLJE :



□ R-636  
□ Q-503

- SKICA ARMATURE POZICIJE 400/300/200/100 LEŽAJ :



□ R-636  
□ R-636

- **KONTROLA PROGIBA (GSU)**

Maksimalni očitani progib iznosi 3,0 mm

Nelinearni dugotrajni progib se procenjuje 2,5 veći:

$$V = 2,5 \cdot 0,30 = 0,75$$

Maksimalni dozvoljeni progib :

$$v_{\max} = \frac{L_1}{300} = \frac{590}{300} = 1,97 \text{ cm}$$

$$V < v_{\max}$$

0,75 < 1,97 zadovoljava!

# 1. PRORAČUN GREDE POZ 400/300/200/100 :

Moment savijanja  $M_y$  GSN1 za momente u polju :

1D internal forces

Values:  $M_y$

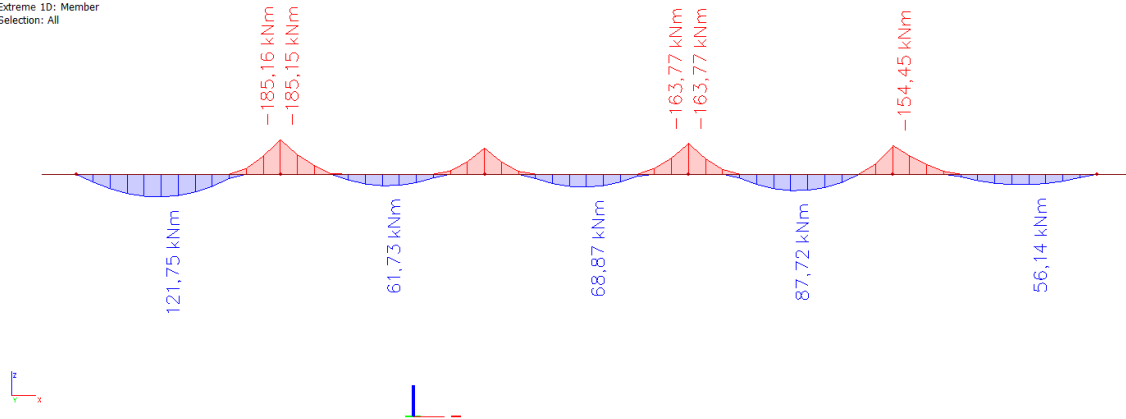
Linear calculation

Combination: KGS-1 polje

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



Moment savijanja  $M_y$  GSN2 za momente na ležaju :

1D internal forces

Values:  $M_y$

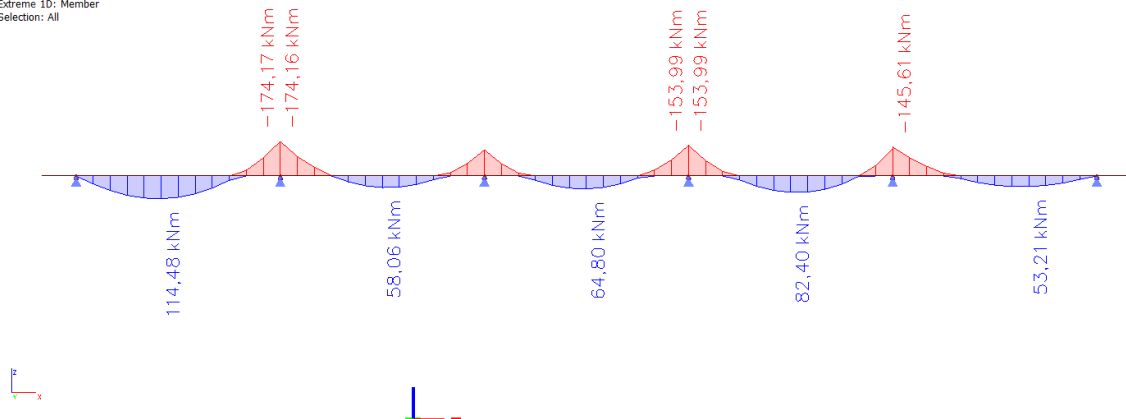
Linear calculation

Combination: KGS-2

Coordinate system: Principal

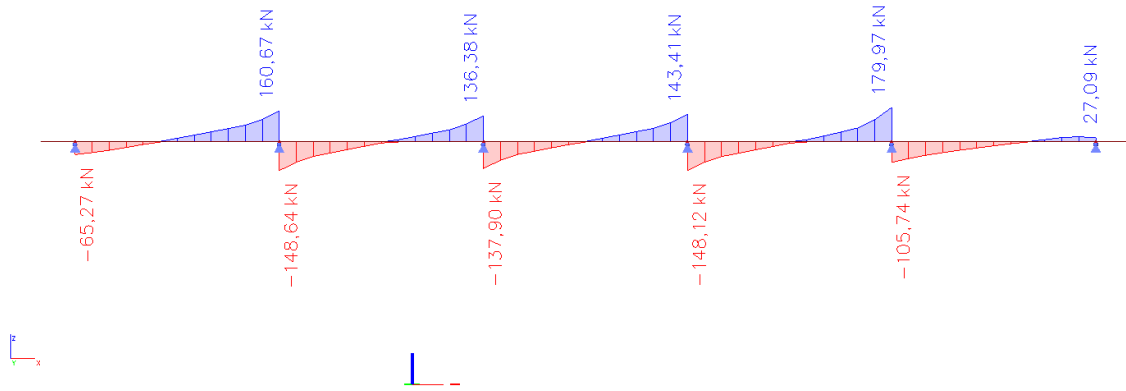
Extreme 1D: Member

Selection: All



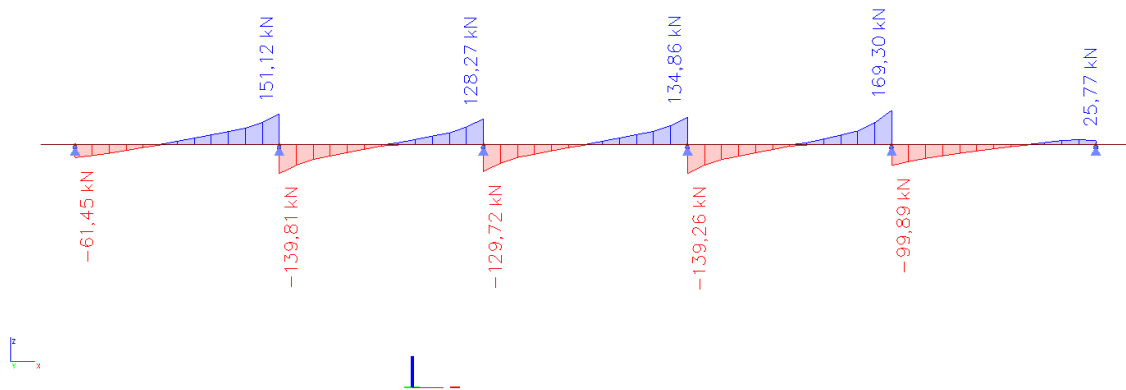
## Za poprečne sile Vz GSN1 :

1D internal forces  
Values: Vz  
Linear calculation  
Combination: KGS-1 polje  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



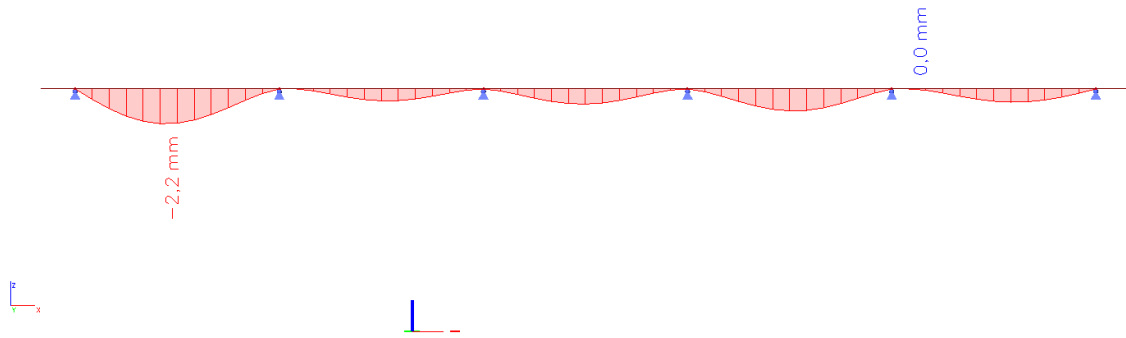
## Za poprečne sile Vz GSN2 :

1D internal forces  
Values: Vz  
Linear calculation  
Combination: KGS-2  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



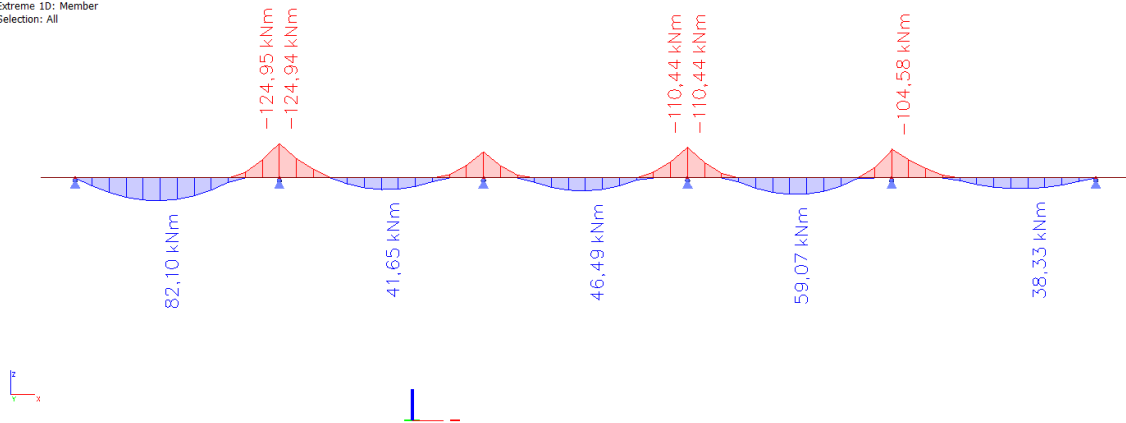
## Za kombinaciju GSU1 pomak $u_z$ :

**1D deformations**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



## Za kombinaciju GSU1 moment savijanja $M_y$ :

**1D internal forces**  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All

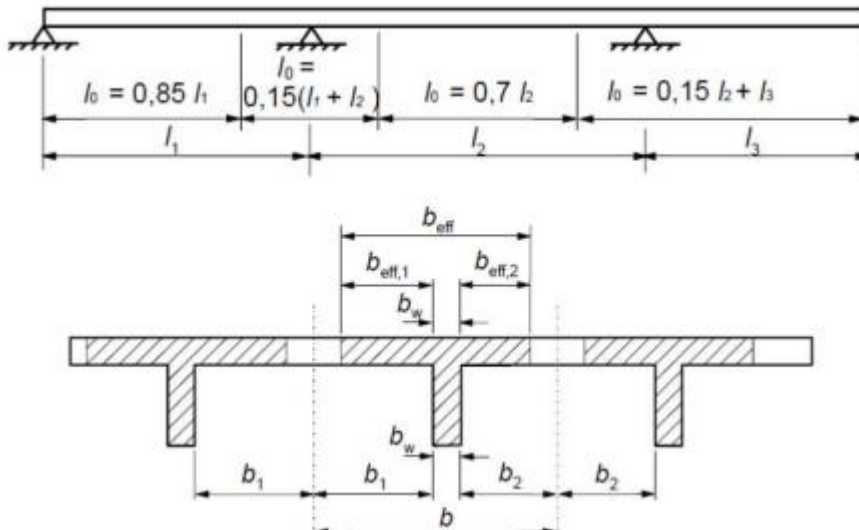


## Dimenzioniranje

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

### ➤ ODREĐIVANJE SUDJELUJUĆE ŠIRINE PLOČE ( $b_{eff}$ )



$$b_{eff} = \sum b_{eff} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$b_{eff} \leq b_i$$

**Polje 1:**  $b_{eff} = b_w + 0,85 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,85 \cdot 5,9/5 = 1,30$  m

**Polje 2 i 3:**  $b_{eff} = b_w + 0,70 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,70 \cdot 5,9/5 = 1,13$  m



### Polje 1

$$M_{Ed,1} = 121,75 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{121,75 \cdot 100}{130 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0171$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,8 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,074$  ;  $\zeta = 0,974$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,074 \cdot 45 = 3,33 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{121,75 \cdot 100}{0,974 \cdot 45 \cdot 43,48} = 6,39 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 4 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$ )

### Polje 2

$$M_{Ed,2} = 61,73 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,2}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{61,73 \cdot 100}{113 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,00999$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,057$  ;  $\zeta = 0,981$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 45 = 2,57 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{61,73 \cdot 100}{0,981 \cdot 45 \cdot 43,48} = 3,22 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 2 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$ )

### Polje 3

$$M_{Ed,A} = 68,87 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,3}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{68,87 \cdot 100}{113 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,0111$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,057$  ;  $\zeta = 0,981$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 45 = 2,57 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,3}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{68,87 \cdot 100}{0,981 \cdot 45 \cdot 43,48} = 3,59 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 2 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj 1

$$M_{Ed,1} = 174,17 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,1}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{174,17 \cdot 100}{30 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,106$$

očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 2,4 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,194$  ;  $\zeta = 0,925$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,194 \cdot 45 = 8,73 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)  
krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,925 \cdot 45 = 41,63 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{174,17 \cdot 100}{0,925 \cdot 45 \cdot 43,48} = 9,62 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 5 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj 2=3

$$M_{Ed,1} = 153,99 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,2}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{153,99 \cdot 100}{30 \cdot 45^2 \cdot 2,7} = 0,094$$

očitano:  $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$  ;  $\epsilon_{c2} = 2,1 \text{ ‰}$  ;  $\xi = 0,174$  ;  $\zeta = 0,934$   
položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,174 \cdot 45 = 7,83 \text{ cm} < h_f = 17 \text{ cm}$  (n.o. siječe ploču)  
krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,934 \cdot 45 = 42,03 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{153,99 \cdot 100}{0,934 \cdot 45 \cdot 43,48} = 8,43 \text{ cm}^2$$

odabrano  $\rightarrow 5 \text{ } \emptyset 16$  ( $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2$ )

### **Minimalna armatura:**

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$b_t$  – srednja širina vlačnog područja

$d$  – statička visina

$f_{ctm}$  – srednja vlačna čvrstoća betona

$f_{yk}$  – karakteristična granica popuštanja čelika

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d \geq 0,26 \cdot 3,5/500 \cdot 25 \cdot 45 \geq 2,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot 25 \cdot 45 \geq 1,46 \text{ cm}^2$$

### Maksimalna armatura:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot A_c$$

$A_c$  – površina betonskog presjeka

Polje:

$$A_{s1,max}^A = 0,04 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 0,04 \cdot 130 \cdot 17 = 88,4 \text{ cm}^2$$
$$A_{s1,max}^{B,C} = 0,04 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 0,04 \cdot 113 \cdot 17 = 76,84 \text{ cm}^2$$

Ležaj:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b_w \cdot d = 0,04 \cdot 30 \cdot 45 = 54,0 \text{ cm}^2$$

## 2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNE SILE ( $V_{Ed}$ )

### Ležaj 0

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 61,45 \text{ kN}$$

**Dio poprečne sile koju preuzima beton**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{s1}/b \cdot d \leq 0,02 = 8,04 / 25 \cdot 45 = 0,007147 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{s1} = 4 \text{ } \emptyset 16 \text{ (} A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2 \text{)} = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,007147 \cdot 40)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 300 \cdot 450 = 82722,96 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 82,72 \text{ kN} > V_{Ed} = 61,45 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 40^{1/2} = 0,48$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,48 \cdot 300 \cdot 450 \geq 64800,0 \text{ N} = 64,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 82,72 \text{ kN} \geq 64,8 \text{ kN} \text{ (uvjet zadovoljen)}$$

### Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1,0 - 40/250] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 26,7 = 908334 \text{ N} = 908,334 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 908,33 \text{ kN} > V_{Ed} = 61,45 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 61,45 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 61,45 / 908,33 \approx 0,068 \rightarrow V_{Ed} < 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 61,45 < 0,3 \cdot 908,33$$

$$V_{Ed} = 61,45 < 272,50$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona

reznost spona:  $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona:  $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$ )

-Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg } \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 111,29 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 61,45 \text{ kN}$$

(dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

## Ležaj 1

$$V_{Ed} = V_{Ed,1} = 169,30 \text{ kN}$$

### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_l = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{s1}/b \cdot d \leq 0,02 = 22,11 / 25 \cdot 45 = 0,01965 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{s1} = 4 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2) + 5 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2) + 2 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2) = 8,04 + 10,05 + 4,02 = 22,11 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,01965 \cdot 40)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 300 \cdot 450 = 115888,14 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 115,89 \text{ kN} < V_{Ed} = 169,30 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 40^{1/2} = 0,48$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,48 \times 300 \times 450 \geq 64800,0 \text{ N} = 64,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 115,89 \text{ kN} \geq 64,8 \text{ kN} \text{ (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1,0 - 40/250] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 26,7 = 908334 \text{ N} = 908,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 908,33 \text{ kN} > V_{Ed} = 169,30 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 169,30 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 169,30 / 908,33 \approx 0,186 \rightarrow V_{Ed} < 0,3 \times V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 169,30 < 0,3 \cdot 908,33$$

$$V_{Ed} = 169,30 < 272,50$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona

reznost spona:  $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona:  $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$ )

-Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg } \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{15} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 111,29 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 169,30 \text{ kN}$$

(nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

### Potrebni razmak spona

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 45)}{169,30} = 16,43 \text{ cm}$$

odabrane spona:  $\text{Ø } 10/15 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

## Ležaj 2

$$V_{Ed} = V_{Ed,2} = 139,26 \text{ kN}$$

### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_l = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{s1}/b \cdot d \leq 0,02 = 22,11 / 25 \cdot 45 = 0,01608 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{s1} = 2 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2) + 5 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2) + 2 \text{ } \varnothing 16 (A_{s1} = 4,02 \text{ cm}^2) = 4,02 + 10,05 + 4,02 = 18,09 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,01608 \cdot 40)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 300 \cdot 450 = 108396,06 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 108,40 \text{ kN} < V_{Ed} = 169,30 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 40^{1/2} = 0,48$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,48 \times 300 \times 450 \geq 64800,0 \text{ N} = 64,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 108,40 \text{ kN} \geq 64,8 \text{ kN} \text{ (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1,0 - 40/250] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 26,7 = 908334 \text{ N} = 908,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 908,33 \text{ kN} > V_{Ed} = 139,26 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 139,26 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 139,26 / 908,33 \approx 0,153 \rightarrow V_{Ed} < 0,3 \times V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed} = 139,26 < 0,3 \cdot 908,33$$

$$V_{Ed} = 139,26 < 272,50$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona

reznost spona:  $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona:  $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\text{Ø } 10/25 \text{ cm}$ )

-Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg } \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{15} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 111,29 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 139,26 \text{ kN}$$

(nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

### Potrebni razmak spona

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 45)}{139,26} = 19,98 \text{ cm}$$

odabrane spona:  $\text{Ø } 10/15 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )



- **KONTROLA ŠIRINE PUKOTINA POZ 400/300/200/100 :**

$$M_{Ed} = 82,10 \text{ kNm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:**

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

**Vrijednost  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  određuje se prema izrazu:**

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

**Položaj neutralne osi:**

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,71 \cdot 8,04}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 45}{5,71 \cdot 8,04}} \right) = 10,3 \text{ cm}$$

**Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:**

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{82,10 \cdot 100}{\left(45 - \frac{10,3}{3}\right) \cdot 8,04} = 24,57 \text{ kN/cm}^2 = 245,67 \text{ MPa}$$

$$k_t = 0,4$$

→ za dugotrajno opterećenje

$$E_s = 200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa}$$

→ modul elastičnosti armature

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa} = 35\,000 \text{ MPa}$$

→ modul elastičnosti betona (C 40/50)

$$\alpha_e = E_s/E_{cm} = 200/35 = 5,71$$

→ omjer modula elastičnosti

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{8,04}{2,5 \cdot 30 \cdot 5} = 0,02144 \rightarrow \text{koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom}$$

$$A_{c,eff} = 2,5 \cdot b_w \cdot d_1$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{245,67 - 0,4 \cdot \frac{3,5}{0,02144} \cdot (1 + 5,71 \cdot 0,02144)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{245,67}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008619 \geq 0,0007370$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008619$$

**Najveći razmak pukotina:**

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$\emptyset = 16 \text{ mm}$  → promjer najdeblje šipke  
 $c = 42 \text{ mm}$  → zaštitni sloj uzdužne armature  
 $k_1 = 0,8$  → rebrasta armatura  
 $k_2 = 0,5$  → savijanje  
 $k_3 = 3,4$   
 $k_4 = 0,425$

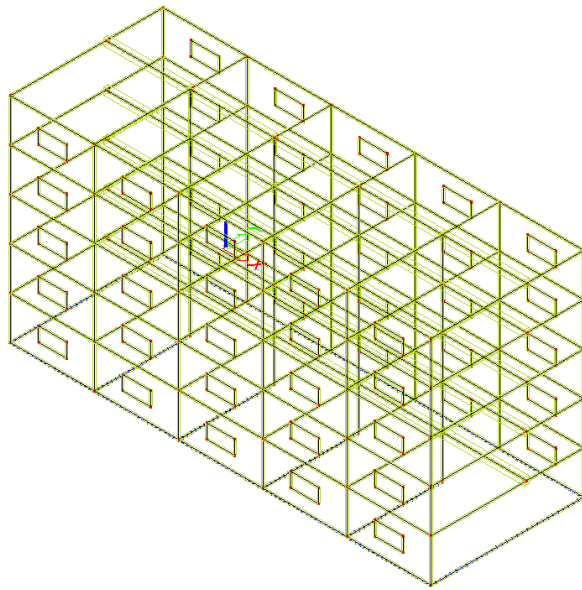
$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 42 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,02144} = 269,67 \text{ mm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine:**

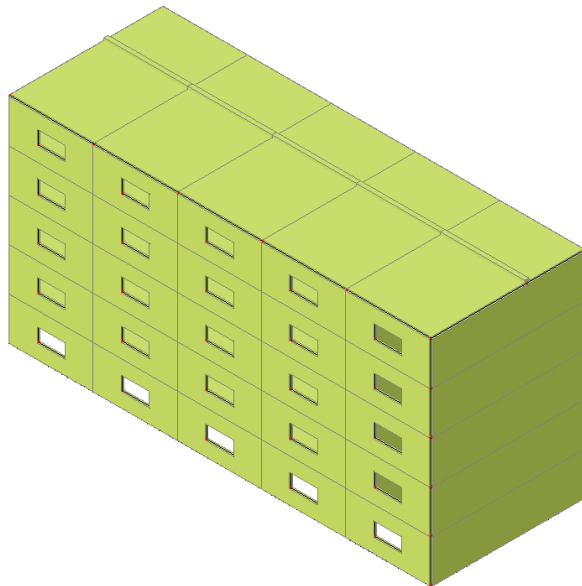
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 269,67 \cdot 0,0008619 = \mathbf{0,23 \text{ mm}} < w_g = \mathbf{0,30 \text{ mm}}$$

## 8. PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE

Za potrebe proračuna vertikalne nosive konstrukcije zgrade, napravljen je 3D numerički model.



*Žičani model konstrukcije (poprečni presjeci su označeni raznim bojama)*



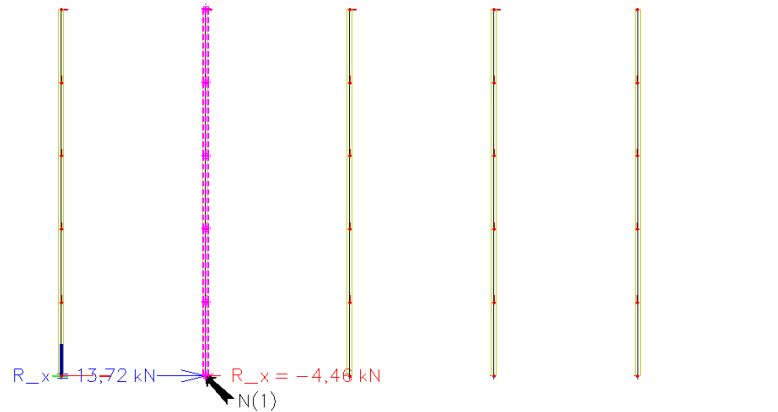
*Renderirani model konstrukcije (poprečni presjeci su označeni raznim bojama)*

Za opterećenja prikazana u Poglavlju 2, izrađeno je nekoliko kombinacija opterećenja:

- Potresna kombinacija x:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot s_x + 0,3 \cdot s_y$
- Potresna kombinacija y:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 0,3 \cdot s_x + 1,0 \cdot s_y$
- Rezultati su prikazani na jedan unutarnji zid u y- smjeru

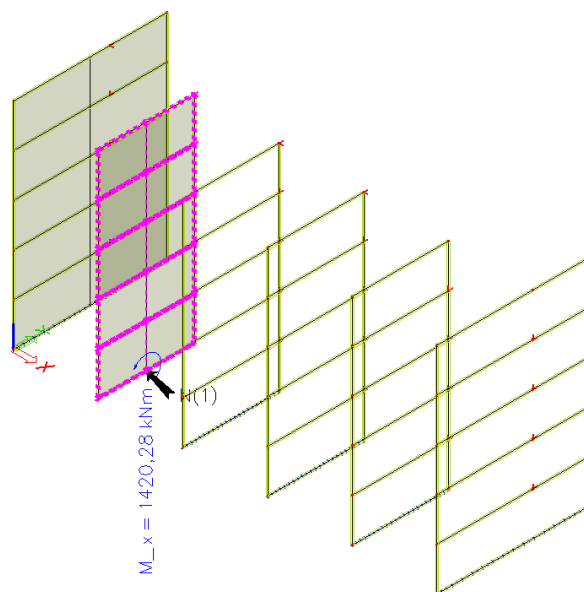
### *Uzdužna sila u zidu y2 za potresnu kombinaciju y*

**Resultant of reactions**  
Values: R<sub>x</sub>  
Linear calculation  
Combination: Potresna kombinacija y  
Extreme: Global  
Selection: S1e10, S21, S48, S74, S100,  
S126, N5, N11, N19, N70, N83, N130,  
N141, N188, N199, N246, N257, N304  
System: Global



### *Poprečna sila u zidu y2 za potresnu kombinaciju y*

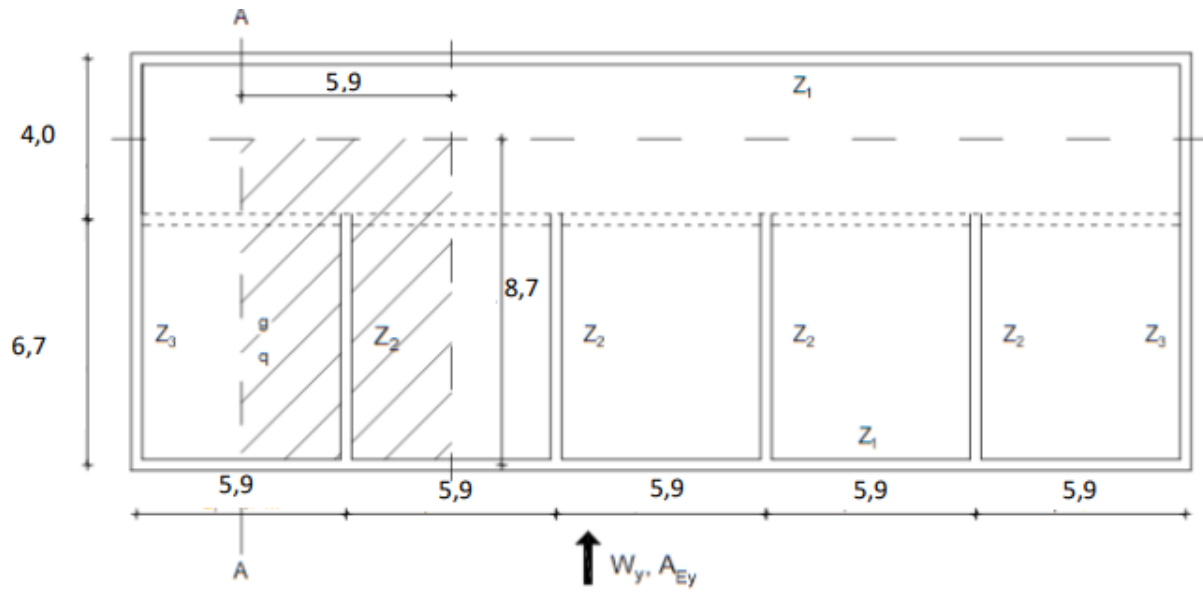
**Resultant of reactions**  
Values: M<sub>x</sub>  
Linear calculation  
Combination: Potresna kombinacija y  
Extreme: Global  
Selection: S1e10, S21, S48, S74, S100,  
S126, N5, N11, N19, N70, N83, N130,  
N141, N188, N199, N246, N257, N304  
System: Global



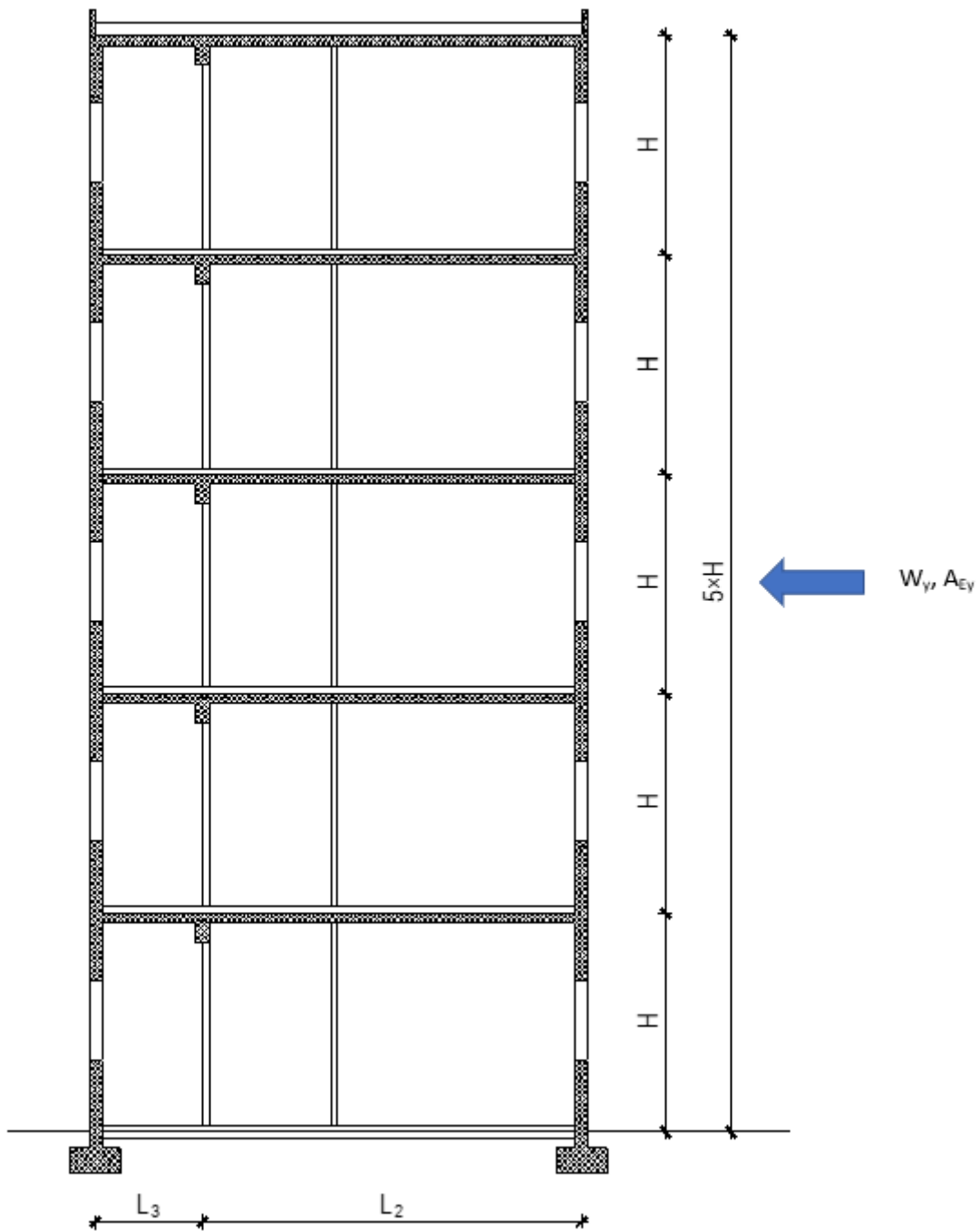
Momet savijanja u zidu y2 za potresnu kombinaciju y

8.1 Dimenzioniranje zida

TLOCRT



PRESJEK A-A



**OPTEREĆENJE:**

- Vertikalno: *stalno g, promjenljivo (korisno)q*
- Horizontalno: *vjetar W, potres A*

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = L_2 - d_1 = 670 - 5 = 665 \text{ cm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 598,5 \text{ cm}$$

- POTRESNA KOMBINACIJA

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot L_2/2 = 1420,28 + 3094,37 \cdot 6,7/2 = 11786,42 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = ( M_{Eds} / ( z \cdot f_{yd} ) ) - ( N_{Ed} / f_{yd} )$$

$$A_{s1} = ( 11786,42 \cdot 100 / ( 598,5 \cdot 43,48 ) ) - ( 3094,37 / 43,48 ) = -25,87 \text{ cm}^2$$

Naponi su tlačni pa armatura nije potrebna.

Ne treba računski nego samo konstruktivna armatura :

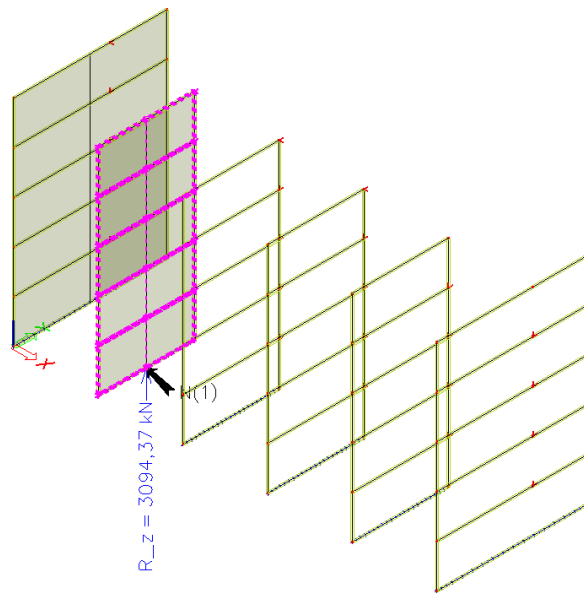
$$A_{kutevi} = 0,0015 \cdot 13400 = 20,1 \text{ cm}^2$$

Odabrano 6Ø22 ( 22,81 cm<sup>2</sup> )

## 8.2 Dimenzioniranje temelja

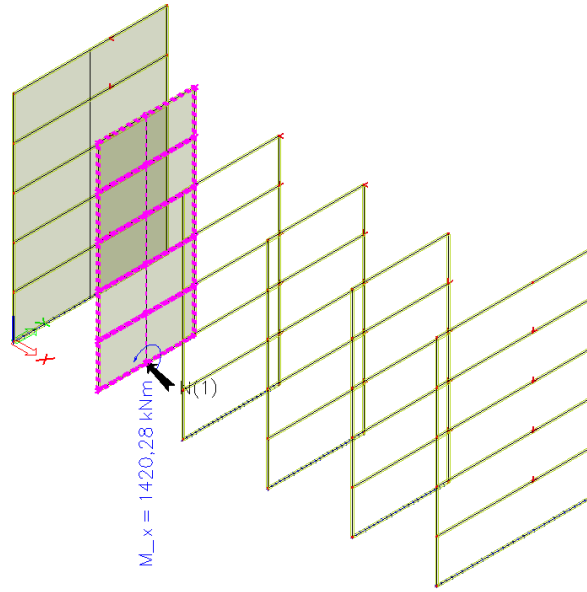
Za potrebe dimenzioniranja temelja iz proračunskog 3D modela su prikazane reakcije ispod promatranog zida.

Resultant of reactions  
Values: Rz  
Linear calculation  
Combination: Potresna kombinacija y  
Extreme: Global  
Selection: S1E10, S21, S48, S74, S100,  
S126, N5, N11, N19, N70, N83, N130,  
N141, N188, N199, N246, N257, N304  
System: Global

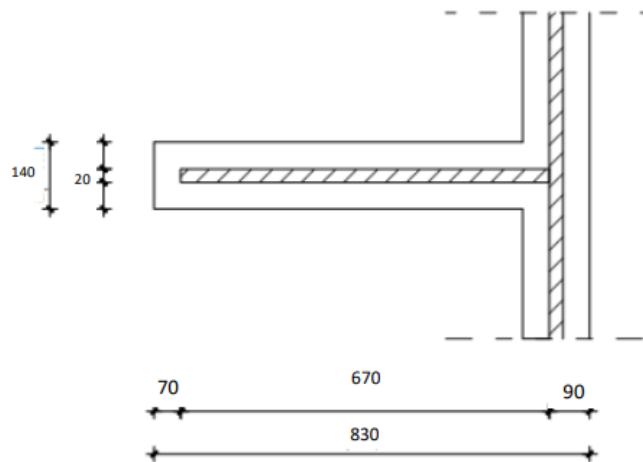


Reakcija Rz ispod promatranog zida za Potresnu kombinaciju y

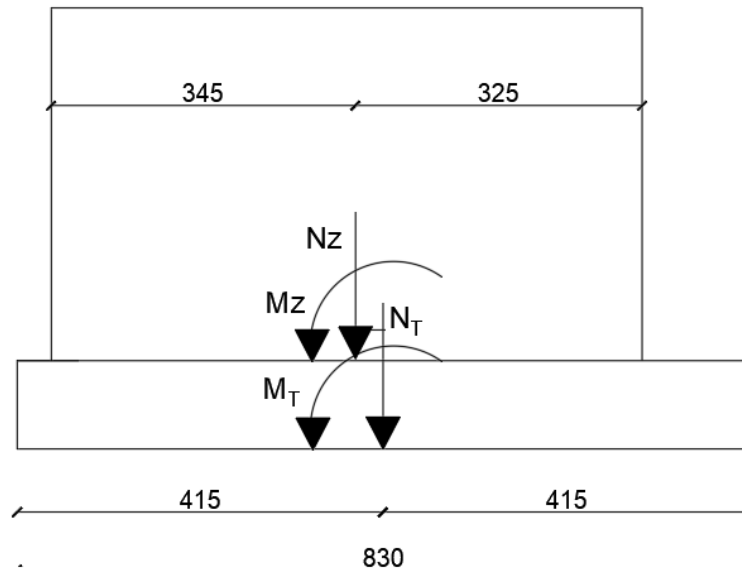
**Resultant of reactions**  
Values: Mx  
Linear calculation  
Combination: Potresna kombinacija y  
Extreme: Global  
Selection: S1e10, S21, S48, S74, S100,  
S126, N5, N11, N19, N70, N83, N130,  
N141, N188, N199, N246, N257, N304  
System: Global



*Reakcija Mx ispod promatranog zida za Potresnu kombinaciju y*







- Provjera naprezanja u tlu

$$G_T = a_T \cdot L_T \cdot h_T \cdot \gamma_T = 1,4 \cdot 8,3 \cdot 0,7 \cdot 25 = 232,4 \text{ kN}$$

$$A_T = a_T \cdot L_T = 1,4 \cdot 8,3 = 11,62 \text{ m}^2$$

$$W_T = (a_T \cdot L_T^2) / 6 = (1,4 \cdot 8,3^2) / 6 = 16,07 \text{ m}^3$$

$$M_t = 1420,3 \text{ kNm}$$

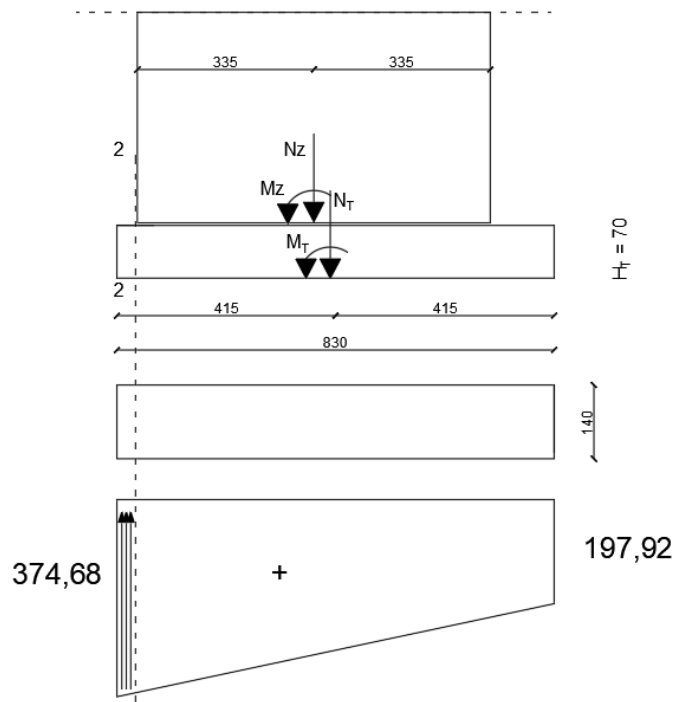
$$N_z = 3094,4 \text{ kN}$$

$$N_t = N_z + G_T = 3094,4 + 232,4 = 3326,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = N_t / A_T \pm M_t / W_T \leq \sigma_{\text{dla,dop}} = 450 \text{ kPa}$$

$$\sigma_1 = N_t / A_T + M_t / W_T = 3326,8 / 11,62 + 1420,3 / 16,07 = 374,68 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = N_t / A_T - M_t / W_T = 3326,8 / 11,62 - 1420,3 / 16,07 = 197,92 \text{ kPa}$$



- Dimenzioniranje temelja

Moment savijanja u presjeku 2-2

$$\sigma_1 = 374,68 \text{ kPa}$$

$$M^{2-2} = \sigma_1 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 374,68 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 30,77 \text{ kNm}$$

**Proračunska vrijednost momenta u presjeku 2-2 :**

$$M_{Ed}^{2-2} = 1,00 \cdot M^{2-2} = 1,0 \cdot 30,77 = 30,77 \text{ kNm}$$

**Površina armature :**

$$z = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 65 = 52$$

$$d = h_t - d_1 = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}^{2-2}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{30,77 \cdot 100}{0,8 \cdot 65 \cdot 43,48} = 1,66 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 2Ø12 ( 2,26 cm<sup>2</sup> )

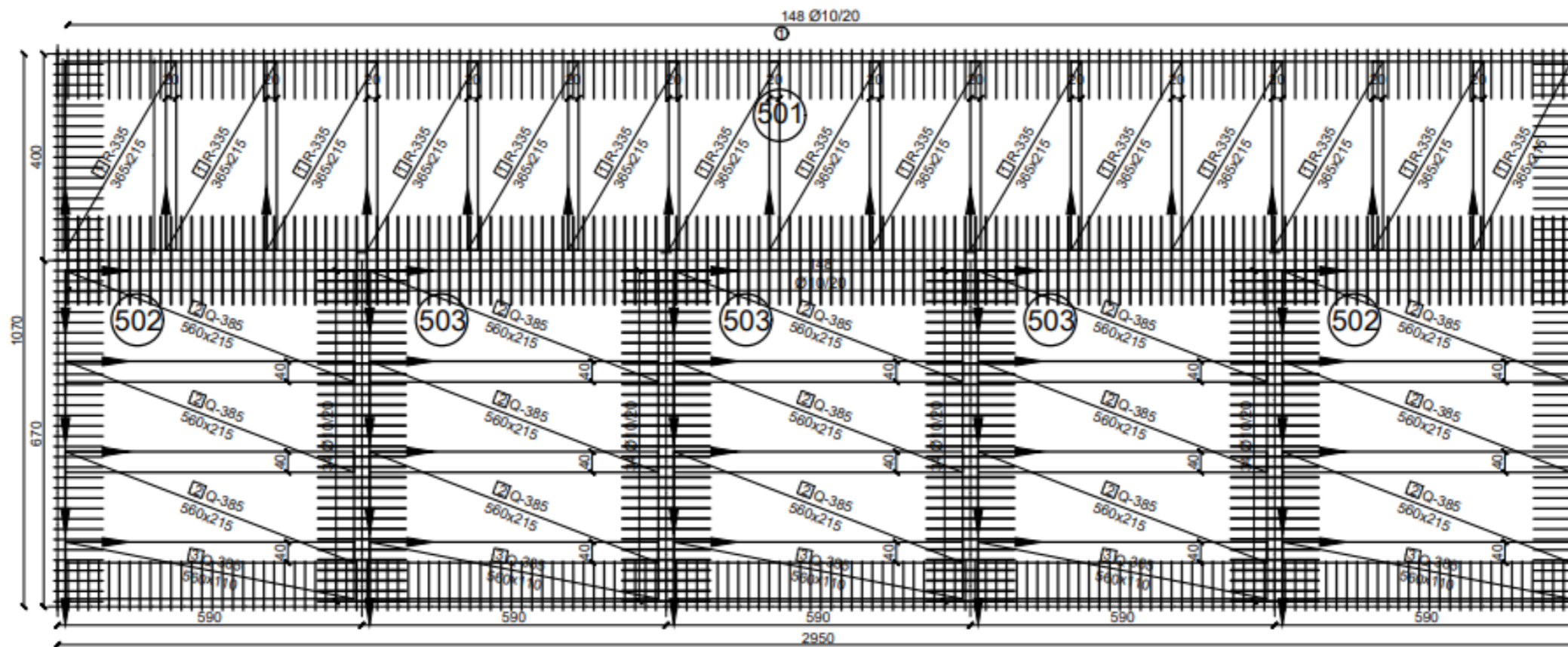
## **9. NACRTI**

Armatura ploče pozicija 500 - donja zona  
1:100

Iskaz armature ploče pozicija 500 - donja zona

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	MASA (kg)
1		10	0,649	432	280,37
2		10	0,649	407	264,14
UKUPNO: (KG)...					544,51

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE ČELIK B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1.	R-335		365 x 215	15	3,33	391,98
2.	Q-385		560 x 215	15	3,68	664,81
3.	Q-385		560 x 110	5	6,10	187,88
UKUPNO (kg):						1244,47



ARMATURA PLOČA POZICIJA 500  
c = 3 cm C 40/50

ZAVRŠNI RAD: BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

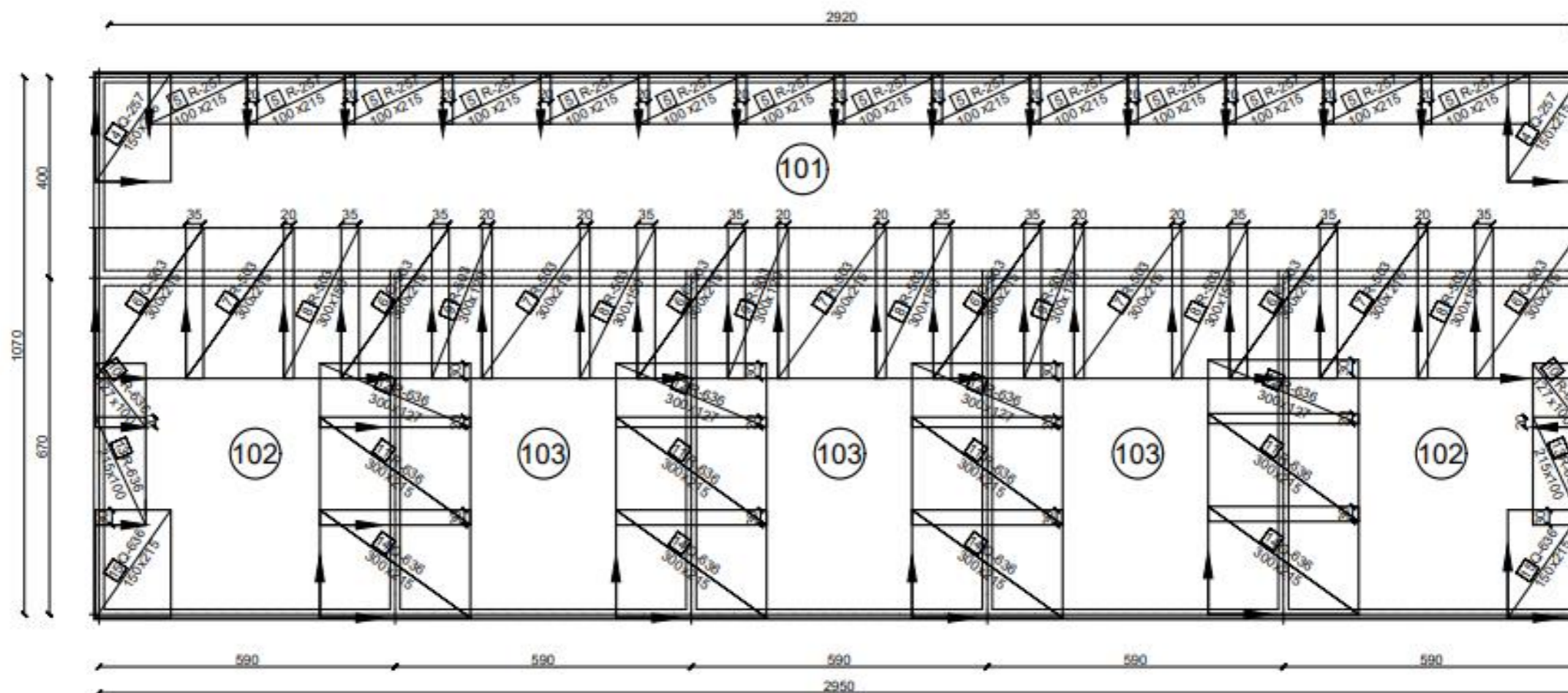
IME I PREZIME: Antonio Milardović

1 : 100

Armatura ploče pozicija 500 - gornja zona  
1:100

Iskaz armature ploče pozicija 500 - gornja zona

POZ	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
4.	Q-257		150 x 215	2	4,16	26,83
5.	R-257		100 x 215	14	2,72	81,87
6.	Q-503		300 x 215	6	8,03	310,76
7.	R-503		300 x 215	5	4,89	157,70
8.	R-503		300 x 150	5	4,89	110,03
9.	R-503		300 x 120	3	4,89	52,81
10.	R-636		127 x 100	2	5,95	15,11
11.	R-636		300 x 215	4	5,95	153,51
12.	R-636		300 x 127	4	5,95	90,68
13.	R-636		215 x 100	2	5,95	25,59
14.	Q-636		300 x 215	4	10,08	260,06
15.	Q-636		150 x 215	2	10,08	65,02
UKUPNO (kg):						1349,97



ARMATURA PLOČA POZICIJA 500  
c = 3 cm C 40/50

ZAVRŠNI RAD: BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

IME I PREZIME: Antonio Milardović

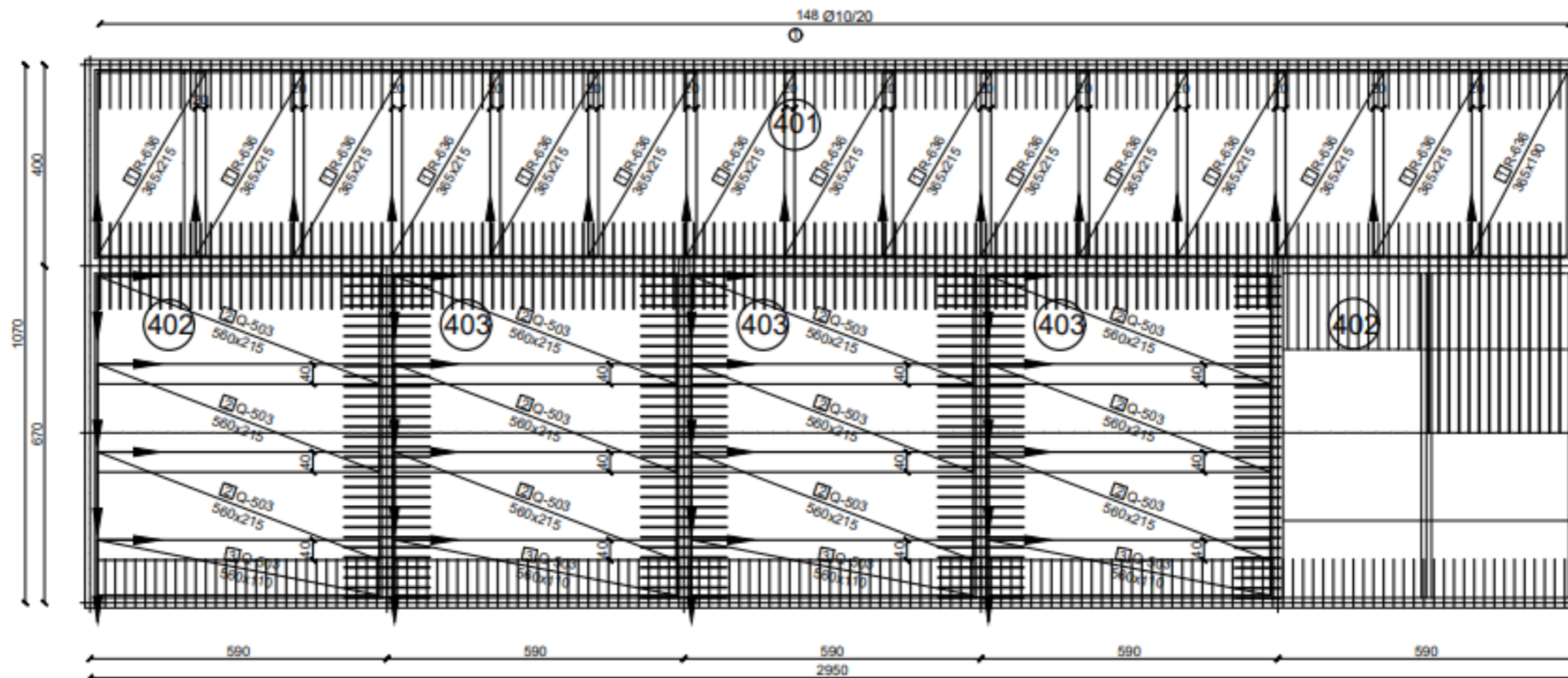
1 : 100

Armatura ploče pozicija 400/300/200/100 - donja zona  
1:100

Iskaz armature ploče pozicija 400/300/200/100 - donja zona

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		10	0,649	150	170	165,50
2		10	0,649	330	204	436,91
3		10	0,649	14	345	31,25
4		10	0,649	15	528	51,40
UKUPNO: (KG)...						685,16

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE ČELIK B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1.	R-636		365 x 215	15	5,95	700,39
2.	Q-503		560 x 215	12	8,03	1160,17
3.	Q-503		560 x 110	4	8,03	197,86
UKUPNO (kg):						2058,42



ARMATURA PLOČA POZICIJA 400/300/200/100  
c = 3 cm C 40/50

ZAVRŠNI RAD: BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

IME I PREZIME: Antonio Milardović

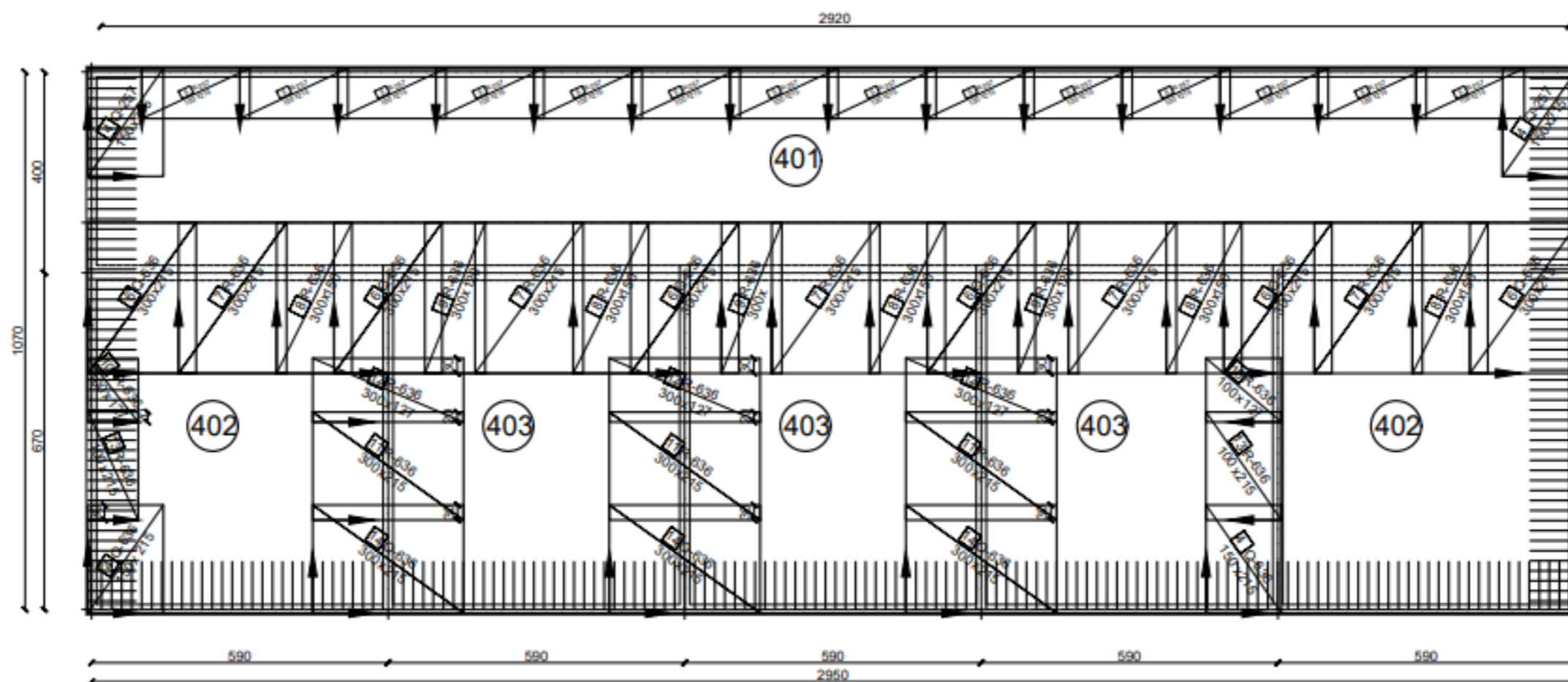
1 : 100

Armatura ploče pozicija 400/300/200/100 - gornja zona  
1:100

Iskaz armature ploče pozicija 400/300/200/100 - gornja zona

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	MASA (kg)
1		10	0,649	260	344,23
UKUPNO: (KG)...					344,23

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE ČELIK B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
4.	Q-257		150 x 215	2	4,16	26,83
5.	R-257		100 x 215	14	2,72	81,87
6.	Q-636		300 x 215	6	10,08	390,10
7.	R-636		300 x 215	5	5,95	191,89
8.	R-636		300 x 150	5	5,95	133,88
9.	R-636		300 x 120	3	5,95	64,26
10.	R-636		127 x 100	2	5,95	15,11
11.	R-636		300 x 215	4	5,95	153,51
12.	R-636		300 x 127	4	5,95	90,68
13.	R-636		215 x 100	2	5,95	25,59
14.	Q-636		300 x 215	4	10,08	260,06
15.	Q-636		150 x 215	2	10,08	65,02
UKUPNO (kg):						1498,8



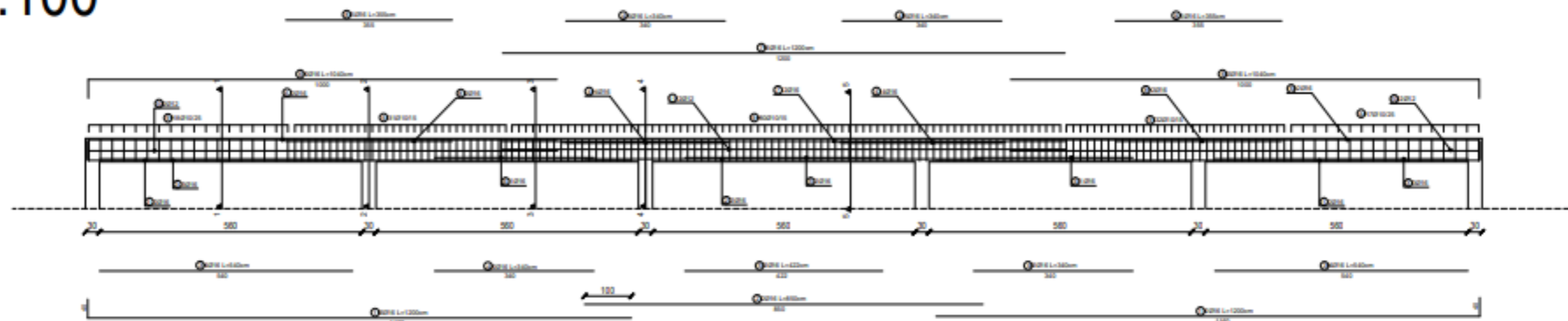
ARMATURA PLOČA POZICIJA 400/300/200/100  
c = 3 cm C 40/50

ZAVRŠNI RAD: BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

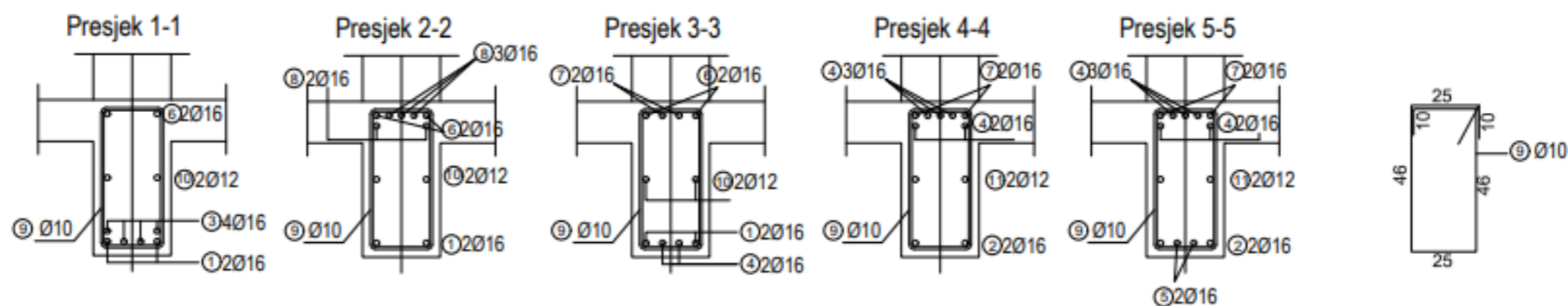
IME I PREZIME: Antonio Milardović

1 : 100

1:100



1:25



REBRATA ARMATURA B500B

POZICIJA	OBLIK I DIMENZIJE	Ø	JEDINIČNA MASA [kg/m]	DUŽINA [m]	KOMADA	MASA [kg]
1	1180	16	1,638	12,0	4	78,62
2	850	16	1,638	8,50	2	27,85
3	540	16	1,638	5,40	8	70,76
4	340	16	1,638	3,40	14	77,97
5	422	16	1,638	4,22	2	13,82
6	1000	16	1,638	10,40	4	68,14
7	1200	16	1,638	12,0	2	39,31
8	355	16	1,638	3,55	10	58,15
9	162	10	0,649	1,62	178	187,15
10	1000	12	0,920	10,0	4	36,80
11	1200	12	0,920	12,0	2	22,08

UKUPNA MASA= 680,65 [kg]

ZAVRŠNI RAD: BETONSKE KONSTRUKCIJE 1

IME I PREZIME: Antonio Milardović

1 : 100



## 10.LITERATURA

- [1] A. Harapin, J. Radnić, N. Grgić, M. Smilović Zulim, M. Sunara, A. Buzov, I. Banović, **Osnove betonskih konstrukcija**, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2023.
- [2] Skripte iz kolegija 'Betonske konstrukcije 1' i 'Betonske konstrukcije 2' na SSG, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2022.

Korišteni programski paketi:

- 1) SCIA Engineer 22.0
- 2) AutoCad 2023
- 3) Microsoft Word