

# Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Splitu

---

**Baotić, Marijana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:123:678880>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*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**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marijana Baotić**

**Split, 2020.**

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

**Marijana Baotić**

**Glavni projekt poslovno-stambene zgrade  
u Splitu**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

# **Glavni projekt poslovno - stambene zgrade u Splitu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt poslovno – stambene zgrade na križanju Vukovarske ulice i Lovrinačke ulice u Splitu. Građevina se sastoji od ukupno četiri dilatacije koje se sastoje od dva podruma, suterena, prizemlja, četiri kata i nadgrađa. Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima, stupovima, gredama te armirano-betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama. U ovom radu su obrađene dvije dilatacije.

Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te karakteristične građevinske nacрте.

## **Main design of the business and residential building in Split**

### ***Abstract:***

Main design of the business and residential building, which is positioned between Vukovarska street and Lovrinačka street in Split, is presented in this work.

The building has four parts (dilatactions). Each of dilatation has seven floors above ground and two underground floor which connects them.

Building is made of reinforced concrete in monolithic construction with reinforced concrete foundations, walls, columns, beams and reinforced concrete plates as a ceiling slabs.

### ***Keywords:***

residential-business building, main design, monolithic construction



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: **SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
SMJER: **KONSTRUKCIJE**  
KANDIDAT: **Marijana Baotić**  
BROJ INDEKSA: **750**  
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

### ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: **Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Splitu**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt stambeno-poslovne zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračune
- građevinske nacрте

U Splitu, ožujak 2020.

Voditelj diplomskog rada:

Predsjednik povjerenstva  
za diplomske ispite

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj:

1.0. TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1. Općenito (projektni zadatak) .....	1
1.2. Opis konstruktivnog sustava .....	1
2.0. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	5
2.1. Opće napomene:.....	5
2.2. Beton.....	6
2.3. Kontrola svježeg betona .....	9
2.4. Kontrola očvrslog betona .....	10
2.5. Način prijevoza i ugradbe betona.....	10
2.6. Prekid betoniranja i obrada spojnica.....	11
2.7. Njegovanje i zaštita betona .....	12
2.8. Betonski čelik .....	12
2.9. Sudionici u gradnji.....	13
2.10. Pripremni radovi .....	15
2.11. Zemljani radovi .....	16
2.12. Tesarski radovi .....	16
2.13. Izvođenje betonskih radova .....	16
2.13.1. Transport betona .....	16
2.13.2. Skele i oplata.....	17
2.13.3. Ugrađivanje betona .....	19
2.13.4. Ugrađivanje betona u posebnim uvjetima .....	20
3.0. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI I GOSPODARENJE OTPADOM.....	23
3.1. Opće napomene.....	23
4.0. PROCJENJENI TROŠKOVI GRADNJE .....	25
5.0. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	25
5.1. Stalno opterećenje .....	25
5.1.1. Vlastita težina .....	25
5.1.2. Dodatno stalno opterećenje .....	26
5.2. Promjenjivo opterećenje .....	27
5.2.1. Korisno opterećenje .....	27
5.2.2. Opterećenje snijegom .....	28
5.2.3. Opterećenje vjetrom .....	30
5.3. Izvanredno opterećenje.....	40
5.3.1. Potresno opterećenje .....	40
6.0. NUMERIČKI MODEL.....	44
6.1. Numerički model općenito .....	44

6.2. Kombinacije opterećenja.....	45
7.0. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE .....	47
8.0. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONTRUKCIJE .....	53
8.1. Proračun ploče pozicije 900, zgrada A (iznad nadgrađa) $d_{pl}=16$ cm .....	53
8.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	53
8.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	57
8.2. Proračun ploče pozicije 900, zgrada B (iznad nadgrađa) $d_{pl}=20$ cm .....	63
8.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	63
8.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	67
8.3. Proračun ploče pozicije 800A (ploča iznad 4.kata) $d_{pl}=16$ cm.....	73
8.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	73
8.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	76
8.4. Proračun ploča pozicije 500-700A $d_{pl}=16$ cm .....	82
8.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	82
8.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	85
8.5. Proračun ploča pozicije 500B-800B $d_{pl}=20$ cm .....	90
8.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	91
8.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	95
8.6. Proračun ploče pozicije 400, zgrada A (iznad prizemlja) $d_{pl}=20$ cm .....	100
8.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	100
8.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	104
8.7. Proračun ploča pozicije 400B $d_{pl}=20$ cm .....	109
8.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	109
8.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	114
8.8. Proračun ploče pozicije 300, zgrada A (iznad prizemlja) $d_{pl}=20$ cm .....	119
8.8.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	119
8.8.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	122
8.9. Proračun ploča pozicije 300B $d_{pl}=20$ cm .....	127
8.9.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN.....	127
8.9.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	131
8.10. Proračun ploče pozicije 200 A/B, $d_{pl}=20$ cm.....	136
8.10.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	136
8.10.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	140
8.11. Proračun ploče pozicije 100 A/B $d_{pl}=20$ cm.....	145
8.11.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	145
8.11.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	150
9.0. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	155

9.1. Proračun stubišta S1 .....	155
9.2. Proračun stubišta S2 .....	156
10.0. PRORAČUN ZIDOVA .....	158
10.1. Proračun zida u smjeru X .....	158
10.2. Proračun zida u smjeru Y .....	168
11.0. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE .....	178
11.1. Proračun armature za unutarnju stranu zida: .....	180
11.2. Proračun armature za vanjsku stranu zida: .....	180
12.0. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE .....	181
12.1. Proračun temeljne ploče $d_{pl}=40$ cm .....	181
12.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	181
13. GRAFIČKI PRILOZI .....	184
14. LITERATURA .....	185



## 1.0. TEHNIČKI OPIS

### 1.1. Općenito (projektni zadatak)

Na križanju Vukovarske ulice i Lovrinčake ulice u Splitu nalazi se građevinska čestica na kojoj investitor ima namjeru izgraditi poslovno-stambenu zgradu.

Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg poslovno-stambenog objekta.

Ovaj glavni projekt usklađen je sa svim prostorno – planskim parametrima s važećom lokacijskom dozvolom, formiranje čestice, namjena građevine, veličina i površina građevine, izgrađenost, visina, etažnost, smještaj građevine na građevnoj čestici, uređenje čestice, priključenje na javno – prometnu površinu i komunalnu infrastrukturu, parkirališna mjesta.

Ovim diplomski radom obrađene su dvije dilatacije predmetne zgrade i to dilatacije A i B. Druge dvije dilatacije (C i D) nisu predmet ovog diplomskog rada, ali se spominju u uvodu zbog uvida u cjelinu projekta.

### 1.2. Opis konstruktivnog sustava

a) Zakonska osnova i tehnička regulativa na kojima se bazira izrada projekta

- Zakon o gradnji („Narodne novine“ broj 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije („Narodne novine“ broj 17/17.)
- HRN EN 1990 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
- HRN EN 1990/NA Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1991-1-1 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-1: Opća djelovanja -- Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada
- HRN EN 1991-1-1/NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-1: Opća

djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja za zgrade --  
Nacionalni dodatak

- HRN EN 1991-1-2 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-2: Opća  
djelovanja -- Djelovanja na konstrukcije izložene požaru

- HRN EN 1991-1-2/NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-2: Opća  
djelovanja --Djelovanja na konstrukcije izložene požaru -- Nacionalni dodatak

- HRN EN 1991-1-3 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-3: Opća  
djelovanja – Opterećenja snijegom

- HRN EN 1991-1-3/NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-3: Opća  
djelovanja –Opterećenja snijegom -- Nacionalni dodatak

- HRN EN 1991-1-4 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-4: Opća  
djelovanja -- Djelovanja vjetra Hrvatska norma HRN EN 1998-3:2011 Eurokod  
8:Projektiranje potresne otpornosti—3.dio:Ocjenjivanje i obnova zgrada

- Hrvatska norma HRN EN 1998-3:2011/na\_2011 Eurokod 8:Projektiranje  
potresne otpornosti— 3.dio:Ocjenjivanje i obnova zgrada-- Nacionalni dodatak

- HRN EN 1991-1-4/NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-4: Opća  
djelovanja – Djelovanja vjetra -- Nacionalni dodatak

- HRN EN 1991-1-5 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-5: Opća  
djelovanja – Toplinska djelovanja

- HRN EN 1991-1-5/NA Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-5: Opća  
djelovanja –Toplinska djelovanja -- Nacionalni dodatak

- HRN ISO 15686-1 Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 1. dio:  
Opća načela i okvir

- HRN ISO 15686-2 Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 2. dio:  
Postupci predviđanja vijeka uporabe

- HRN ISO 15686-3 Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 3. dio:  
Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava

- HRN ISO 15686-5 Građevine -- Planiranje uporabnog vijeka -- 5. dio: Trošak  
životnog ciklusa

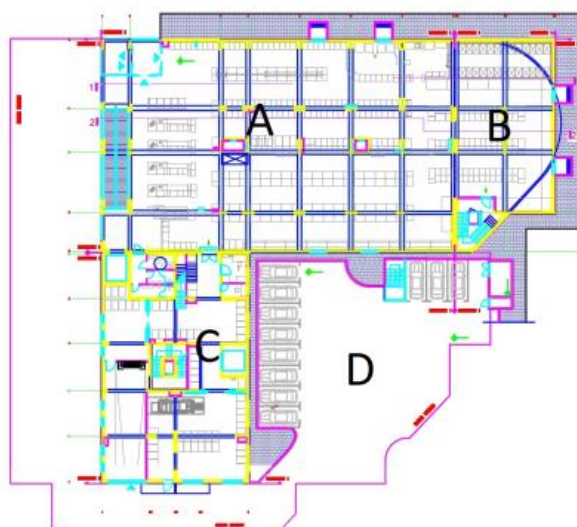
- HRN ISO 15686-8 Građevine -- Planiranje uporabnog vijeka -- 8. dio: Referentni  
uporabni vijek i njegova procjena I.6. PROJEKTIRANJE ZIDANIH KONSTRUKCI

- HRN EN 1996-1-1 Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća  
pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije

- HRN EN 1996-1-1/NA Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1996-1-2 Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1996-1-2/NA Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1996-2 Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- 2. dio: Konstruiranje, odabir materijala i izvedba ziđa
- HRN EN 1996-2/NA Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- 2. dio: Konstruiranje, odabir materijala i izvedba ziđa -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1996-3 Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- 3. dio: Pojednostavnjene proračunske metode za nearmirane zidane konstrukcije
- HRN EN 1996-3/NA Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- 3. dio: Pojednostavnjene proračunske metode za nearmirane zidane konstrukcije -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1998-1 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade

b) Opis konstruktivnih svojstava zgrade

Stambeno poslovna zgrada je L – tlocrtnog oblika konstruktivno podijeljena na četiri dilatacijske cjeline. Katnost stambeno poslovne zgrade prema arhitektonskom rješenju sukladno urbanističkom planu je Po2+Po1+Su+Pr+4K+N međutim konstruktivne dilatacijske cjeline imaju različite visine.



Slika 1.1. Prikaz dilatacija na razini suterena

Konstruktivna dilatacija „A“ je armirano betonski konstruktivni sustav koji na razini Podrum 2; Podrum 1, Suterena i Prizemlja čine armirano betonski zidovi malih duljina, armirano betonski stupovi i armirano betonske ploče debljine 20 cm. Na ostalim etažama u tlocrtnom smislu dominiraju armirano betonski zidovi debljine 20 cm sa međukatnim konstrukcijama debljine 16 cm. Promatrano po vertikalnim ravninama u osima zidova navedeni tlocrtni sustavi formiraju kombinaciju stupova, zidova manjih dimenzija i greda koji prenose opterećenja viših etaža putem visokostijenih nosača na armirano betonsku temeljnu ploču debljine 40 cm. Prema zahtjevima investitora na pojedinim etažama su primjenjene gornja standardom predviđena opterećenja ili čak izvan raspona standarda. Tako je na razini suterena i prizemlja predviđeno promjenjivo karakteristično opterećenje  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , na vanjskom parkingu  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ . Stalna opterećenja su sukladna standardom preporučenim veličinama s tim da se naglašava da su etaže garaža proračunate na  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ . Konstruktivna dilatacija „B“ je također armirano betonski konstruktivni sustav koji na razini Podrum 2; Podrum 1, Suterena i Prizemlja čine armirano betonski zidovi malih duljina, armirano betonski stupovi i armirano betonske ploče debljine 20 cm. Na ostalim etažama u tlocrtnom smislu dominiraju armirano betonski zidovi debljine 20 cm sa međukatnim konstrukcijama također debljine 20 cm. Dilatacija je temeljena na temeljnoj ploči debljine 40 cm. Prema zahtjevima investitora na pojedinim etažama su primjenjene gornja standardom predviđena opterećenja ili čak izvan raspona standarda. Tako je na razini suterena i prizemlja predviđeno promjenjivo karakteristično opterećenje  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , a na poslovnim prostorima prizemlja  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ . Stalna opterećenja su sukladna standardom preporučenim veličinama s tim da se naglašava da su etaže garaža proračunate na  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ .

Temeljem podataka projektanta geomehaničkog elaborata u proračunu su za temeljno tlo korišteni slijedeći podaci: Naprezanje na kontaktnoj plohi:  $q'_f, EC7 = 500 \text{ kN/m}^2$  Winkler: (tlo na toj dubini čini bar 80% vezanog fliša (lapor), zanemarivo slijeganje), krutost je visoka:  $3 \times 10^6 < k < 5 \times 10^6 \text{ N/m}$ . Nakon iskopa na projektiranu kotu dna temelja potrebno je izvršiti pregled temeljne podloge. U slučaju pojave djelova koji u dopuštenim granicama odstupaju od podataka geomehaničkog elaborata nepovoljni materijal je potrebno zamijeniti. Ukoliko se radi o značajnim

odstupanjima potrebno je u suradnji sa stručnjakom za geomehaniku definirati dubinu zamjene tla i način saniranja takvih djelova. Cilj je formirati temeljnu plohu homogenih značajki te ukoliko je potrebno prije izrade podbetona navedeni uvjet možemo postići kamenim tamponom frakcije 0-63 mm u slojevima debljine 10-15 cm. Naneseni slojevi se moraju se zbiti na minimalnu zbijenost  $M_k=60 \text{ MN/m}^2$ , a rezultat pripreme podloge mora biti izravnata i homogena temeljna ploha. Na tako pripremljenu podlogu se stavlja podbeton i izrađuje temeljna ploča debljine 40 cm .

## **2.0. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE**

### 2.1. Opće napomene:

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina („Narodne novine“ broj 118/19) propisuje sadržaj Tekstualnog dijela glavnog projekta što uključuje i Program kontrole i osiguranja kvalitete s uvjetima ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom građenja i održavanja građevine (procedure osiguranja kvalitete, program ispitivanja i dr.). Program kontrole i osiguranja kvalitete mora sadržavati pregled i specificirana svojstva svih građevnih i drugih proizvoda te predgotovljenih elemenata koji se ugrađuju u građevinu, kao i opis potrebnih ispitivanja i zahtijevanih rezultata kojima se dokazuje sukladnost s propisima odnosno projektom, ispunjavanje temeljnih zahtjeva i tražena kvaliteta. Ovaj Program kontrole i osiguranja kvalitete je koncipiran prema stavcima članka 29 „Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina“ na način da će se svi stavci pravilnika koristiti kao podnaslovi odjeljaka u kojima će se zadovoljiti traženi uvjeti „Pravilnika“. 1. Svojstva i bitne značajke koje moraju imati građevni proizvodi te tehničke zahtjeve koje moraju ispuniti drugi proizvodi koji se ugrađuju u projektirani dio građevine, Građevni i drugi proizvodi koji se ugrađuju moraju zadovoljavati svojstva propisana Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije („Narodne novine“ broj 17/17.) te uvjete proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti, a sve u cilju ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu. Kvaliteta korištenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda, kao i kvaliteta izvedenih radova mora odgovarati prethodno navedenim uvjetima propisanim važećim propisima, standardima, uvjetima iz tehničke dokumentacije, te uvjetima iz Ugovora. Ukoliko izvođač ugrađuje materijal koji nije standardiziran, za isti je dužan pribaviti odgovarajuće dokaze o kakvoći i priložiti ih u pismenoj formi.

Pri izvođenju građevine, izvođač se dužan pridržavati navedenih propisa kao i svih ostalih Pravilnika, Tehničkih normativa, posebnih uvjeta za izradu, ugradnju i obradu pojedinih elemenata građevine, kao i standarda propisanih za izvođenje radova na građevini (temeljenje, betonski radovi, skele i oplata, armatura, čelik za armiranje, kontrola kvalitete betona i čelika, zidanje zidova, završni radovi), kako bi osigurao da izvedena građevina odgovara projektu, te svim propisima i standardima RH. Za svaki ugrađeni materijal i građevinski proizvod potrebno je dokazati njegovu uporabljivost, odnosno njegova tehnička svojstva moraju biti sukladna svojstvima određenim odgovarajućom normom. Primjenjivati odgovarajuće HRN, a u nedostatku istih moguća primjena EN. Ne dopušta se ugradnja materijala i proizvoda koji nemaju valjanu dokumentaciju. Da bi se osigurala stalna kvaliteta sastavnih materijala, te da bi se imao odgovarajući uvid u kvalitetu sastavnih materijala potrebno je:

- a) kontrolirati kvalitetu materijala,
- b) osigurati odgovarajuću dokumentaciju o kvaliteti materijala,
- c) za ispitivanje materijala primjenjivati metode ispitivanja, standarde i propise dane u *Općim tehničkim uvjetima*.

Kontrola kvalitete obaveza je dobavljača materijala. Izvođač je kao rezultat kontrole kvalitete dužan pribaviti ateste i uvjerenja o kvaliteti. Za proizvode koji podliježu Naredbi o obaveznom atestiranju Državnog Zavoda za normizaciju, izdaje se atestna dokumentacija propisana Naredbom. (Naredba o obaveznom atestiranju frakcioniranog kamenog agregata za beton i asfalt - Narodne novine br. 53/91). Uvjerenje o kvaliteti proizvoda izdaje se poslije najmanje tri uzastopna kontrolna ispitivanja proizvoda kojima je ustanovljena propisana kvaliteta. Uvjet za izdavanje uvjerenja o kvaliteti je redovita evidencija rezultata tekuće kontrole. Rok važenja uvjerenja o kvaliteti proizvoda može biti najviše jedna godina.

## 2.2. Beton

Za izvođenje konstrukcije će se koristiti Projektirani beton sukladno normi HRN EN 206-1 proizveden u tvornici betona (betonari). Izvođač (ako se radi o drugoj pravnoj osobi od proizvođača betona) će prilikom narudžbe betona proizvođaču specificirati

zahtijevana svojstva betona koja su potrebna za beton za konkretni konstruktivni element. U ovom projektu su naznačena svojstva, klasa i čvrstoća traženog betona koje očvrslu beton mora imati u fazi eksploatacije. Izvođač je dužan prije početka radova pribaviti od ovlaštene organizacije i osobe izrađen i ovjeren Plan osiguranja kvalitete betona, njegovog sastava, transportiranja, betoniranja, uzorkovanja i kontrole kvalitete (u daljnjem tekstu Plan). U Planu mora biti određen sastav svježeg betona i njegova svojstva u svježem stanju takva da za konkretnu vrstu transporta, ugradbe, vremenski period od proizvodnje do ugradbe i druge uvjete u konačnosti dobijemo beton tražene kvalitete. Svojstva svježeg betona moraju biti jasno izražena, mjerljiva i prikazana kao i način i procedure kontrole tih svojstava. Planom Izvođač mora navesti iz koje betonare će nabavljati i dopremiti beton, kolika je transportna udaljenost, vrijeme transporta, koje aditive će koristiti radi zadržavanja potrebne konzistencije i način ugradnje betona u konstrukciju. Sastav betona mora biti usklađen s načinom ugradnje što izvođač mora dokazati gornjim Planom koji mora biti izrađen prema stvarnim mogućnostima izvođača. Plan mora predviđati promjenu konzistencije zbog utjecaja transporta, vremena do ugradnje i slično kako bi pri ugradnji postigao gore traženu konzistenciju. Izrađeni Plan mora predati na suglasnost nadzornom inženjeru i projektantu konstrukcije. Za isporuku betona specificiranih i dodatnih svojstava na gradilište odgovoran je Izvođač. Radi zadovoljenja trajnosti konstrukcije, djelovanje okoliša na konstrukciju definiran je razred izloženosti pojedinih dijelova i sukladno normi HRN EN 1992-1-1:2013. Na osnovu razreda izloženosti odabrane su u klase betona koje su korištene u dokazivanju mehaničke otpornosti i stabilnosti. Prihvata se sugestija OTU za radove na cestama, knjiga IV Betonski radovi 2001, str. 7-22 o uvjetovanju projektiranog betona. Obavezno je uvjetovanje osnovnih podataka u svim slučajevima, a dodatnih pri nekim posebnim zahtjevima. Za izgradnju ovog objekta od posebnih svojstva betona se zahtijeva vodonepropusnost betona temeljne ploče i drugih vrsta temelja, te zidova koji su u dodiru s tlom dok ostali konstruktivni elementi moraju zadovoljiti osnovne zahtjeve dane u nastavku. Proces proizvodnje, transporta i ugradnje betona mora osigurati tražene zahtjeve na očvrslu beton, te norme za specifikaciju, svojstva, proizvodnju i sukladnost HRN EN 206-1. Konstruktivni elementi moraju imati minimalno slijedeća svojstva:

## UNUTARNJE MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE, ZIDOVI IZNAD RAZINE TLA

- razred čvrstoće betona C 25/30
- razred izloženosti-XC1 (Elementi u prostorijama obične vlažnosti zraka)

Maksimalni vodocementni omjer:	0.65
Minimalna količina cementa:	280 kg/m <sup>3</sup>
Razred konzistencije.	S3
Najveće zrno agregata	16 mm
Najmanja debljina zaštitnog sloja:	25 mm

## TEMELJNA PLOČA, TEMELJI, ZIDOVI U DODIRU S TLOM

- razred čvrstoće betona C 30/37 (vodonepropusni VDP2)
- razred izloženosti-XC2

Maksimalni vodocementni omjer:	0.60
Minimalna količina cementa:	300 kg/m <sup>3</sup>
Razred konzistencije.	S3
Najveće zrno agregata	16 mm
Najmanja debljina zaštitnog sloja:	50 mm

## ZIDOVI PODRUMA, SUTERENA I PRIZEMLJA KOJI NISU U DODIRU S TLOM

- razred čvrstoće betona C 30/37
- razred izloženosti-XC2

Maksimalni vodocementni omjer:	0.60
Minimalna količina cementa:	300 kg/m <sup>3</sup>
Razred konzistencije.	S3
Najveće zrno agregata	16 mm
Najmanja debljina zaštitnog sloja:	50 mm

Izvođač je dužan primijeniti sve mjere kako bi kod očvrstlog betona postigao propisana svojstva.



### 2.3. Kontrola svježeg betona

Izvođač je Planom dužan odrediti ovlaštenu stručnu osobu koja će vršiti kontrolu dopremljenog i ugrađenog betona, o tome voditi evidenciju i osigurati potrebnu dokumentaciju na gradilištu. Nadalje Planom se moraju definirati postupci kontrole svježeg betona koji osiguravaju postizanje tražene kvalitete. Prema količinama danim za pojedine grupe radova Planom se mora definirati minimalni broj kontrolnih uzoraka kako bi se sa dovoljnom sigurnošću moglo tvrditi da će se dokazati tražena kvaliteta betona. Za ispitivanje tlačne čvrstoće minimalan broj uzoraka je:

- jedan uzorak za svaki dan za svaku vrstu betona i svaki mikser
- minimalno jedan uzorak na svakih 100m<sup>3</sup> betona
- za konstruktivne elemente koji su značajni za sigurnost minimalno jedan uzorak bez obzira na količinu

Kontrolni uzorci moraju biti sukladni HRN EN 12390-1, izrađeni i njegovani sukladno HRN EN 12350-1 i HRN EN 12390-2. Uzorci se moraju označavati na jasan i nedvosmislen način. Podaci se moraju unositi u tiskanice za kontrolu kvalitete betona koje trebaju supotpisati predstavnik izvođača radova i predstavnik ovlaštenog ispitivača uzoraka. Izvođač je dužan pribaviti od proizvođača Izjavu o sukladnosti za isporučeni projektirani beton, Potvrdu o tvorničkoj kontroli proizvodnje i kontroliranoj dopremi betona. Ovisno o složenosti konstrukcije i razredu nadzora, izvođač imenuje odgovornu osobu koja provodi unutarnji nadzor. Osoba mora imati imenovanje te zadovoljavati zahtjeve stručnosti, iskustva i nepristranosti. Zaduženja imenovane osobe je prikupiti dokumentaciju kvalitete i kontrole izvedbe betonske konstrukcije:

- izvore materijala, potvrde o sukladnosti i dobavljačeve izjave o sukladnosti
- način provedbe promjena u izvedbi pojedinih radova
- pisane postupke svih aktivnosti izvođenja betonske konstrukcije
- plan kvalitete i nadzora izvođenja betonske konstrukcije
- opis i način otkaljanja nesukladnosti i poduzete popravne radnje
- zapise o promjenama u projektnoj specifikaciji

- zapise o kontroli geometrijskih odstupanja.

#### 2.4. Kontrola očvrslog betona

Dokazna tlačna čvrstoća očvrslog betona i to najmanja karakteristična čvrstoća za kocku iz zidova je  $f_{ck,koc}=30 \text{ N/mm}^2$ , a iz podzemnih konstrukcija (temelji, temeljna ploča i nadozid) je  $f_{ck,koc}=40 \text{ N/mm}^2$ . Ostala specificirana svojstva očvrslog betona (vodonepropusnost, vlačna čvrstoća, posebni tip cementa ili agregata i sl... nije potrebno dokazivati). Obzirom da se radi o tipu proizvodnje betona nazvanog Projektirani beton te da je proizvođač odgovoran za isporuku betona zadanih svojstava on preuzima i odgovornost za zadovoljavanje normi proizvodnje i kontrole proizvedenog betona, te zahtjeva za izbor sastavnih materijala za proizvodnju betona. Iz tog razloga se u ovom projektu ne navode norme za sastav, specifikacije i kriterije sukladnosti cementa, agregata i vode.

#### 2.5. Način prijevoza i ugradbe betona

Dozvolit će se samo onaj način prijevoza i ugradbe prikazan Planom i za kojeg su prikazani postupci kojima će se osigurati tražena kvaliteta betona. Beton će se na gradilište dopremiti mikserima. Ugradnja se može všiti pumpom za beton ili dizalicom s korpom. Prilikom isporuke betona na gradilište dostavljač betona je dužan isporučiti dostavnicu koja mora sadržavati slijedeć podatke:

- ime tvornice betona
- serijski broj otpremnice
- datum i vrijeme utovara, tj vrijeme prvog miješanja cementa i vode
- broj ili idnetifikaciju vozila
- ime kupca i lokaciju gradilišta
- količinu dostavljenog betona u m<sup>3</sup>
- deklaracije sukladnosti s referencama prema uvjetima kvalitete i prema EN 206-1
- ime i znak certifikacijskog tijela ako je relevantno
- vrijeme u koje je beton stigao na gradilište

- vrijeme početka istovara
- vrijeme kraja istovara

U dodatku otpremnice trebaju biti sadržani podaci o razredu čvrstoće, izloženosti, sadržaju klorida, konzistenciji, specijalna svojstva, max zrno agregata. Strogo je zabranjeno dodavanje vode ili kemijskih dodataka pri isporuci. Održavanje konzistencije svježeg do ugradnje ili dodavanje bilo kojeg sredstva treba biti pismeno odobreno od strane tehnologa betona. u slučaju da bilo tko doda neki dodatak u beton ili vodu nakon što beton dođe na gradilište to se mora dopisati u otpremnicu kako bi ta osoba preuzela odgovornost za štetu koja može nastati. Prilikom ugradbe betona beton se mora ugrađivati u oplatu na način da se ugrađuje što bliže svom konačnom položaju. Trebaju se poštovati slijedeća pravila:

- izbjegavati da beton udara izravno u oplatu
- visina slobodnog pada ne smije biti veća od 1,5 m
- ugradnju vršiti u jednakim slojevima
- debljina slojeva koji se kompaktiraju smije iznositi maksimalno 50 cm
- prije betoniranja treba izraditi plan betoniranja
- prekidi, kod duže stanke moraju se odgovarajuće tehnološki obraditi (ispiranjem, čišćenjem, veznim sredstvima)
- beton se mora vibrirati iglama promjera 40-60mm s frekvencijama 6000 titraja u minuti.

Vibratorsku iglu uranjati vertikalno u beton na razmaku 60 cm. Nije dozvoljeno razastiranje svježeg betona s vibratotrom. Trajanje jednog uranjanja vibratora može iznositi 10-15 sekundi.

## 2.6. Prekid betoniranja i obrada spojnica

Ukoliko dođe do prekida betoniranja pojedinih konstrukcijskih elemenata predmetnog objekta treba očistiti svježi beton, da se dobije ploha okomita na rubove elementa. Nakon cca 1 sat isprati budući spoj mlazom vode da se odstrani sav cement i sitna frakcija. Prije nastavka betoniranja prekid obraditi cementnim

mortom, koji je modificiran s polimerno disperzivnom vezom (ili nekim drugim adekvatnim dodatkom). Prekide betoniranja pažljivo odabrati prema položaju u statičkom sustavu.

## 2.7. Njegovanje i zaštita betona

U slučaju temperature zraka veće od 30 stupnjeva, relativne vlažnosti ispod 40% ili vjetrova brzine veće od 13 km/h potrebno je beton zaštititi od isušivanja barem 3 dana dok ne postigne min 60% predviđene tlačne čvrstoće. Zaštita se može izvršiti višekratnim dnevnim polijevanjem vodom, pokrivanjem mokrim jutanim vrećama ili sličnim pokrivalima koji zadržavaju vlagu uz održavanje vlažnosti ili dužim držanjem u oplati. Ne dozvoljava se betoniranje kada je temperatura zraka u vrijeme betoniranja ispod 5° Celzijusa. Ukoliko se betonira na temperaturi 5°-10° Celzijusa slobodne površine treba pokriti PVC folijom. U slučaju nužnosti betoniranja ispod 5° Izvođač je dužan dostaviti popis aktivnosti kojima će definirati postupak betoniranja na niskim temperaturama, zaštitu i njegu betona na niskim temperaturama. Beton se ne smije ugrađivati na smrznutu podlogu, niti u sniježnom i ledom pokrivenu oplatu i armaturu. Nadzorni inženjer mora prije betoniranja provesti kontrole i nadzor te upisom u dnevnik odobriti betoniranje.

## 2.8. Betonski čelik

1. Kao armatura koristit će se betonski čelik B 500 A ili B 500B za sve elemente, u obliku šipki ili mreža.

Korišteni čelik za armiranje betona mora zadovoljiti normu HRN EN 10080:2012. Izvođač je dužan pribaviti i predati nadzornom inženjeru dokaz kvalitete čelika koji će se ugrađivati u beton

2. Potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja uporabljivosti građevnih i drugih proizvoda za one proizvode koji su izrađeni na gradilištu pojedinačne građevine u koju će biti ugrađeni,

Nije predviđana izrada građevnih i drugih proizvoda na gradilištu.

3. potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine,

Ne postavlja se potreba dokazivanja tehničke ispravnosti dijela građevine. Smatra se da će nadzor kontrole i kvalitete biti sukladan projektiranim uvjetima, standardima i propisima te će konstrukcija ispunjavati projektirana svojstva. Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema zahtjevima ovog projekta i projektu betona, kojeg je dužan izraditi izvođač radova. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći. Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B500 u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

4. zahtjevi koji moraju biti ispunjeni tijekom izvođenja projektiranog dijela građevine, a koji imaju utjecaj na postizanje projektiranih odnosno propisanih tehničkih i/ili funkcionalnih svojstava tog dijela građevine, te na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu u cjelini,

### 2.9. Sudionici u gradnji

Radi ispunjenja uvjeta proračuna, zadovoljenje zakonskih uvjeta i tehničkih propisa potrebno je tijekom izvođenja ispuniti zahtjeve projektiranog dijela građevine, a koji imaju utjecaj na postizanje projektiranih odnosno propisanih tehničkih i/ili funkcionalnih svojstava tog dijela građevine, te na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu u cjelini. To pretpostavlja osposobljeno osoblje u procesu izvođenja. U tom smislu prilikom realizacije je nužno ispuniti zakonske i druge odredbe koje

propisuju uvjete u odnosu na sudionike u gradnji. Sudionici u gradnji u odnosu na ovaj projekt, između ostalih posebno moraju biti upoznati sa slijedećim dokumentima.

- Zakon o gradnji („Narodne novine“ broj 153/13, 20/17, 39/19, 125/19.)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje („Narodne novine“ broj 78/15, 118/18, 110/19),
- Zakon o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju („Narodne novine“ broj 78/15, 114/18, 110/19), te
- Pravilnik o tehničkom pregledu građevine („Narodne novine“ broj 108/04, 46/18 i 98/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije („Narodne Novine“ broj 17/17)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima („Narodne Novine“ broj 35/18 i 104/19)

Projektirana građevina i radovi na njoj s obzirom na zahtjevnost gradnje prema Zakonu o izmjenama i dopunama Zakon o gradnji, članak 2, pripada kategoriji 2.skupine. Sukladno tome Investitor je dužan osigurati stručni nadzor građenja i s osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih djelatnosti sklopiti pisani ugovor. Ako se na građevini izvodi više vrsta radova stručni nadzor mora provoditi više nadzornih inženjera odgovarajuće struke. Investitor ili osoba koju on odredi dužna je pisanim ugovorom odrediti glavnoga nadzornog inženjera. Glavni nadzorni inženjer odgovoran je za cjelovitost i međusobnu usklađenost stručnog nadzora, a može biti istodobno i nadzorni inženjer za određenu vrstu radova. Glavni nadzorni inženjer građenja dužan je o tome sastaviti završno izvješće. Investitor mora Građenje povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih djelatnosti prema zakonu. S Izvođačem radova mora biti sklopljen pisani ugovor. To znači da za gradnju ili izvođenje pojedinih radova mora postojati pisani ugovor sa Izvođačima. Graditi i/ili izvoditi radove na građevini može pravna osoba ili fizička osoba obrtnik, registrirana za obavljanje djelatnosti građenja, odnosno za izvođenje pojedinih koja ispunjava uvjete propisane zakonom te posebnim propisima kojima se uređuje gradnja. Izvođač mora u obavljanju djelatnosti građenja imati zaposlenog

ovlaštenog voditelja građenja i/ili ovlaštenog voditelja radova. Dužan je graditi u skladu s građevinskom dozvolom, ovim Zakonom, tehničkim propisima, posebnim propisima, pravilima struke. Poslove voditelja građenja i Poslove voditelja radova u svojstvu odgovorne osobe mogu obavljati ovlašteni voditelj građenja, odnosno ovlašteni voditelj radova sukladno posebnom zakonu kojim se uređuje udruživanje u Komoru. Ovlašteni voditelj građenja i Voditelj radova moraju zadovoljiti uvjete propisane zakonom. Kao odgovornu osobu za vođenje građenja, odnosno vođenje radova, izvođač imenuje glavnog inženjera gradilišta, inženjera gradilišta i/ili voditelja radova. Ako u građenju sudjeluju dva ili više izvođača, investitor ugovorom o građenju određuje glavnog izvođača koji je odgovoran za međusobno usklađivanje radova i koji imenuje glavnog inženjera gradilišta. Glavni inženjer gradilišta odgovoran je za cjelovitost i međusobnu usklađenost radova, za međusobnu usklađenost provedbe obveza iz Zakona te ujedno koordinira primjenu propisa kojima se uređuje sigurnost i zdravlje radnika tijekom izvođenja radova. Glavni inženjer gradilišta može biti istodobno i inženjer gradilišta jednog od izvođača, odnosno voditelj radova za određenu vrstu radova. Izvođač ne smije odstupati od projekta bez pismenog odobrenja nadzornog inženjera, a uz prethodnu suglasnost projektanta. Sve izmjene se moraju unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik.

### 2.10. Pripremni radovi

Primopredaja gradilišta se mora izvršiti sukladno Ugovoru, Zakonu o gradnji i Posebnim uzancama o građenju. Između ostalog to podrazumijev sastavljanje odgovarajućeg Zapisnika (uvođenje u posjed, uvođenje u posao, primopredaja ili sl.), upis u građevinski dnevnik elemenata važnih za primopredaju (popis dokumentacije, važne točke na gradilištu, posebne uvjete koji utječu na način građenja i sl.). Osiguranje gradilišta pogonskom energijom i vodom, Organizacija gradilišta, Osiguranje objekta, Prijava početka radova, Tehnička zaštita i drugi uvjeti za sigurno i funkcionalno odvijanje radova moraju biti ispunjeni prije samih radova. Obavezu izvršenja ovih aktivnosti potrebno je jasno definirati ugovorom o građenju.

### 2.11. Zemljani radovi

Kod izvođenja zemljanih radova posebno pažnju obratiti na zaštitu od rada strojeva. Nasipan materijal koji se očekuje od ljudske aktivnosti formiranja plodnih površina je potrebno u potpunosti ukloniti ispod svih dijelova budućeg objekta. Ukoliko se radi o značajnim denivelacijam osigurati se od odrona bočnih strana iskopa. Nasipanja kamenog tampona i zbijanje vršiti u slojevima debljine do 20 cm do potrebne zbijenosti.

### 2.12. Tesarski radovi

Kod izvođenja tesarskih radova moraju se primjenjivati svi važeći propisi i standardi za drvene konstrukcije. Upotrebljena građa mora zadovoljavati HRN D.A0.020. Oplata mora biti izrađena točno prema mjerama označenim u nacrtima za dijelove koji se betoniraju i to sa svim potrebnim podupiračima. Unutrašnja površina mora biti stabilna, otporna, ukrućena i dovoljno poduprta, tako da se ne može izvinuti, savinuti ni popustiti u bilo kojem smjeru. Oplata mora biti izrađena tako da se može lako skidati, bez potresa i oštećenja konstrukcije, a smije se skidati tek pošto ugrađeni beton dobije odgovarajuću čvrstoću. Pri skidanju oplata nakon dovršenja objekta treba s konstrukcije odstraniti oplatu sa svim njenim elementima, te sortirati građu u gomilama na određenim mjestima udaljenosti do 20 m od objekta. Građa za izvedbu oplata mora odgovarati propisima i to :

- rezana jelova građa HRN D.C1.040, HRN D.C1.041
- glatke ploče HRN D.C5.026.-70
- šper ploče HRN D.O5.043
- čavli HRN M.B4.021

### 2.13. Izvođenje betonskih radova

#### 2.13.1. Transport betona

Transport projektiranog betona mora se vršiti automješalicama, pri čemu moraju biti zadovoljeni svi zahtjevi iz tehničkih uvjeta projekta. Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju betonske smjese tijekom vožnje od mjesta proizvodnje do



mjesta ugradnje. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom mora biti u neposrednoj vezi s vremenom početka vezivanja cementa prema zahtjevima HRN EN 206-1:2006. . U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja. Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Sastav svježeg betona se ne smije mijenjati tijekom miješanja i nakon izlaska iz miješalice.

### 2.13.2. Skele i oplata

Za izvedbu svih betonskih i armiranobetonskih elemenata potrebno je pravovremeno izraditi, postaviti i učvrstiti odgovarajuću drvenu, metalnu ili sličnu oplatu. Oplata mora odgovarati mjerama građevinskih nacrti, detalja i planova oplata. Podupiranjem i razupiranjem oplata mora se osigurati njena stabilnost i nedeformabilnost pod teretom ugrađene mješavine. Unutarnje površine moraju biti ravne i glatke, bilo da su vertikalne, horizontalne ili kose. Postavljena oplata mora se lako i jednostavno rastaviti, bez udaranja i upotrebe pomoćnih alata i sredstava čime bi se "mlada" konstrukcija izložila štetnim vibracijama. Ako se nakon skidanja oplata ustanovi da izvedena konstrukcija dimenzijama i oblikom ne odgovara projektu Izvođač je obavezan istu srušiti i ponovo izvesti prema projektu. Prije ugradnje svježe mješavine betona u oplatu istu, ako je drvena, potrebno je dobro navlažiti, a ako je metalna mora se premazati odgovarajućim premazom. Izvođač ne može započeti betoniranje dok Nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri. Skele i oplata moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primati opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće. Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplata mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera. Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i

vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja. Nadvišenja oplata dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplata rabemetalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona. Žičane spojnice za pridržavanje oplata ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive. Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine. Površina oplata mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prianjanja za beton premazom vapnom. Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema određenom redoslijedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata. Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija. Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena tršćanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica. Skele moraju biti izrađene prema pravilima struke i propisima Pravilnika o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama u građevinarstvu. 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.

### 2.13.3. Ugrađivanje betona

S betoniranjem se (prema HRN ENV 13670-1:2006) može početi samo na osnovu pismene potvrde o preuzimanju podloge, armature i odobrenju betoniranja od strane nadzornog inženjera. Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distančera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema zahtjevima ovog projekta i projektu betona, kojeg je dužan izraditi izvođač radova. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

Sva armatura je iz čelika B500 u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole. Beton se mora ugrađivati sistematski i programirano prema određenom planu i odabranoj tehnologiji (kran-beton, pumpani beton). Zabranjeno je korigiranje vode u svježem betonu bez prisustva tehnologa betona. Prije betoniranja treba oplatu polijevati. Pri polijevanju oplata u tijeku betoniranja treba voditi računa da voda ne uđe u betonsku masu. Beton treba ubacivati što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj. Nije dozvoljeno transportirati beton pomoću pervibratora. Svaki započeti konstruktivni dio ili element mora biti izbetoniran neprekinuto u započetoj osipcu, kako to predviđa program betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, vremenske promjene ili isključenje pojedinih uređaja mehanizacije iz pogona. Ugrađeni beton ne smije imati

temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje. Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

#### 2.13.4. Ugrađivanje betona u posebnim uvjetima

Ugrađivanje betona u kalupe ili oplatu pri vanjskim temperaturama ispod +5 ili +30°C se smatra betoniranjem u posebnim uvjetima. Za betoniranje u posebnim uvjetima se moraju osigurati posebne mjere zaštite betona, treba rabiti dodatke protiv smrzavanja betona. Prije prvog smrzavanja beton mora imati najmanje 50% zahtijevane čvrstoće. Kad se u vrlo hladnim danima skida oplata, ne smije doći do naglog hlađenja betona te se vanjske površine betona moraju zaštititi. Pri betoniranju na visokim temperaturama početnu obradivost treba odrediti prema prethodno utvrđenom gubitku obradivosti prilikom transporta i ugradnje. U slučaju dužeg transporta ili spore ugradnje betona treba rabiti dodatke-usporivače vezivanja.

Beton treba ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonom i osigura traženi zaštitni sloj, a beton postigne traženu čvrstoću i trajnost. Obavezno je vibriranje betona vertikalno uronjenim vibratorima u debljini sloja ugrađenog betona koja je jednaka visini vibratora. Izvođač je obavezan izvršiti pripremu za betoniranje i betoniranje na način koji će osigurati da se optimalnu brzinu ugradnje i zbijanja betona. To znači dovoljno brzo da ne dođe do vezivanja ugrađene partije prije nastavka betoniranja, odnosno stvaranja hladne spojnice. S druge strane mora se voditi računa da tempo bude dovoljno spor da se izbjegne opasnost pretjeranog slijeganja i opterećenja oplata ako postoji opasnost od preopterećenja. Neposredno nakon betoniranja beton će se zaštićivati od:

- pretjeranog skupljanja čestim vlaženjima betona (polijevanjem, prekrivanjem filcom ili jutom), a u trajanju do najmanje 7 dana ili do postizanja 60% tražene čvrstoće. Zaštita betona mora biti ukalkulirana u jedinične cijene.
- oborina i tekuće vode - prekrivanjem ceradama ili najlonom

- vibracija koje mogu utjecati na promjenu unutrašnje strukture i prionljivost betona i armature, kao i drugih mehaničkih oštećenja u vrijeme vezivanja i početnog očvršćivanja
- od smrzavanja

5. postupke ispitivanja projektiranih i izvedenih dijelova građevine koji se provode prije uporabe i kod pune zaposjednutosti,

Sukladno tehničkom propisu za građevinske konstrukcije („Narodne novine" broj 17/17), članak 8. projektirana konstrukcija ne pripada u projekte za koje je obavezno provoditi probno opterećenja. Radi se o uobičajenoj konstrukciji za ovakav tip objekta te se ne zahtijeva probno ispitivanje.

6. detaljan opis pokusnog rada kojim se mora prikazati potrebna ispitivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, predviđene rezultate ispitivanja i predviđeno vrijeme trajanja pokusnog rada, ako za projektirani dio građevine postoji potreba pokusnog rada,

Nije propisano ispitivanje.

7. zahtjeve učestalosti periodičnih pregleda tijekom uporabe, a u svrhu održavanja dijela građevine, pregled i opis potrebnih kontrolnih postupaka ispitivanja i zahtijevanih rezultata kojima će se dokazati sukladnost s projektom predviđenim svojstvima, Sukladno tehničkom propisu za građevinske konstrukcije („Narodne novine" broj 17/17), članak 20. do članak 23. HRN ENV 13269 Investitor je dužan primjeniti postupke očuvanja tehničkih svojstava i zahtjeva određenih projektom, propisima i zakonima. Upućuje na Tehnički propis za građevinske konstrukcije („Narodne novine" broj 17/17), a osobito na Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju HRN EN 13306, Nazivlje u održavanju HRN EN 13460 Održavanje – Dokumentacija o održavanju, HRN EN 1504-10, Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -- Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti -- 10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova HRN EN 13791 Ocjena in-situ tlačne čvrstoće u konstrukcijama i predgotovljenim betonskim dijelovima

8. druge uvjete značajne za ispunjavanje drugih propisanih zahtjeva,  
Nema posebnih uvjeta

9. popis propisa i norma čiju primjenu program kontrole i osiguranja kvalitete  
određuje.

Zavarivanje

HRN EN ISO 17660-1

Zavarivanje -- Zavarivanje čelika za armiranje -- 1. dio: Nosivi zavareni spojevi

HRN EN ISO 17660-2

Zavarivanje -- Zavarivanje čelika za armiranje -- 2. dio: Nenosivi zavareni spojevi

Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija

HRN EN 13670

Izvedba betonskih konstrukcija

HRN EN 13670/NA

Izvedba betonskih konstrukcija – Smjernice za primjenu norme HRN EN 13670

HRN ISO 4866

Mehaničke vibracije i udari -- Vibracije građevina -- Smjernice za mjerenje vibracija  
i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine

HRN EN 1504-10

Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -- Definicije,  
zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti -- 10. dio: Primjena proizvoda  
i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova

HRN EN 13791

Ocjena in-situ tlačne čvrstoće u konstrukcijama i predgotovljenim betonskim  
dijelovima

### **3.0. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI I GOSPODARENJE OTPADOM**

#### 3.1. Opće napomene

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina („Narodne novine“ broj 118/19) propisuje sadržaj Tekstualnog dijela glavnog projekta što uključuje i Posebne tehničke uvjete građenja, posebne tehničke uvjete za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom građenja i pri uklanjanju građevine ili njezinog dijela, i posebnim tehničkim uvjetima za gospodarenje opasnim otpadom, ako se tijekom građenja, korištenja odnosno pri uklanjanju građevine pojavljuje opasni otpad. Pravilnik. definira:

(1) Posebni tehnički uvjeti gradnje moraju sadržavati njihov opis, u slučaju kada je to propisano posebnim propisom ili posebnim aktom, odnosno kada to zahtijevaju uvjeti lokacije.

(2) Posebni tehnički uvjeti gospodarenja građevnim otpadom moraju sadržavati opis postupaka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju građevnim otpadom.

(3) Posebni tehnički uvjeti gospodarenja opasnim otpadom moraju sadržavati opis postupaka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju opasnim otpadom.

Projektirana građevina u principu predstavlja klasičnu građevinu te nisu utvrđeni posebni građevinski zahtjevi ukoliko izvođač primjenjuje klasične metode gradnje. Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propis iz tog područja je: Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13; NN 73/17), i sve ostale relevantne pravilnike: Pravilnik o vrstama otpada, Pravilnik o postupanju s otpadom...

Prema navedenom zakonu građevni otpad spada u inertni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne

ugrožavaju okoliš. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje. Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstavati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade.

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko-fizikalna obrada,
- biološka obrada,
- termička obrada,
- kondicioniranje otpada i
- odlaganje otpada.

Kemijsko-fizikalna obrada otpada je obrada kemijsko-fizikalnim metodama s ciljem mijenjanja njegovih kemijsko-fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: neutralizacija, taloženje, ekstrakcija, redukcija, oksidacija, dezinfekcija, centrifugiranje, filtracija, sedimentacija, rezervna osmoza. Biološka obrada je obrada biološkim metodama s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: aerobna i anaerobna razgradnja. Termička obrada je obrada termičkim postupkom. Provodi se s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: spaljivanje, piroliza, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, taljenje, zataljivanje u staklo. Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, oprašivanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari koje sadrži otpad. S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom. Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

- drvo,
- plastiku,
- asfalt koji sadrži katran, i
- katran i proizvodi koji sadrže katran



Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

- građevinski materijali na bazi azbesta,
- asfalt koji sadrži katran,
- asfalt (bez katrana),
- katran i proizvodi koji sadrže katran,
- izolacijski materijal koji sadrži azbest, i
- miješani građevni otpad i otpad od rušenja.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## **4.0. PROCJENJENI TROŠKOVI GRADNJE**

Ovdje iskazani procjenjeni troškovi gradnje predstavljaju procjenu temeljem cijena sličnih objekata i ne predstavljaju obvezujući podatak. Odstupanja stvarnih troškova od procjenjenih su u praksi i literaturi neizbježni i vežu se uz tehničke razloge, prirodnih okolnosti, odabir materijala, kognitivne osobine procjenitelja i slično.

$16.450,80 \text{ m}^2 \cdot 2960 \text{ kn} = 48.694.368,0 \text{ kn}$

Procjena se odnosi na:

- Radovi iskopa
- Armirano betonski radovi
- Građevinsko zanatski radovi (bez instalacija)

## **5.0. ANALIZA OPTEREĆENJA**

### 5.1. Stalno opterećenje

#### *5.1.1. Vlastita težina*

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa automatski je uključena u programskom paketu Scia Engineer.

## 5.1.2. Dodatno stalno opterećenje

## a) Ravni krov-PLOČA POZICIJA 900

<b>DODATNO STALNO OPTEREĆENJE</b>			
	<i>d (m)</i>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>šljunak</i>	0,05	19,0	0,95
<i>geotekstil</i>	0,003	0,2	0,00
<i>TPO membrana</i>	0,001	0,5	0,00
<i>kamena vuna</i>	0,16	0,3	0,05
<i>PVC folija</i>	0,00	20,0	0,00
<i>bit.traka</i>	0,004	20,0	0,08
<i>bet. za pad</i>	0,150	24,0	3,60
<b>SUMA</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	4,68

## b) Pod između stanova- PLOČE POZICIJA 500-800

	<i>d (m)</i>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>ker. Pločice</i>	0,01	19	0,19
<i>cem. estrih</i>	0,05	24	1,2
<i>XPS</i>	0,04	0,3	0,012
<i>žbuka</i>	0,02	19	0,38
<b>SUMA:</b>			1,78
<b>PREGRADE:</b>			1,0
<b>UKUPNO:</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	2,78

## c) Pod iznad prizemlja- PLOČA POZICIJE 400

	<i>d (m)</i>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>ker. Pločice</i>	0,01	19	0,19
<i>cem. estrih</i>	0,05	24	1,2
<i>XPS</i>	0,04	0,3	0,012
<i>min. vuna(podgled)</i>	0,05	0,3	0,015
<i>spušt. Strop</i>			0,3
<b>SUMA:</b>			1,72
<b>PREGRADE:</b>			1,0
<b>UKUPNO:</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	2,72

## d) Pod iznad suterena- PLOČA POZICIJE 300

	<i>d (m)</i>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>kamene ploče</i>	0,02	29	0,58
<i>cem. estrih</i>	0,06	24	1,44
<i>EPE</i>	0,04	0,3	0,012
<i>min. vuna(podgled)</i>	0,05	0,3	0,015
<i>spušt. Strop</i>			0,3
<b>SUMA:</b>			2,35
<b>PREGRADE:</b>			1,0
<b>UKUPNO:</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	3,35

## e) Pod supermarketa- PLOČA POZICIJE 200

**SUPERMARKET Dodatno stalno opterećenje** **$\Delta g$** 

	<i>d (m)</i>	<i><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>ker pločice</i>	0,01	22	0,22
<i>estrih</i>	0,065	25	1,6
<i>toplinska izolacija</i>	0,07	0,3	0,0
<i>ETICS</i>	0,2	0,5	0,1
<i>Instalacije</i>			1,0
<b>SUMA:</b>		<b><math>\Delta g</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>2,97</b>

## f) Pod iznad podruma 2 - PLOČA POZICIJE 100

	<i>d (m)</i>	<i><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>beton u padu</i>	0,15	25	3,75
<i>Instalacije</i>			1,0
<b>SUMA:</b>		<b><math>\Delta g</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>4,75</b>

## g) STUBIŠTE

**Podesti skala**

	<i>d (m)</i>	<i><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>g (kN/m<sup>2</sup>)</i>
<i>kamene ploče</i>	0,025	28	0,7
<i>cem. estrih</i>	0,04	24	0,96
<i>XPS</i>	0,04	0,3	0,012
<i>žbuka</i>	0,02	19	0,38
<b>SUMA:</b>		<b><math>\Delta g</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>2,05</b>

5.2. Promjenjivo opterećenje5.2.1. Korisno opterećenje

Minimalno korisno opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno (pokretno) opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje. Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

- Ravni krov:  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori (A) :  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta (A) i poslovni prostori (B) :  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

- Područje iznad garaže izvan objekta namijenjeno rekreaciji većeg broja ljudi (C3/C4/C5) :  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Otvorene terase za rekreaciju djece i odraslih na katovima:  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
<b>A Stambene prostorije, odjeli u bolnicama, hotelske sobe</b>	
uobičajene prostorije	2,0
stubišta	3,0
balkoni	4,0
<b>B Uredi</b>	
uredi	3,0
<b>C Prostorije na kojima je moguće okupljanje ljudi</b>	
C1 (prostorije sa stolovima, škole, kavane, restorani, čitaonice, recepcije)	3,0
C2 (prostorije s nepomičnim sjedalima, crkve, kina, predavaonice, čekaonice, konferencijske dvorane)	4,0
C3 (prostorije bez prepreka za kretanje ljudi, izložbeni prostori, pristupi u javnim i državnim zgradama, hotelima i sl.)	5,0
C4 (športske prostorije i prostori za igru, plesne dvorane, gimnastičke dvorane)	5,0
C5 (prostorije za velika okupljanja ljudi, zgrade za javne priredbe, koncertne dvorane, športske dvorane)	5,0
<b>D Prodajne prostorije</b>	
D1 (prostorije u trgovinama)	5,0
D2 (prostorije u robnim kućama i trgovinama na veliko)	5,0
<b>E Prostorije s mogućnošću gomilanja robe i stvari</b>	
(skladišta uključujući i knjižnice)	6,0

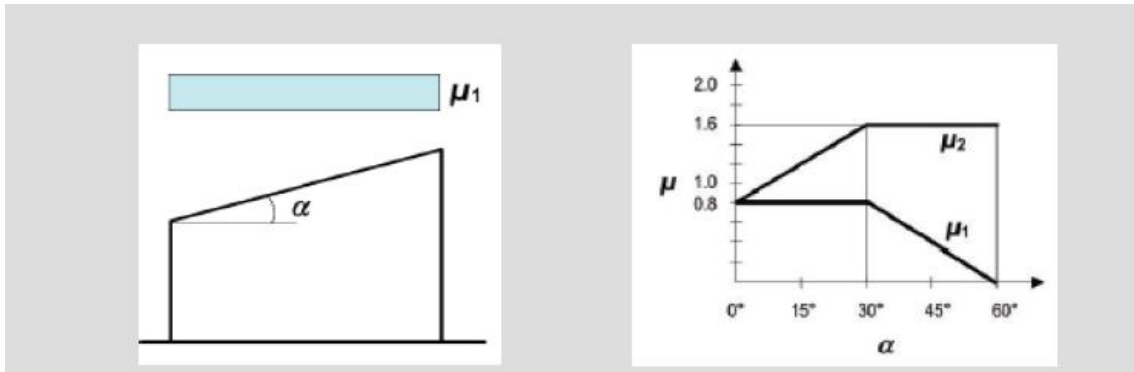
Slika 5.1. Vrijednosti korisnog opterećenja

### 5.2.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom definira se izrazom:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- $\mu_1$  - koef. oblika za opterećenje snijegom-RAVNI I JEDNOSTREŠNI KROV-nagib krova  $\rightarrow \alpha = 5^\circ$

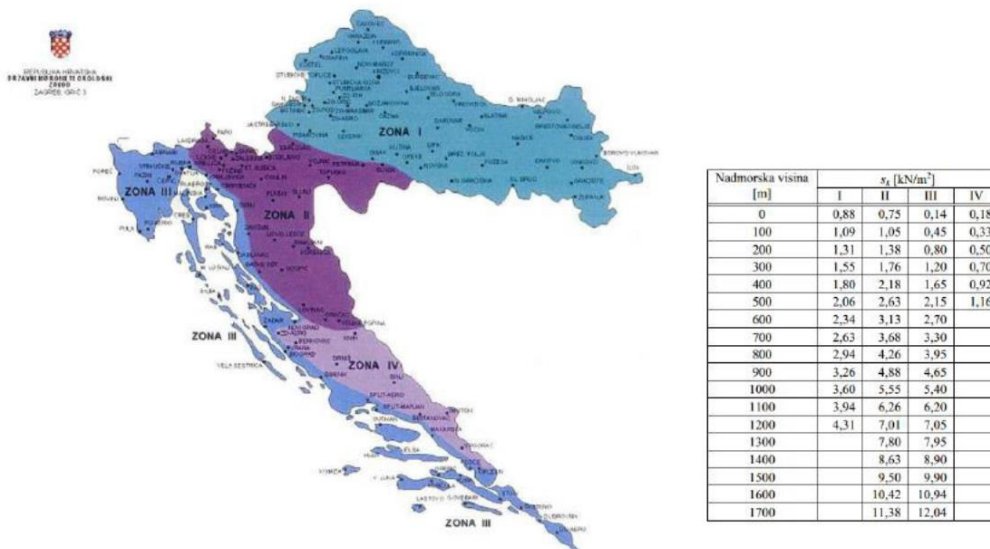


Kut nagiba krova $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	-

Slika 5.2.. Očitavanje koeficijenta oblika

$$\alpha = 5^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$$

- $s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $[kN/m^2]$
- $\Rightarrow$  zona Split, područje 1. (priobalje i otoci), nadmorska visina do 100 m



Slika 5.3. Karta karakterističnih vrijednosti opterećenja snijegom obzirom na područje

- $C_e$ - koef. izloženosti  $\rightarrow C_e = 1,0$
- $C_t$ - toplinski koef.  $\rightarrow C_t = 1,0$

$$\Rightarrow s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 [kN / m^2]$$

**Napomena:** Opterećenje krova snijegom uzeto je u obzir u sklopu pokretnog opterećenja na krovu (snijeg+vjetar) u iznosu od 1 kN/m<sup>2</sup>. Opterećenje snijegom

od 0,36 kN/ m<sup>2</sup> nanoseno je na ploču iznad garaže na dijelu ploče van objekta, kao i na nenatkrivene terase.

### 5.2.3. Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom definirano je Eurokodom 1991-1-4 – Djelovanje vjetra (Eurocode 1:Actions on structures - General actions - Part 1-4: Wind actions).

- $v_{b0}$  (ili  $v_{ref 0}$  - u prednormi) je poredbena vrijednost brzine vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na karti). Poredbena vrijednost brzine vjetra je karakteristična srednja 10-minutna vrijednost brzine vjetra, neovisna o smjeru vjetra, vremenu i godišnjem dobu, na 10 m iznad površine otvorenog terena, koji može biti obrastao travom, grmljem i manjim preprekama.

Vrijednost poredbene brzine vjetra  $v_{b0}$  dodatno se korigira s obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu, te se tako dobiva osnovna brzina vjetra:

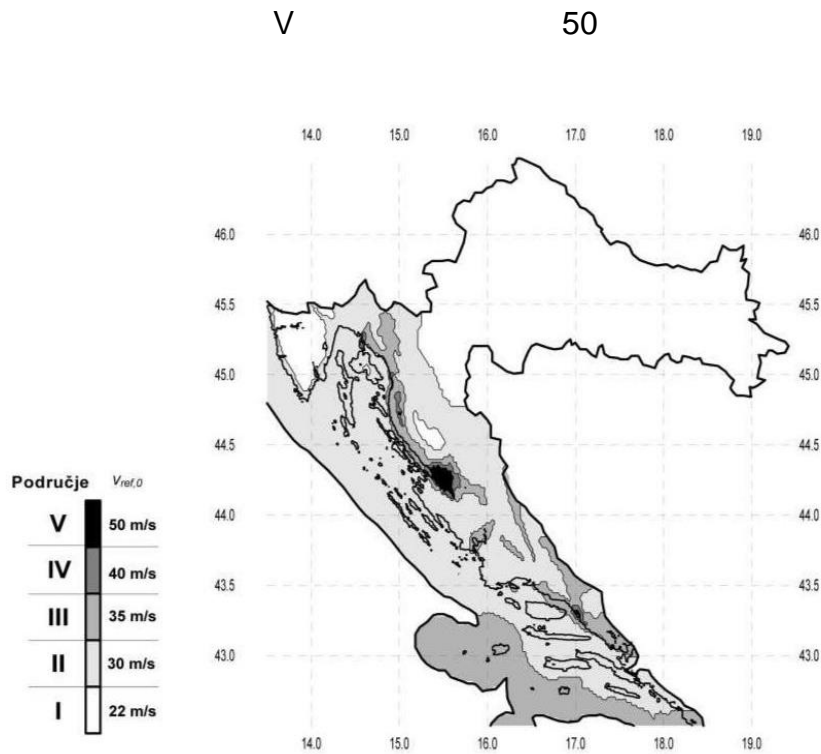
$$\text{➤ } v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0}$$

- Koeficijent smjera vjetra (  $c_{DIR}$  ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{dir} = 1,0$ .
- Koeficijent godišnjeg doba (  $c_{TEM}$  ) uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{tem} = 1,0$ .
- Koeficijent nadmorske visine (  $c_{ALT}$  ) koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz:

$$c_{alt} = 1 + 0,0001 \cdot a_s = 1 + 0,0001 \cdot 10 = 1,001$$

gdje je  $a_s$  nadmorska visina mjesta u (m).

PODRUČJE	$v_{B,0}$ (m/s)
I	22
II	30
III	35
IV	40



Slika 5.4. Karta osnovnih brzina vjetra obzirom na područje

→ Objekt se nalazi na području grada Splita te prema prikazanoj karti pripada II. vjetrovnoj zoni. Iz toga slijedi:

$$v_{b,0} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{očitano za Split}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,001 \cdot 30,0 = 30,03 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra iznad terena na nekoj visini z:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot v_b$$

$c_{0(z)}$  – koeficijent topografije (uglavnom se uzima 1,0)

$c_{r(z)}$  – koeficijent hrapavosti

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_{r(z)} = c_{r(z,min)} \quad \text{za } z \leq z_{min}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad \text{– koeficijent terena}$$

Kategorija terena	Opis	$K_r$	$z_0$ [m]	$Z_{min}$ [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

Slika 5.5. Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

→ Za područje grada Splita kategorija terena prema tablici je IV. Stoga su vrijednosti sljedeće:

$$z_0 = 1,0 \quad z_{min} = 10,0 \quad z_{max} = \text{obično se uzima } 200m$$

➤ Turbulencija vjetra na visini  $z$  iznad terena dana je izrazom:

$$I_{V(z)} = \frac{1}{C_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$I_{V(z)} = I_{V(z,min)} \quad \text{za } z \leq z_{min}$$

➤ Maksimalni tlak brzine vjetra iznosi:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{V(z)}] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_b = \frac{\rho_{zraka}}{2} \cdot v_b^2$$

$$\rho = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

➤ Rezultirajuća sila vjetra:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} [kN/m^2] - \text{sila vjetra na vanjske plohe}$$

$$c_{pe} - \text{koefficient vanjskog tlaka}$$

$$w_e = q_p(z_i) \cdot c_{pi} [kN/m^2] - \text{sila vjetra na unutarnje plohe}$$

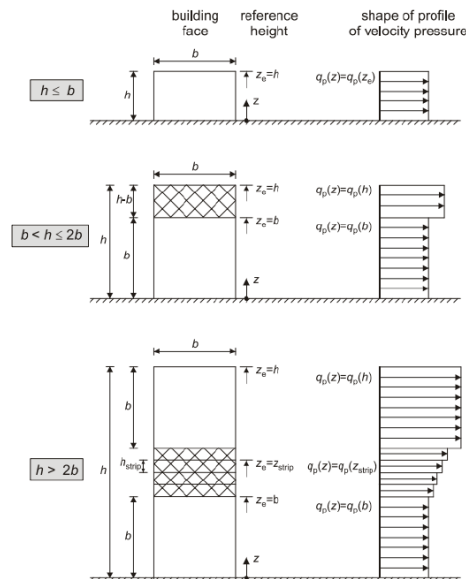
$$c_{pi} - \text{koefficient unutarnjeg tlaka}$$

$$z_i - \text{referentna visina objekta}$$

### Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka $c_{pe}$

I. Referentna visina objekta  $z_e$  - određuje se prema odnosu  $h/b$

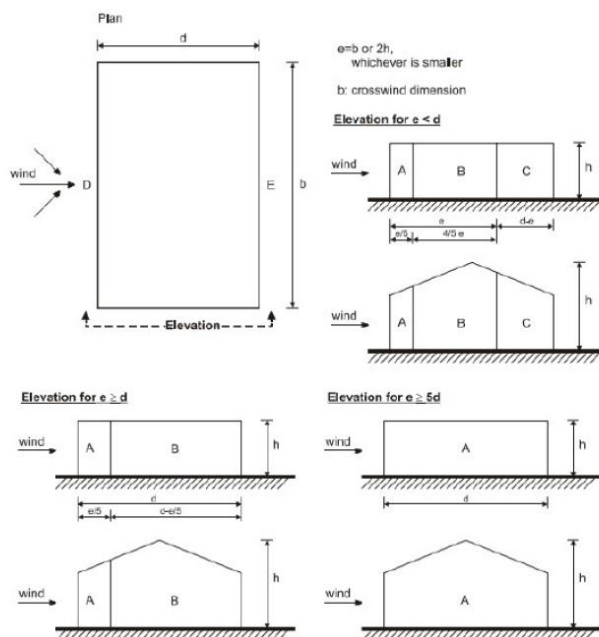




Slika 5.6.. Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka vjetra

**Napomena:** U radu nije uzeta u obzir promjena iznosa opterećenja vjetrom po visini prema gore prikazanim slikama. Uzet je najkritičniji slučaj  $h < b$  čime je pojednostavljen proračun a istovremeno smo na strani sigurnosti.

I. Podjela zgrade na zone (za vertikalne zidove)



Slika 5.7. Podjela zgrade na vjetrovne zone

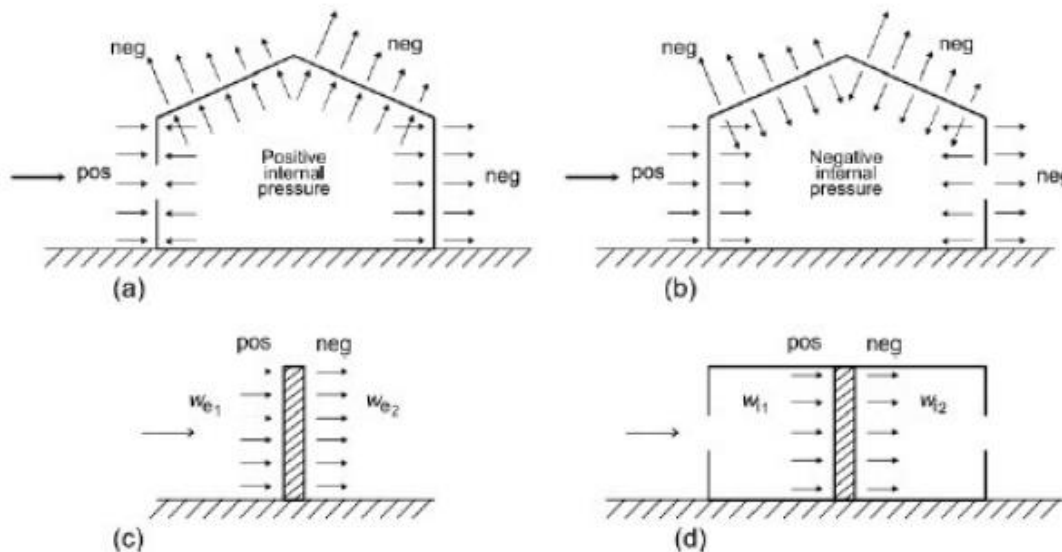
Zone	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

Slika 5.8. Koeficijenti vanjskog tlaka za vanjske zidove zgrada

**Određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka  $c_{pi}$**

Maksimalni koeficijent unutarnjeg tlaka je 0,8, a minimalni koeficijent unutarnjeg tlaka (podtlak) je -0,5.

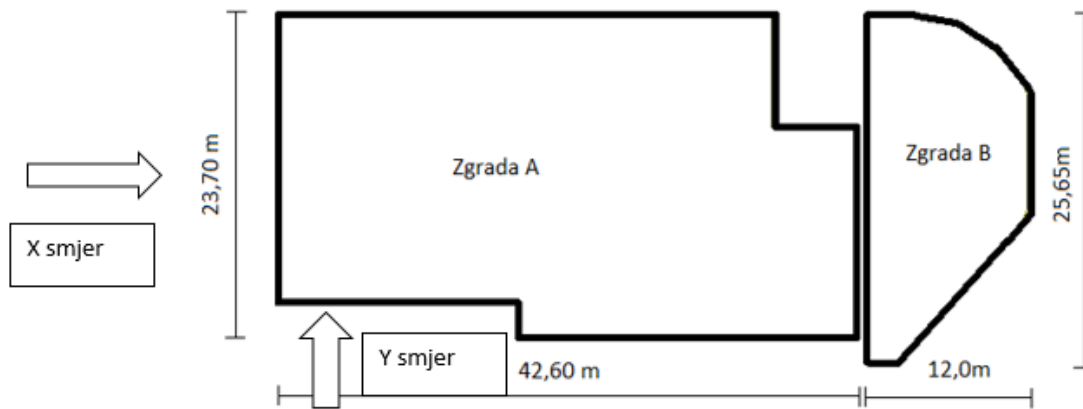
Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe ( $w_e$  i  $w_i$ ) se raspoređi prema shemi prikazanoj na slici 8.25. te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 5.9. Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka na zidove i krovove zgrade

**Rezultati proračuna vjetra za objekt iz ovog rada**

**1. Proračun vjetra za zgradu A**

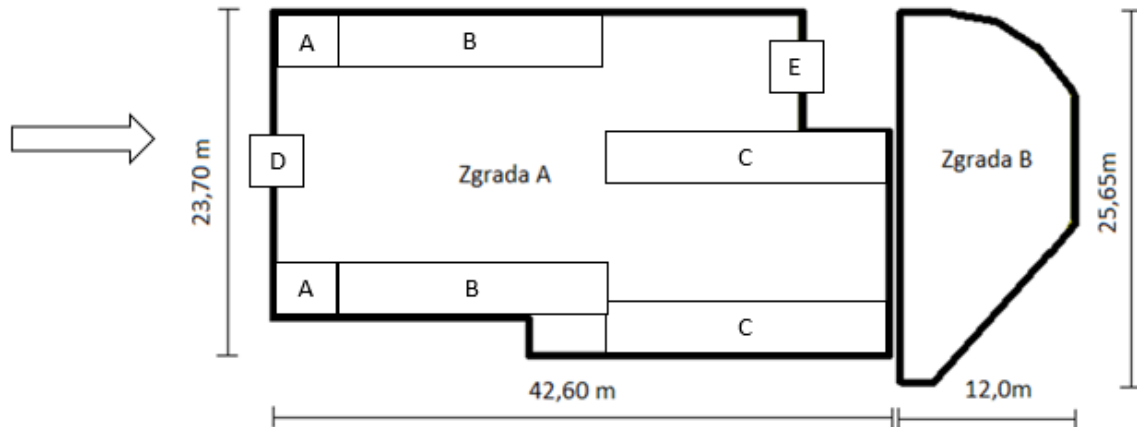


Slika 5.10. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu A

X smjer vjetra			Y smjer vjetra		
$Z_e$	22,060	m	$Z_e$	22,060	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s	$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001		$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000		$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000		$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s	$V_b$	30,030	m/s
$Cr(z)$	0,725		$Cr(z)$	0,725	
$kr$	0,234		$kr$	0,234	
$Z$	22,060	m	$Z$	22,060	m
$Z_0$	1,000	m	$Z_0$	1,000	m
$Co(z)$	1,000		$Co(z)$	1,000	
$V_m$	21,772	m/s	$V_m$	21,772	m/s
$lv$	0,323		$lv$	0,323	
$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$	$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$
$qp(z)$	0,966	$kN/m^3$	$qp(z)$	0,966	$kN/m^3$

H 22,060		H 22,060	
$b$	23,700	$b$	42,600
$d$	42,600	$d$	23,700
$e$	23,700 < 42,600	$e$	42,600 > 23,700
	Zone A,B,C,D,E		Zone A,B,D,E
$h/d$	0,518	$h/d$	0,931

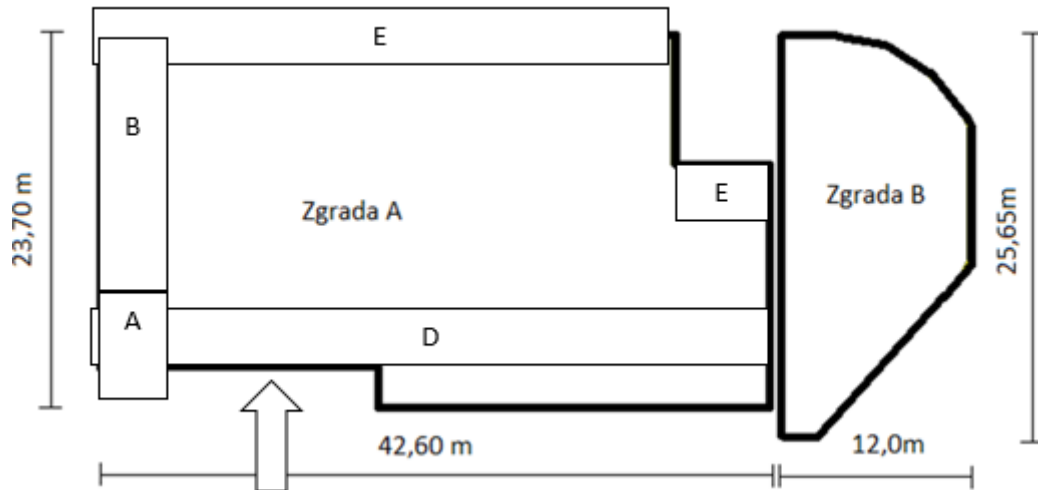
X smjer	qp(z)	Cpe,10	Cpi,max	Cpi,min	We	Wi,max	Wi,min	Wuk,max	Wuk,min	Wekv
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,966	-1,20	0,80	-0,5	-1,16	0,77	-0,48	-1,93	-0,68	-1,93
B	0,966	-0,80	0,80	-0,5	-0,77	0,77	-0,48	-1,54	-0,29	-1,54
C	0,966	-0,50	0,80	-0,5	-0,48	0,77	-0,48	-1,25	0,000	-1,25
D	0,966	0,736	0,80	-0,5	0,71	0,77	-0,48	-0,06	1,19	1,19
E	0,966	-0,371	0,80	-0,5	-0,36	0,77	-0,48	-1,13	0,12	-1,13



Slika 5.11. Djelovanje vjetra iz X smjera na zgradu A

- Zona A na duljini  $e/5=4,74$  m
- Zona B na duljini  $4 \cdot e/5=18,96$  m
- Zona C na duljini  $d-e=18,90$  m

Y smjer	qp(z)	Cpe,10	Cpi,max	Cpi,min	We	Wi,max	Wi,min	Wuk,max	Wuk,min	Wekv
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,966	-1,20	0,80	-0,5	-1,16	0,77	-0,48	-1,93	-0,68	-1,93
B	0,966	-0,80	0,80	-0,5	-0,77	0,77	-0,48	-1,54	-0,29	-1,54
D	0,966	0,736	0,80	-0,5	0,71	0,77	-0,48	-0,06	1,19	1,19
E	0,966	-0,371	0,80	-0,5	-0,36	0,77	-0,48	-1,13	0,12	-1,13

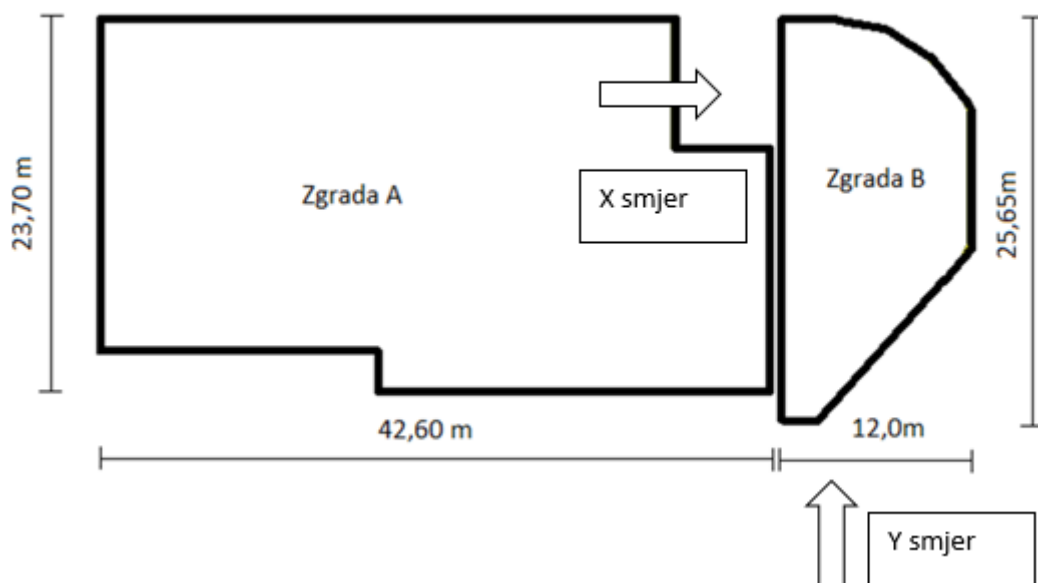


Slika 5.12. Djelovanje vjetra iz Y smjera na zgradu A

-Zona A na duljini  $e/5=8,52$  m

-Zona B na duljini  $d-e/5=15,18$  m

**2. Proračun vjetra za zgradu B**



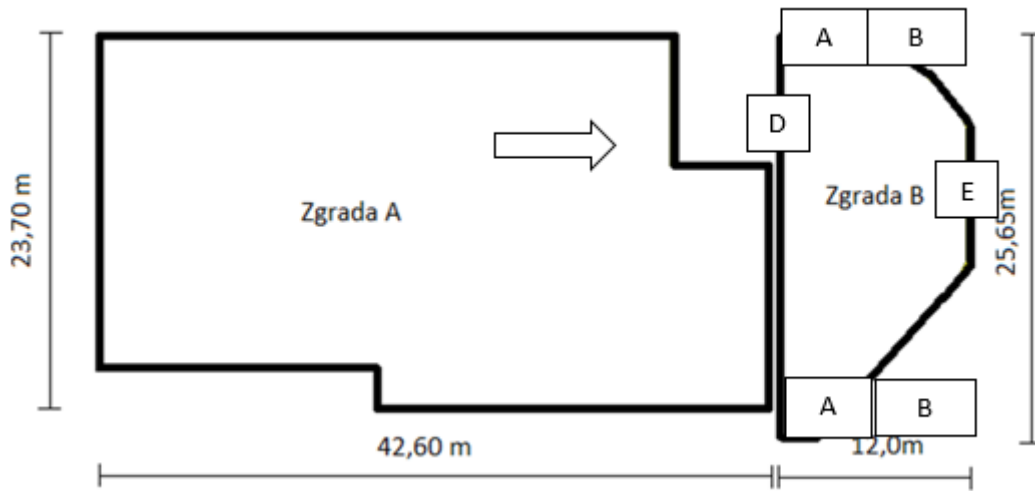
Slika 5.13. Djelovanje vjetra na zgradu B

X smjer vjetra		
$Z_e$	21,160	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s
$Cr(z)$	0,715	
$kr$	0,234	

<i>Z</i>	21,160	m	<i>Y smjer vjetra</i>		
<i>Z<sub>0</sub></i>	1,000	m	<i>Z<sub>e</sub></i>	21,160	m
<i>C<sub>o</sub>(z)</i>	1,000		<i>V<sub>b,0</sub></i>	30,000	m/s
<i>V<sub>m</sub></i>	21,471	m/s	<i>C<sub>alt</sub></i>	1,001	
<i>l<sub>v</sub></i>	0,328		<i>C<sub>dir</sub></i>	1,000	
<i>ρ(zraka)</i>	1,250	kg/m <sup>3</sup>	<i>C<sub>tem</sub></i>	1,000	
<i>q<sub>p</sub>(z)</i>	0,950	kN/m <sup>3</sup>	<i>V<sub>b</sub></i>	30,030	m/s
			<i>C<sub>r</sub>(z)</i>	0,715	
			<i>k<sub>r</sub></i>	0,234	
			<i>Z</i>	21,160	m
			<i>Z<sub>0</sub></i>	1,000	m
			<i>C<sub>o</sub>(z)</i>	1,000	
			<i>V<sub>m</sub></i>	21,471	m/s
			<i>l<sub>v</sub></i>	0,328	
			<i>ρ(zraka)</i>	1,250	kg/m <sup>3</sup>
			<i>q<sub>p</sub>(z)</i>	0,950	kN/m <sup>3</sup>

<i>H</i> 21,160					<i>H</i> 21,160				
<i>b</i>	25,65				<i>b</i>	12,0			
<i>d</i>	12,0				<i>d</i>	25,65			
<i>e</i>	25,65	>	12,0	Zone A,B,D,E	<i>e</i>	12,0	<	25,65	Zone A,B,C,D,E
<i>h/d</i>	1,763				<i>h/d</i>	0,825			

<i>X smjer</i>	<i>q<sub>p</sub>(z)</i>	<i>C<sub>pe,10</sub></i>	<i>C<sub>pi,max</sub></i>	<i>C<sub>pi,min</sub></i>	<i>W<sub>e</sub></i>	<i>W<sub>i,max</sub></i>	<i>W<sub>i,min</sub></i>	<i>W<sub>uk,max</sub></i>	<i>W<sub>uk,min</sub></i>	<i>W<sub>ekv</sub></i>
<i>zona vjetra</i>	kN/m <sup>2</sup>				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
A	0,950	-1,20	0,80	-0,5	-1,14	0,76	-0,48	-1,90	-0,66	-1,90
B	0,950	-0,80	0,80	-0,5	-0,76	0,76	-0,48	-1,52	-0,28	-1,52
D	0,950	0,80	0,80	-0,5	0,76	0,76	-0,48	0,00	1,24	1,24
E	0,950	-0,54	0,80	-0,5	-0,51	0,76	-0,48	-0,25	-0,03	-0,25

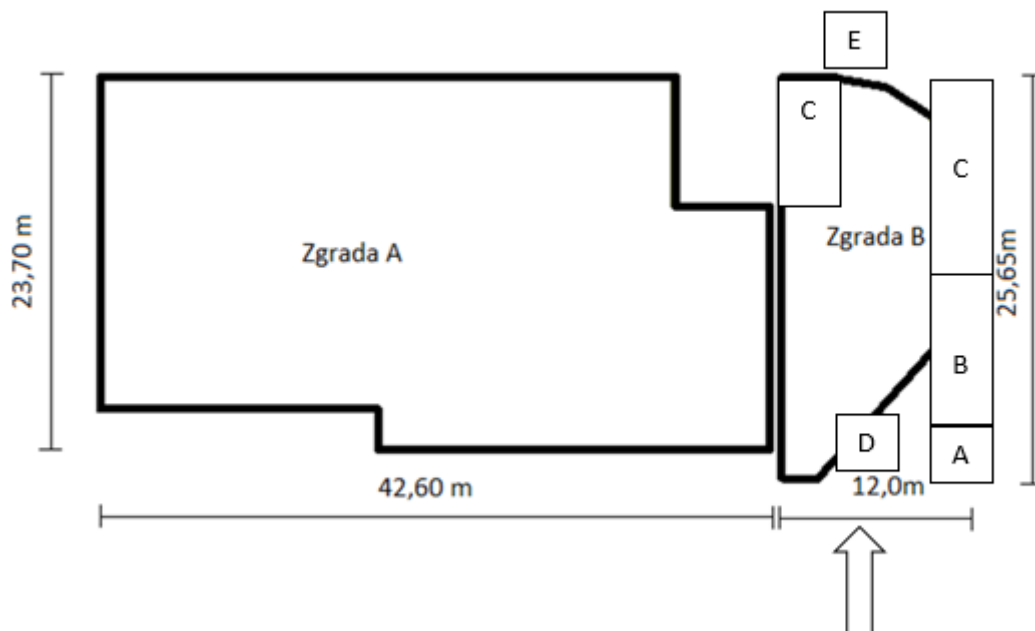


Slika 5.14. Djelovanje vjetra iz X smjera na zgradu B

-Zona A na duljini  $e/5=5,13$  m

-Zona B na duljini  $d-e/5=6,87$  m

Y smjer	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,950	-1,20	0,80	-0,5	-1,14	0,76	-0,48	-1,90	-0,66	-1,90
B	0,950	-0,80	0,80	-0,5	-0,76	0,76	-0,48	-1,52	-0,28	-1,52
C	0,950	-0,5	0,8	-0,5	-0,48	0,76	-0,48	-1,24	0,00	-1,24
D	0,950	0,78	0,80	-0,5	0,74	0,76	-0,48	-0,02	1,22	1,22
E	0,950	-0,45	0,80	-0,5	-0,43	0,76	-0,48	-1,19	0,05	-1,19



Slika 5.15. Djelovanje vjetra iz Y smjera na zgradu B

- Zona A na duljini  $e/5=2,4$  m
- Zona B na duljini  $4 \cdot e/5=9,6$  m
- Zona C na duljini  $d-e=13,65$  m

### 5.3. Izvanredno opterećenje

#### *5.3.1. Potresno opterećenje*

Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 19.1. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla na kojoj će se nalaziti građevina, proračunsko ubrzanje tla na tom području, duktilnost konstrukcije itd. Neki od tih parametara direktno se unose na temelju normama definiranih vrijednosti dok se ostale vrijednosti parametara uzimaju u obzir kroz vrijednost faktora ponašanja o kojem će kasnije u tekstu biti riječ.

Potresno djelovanje u nekoj točki na površini općenito se prikazuje elastičnim spektrom odziva. Razlikujemo dva tipa elastičnog spektra odziva ovisno o očekivanoj magnitudi površinskih poprečnih valova. Za magnitude veće od 5,5 odabiremo tip 1, a za magnitude manje od 5,5 tip 2 elastičnog spektra odziva.

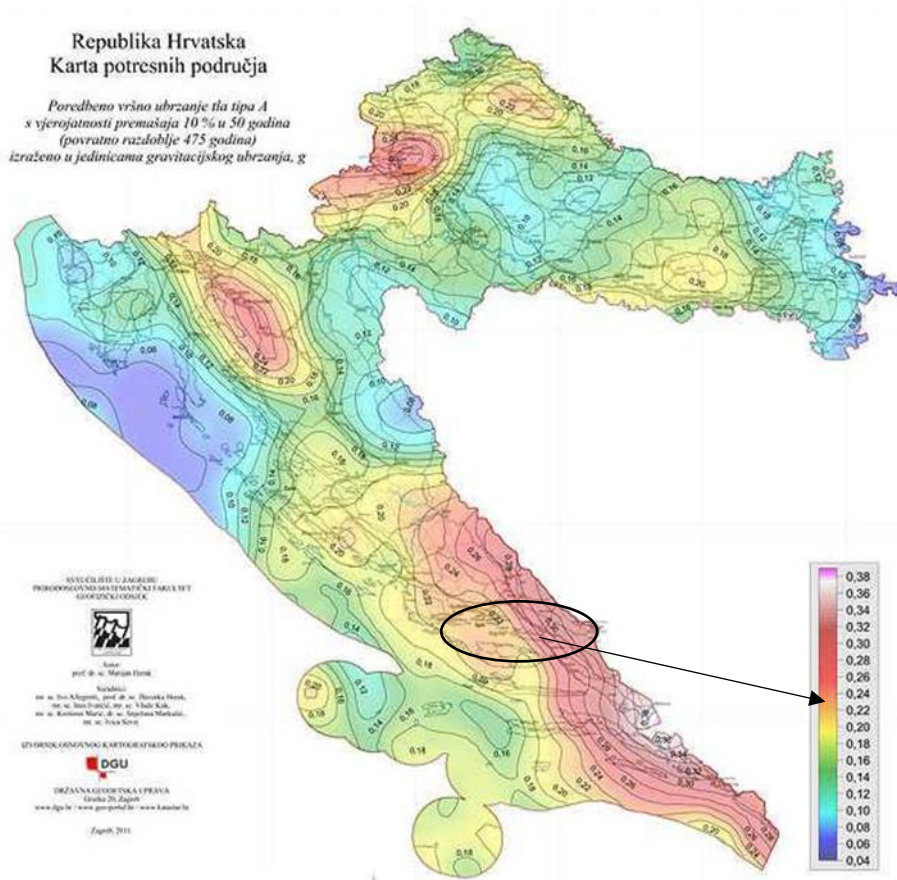
Budući da se dio potresne energije u konstrukciji troši njenim deformiranjem ovisno o sklonosti deformiranju općenito se dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih u elastičnom spektru odziva. Da bi se izbjegao nelinearni proračun uzima se u obzir kapacitet konstrukcije trošenju energije. Taj kapacitet ovisi o duktilnosti konstrukcije tj njenih elemenata. Duktilnije konstrukcije imaju veći kapacitet trošenja energije i smanjenja potresnog utjecaja. To smanjenje potresnih sila radi se na način da se elastični spektar odziva umanjuje odgovarajućim koeficijentom koji se naziva faktor ponašanja. Faktor ponašanja predstavlja omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njen odziv u cijelosti bio elastičan u odnosu na potresne sile koje se bi se pojavile na promatranoj konstrukciji.

U nastavku su razrađene vrijednosti svih parametara mjerodavnih za potresni proračun koji su korišteni u analizi pomoću računalnog programa.

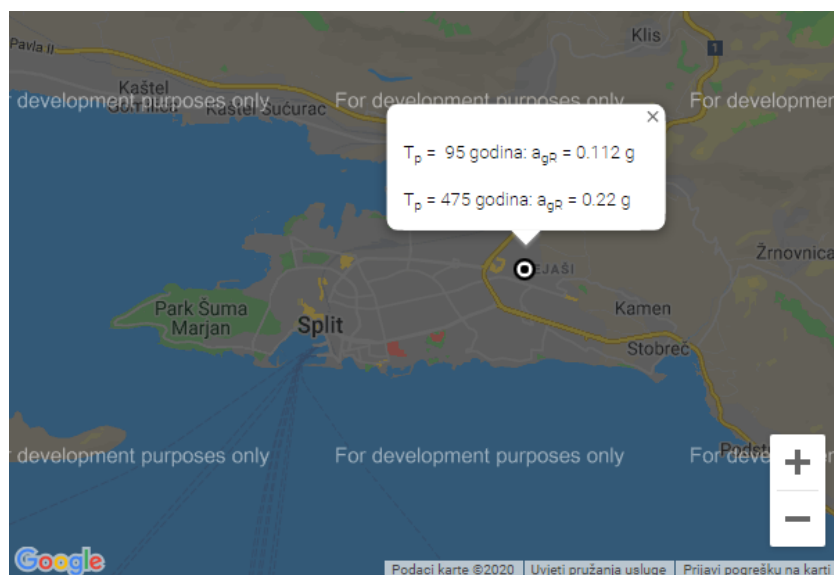
- Vrijednosti poredbenog vršnog ubrzanja tla očitavaju se koristeći seizmološke karte Republike Hrvatske. Za traženo područje očita se ubrzanje tla za povrtani period od 475 godina za GSN



- Za područje grada Splita  $a_{gR} = 0,22g \approx 2,2 \text{ m/s}^2$



Slika 5.16. Karta područja za određivanje ubrzanja tla od potresnog opterećenja



Slika 5.17. Očitano ubrzanje za područje grada Splita

- Građevina je temeljena na čvrstom tlu- tlu **klase A**. Parametar kojim u proračun uzimamo u obzir vrstu i kvalitetu tla naziva se faktor tla (S)

- Klasa tla A → S=1,0

Ground type	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Slika 5.18. Određivanje faktora tla ovisno o klasi tla

- Proračun faktora ponašanja ovisi o vrsti i tipu konstrukcije. Pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja konstrukcije te sustav povezanih zidova

- $q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$  za klasu DCM

$$q_0 \rightarrow \text{osnovni faktor ponašanja} \rightarrow q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_0}{\alpha_1}$$

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} = 1,0 \rightarrow \text{za tlocrtno nepravilne sustave}$$

$$k_w \rightarrow \text{faktor prevladavajućeg sloma} \rightarrow k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3}, \quad k_w = 1$$

STRUCTURAL TYPE	DCM	DCH
Frame system, dual system, coupled wall system	3,0 $\alpha_w/\alpha_1$	4,5 $\alpha_w/\alpha_1$
Uncoupled wall system	3,0	4,0 $\alpha_w/\alpha_1$
Torsionally flexible system	2,0	3,0
Inverted pendulum system	1,5	2,0

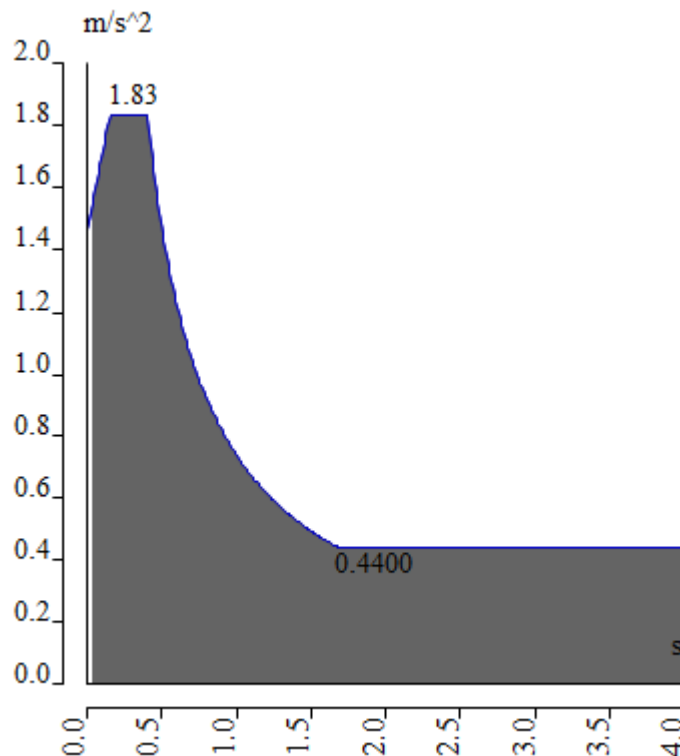
Slika 8.38. Određivanje osnovnog faktora ponašanja

$$q = q_0 \cdot k_w = 3,0 \cdot 1,0 = 3,0$$

⇒ Ulazni podaci za proračun:

coeff accel. ag	0,224
ag - design ac...	2,200
q - behaviour f...	3,000
beta	0,200
S, Tb, Tc, Td m...	No
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,000
Tb	0,150
Tc	0,400
Td	2,000

Slika 5.19. Ulazni podaci za proračun na potres



Slika 5.20. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

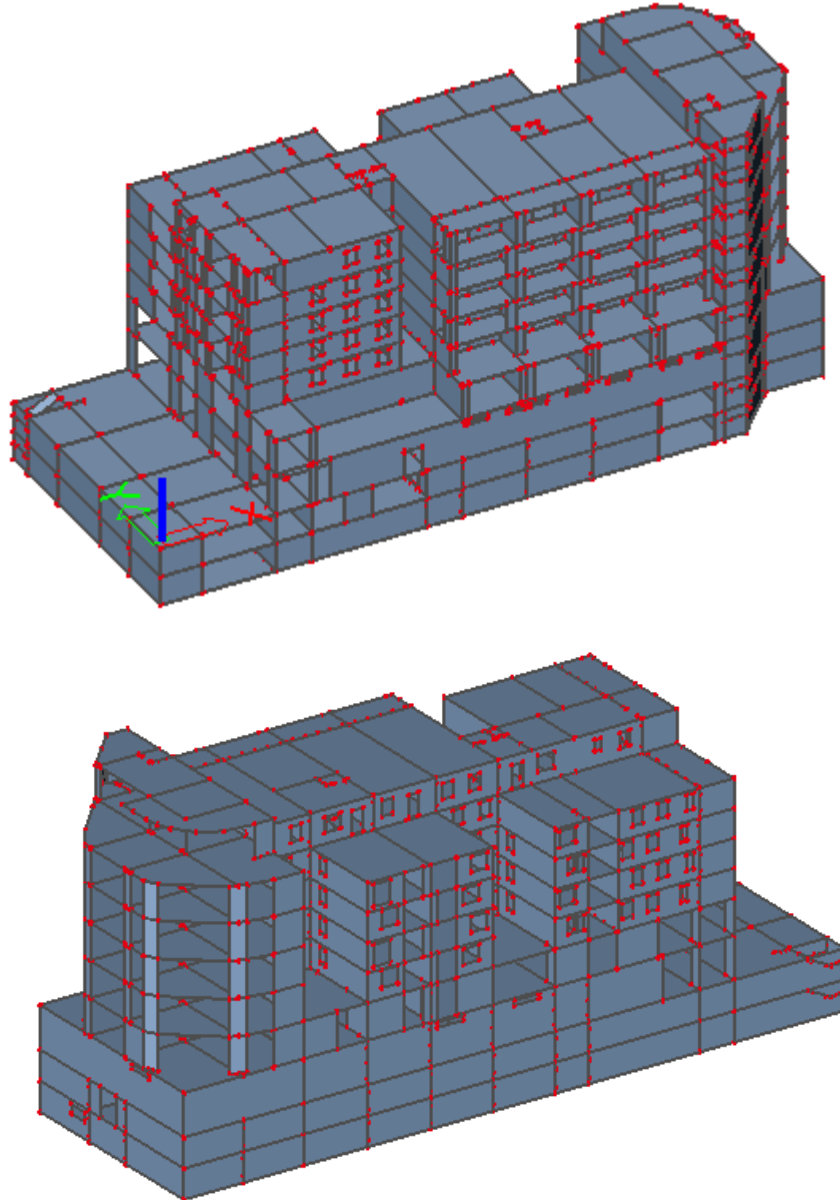
Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja). Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 150 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu nije aktivirano svih 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila. Stoga su sve potresne sile uvećane recipročno aktiviranoj masi (uključen je taj postupak kroz program i opciju „Missing mass in modes“).

Po dovršenoj modalnoj analizi napravljen je i linearni proračun za potresne kombinacije djelovanja na temelju čijih su rezultata dobivene mjerodavne sile za dimenzioniranje vertikalnih elemenata konstrukcije (zidova i stupova).

## 6.0. NUMERIČKI MODEL

### 6.1. Numerički model općenito

Za proračun ovog rada napravljen je 3D model konstrukcije koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploča i zidova) te štapnih 1D elemenata (stupova i greda). Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 19.1.



Slika 6.1. 3D model

- Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 16 cm (prvi, drugi, treći, četvrti kat i nadgrađe zgrade A) te 20 cm na ostalim etažama zgrade A, kao i na svim etažama zgrade B. Modelirane su kao 2D plošni elementi i

opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup>- dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom (na nenatkrivenoj terasi).

- Zidovi su armirano betonski, različitih debljina, dominantno debljine 20 cm. Modelirani su kao 2D plošni elementi i opterećeni okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup> vjetrovnim opterećenjem u dva smjera.
- Stupovi su armirano betonski, na svim etažama, različitih dimenzija ovisno o etaži, kvadratnog ili pravokutnog punog profila.
- Proračun stubišta proveden je u sklopu prostornog modela.

Unutarnje međukatne konstrukcije i zidovi iznad razine tla su klase betona C25/30, dok su temeljna ploča, temelji i zidovi u dodiru s tlom klase C30/37.

## 6.2. Kombinacije opterećenja

Za gore navedene dijelove konstrukcije i nanesena opterećenja provedena je dinamička i statička analiza. Dinamička analiza podrazumijeva višemodalnu spektralnu analizu sa rezultatima vlastitih oblika koji su međusobno kombinirani SRSS metodom. Temeljem statičke analize provedeno je dimenzioniranje konstruktivnih elemenata (GSN kombinacije) te kontrola graničnog stanja uporabljivosti (GSU kombinacije).

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

(\* U kombinacijama za maksimalne sile u polju pokretno opterećenje je uvećano za 20%)

*Uobičajena kombinacija:*

GSN1	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k$
GSN2	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k$
GSN3	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(1,2 \cdot Q_k + W_x + S)$
GSN4	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(Q_k + W_x + S)$
GSN5	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(1,2 \cdot Q_k + W_y + S)$

GSN6	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(Q_k + W_y + S)$
GSN7	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_x + 1,5S)$
GSN8	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_x + 1,5S)$
GSN9	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_y + 1,5S)$
GSN10	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_y + 1,5S)$
GSN11	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN12	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN13	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN14	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN15	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN16	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN17	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN18	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$

*Seizmička kombinacija:*

GSN19	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_x + 0,3 \cdot S_y$
GSN20	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_y + 0,3 \cdot S_x$

## GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI:

G <sub>SU1</sub>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k$
G <sub>SU2</sub>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0Q_k + 1,0W_x + 1,0S$
G <sub>SU3</sub>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0Q_k + 1,0W_y + 1,0S$

## 7.0. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE

### Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju

#### Calculation protocol

##### Solution of Free Vibration

Number of 2D elements	17399
Number of 1D elements	946
Number of mesh nodes	15575
Number of equations	93450
Combination of mass groups	MC 1 CM1
Number of frequencies	150
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	30.05.2020 12:49
End of calculation	30.05.2020 13:05

##### Sum of masses

[kg]	X	Y	Z
Combination of mass groups 1	10352679.10	10352679.10	10352679.10

##### Modal participation factors

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	9.9659	0.6305	1.5861	0.1251	0.0137	0.0000	0.0064	0.0169	0.0366
2	25.2322	0.2490	4.0158	0.0273	0.1051	0.0003	0.0369	0.0081	0.1895
3	32.1541	0.1954	5.1175	0.0183	0.3958	0.0007	0.0274	0.0002	0.3481
4	37.1028	0.1693	5.9051	0.0303	0.0004	0.0033	0.0001	0.0135	0.0009
5	37.9411	0.1656	6.0385	0.4915	0.0540	0.0001	0.0021	0.0272	0.0000
6	39.0515	0.1609	6.2152	0.0041	0.0815	0.0002	0.0133	0.0000	0.0302
7	44.8452	0.1401	7.1373	0.0000	0.0008	0.0140	0.0073	0.0196	0.0004
8	45.6795	0.1375	7.2701	0.0003	0.0007	0.0257	0.0151	0.0334	0.0006
9	46.5639	0.1349	7.4109	0.0001	0.0000	0.0007	0.0005	0.0007	0.0000
10	47.5024	0.1323	7.5602	0.0373	0.2118	0.0000	0.0019	0.0024	0.0944
11	48.4752	0.1296	7.7151	0.0005	0.0012	0.0047	0.0019	0.0050	0.0024
12	48.9363	0.1284	7.7885	0.0014	0.0001	0.0028	0.0003	0.0026	0.0001
13	50.9887	0.1232	8.1151	0.0024	0.0000	0.0049	0.0055	0.0036	0.0006
14	53.2889	0.1179	8.4812	0.0003	0.0000	0.0012	0.0011	0.0016	0.0000
15	53.6553	0.1171	8.5395	0.0000	0.0000	0.0073	0.0053	0.0091	0.0000
16	55.2239	0.1138	8.7892	0.0001	0.0000	0.0065	0.0035	0.0095	0.0000
17	56.9011	0.1102	9.0704	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0013	0.0000
18	57.2195	0.1098	9.1068	0.0064	0.0001	0.0001	0.0002	0.0009	0.0008
19	57.7610	0.1088	9.1929	0.0000	0.0000	0.0057	0.0010	0.0081	0.0000
20	57.9009	0.1085	9.2152	0.0001	0.0000	0.0060	0.0003	0.0012	0.0000
21	58.0943	0.1082	9.2460	0.0000	0.0001	0.0059	0.0034	0.0056	0.0004
22	59.0905	0.1063	9.4045	0.0000	0.0001	0.0172	0.0040	0.0136	0.0006
23	59.1519	0.1062	9.4143	0.0005	0.0000	0.0033	0.0001	0.0043	0.0000
24	59.3812	0.1058	9.4508	0.0000	0.0000	0.0017	0.0004	0.0021	0.0000

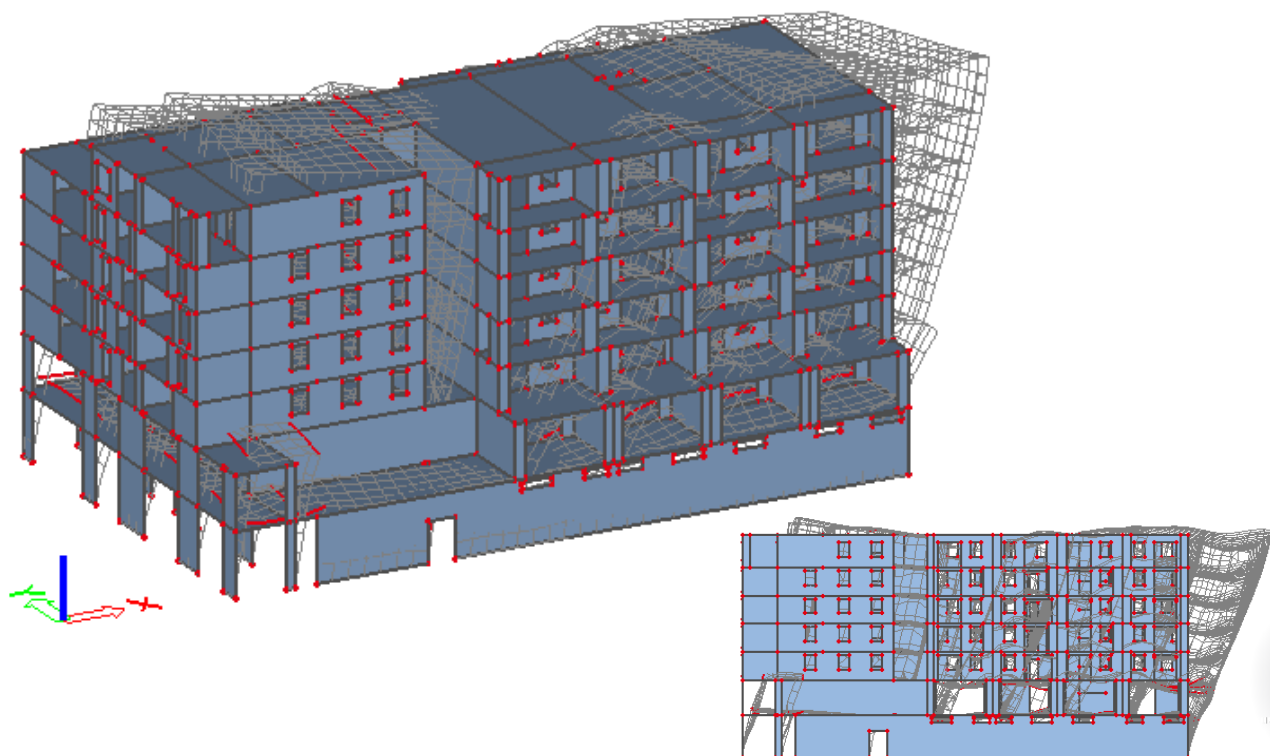
25	60.8330	0.1033	9.6819	0.0001	0.0000	0.0020	0.0017	0.0028	0.0000
26	61.1020	0.1028	9.7247	0.0001	0.0000	0.0492	0.0053	0.0656	0.0002
27	62.2316	0.1010	9.9045	0.0001	0.0000	0.0079	0.0059	0.0106	0.0000
28	62.4730	0.1006	9.9429	0.0001	0.0000	0.0035	0.0026	0.0046	0.0000
29	62.9502	0.0998	10.0188	0.0000	0.0000	0.0008	0.0001	0.0012	0.0000
30	63.6397	0.0987	10.1286	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000
31	64.5263	0.0974	10.2697	0.0000	0.0000	0.0007	0.0004	0.0001	0.0000
32	64.5973	0.0973	10.2810	0.0000	0.0001	0.0042	0.0018	0.0036	0.0004
33	65.5554	0.0958	10.4335	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000
34	65.7814	0.0955	10.4694	0.0004	0.0002	0.0289	0.0001	0.0018	0.0001
35	65.9121	0.0953	10.4902	0.0000	0.0000	0.0000	0.0094	0.0000	0.0001
36	66.2518	0.0948	10.5443	0.0003	0.0001	0.0000	0.0009	0.0002	0.0000
37	66.6862	0.0942	10.6134	0.0005	0.0001	0.0040	0.0000	0.0154	0.0001
38	66.7457	0.0941	10.6229	0.0003	0.0001	0.0064	0.0039	0.0037	0.0000
39	67.2904	0.0934	10.7096	0.0002	0.0001	0.0039	0.0000	0.0031	0.0000
40	67.8529	0.0926	10.7991	0.0008	0.0000	0.0004	0.0000	0.0015	0.0000
41	69.0100	0.0910	10.9833	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	69.2866	0.0907	11.0273	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
43	69.8201	0.0900	11.1122	0.0188	0.0050	0.0003	0.0076	0.0001	0.0248
44	70.0381	0.0897	11.1469	0.0004	0.0002	0.0012	0.0008	0.0003	0.0011
45	70.9899	0.0885	11.2984	0.0002	0.0001	0.0040	0.0011	0.0020	0.0003
46	71.2440	0.0882	11.3388	0.0001	0.0000	0.0135	0.0020	0.0027	0.0002
47	72.2697	0.0869	11.5021	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0000
48	72.4347	0.0867	11.5283	0.0001	0.0001	0.0193	0.0026	0.0045	0.0002
49	72.9118	0.0862	11.6043	0.0000	0.0000	0.0006	0.0001	0.0001	0.0000
50	73.0091	0.0861	11.6198	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0002	0.0000
51	73.5731	0.0854	11.7095	0.0000	0.0001	0.0080	0.0004	0.0091	0.0000
52	73.6603	0.0853	11.7234	0.0010	0.0000	0.0011	0.0000	0.0022	0.0000
53	74.0114	0.0849	11.7793	0.0001	0.0000	0.0901	0.0000	0.0001	0.0002
54	74.3848	0.0845	11.8387	0.0000	0.0004	0.0302	0.0049	0.0160	0.0003
55	74.5468	0.0843	11.8645	0.0001	0.0000	0.0012	0.0008	0.0015	0.0000
56	75.1005	0.0837	11.9526	0.0001	0.0004	0.0341	0.0033	0.0004	0.0000
57	75.3215	0.0834	11.9878	0.0001	0.0000	0.0025	0.0003	0.0046	0.0000
58	76.0156	0.0827	12.0983	0.0000	0.0002	0.0037	0.0028	0.0072	0.0004
59	76.1903	0.0825	12.1261	0.0001	0.0001	0.0928	0.0012	0.0006	0.0000
60	76.5917	0.0820	12.1899	0.0003	0.0000	0.0005	0.0001	0.0006	0.0000
61	76.6590	0.0820	12.2007	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0004	0.0000
62	76.7280	0.0819	12.2116	0.0001	0.0001	0.0027	0.0081	0.0051	0.0001
63	77.1198	0.0815	12.2740	0.0000	0.0001	0.0029	0.0005	0.0047	0.0001
64	77.2361	0.0814	12.2925	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
65	77.8171	0.0807	12.3850	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000
66	77.9678	0.0806	12.4090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
67	78.1443	0.0804	12.4371	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
68	78.8294	0.0797	12.5461	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0006	0.0000
69	79.4278	0.0791	12.6413	0.0000	0.0000	0.0015	0.0001	0.0010	0.0000
70	80.0054	0.0785	12.7333	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
71	81.0143	0.0776	12.8938	0.0000	0.0001	0.0050	0.0007	0.0003	0.0004
72	81.4290	0.0772	12.9598	0.0000	0.0000	0.0059	0.0011	0.0068	0.0000
73	81.5456	0.0771	12.9784	0.0001	0.0008	0.0072	0.0235	0.0000	0.0000
74	81.6311	0.0770	12.9920	0.0001	0.0000	0.0004	0.0007	0.0006	0.0000
75	82.6924	0.0760	13.1609	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0000
76	83.2450	0.0755	13.2489	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001
77	83.5124	0.0752	13.2914	0.0018	0.0001	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000
78	83.5429	0.0752	13.2963	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
79	83.6154	0.0751	13.3078	0.0008	0.0002	0.0002	0.0005	0.0007	0.0002
80	84.4378	0.0744	13.4387	0.0000	0.0006	0.0003	0.0078	0.0014	0.0010
81	84.6148	0.0743	13.4669	0.0004	0.0000	0.0010	0.0000	0.0022	0.0000
82	84.8543	0.0740	13.5050	0.0000	0.0010	0.0004	0.0164	0.0001	0.0000
83	85.5606	0.0734	13.6174	0.0002	0.0003	0.0165	0.0153	0.0003	0.0001
84	86.6042	0.0726	13.7835	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0012	0.0004
85	86.9134	0.0723	13.8327	0.0014	0.0001	0.0006	0.0010	0.0002	0.0001
86	87.0855	0.0721	13.8601	0.0003	0.0005	0.0081	0.0129	0.0000	0.0004
87	87.7589	0.0716	13.9673	0.0011	0.0003	0.0077	0.0031	0.0219	0.0013
88	88.2178	0.0712	14.0403	0.0000	0.0000	0.0010	0.0008	0.0001	0.0000
89	88.3078	0.0712	14.0546	0.0138	0.0008	0.0000	0.0001	0.0017	0.0017
90	88.5584	0.0709	14.0945	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000
91	88.8842	0.0707	14.1464	0.0003	0.0028	0.0115	0.0339	0.0024	0.0035
92	89.3081	0.0704	14.2138	0.0087	0.0094	0.0047	0.0618	0.0014	0.0370
93	89.6884	0.0701	14.2744	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002
94	89.8507	0.0699	14.3002	0.0003	0.0003	0.0000	0.0070	0.0002	0.0011
95	90.1373	0.0697	14.3458	0.0004	0.0004	0.0136	0.0114	0.0004	0.0007
96	90.6877	0.0693	14.4334	0.0003	0.0000	0.0123	0.0006	0.0001	0.0039
97	91.1095	0.0690	14.5005	0.0002	0.0005	0.0000	0.0033	0.0000	0.0020
98	91.5320	0.0686	14.5678	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
99	91.7313	0.0685	14.5995	0.0001	0.0001	0.0042	0.0030	0.0001	0.0004
100	92.2655	0.0681	14.6845	0.0000	0.0001	0.0000	0.0010	0.0000	0.0004
101	92.3448	0.0680	14.6971	0.0007	0.0071	0.0000	0.0205	0.0001	0.0166
102	92.6324	0.0678	14.7429	0.0018	0.0017	0.0016	0.0134	0.0032	0.0000
103	92.7303	0.0678	14.7585	0.0005	0.0011	0.0000	0.0099	0.0000	0.0047



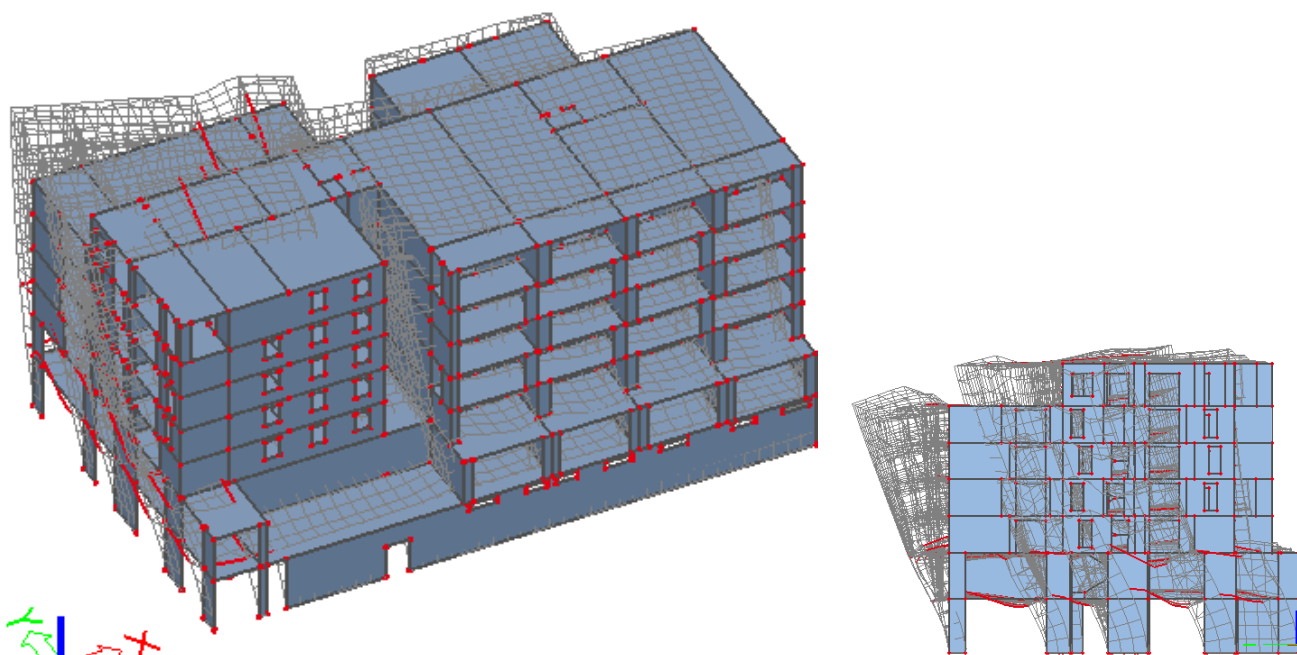
104	92.8906	0.0676	14.7840	0.0007	0.0029	0.0008	0.0015	0.0004	0.0100
105	93.1815	0.0674	14.8303	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001
106	93.4359	0.0672	14.8708	0.0002	0.0001	0.0006	0.0005	0.0003	0.0000
107	93.6225	0.0671	14.9005	0.0000	0.0001	0.0000	0.0005	0.0001	0.0001
108	94.0012	0.0668	14.9608	0.0005	0.0001	0.0000	0.0063	0.0029	0.0014
109	94.2758	0.0666	15.0045	0.0000	0.0021	0.0012	0.0087	0.0025	0.0056
110	94.4136	0.0665	15.0264	0.0007	0.0003	0.0014	0.0028	0.0003	0.0013
111	94.6929	0.0664	15.0708	0.0003	0.0000	0.0007	0.0005	0.0004	0.0004
112	94.8553	0.0662	15.0967	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
113	95.5466	0.0658	15.2067	0.0000	0.0003	0.0001	0.0007	0.0000	0.0008
114	95.5556	0.0658	15.2081	0.0002	0.0000	0.0039	0.0004	0.0002	0.0004
115	95.6465	0.0657	15.2226	0.0021	0.0000	0.0061	0.0003	0.0071	0.0029
116	95.6559	0.0657	15.2241	0.0000	0.0002	0.0000	0.0006	0.0004	0.0003
117	96.1463	0.0654	15.3022	0.0003	0.0000	0.0007	0.0011	0.0026	0.0000
118	96.1753	0.0653	15.3068	0.0004	0.0000	0.0017	0.0000	0.0026	0.0000
119	96.2426	0.0653	15.3175	0.0006	0.0000	0.0025	0.0013	0.0000	0.0003
120	96.7995	0.0649	15.4061	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
121	97.1343	0.0647	15.4594	0.0000	0.0001	0.0000	0.0007	0.0000	0.0003
122	97.5666	0.0644	15.5282	0.0000	0.0000	0.0069	0.0000	0.0047	0.0000
123	98.1472	0.0640	15.6206	0.0005	0.0001	0.0077	0.0079	0.0058	0.0011
124	98.4570	0.0638	15.6699	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
125	98.6542	0.0637	15.7013	0.0007	0.0003	0.0041	0.0013	0.0029	0.0000
126	99.0684	0.0634	15.7672	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
127	99.0773	0.0634	15.7686	0.0000	0.0000	0.0011	0.0002	0.0000	0.0000
128	99.4227	0.0632	15.8236	0.0002	0.0001	0.0016	0.0005	0.0000	0.0000
129	99.6386	0.0631	15.8580	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
130	101.0815	0.0622	16.0876	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
131	101.6310	0.0618	16.1751	0.0240	0.0052	0.0027	0.0273	0.0344	0.0000
132	101.8434	0.0617	16.2089	0.0017	0.0001	0.0084	0.0017	0.0012	0.0000
133	102.6505	0.0612	16.3373	0.0001	0.0002	0.0004	0.0021	0.0002	0.0001
134	102.7252	0.0612	16.3492	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
135	103.1707	0.0609	16.4201	0.0007	0.0000	0.0229	0.0070	0.0447	0.0007
136	103.9340	0.0605	16.5416	0.0133	0.0004	0.0007	0.0001	0.0214	0.0004
137	103.9641	0.0604	16.5464	0.0001	0.0000	0.0005	0.0014	0.0002	0.0000
138	104.4385	0.0602	16.6219	0.0126	0.0008	0.0104	0.0077	0.0033	0.0001
139	104.8149	0.0599	16.6818	0.0001	0.0000	0.0001	0.0012	0.0001	0.0000
140	104.9653	0.0599	16.7057	0.0000	0.0011	0.0011	0.0140	0.0006	0.0009
141	105.7827	0.0594	16.8358	0.0006	0.0000	0.0105	0.0006	0.0086	0.0001
142	105.8947	0.0593	16.8537	0.0001	0.0002	0.0008	0.0010	0.0008	0.0003
143	106.4958	0.0590	16.9493	0.0000	0.0001	0.0062	0.0034	0.0007	0.0001
144	106.8347	0.0588	17.0033	0.0001	0.0000	0.0103	0.0000	0.0143	0.0003
145	107.2499	0.0586	17.0694	0.0001	0.0000	0.0035	0.0004	0.0070	0.0001
146	108.0969	0.0581	17.2042	0.0000	0.0000	0.0036	0.0000	0.0062	0.0001
147	108.2436	0.0580	17.2275	0.0007	0.0008	0.0002	0.0141	0.0000	0.0001
148	109.5920	0.0573	17.4421	0.0013	0.0002	0.0021	0.0062	0.0010	0.0001
149	110.7937	0.0567	17.6334	0.0003	0.0006	0.0035	0.0181	0.0002	0.0000
150	111.1124	0.0565	17.6841	0.0005	0.0006	0.0020	0.0064	0.0029	0.0005
				0.8682	0.9195	0.5860	0.6032	0.5966	0.8405

Možemo uočiti kako nije aktivirano 90 %mase u svim smjerovima. U x smjeru je aktivirano 86,82 % mase, a u y smjeru 91,95 % mase. Stoga je potrebno sve rezne sile od potresnih kombinacija uvaćati u odnosu postotka aktivirane mase tj. za x smjer za vrijednost  $1/0.8682=1,15$ , a za y smjer za vrijednost  $1/0.91295=1.087$

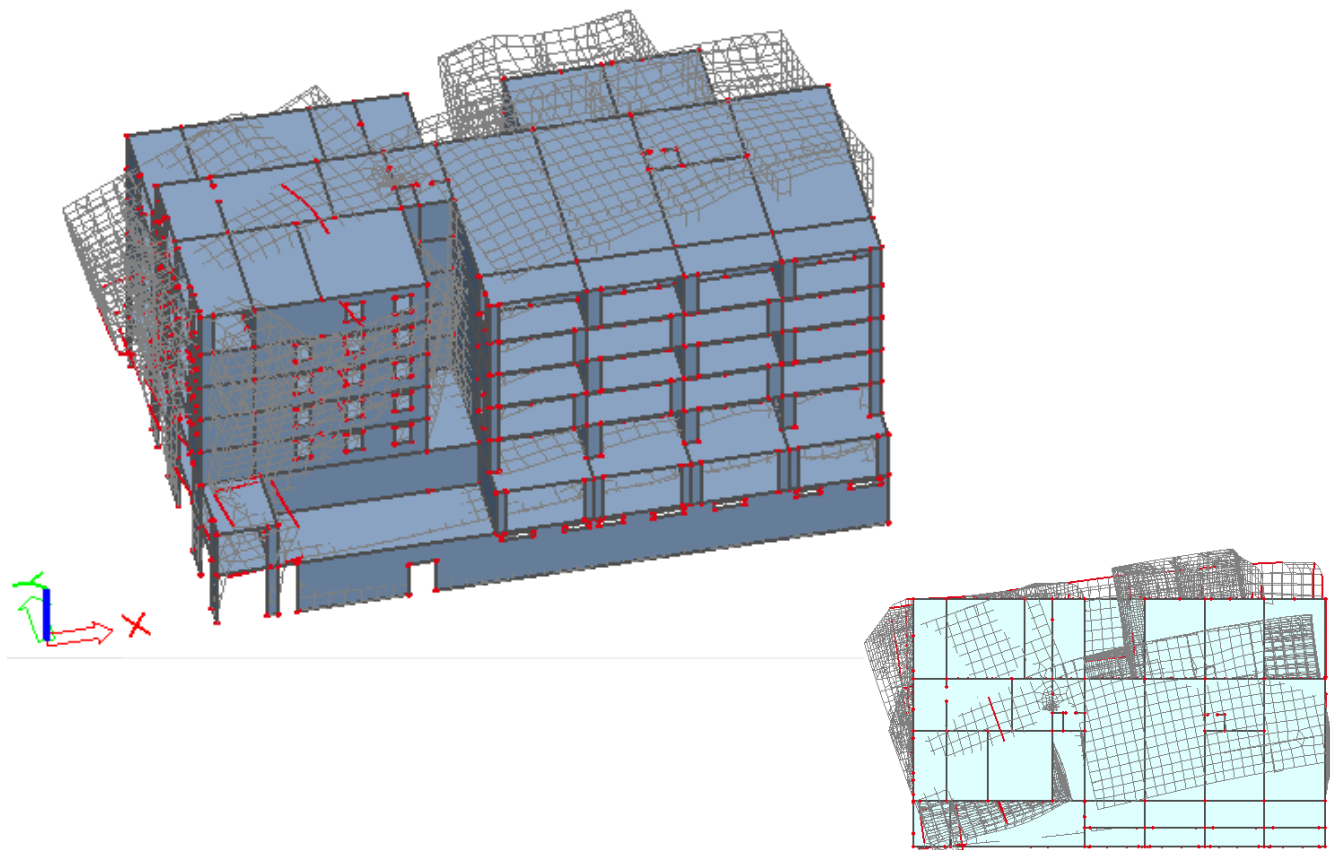
Ovdje je to napravljeno na način da je u programu uključena opcija Missing mass in modes koja automatski uvećava sve sile na gore opisani način.



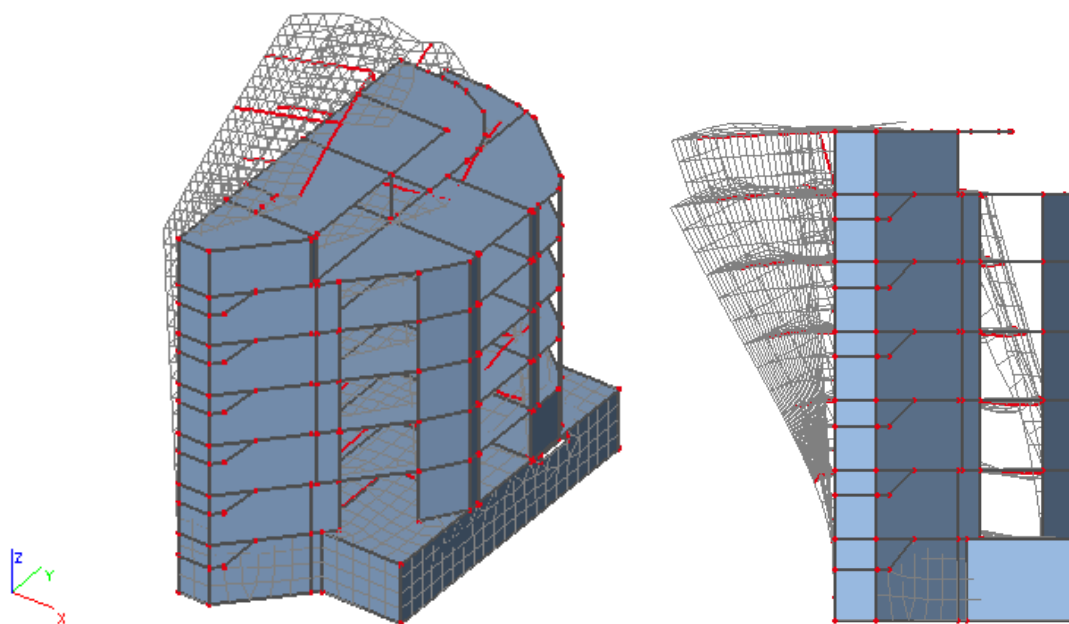
Slika 7.1. Translacija u smjeru globalne osi X, zgrada A



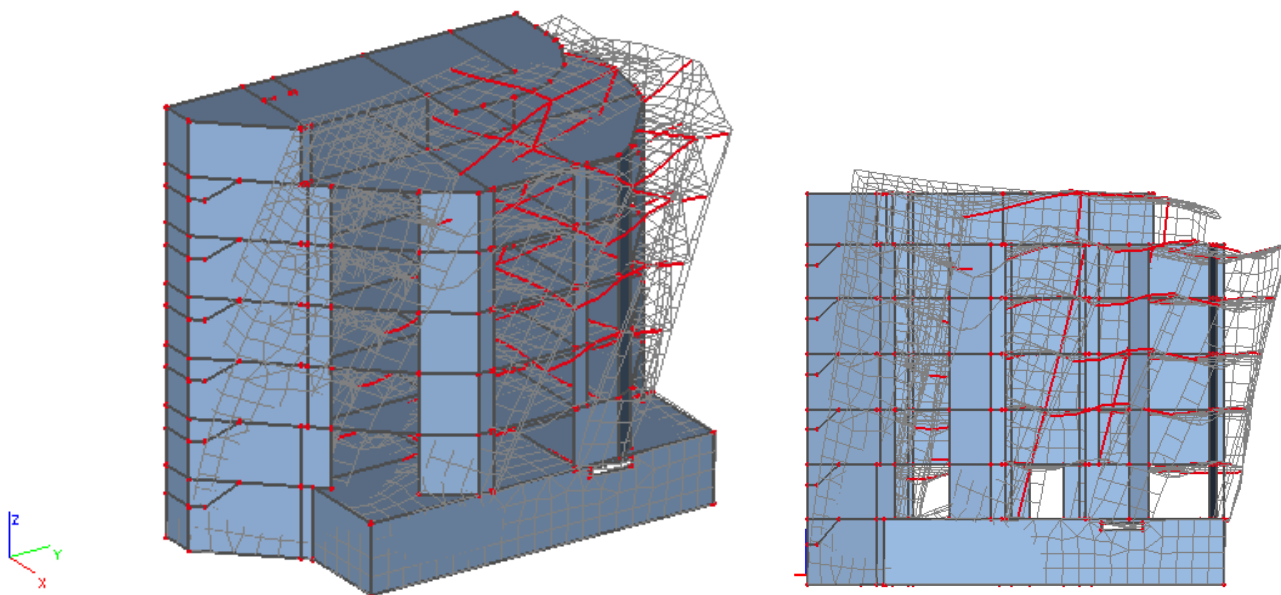
Slika 7.2. Translacija u smjeru globalne osi Y, zgrada A



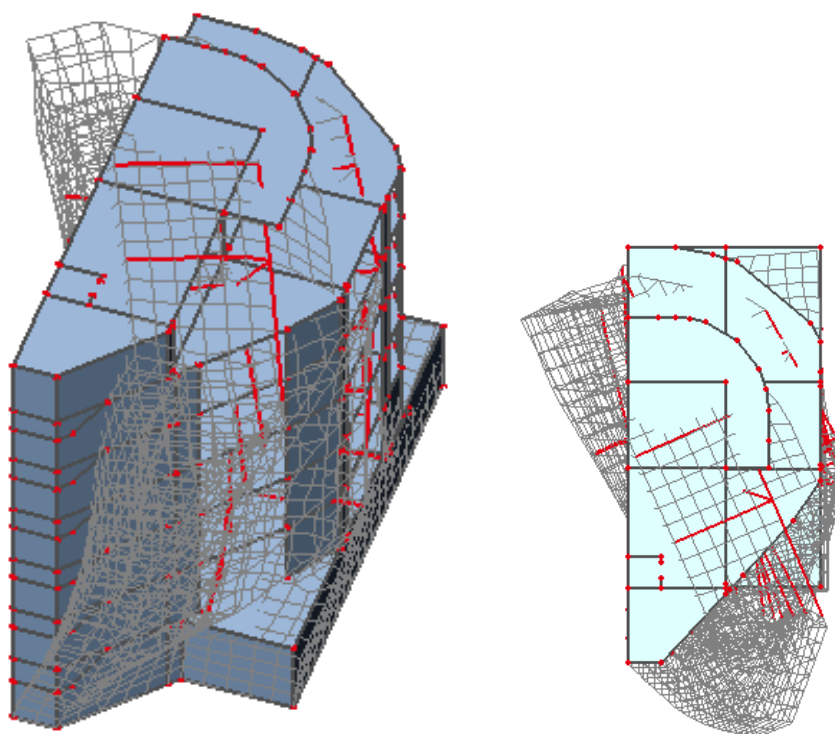
Slika 7.3. Uvrtnanje oko globalne osi Z, zgrada A



Slika 7.4. Translacija u smjeru globalne osi X, zgrada B



Slika 7.5. Translacija u smjeru globalne osi Y, zgrada B



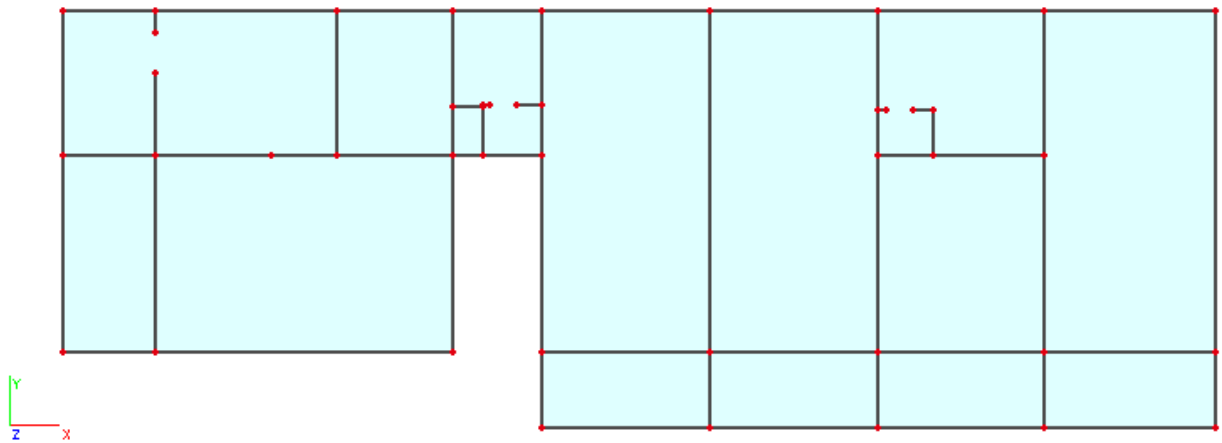
Slika 7.6. Uvrtnje oko globalne osi Z, zgrada B

## 8.0. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun AB ploča proveden je prema EC-2 (Eurokod 2 : Projektiranje betonskih konstrukcija). Za dimenzioniranje ploče upotrijebljene su mjerodavne kombinacije (zasebno za vrijednosti u polju i na ležaju) za granično stanje nosivosti dok su za kontrolu pukotina i progiba korištene kombinacije graničnog stanja uporabljivosti.

### 8.1. Proračun ploče pozicije 900, zgrada A (iznad nadgrađa) $d_{pl}=16$ cm

#### 8.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.1. Prikaz ploče pozicije 900A

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.7 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 16 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 13 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.7 = 45.68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

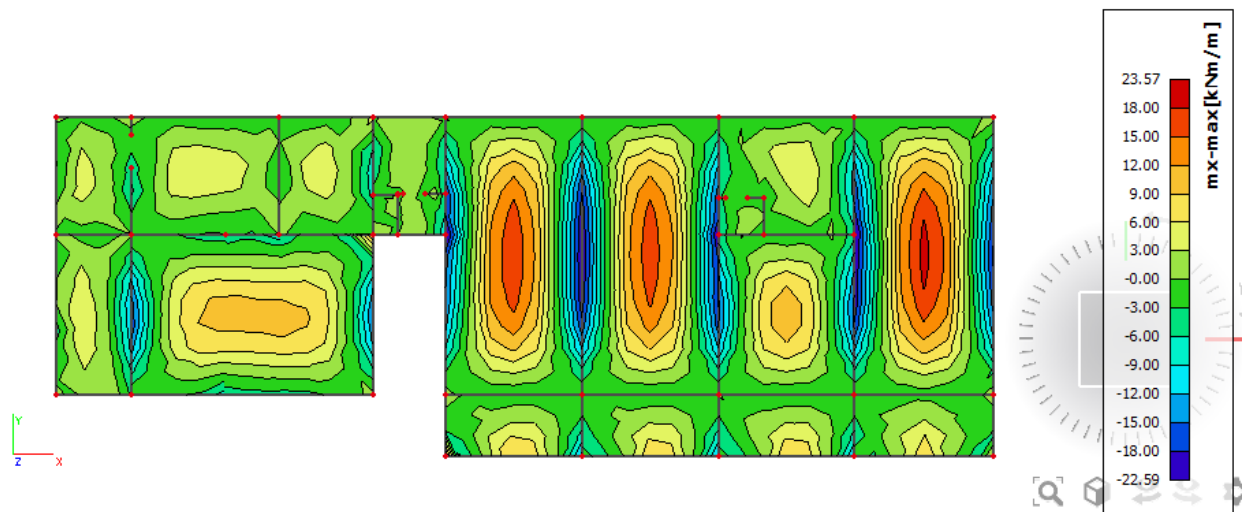
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 1.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

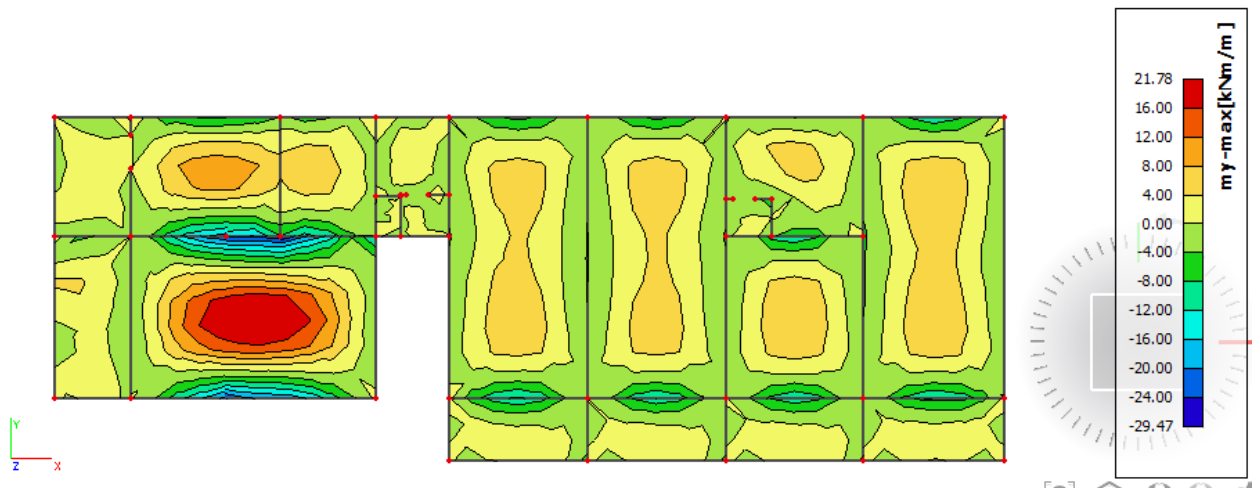
<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> $A_{s1}$	<i>Moment nosivosti</i> betona $M_{Rd,c,lim}$	<i>Moment nosivosti</i> armature $M_{Rd,s,lim}$	<i>Postotak</i> armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 283	2,83	45,68	14,27	0,18
R/Q - 335	3,35	46,68	16,89	0,21
R/Q - 385	3,85	45,68	19,41	0,24
R/Q - 424	4,24	45,68	21,38	0,26
R/Q - 503	5,03	45,68	25,36	0,31
R/Q - 524	5,24	45,68	26,41	0,33
R/Q - 636	6,36	45,68	32,06	0,40
R/Q - 785	7,85	45,68	39,58	0,49

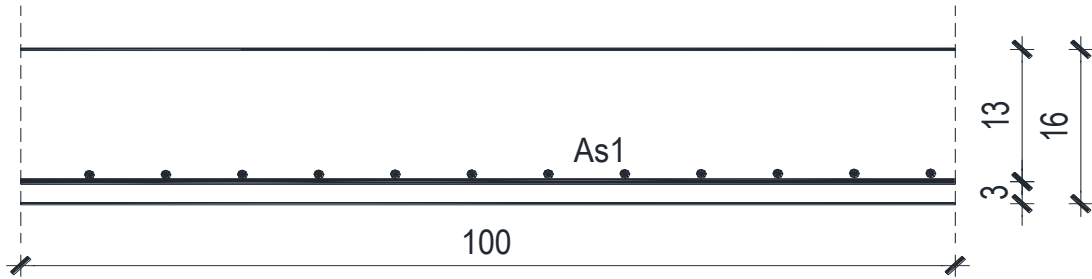
▪ **Proračun u polju**

Slika 8.2.  $M_x$



Slika 8.3.  $M_y$





$$M_{Ed} = 23,57 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2357}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0.082$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1,9\%$   $\zeta = 0.941$

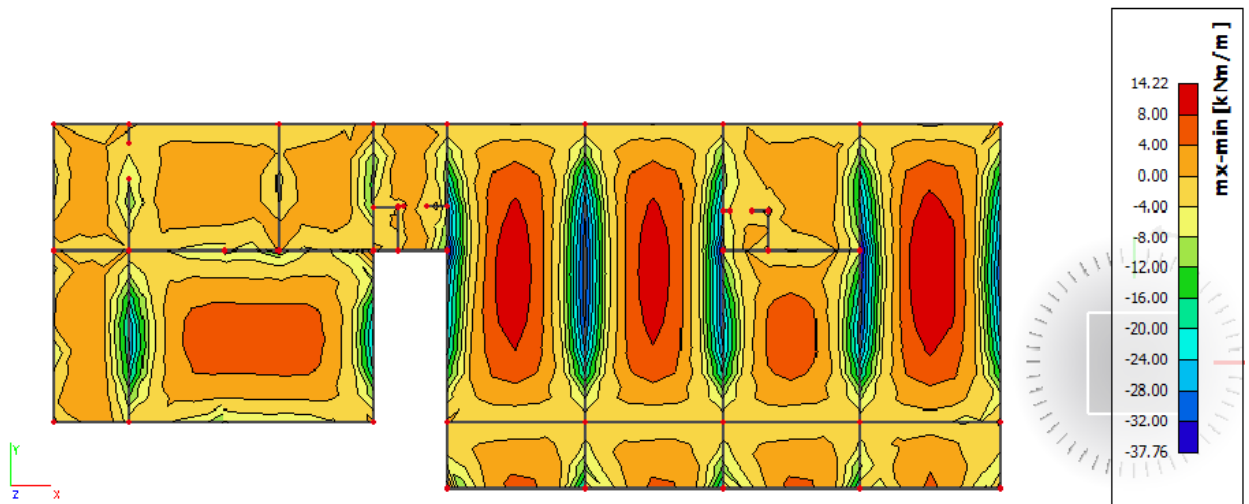
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2357}{0,941 \cdot 13 \cdot 43,48} = 4.43 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 636 ( $A_s = 6,36\text{cm}^2/\text{m}'$ )**

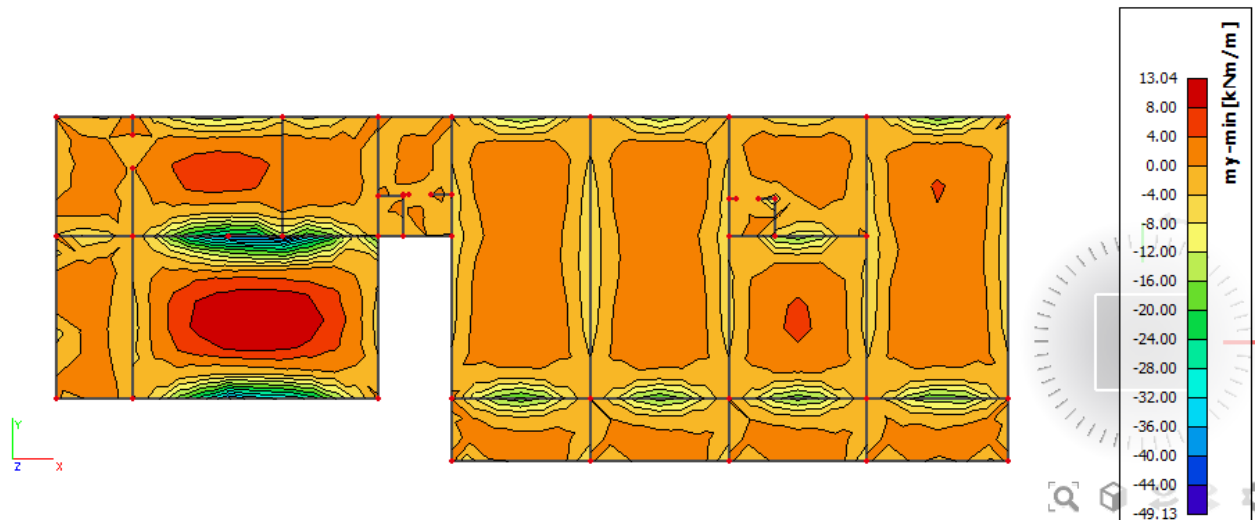
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 900 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura (zgrada A).

▪ **Proračun na ležaju**

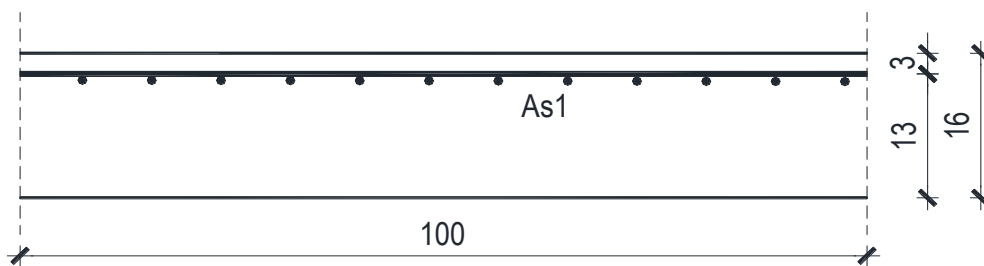
Slika 8.4.  $M_x$



Slika 8.5.  $M_y$  (kritični presjek)



Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 49,13 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4913}{100 \cdot 13^2 \cdot 1,7} = 0,171$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0\%$   $\varepsilon_{c2} = 3,5\%$   $\zeta_{lim} = 0,892$   $\mu_{sd,lim} = 0,159$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1,7 = 45,68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

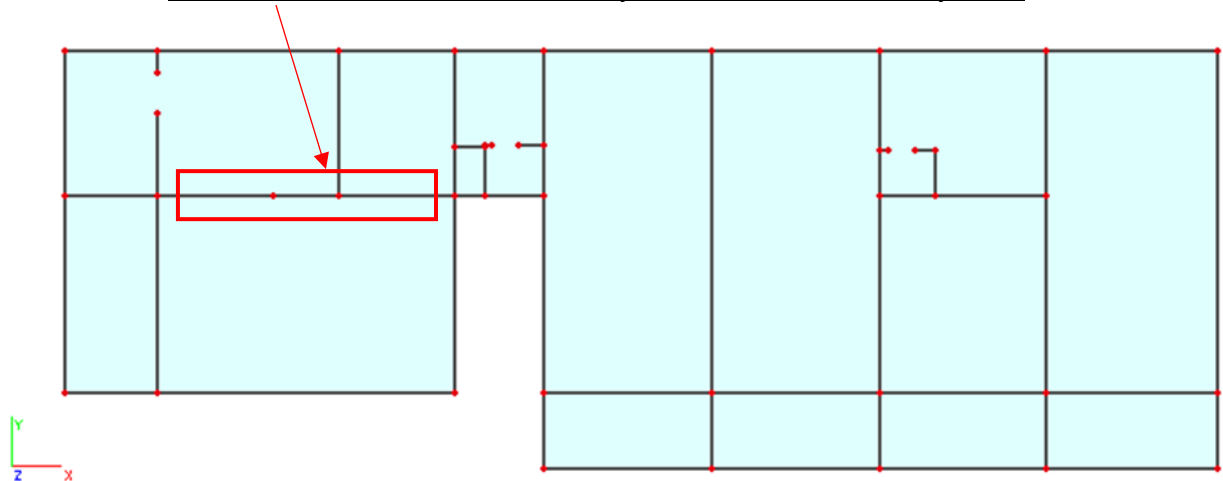
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{4568}{0,892 \cdot 13 \cdot 43,48} + \frac{(4913 - 4568)}{(13 - 3) \cdot 43,48} = 9,85 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R - 785 + 2φ14 ( $A_s = 10,93 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

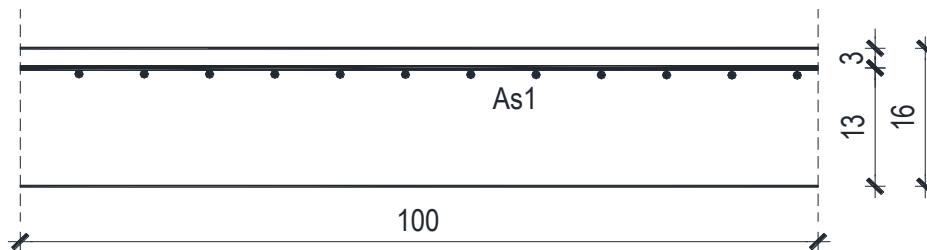
$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(4913 - 4568)}{(13 - 3) \cdot 43,48} = 0,79 \text{ cm}^2$$



ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-636 iz donje zone



Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:



$$M_{Ed} = 37,76 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3776}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0,131$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.9\% \quad \zeta = 0.910$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3776}{0,910 \cdot 13 \cdot 43,48} = 7.34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

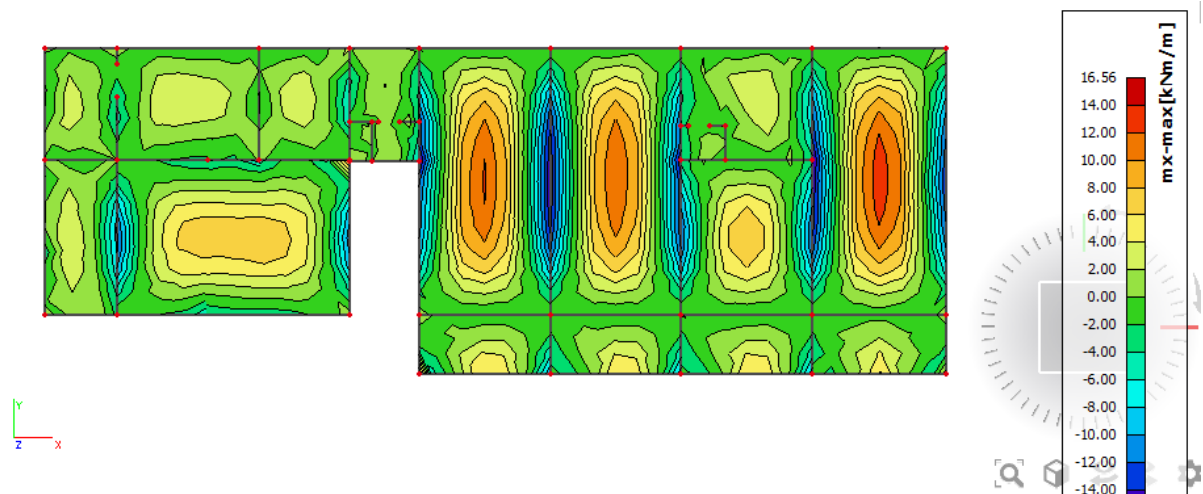
ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 8.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 16,56 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.6. M-GSU

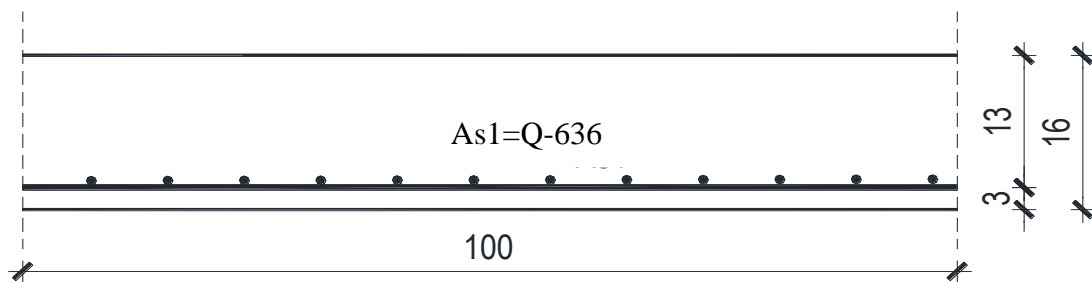
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Armatura ploče donja zona: **Q-636** ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-636 = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6.36}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.00848$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 9 \text{ mm}$  - (Q-636  $\Rightarrow \text{Ø}9/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

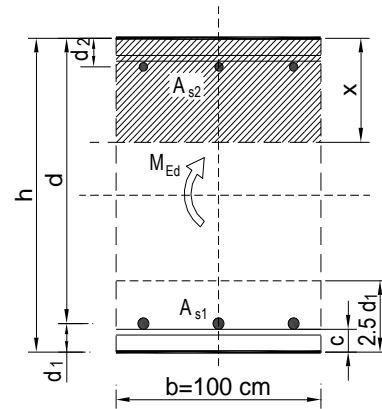
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	6,36 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	16,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	216,17 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,87 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0085		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000443 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000649		
$\varnothing =$	9,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	248,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,161 mm	<	$w_g$		

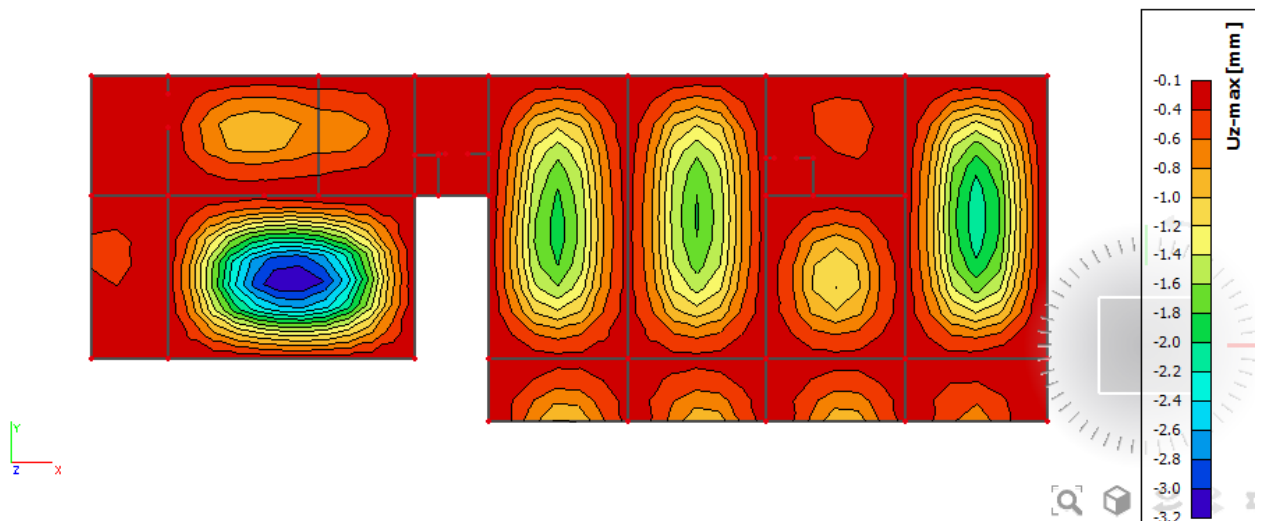


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,161 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.7. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7300}{250} = 29.2 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

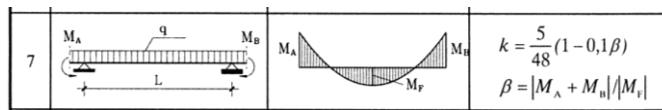
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |12.68 + 11.08| / 7.15 = 3.32$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.32) = 0.069$$



$$A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 16^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 6.36 \cdot \left( \frac{16}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 34133.33 + 1025.55 = 35158.88 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{715}{3100 \cdot 35158.88} = 0.0000066 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 2.87 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.87^3}{12} + (100 \cdot 2.87) \cdot \left( \frac{2.87}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 6.36 \cdot (13 - 2.87)^2 + 0 \right] \\
 &= 197.0 + 591.0 + 4209.55 = 4997.55 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{715}{3100 \cdot 4997.55} = 0.000046 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_s = 216.17 MPa$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 1092267$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1092267}{\left(13 - \frac{2.87}{3}\right) \cdot 6.36} = 142.6 MPa$$

$$\sigma_{sr} = 142.6 MPa$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{142.6}{216.17}\right)^2 = 0.78$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000066 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000046 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.78) \cdot 0.0000066 + 0.78 \cdot 0.000046 = 0.000037 \frac{1}{cm}$$

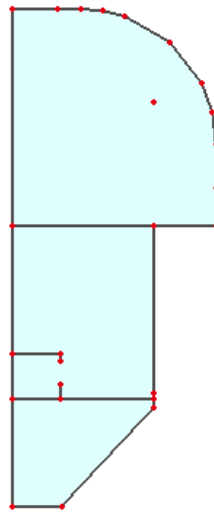
$$k = 0.069$$

$$L = 730.0 cm$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.069 \cdot 730.0^2 \cdot 0.000037 = 1.6 cm < v_{lim} = 2.92 cm$$

**8.2. Proračun ploče pozicije 900, zgrada B (iznad nadgrađa)  $d_{pl}=20$  cm**

**8.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN**



Slika 8.8. Prikaz ploče pozicije 900 B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67$  MPa = 1.7 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$b_{pl} = 100$  cm,  $h_{pl} = 20$  cm

$c_{nom} = 2$  cm (XC1 klasa)

$d_1 = 3$  cm  $d = 17$  cm

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12$  kNm

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$  cm<sup>2</sup>

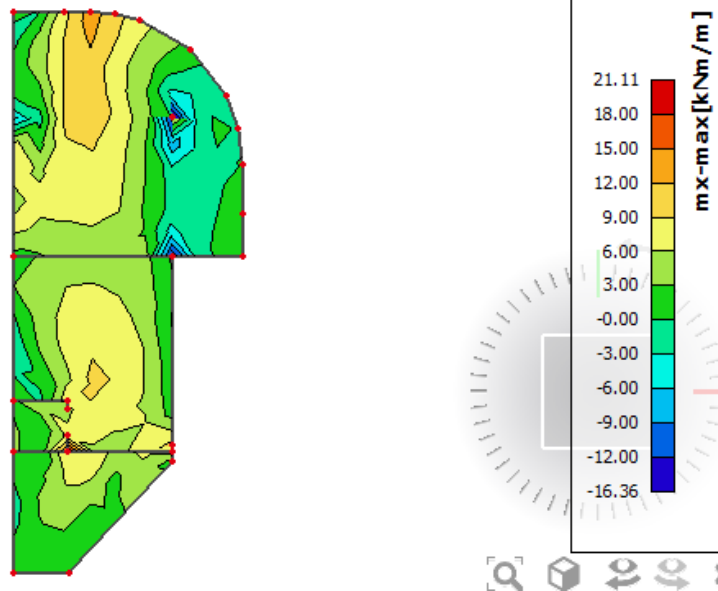
$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40.0$  cm<sup>2</sup>

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q - 335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q - 385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q - 424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q - 503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q - 524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q - 636	6,36	78,12	41,93	0,32

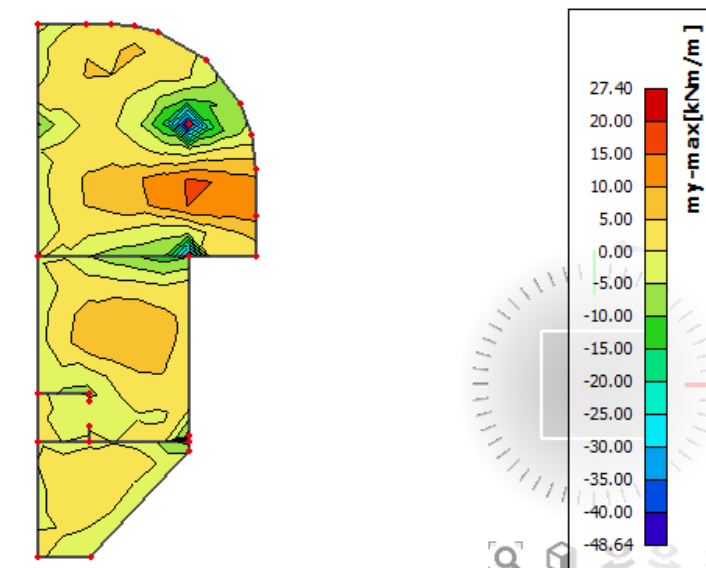
$R/Q$  | - 785      7,85      78,12      51,75      0,39

▪ **Proračun u polju**

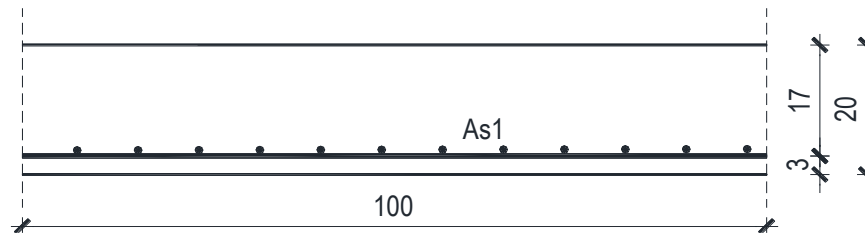
Slika 8.9.  $M_x$



Slika 8.10.  $M_y$







$$M_{Ed} = 27.40 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2740}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.055$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.5\%$   $\zeta = 0.953$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2740}{0.953 \cdot 17 \cdot 43.48} = 3.89 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

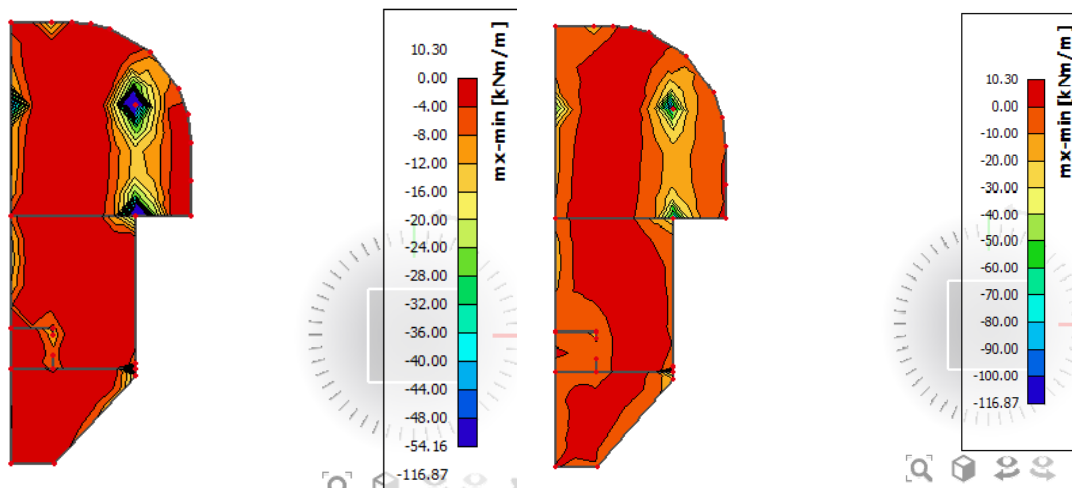
**ODABRANA ARMATURA: Q – 636 ( $A_s = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 900 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura (zgrada B).

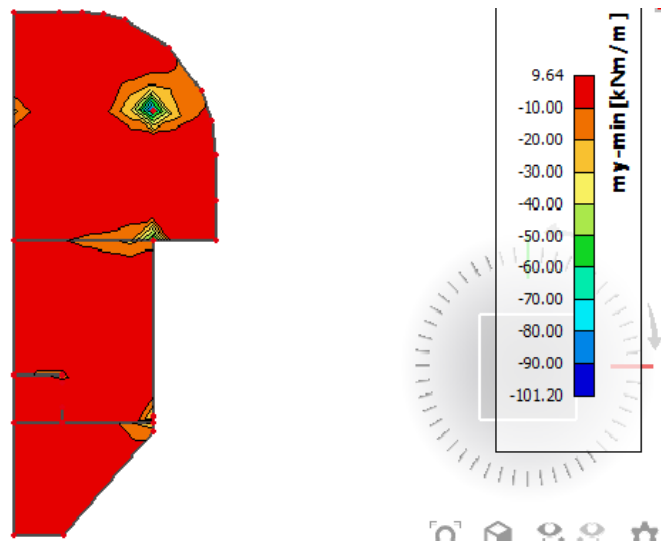
▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.11.  $M_x$

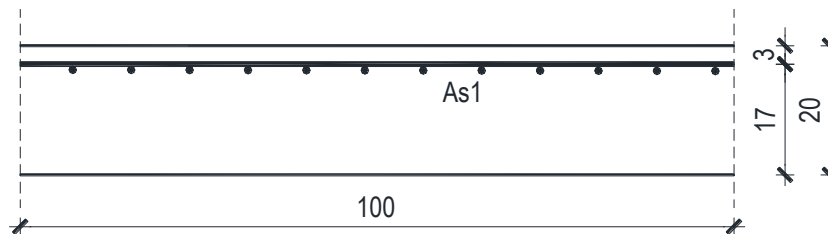
Slika 8.12.  $M_x$  (kritični presjek)



Slika 8.13..  $M_Y$



Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 116.87 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11687}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,7} = 0.237$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 3,5\%$   $\zeta_{lim} = 0.892$   $\mu_{sd,lim} = 0.159$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

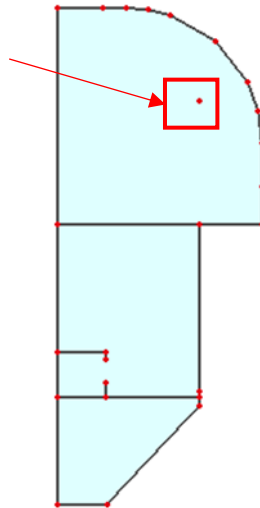
$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7812}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{(11687 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 18,21 \text{ cm}^2$$

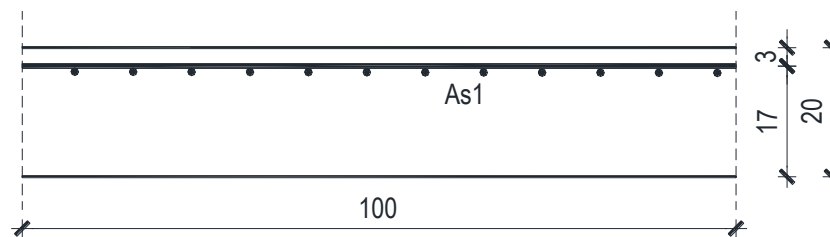
**ODABRANA ARMATURA: R - 785 + 7φ14 (A<sub>s</sub> = 18.63 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(11667 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 6.33 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-636 iz donje zone**



Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:



$$M_{Ed} = 54,16 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5416}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,110$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,4\% \quad \zeta = 0,925$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5416}{0,925 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7,92 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

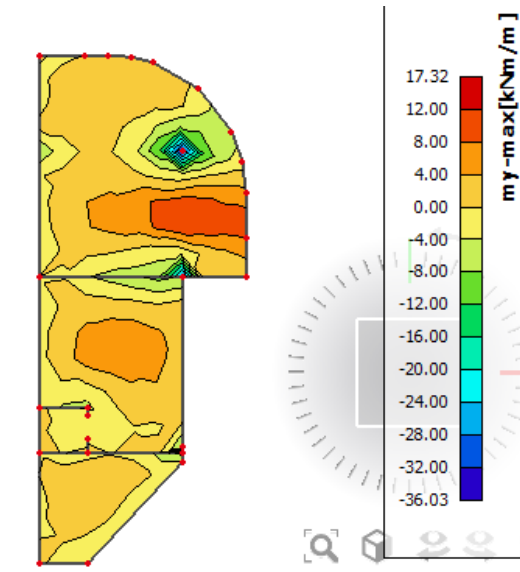
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**

### 8.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 17,32 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.14. M-GSU

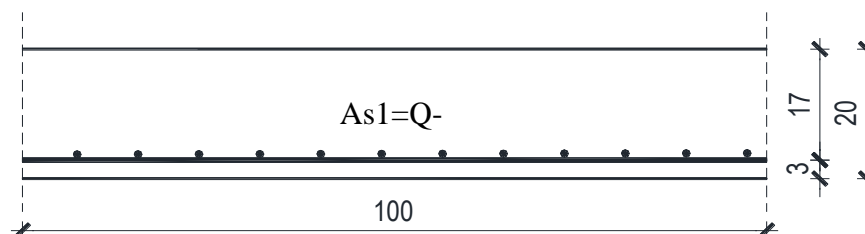
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-636** ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-636 = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6.36}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.00848$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 9 \text{ mm}$  - (Q-636  $\Rightarrow \text{Ø}9/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

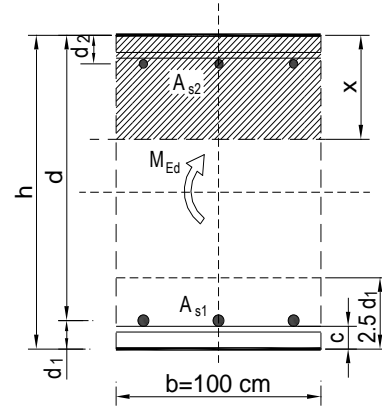
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	6,36 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	17,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	171,38 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,33 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0085		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000219 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000514		
$\varnothing =$	9,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	248,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,128 mm	<	$w_g$		

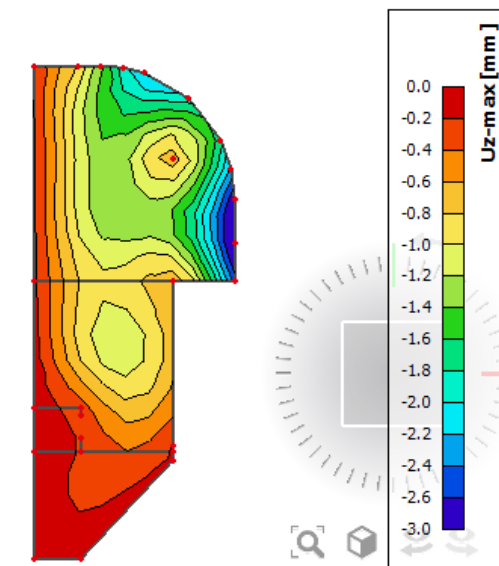


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,128 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.15. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5300}{250} = 21.2 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

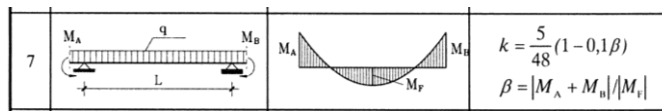
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |36.03 + 32.7| / 17.32 = 2.06$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.06) = 0.082$$



$$A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 6.36 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 2010.08 = 68676.75 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1732}{3100 \cdot 68676.75} = 0.0000081 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{ef} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 3.33^3}{12} + (100 \cdot 3.33) \cdot \left(\frac{3.33}{2}\right)^2 + 6.45 \cdot [6.36 \cdot (17-3.33)^2 + 0] \\
 &= 307.72 + 923.15 + 7665.74 = 8896.61 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1732}{3100 \cdot 8896.61} = 0.000063 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 171.38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.33}{3}\right) \cdot 6.36} = 168.87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 168.87 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{168.87}{171.38}\right)^2 = 0.51$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000081 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000063 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.51) \cdot 0.0000081 + 0.51 \cdot 0.000063 = 0.000036 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.082$$

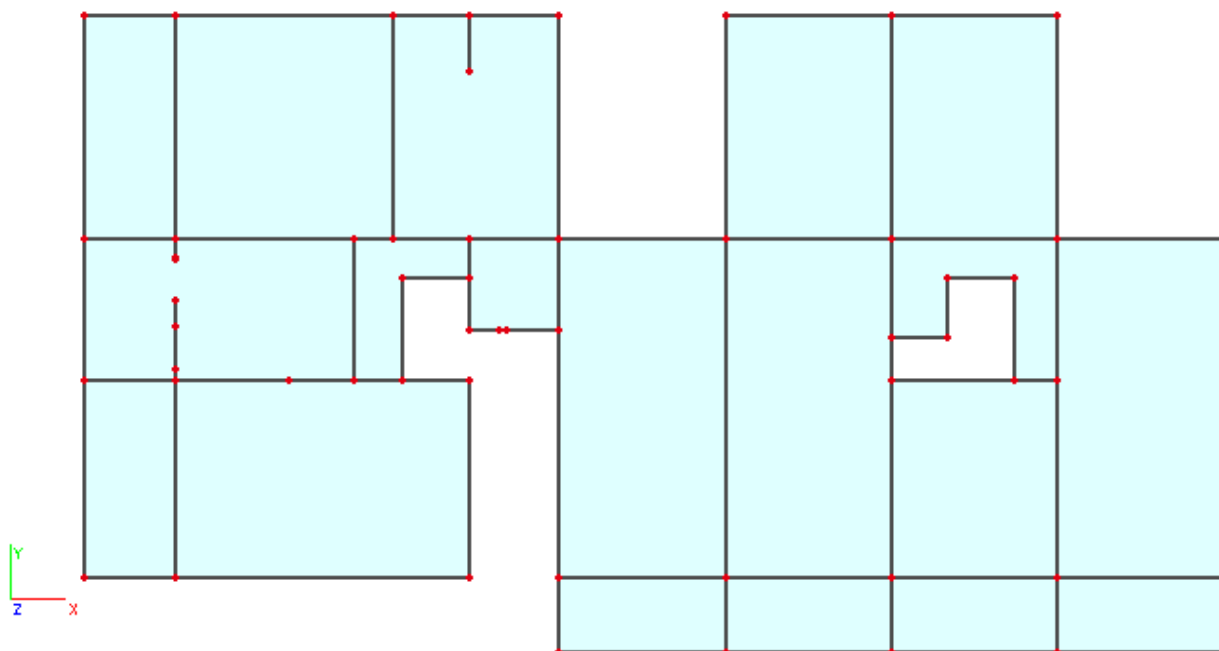
$$L = 530.0 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.082 \cdot 530.0^2 \cdot 0.000036 = 0.82 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$



### 8.3. Proračun ploče pozicije 800A (ploča iznad 4.kata) $d_{pl}=16\text{ cm}$

#### 8.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.16. Prikaz ploče pozicije 800A

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0\text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67\text{ MPa} = 1.7\text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0\text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8\text{ MPa} = 43.48\text{ kN/cm}^2$

$$b_{pl} = 100\text{ cm}, \quad h_{pl} = 16\text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2\text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3\text{ cm} \quad d = 13\text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.7 = 45.68\text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 1,6\text{ cm}^2$$

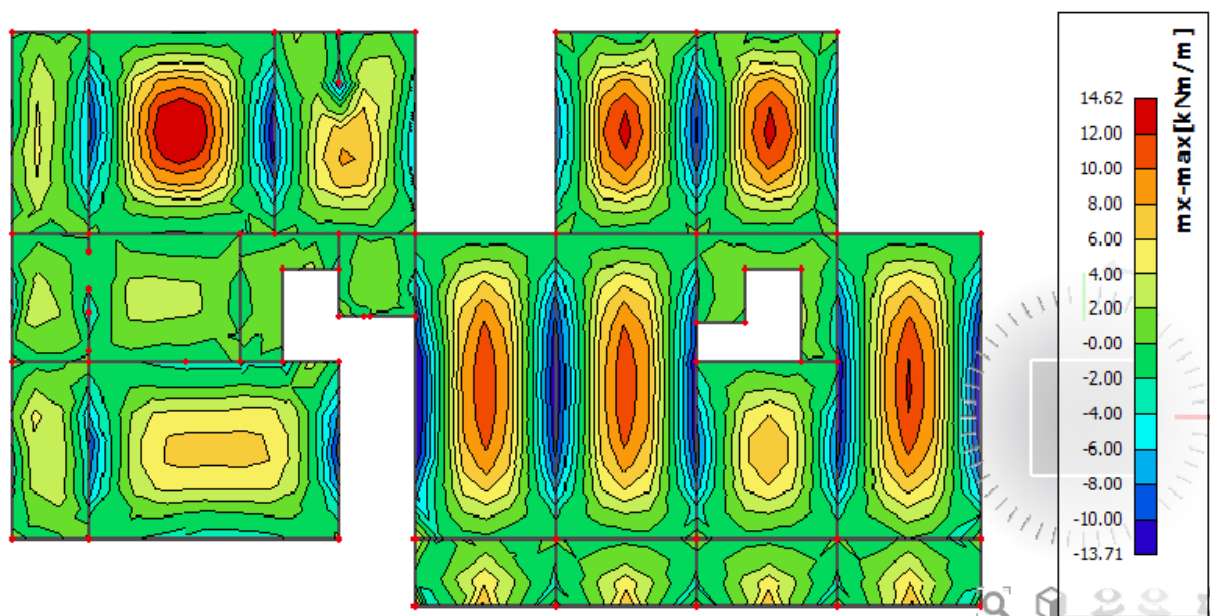
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32\text{ cm}^2$$

Mreža		Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q	- 283	2,83	45,68	14,27	0,18
R/Q	- 335	3,35	46,68	16,89	0,21

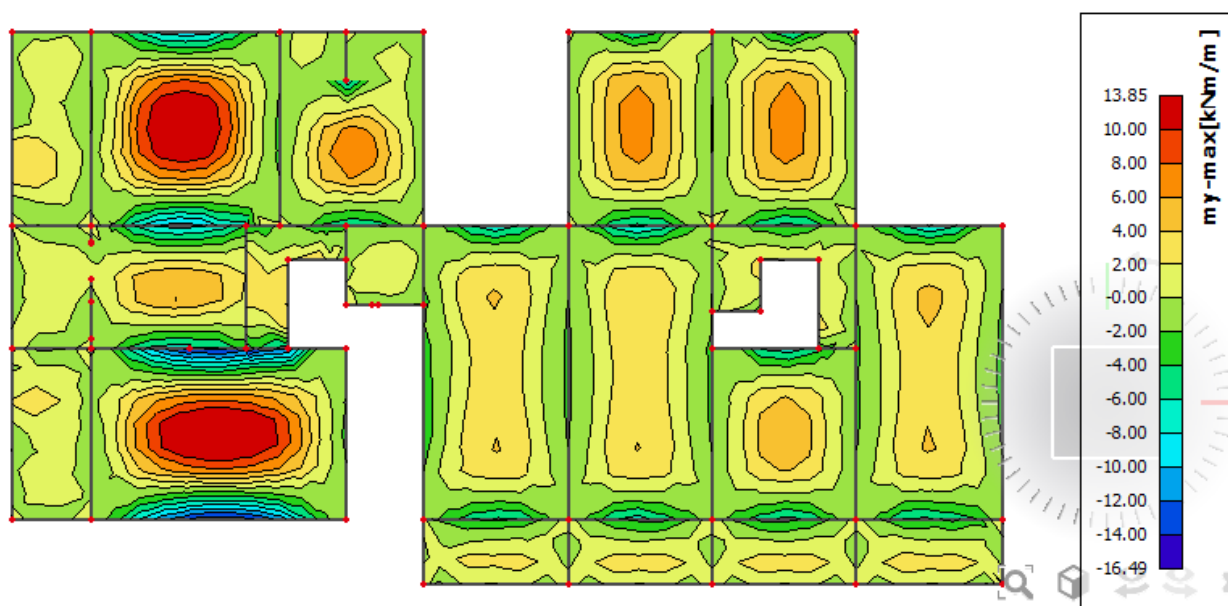
$R/Q$	-	385	3,85	45,68	19,41	0,24
$R/Q$	-	424	4,24	45,68	21,38	0,26
$R/Q$	-	503	5,03	45,68	25,36	0,31
$R/Q$	-	524	5,24	45,68	26,41	0,33
$R/Q$	-	636	6,36	45,68	32,06	0,40
$R/Q$	-	785	7,85	45,68	39,58	0,49

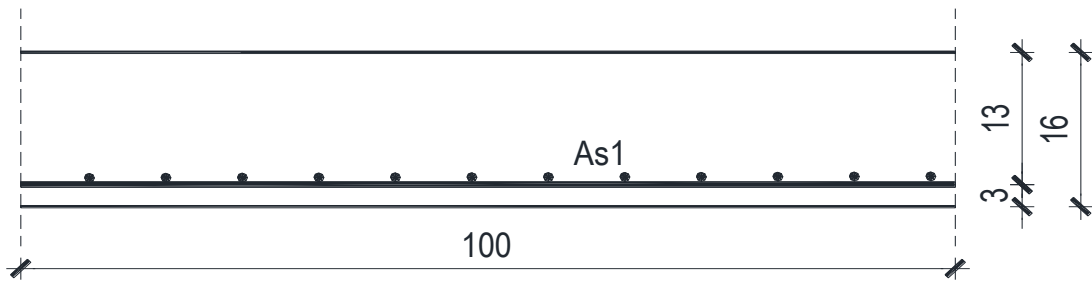
▪ **Proračun u polju**

Slika.8.17.  $M_x$



Slika. 8.18.  $M_y$





$$M_{Ed} = 14,62 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1462}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0,051$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$   $\zeta = 0,956$

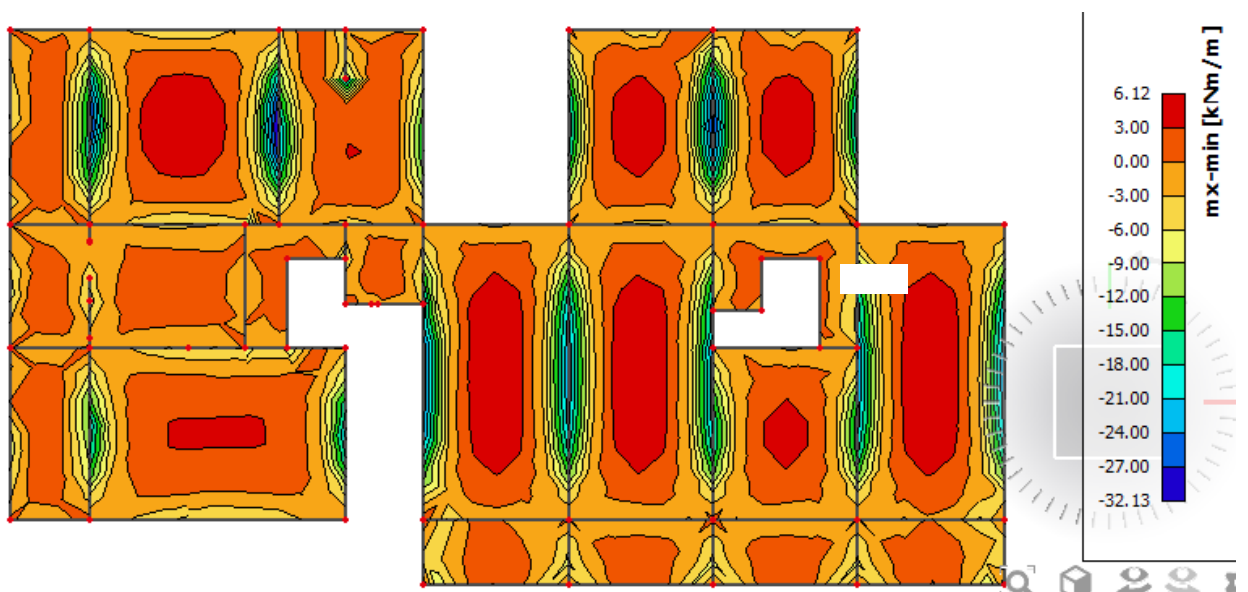
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1462}{0,956 \cdot 13 \cdot 43,48} = 2,71 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

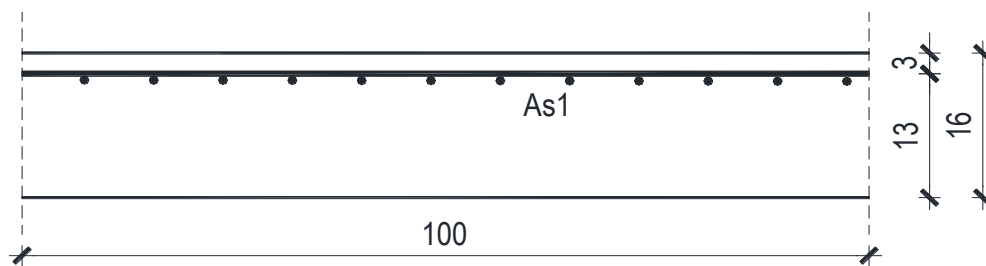
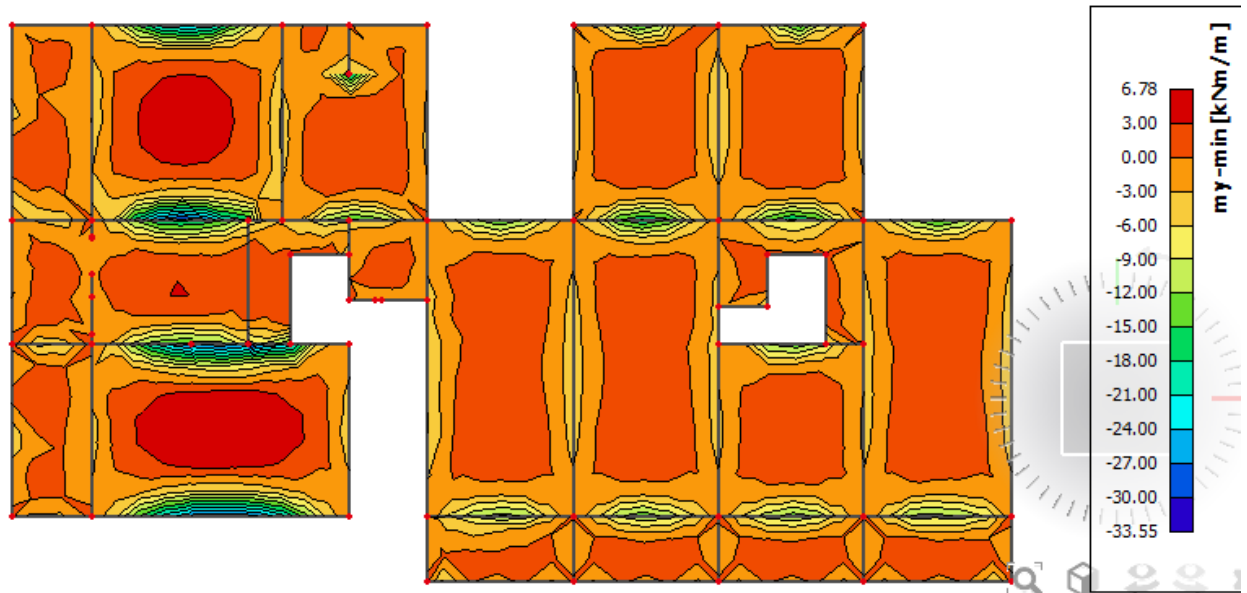
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 800 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.19.  $M_x$



Slika 8.20.  $M_y$



$$M_{Ed} = 33,55 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3355}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0,117$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,6\text{‰} \quad \zeta = 0,919$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3355}{0,919 \cdot 13 \cdot 43,48} = 6,46 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

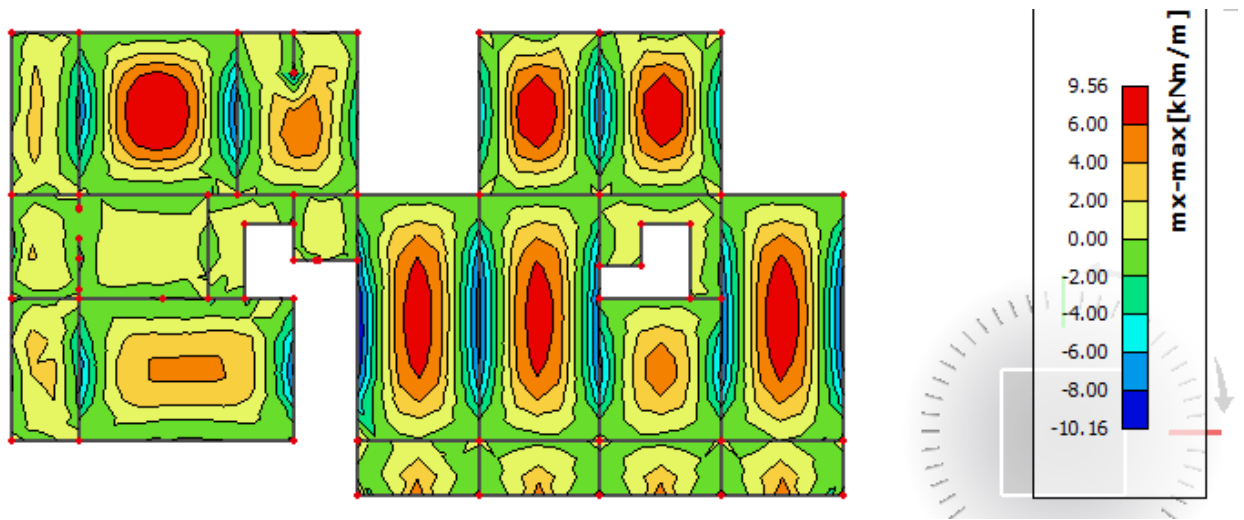
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### 8.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 9,56 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.21.. M-GSU

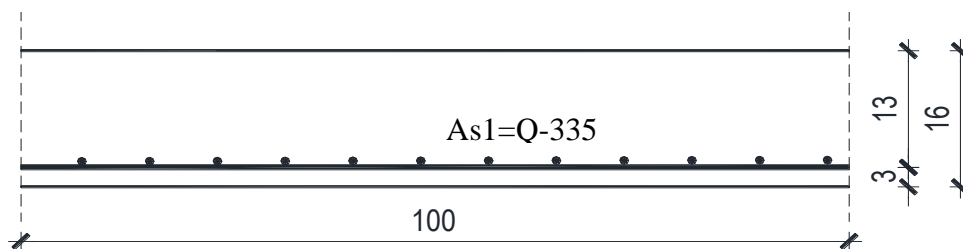
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-335** ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-335 = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.004467$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 8 \text{ mm}$  - (Q-283  $\Rightarrow \text{Ø}8/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

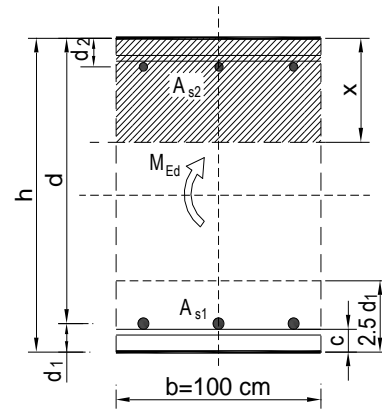
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,35 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	9,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	232,34 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,15 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0045		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	-0,000019 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000697		
$\varnothing =$	8,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	372,48 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,260 mm	<	$w_g$		

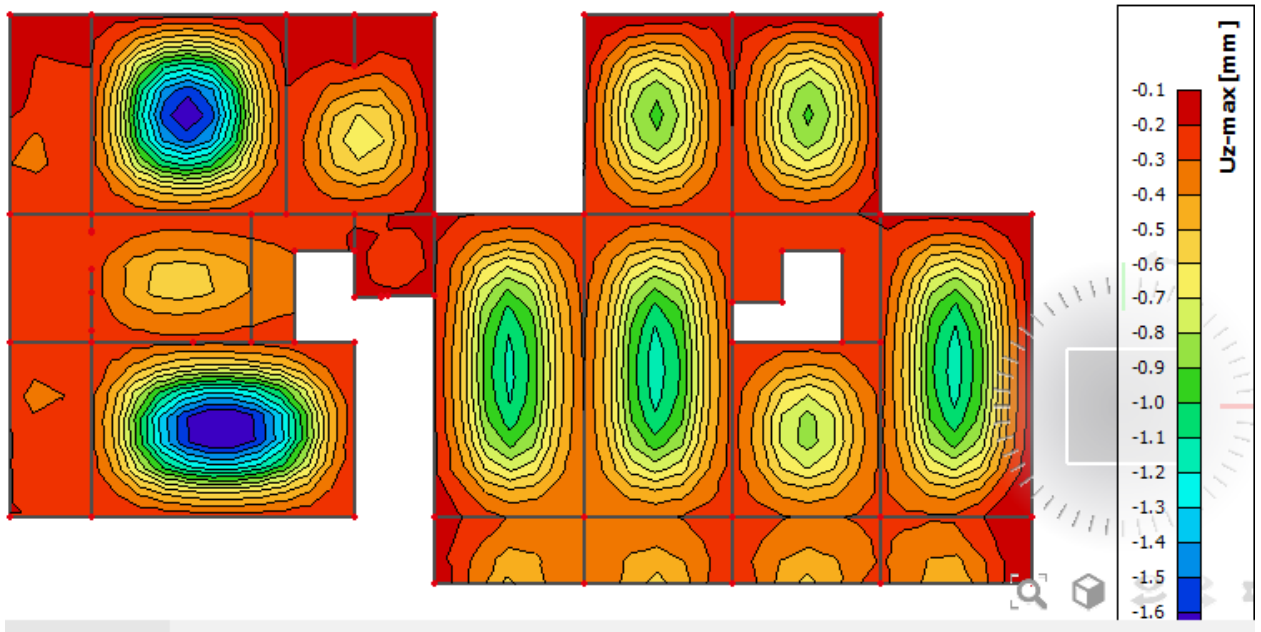


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,26 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.22. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8100}{250} = 32.4 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

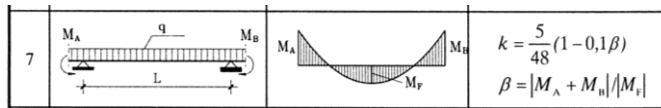
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |8.51 + 8.97| / 9.56 = 1.83$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.83) = 0.085$$



$$A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$= \frac{100 \cdot 16^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 3.35 \cdot \left( \frac{16}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] =$$

$$= 34133.33 + 540.19 = 34673.52 \text{ cm}^4$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{956}{3100 \cdot 34673.52} = 0.00000889 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 2.15 \text{ cm}$$

$$I_{II} = \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$= \frac{100 \cdot 2.15^3}{12} + (100 \cdot 2.15) \cdot \left( \frac{2.15}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot [3.35 \cdot (13 - 2.15)^2 + 0]$$

$$= 82.82 + 248.46 + 2543.69 = 2874.97 \text{ cm}^4$$



$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{956}{3100 \cdot 2874,97} = 0.000107 \frac{1}{cm}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 232.34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 1092267$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1092267}{\left(13 - \frac{2.15}{3}\right) \cdot 3.35} = 265.44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 265.44 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{265.44}{232.34}\right)^2 = 0.35$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000889 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000107 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.35) \cdot 0.00000889 + 0.35 \cdot 0.000107 = 0.000043 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.085$$

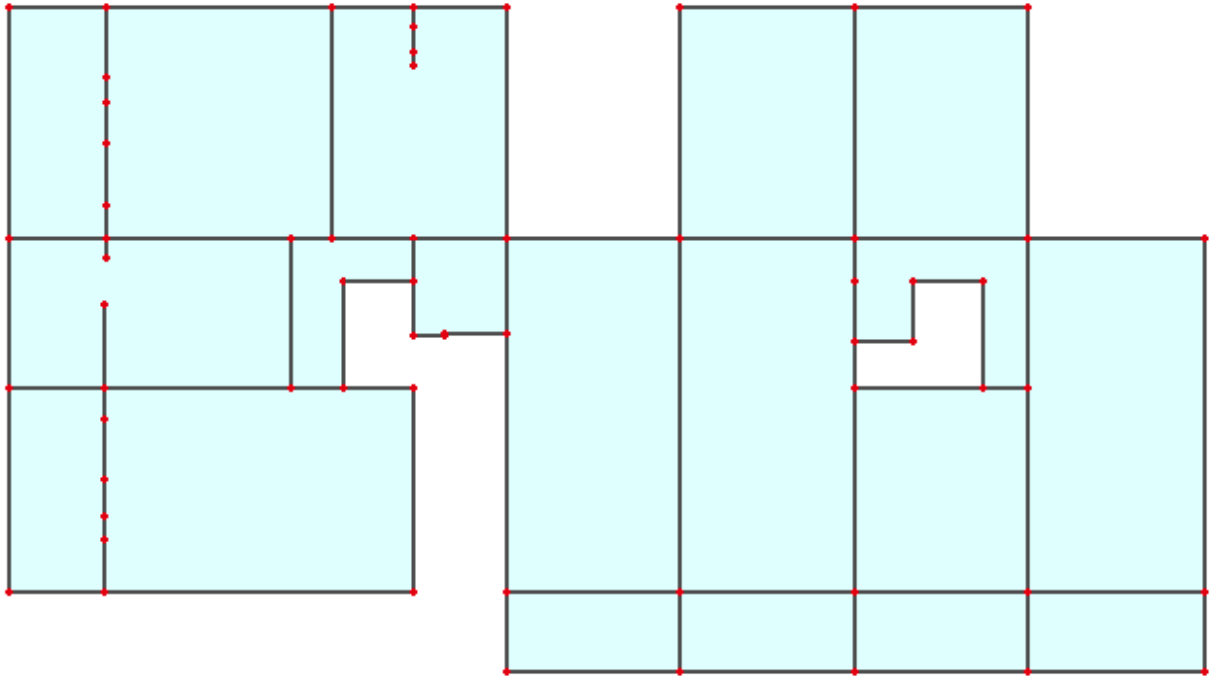
$$L = 810 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.085 \cdot 810^2 \cdot 0.000043 = 2,39 \text{ cm} < v_{lim} = 3,24 \text{ cm}$$

#### 8.4. Proračun ploča pozicije 500-700A $d_{pl}=16$ cm

**Napomena:** pozicije 500-700A su identične. Upravo iz tog razloga u nastavku su prikazani rezultati za ploču pozicije 700A, a dobiveni rezultati vrijede i za druge dvije pozicije (500A i 600A).

##### 8.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.23. Prikaz ploče pozicije 700A

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.7 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 16 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 13 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.7 = 45.68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

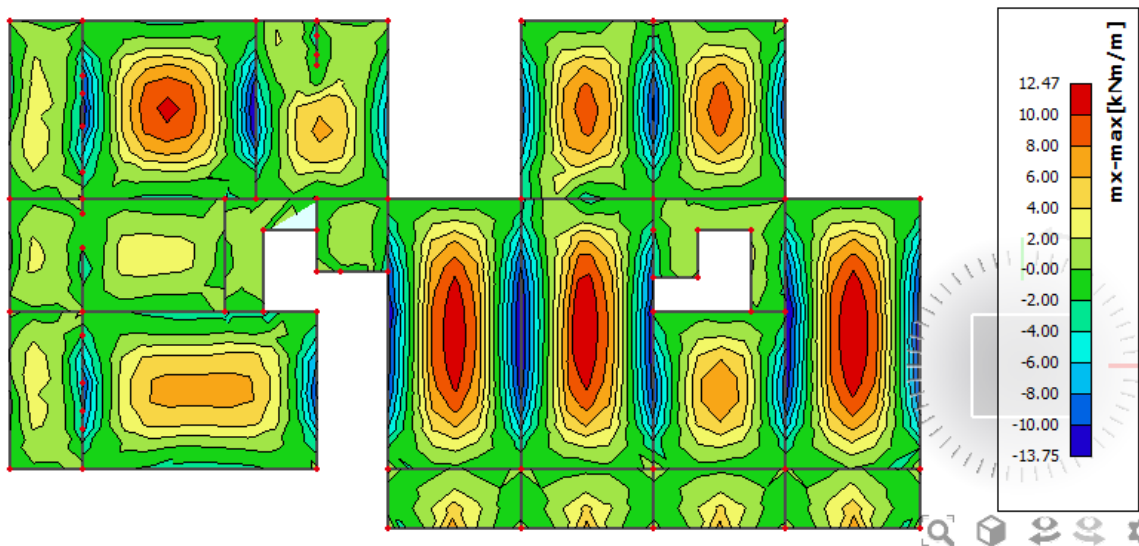
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 1.6$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

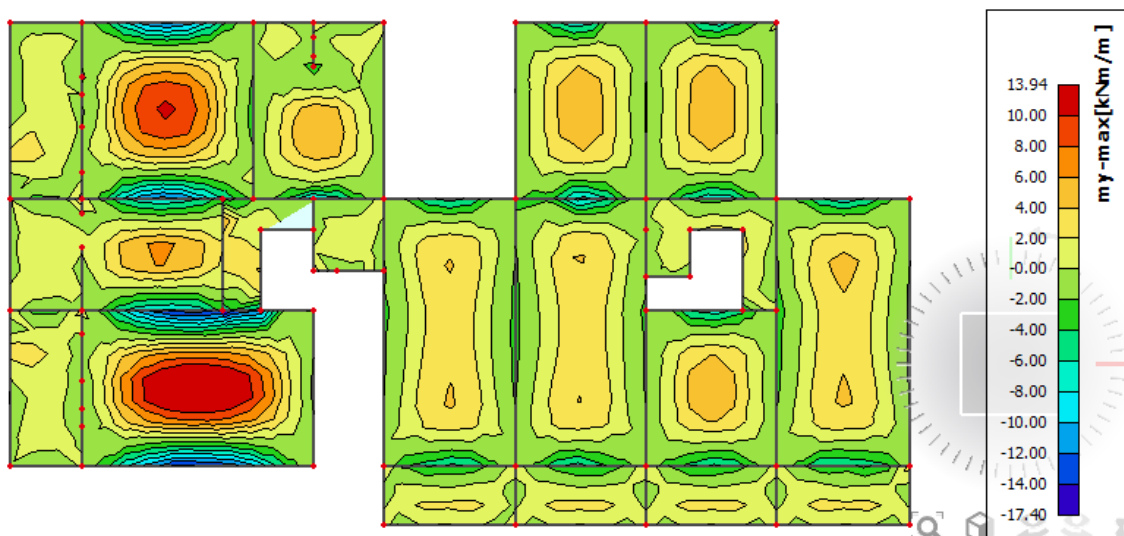
<i>Mreža</i>		<i>Površina</i> $A_{s1}$	<i>Moment nosivosti</i> betona $M_{Rd,c,lim}$	<i>Moment nosivosti</i> armature $M_{Rd,s,lim}$	<i>Postotak</i> armature	
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
<i>R/Q</i>	-	283	2,83	45,68	14,27	0,18
<i>R/Q</i>	-	335	3,35	46,68	16,89	0,21
<i>R/Q</i>	-	385	3,85	45,68	19,41	0,24
<i>R/Q</i>	-	424	4,24	45,68	21,38	0,26
<i>R/Q</i>	-	503	5,03	45,68	25,36	0,31
<i>R/Q</i>	-	524	5,24	45,68	26,41	0,33
<i>R/Q</i>	-	636	6,36	45,68	32,06	0,40
<i>R/Q</i>	-	785	7,85	45,68	39,58	0,49

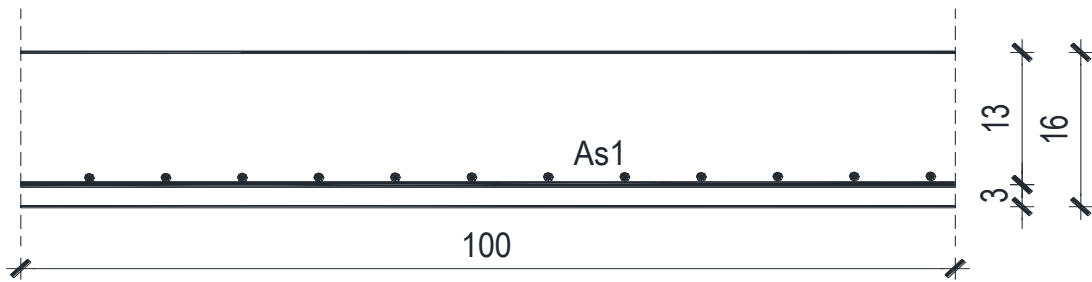
▪ **Proračun u polju**

Slika 8.24.  $M_x$



Slika 8.25.  $M_y$





$$M_{Ed} = 13.94 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1394}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0,049$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$   $\zeta = 0.956$

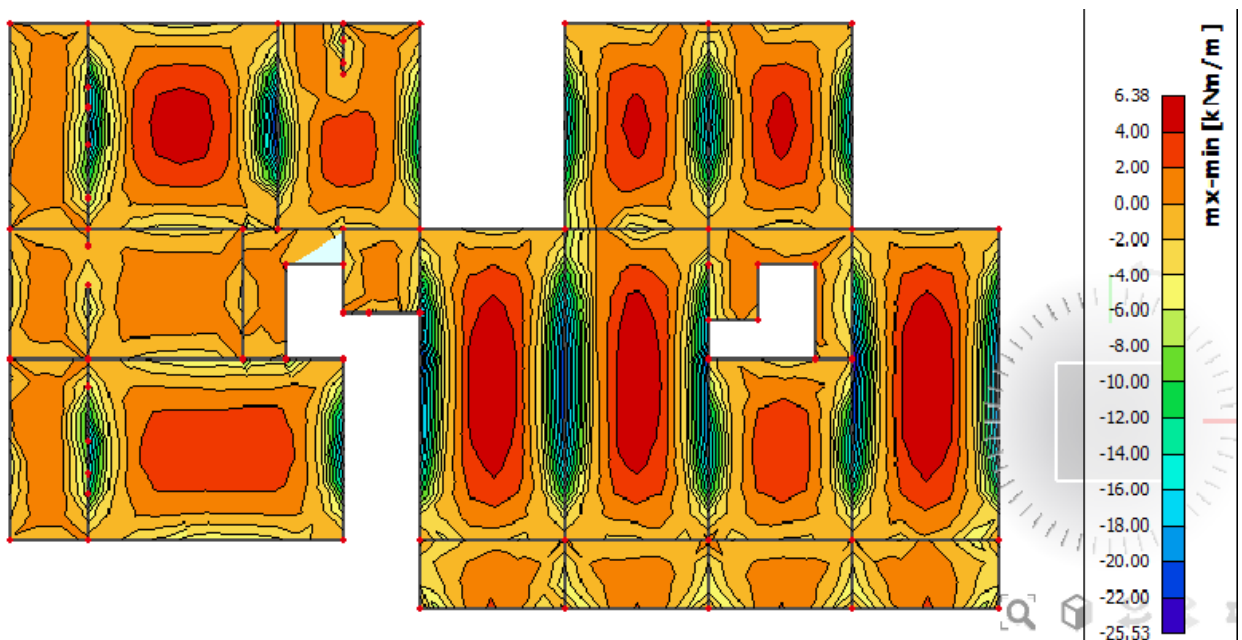
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1394}{0,956 \cdot 13 \cdot 43,48} = 2,58 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

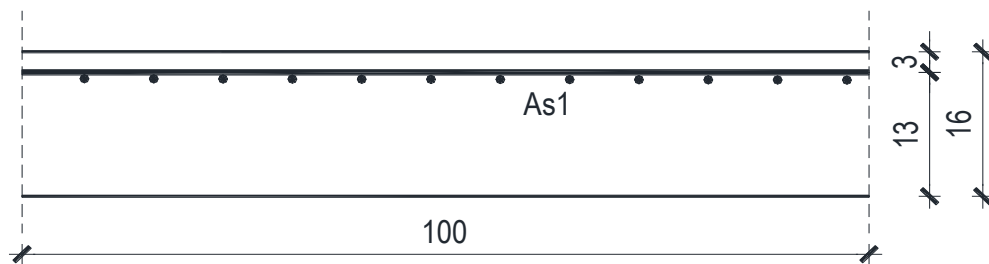
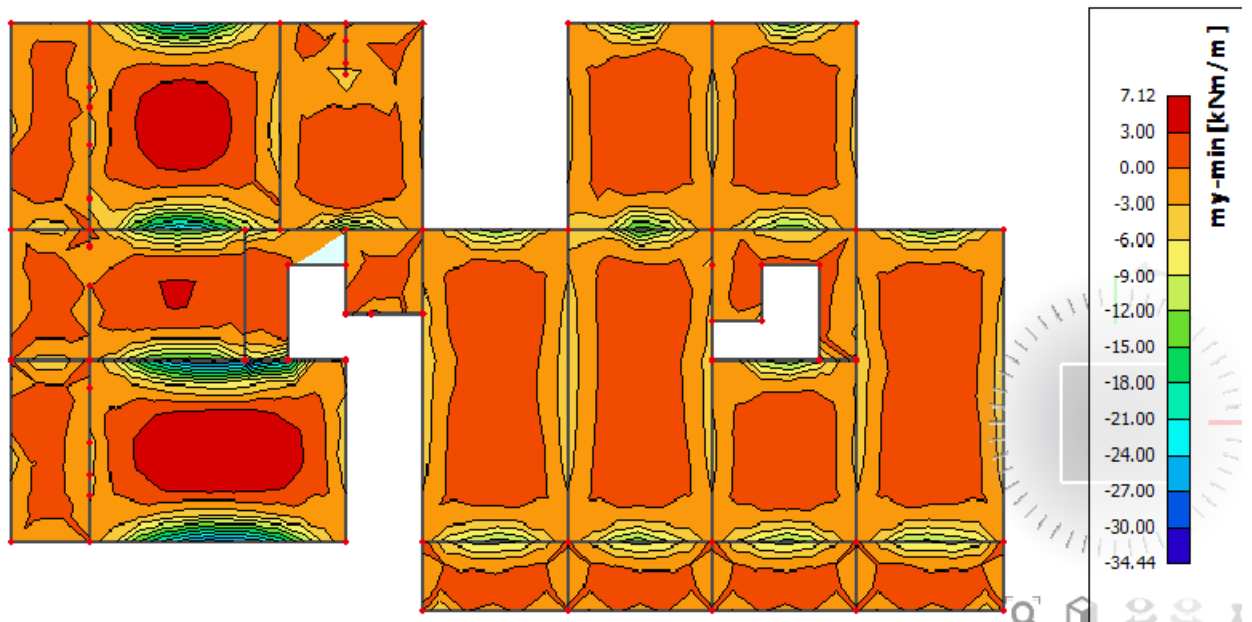
**ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 800 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.26.  $M_x$



Slika 8.27.  $M_y$ 

$$M_{Ed} = 34.44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3444}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0,120$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,6\% \quad \zeta = 0.919$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3444}{0,919 \cdot 13 \cdot 43,48} = 6.63 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

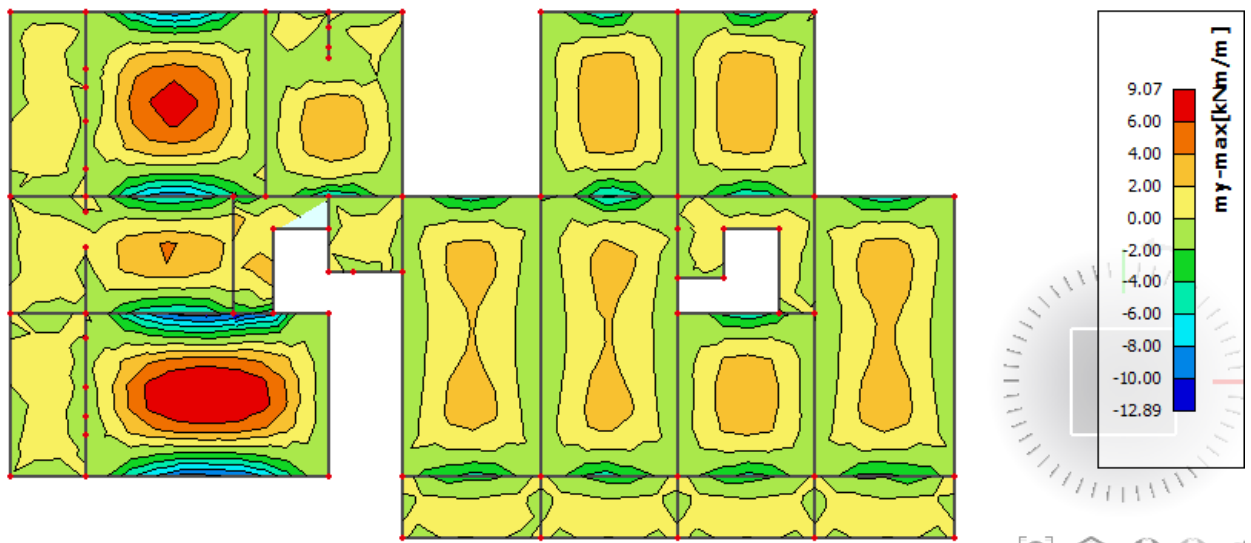
ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

#### 8.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

##### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 9,07 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.28. M-GSU

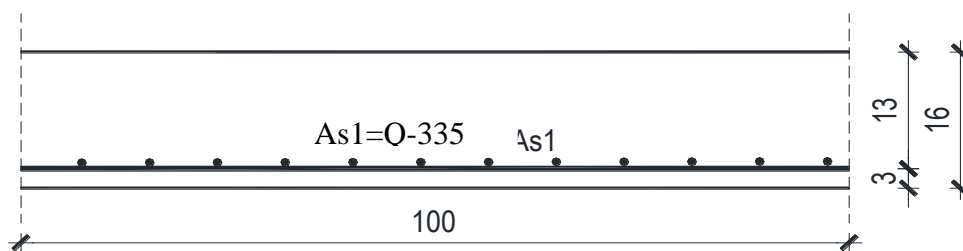
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-335** ( $A_{s1}=3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-335 = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.004467$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 8 \text{ mm}$  - (Q-335  $\Rightarrow \text{Ø}8/150$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

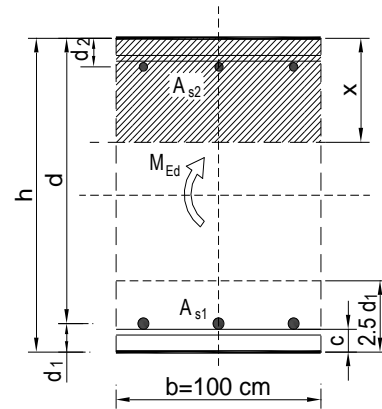
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,35 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	9,1 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	220,43 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,15 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0045		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	-0,000079 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000661		
$\varnothing =$	8,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	372,48 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,246 mm				

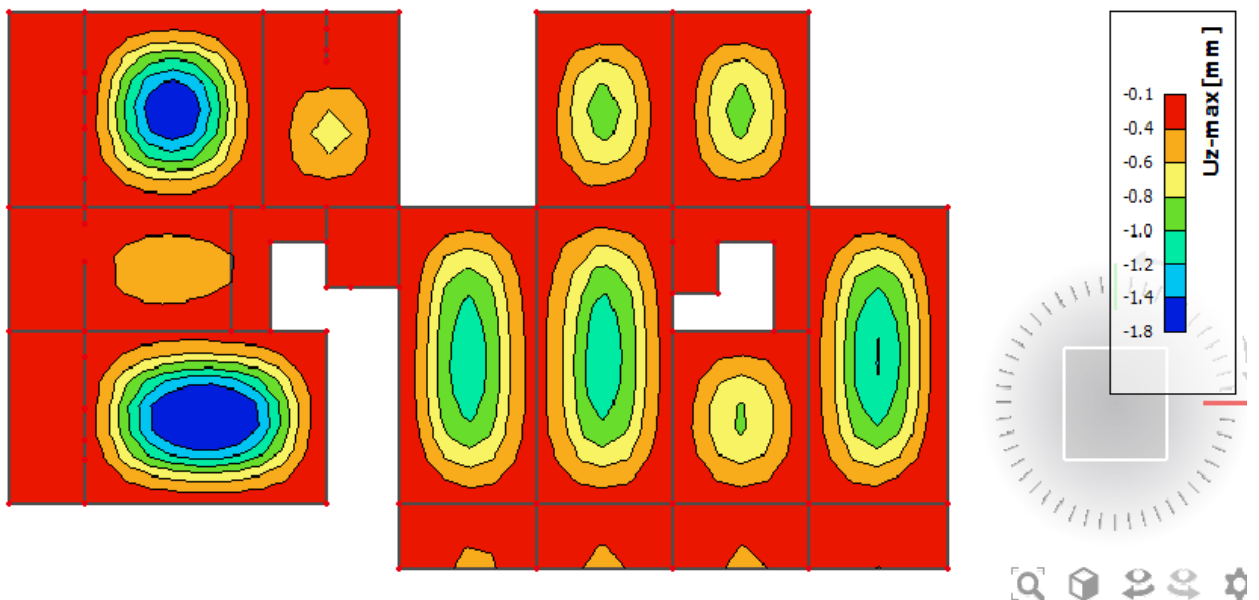


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,246 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.29. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7300}{250} = 29.2 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck} = 25.0 \text{ MPa}$



$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

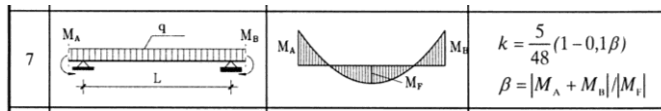
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |10.43 + 12.89| / 9.07 = 2.57$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.57) = 0.077$$



$$A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 16^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 3.35 \cdot \left( \frac{16}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 34133.33 + 540.19 = 34673.52 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{907}{3100 \cdot 34673.52} = 0.00000844 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 2.15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.15^3}{12} + (100 \cdot 2.15) \cdot \left( \frac{2.15}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 3.35 \cdot (13 - 2.15)^2 + 0 \right] \\ &= 82.82 + 248.46 + 2543.69 = 2874.97 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{907}{3100 \cdot 2874,97} = 0,000102 \frac{1}{cm}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 220,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2,56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 1092267$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1092267}{\left(13 - \frac{2,15}{3}\right) \cdot 3,35} = 265,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 265,44 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1,0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0,5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1,0 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{265,44}{220,43}\right)^2 = 0,27$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000844 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,000102 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0,27) \cdot 0,00000844 + 0,27 \cdot 0,000102 = 0,0000337 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0,077$$

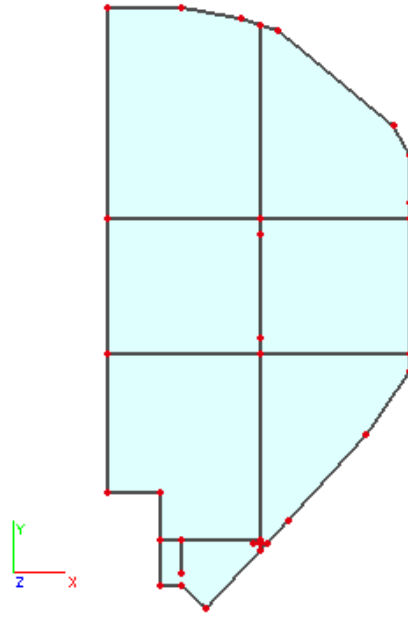
$$L = 730 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,077 \cdot 730^2 \cdot 0,0000337 = 1,38 \text{ cm} < v_{lim} = 2,92 \text{ cm}$$

### 8.5. Proračun ploča pozicije 500B-800B $d_{pl}=20 \text{ cm}$

**Napomena:** rezultati proračuna ploča pozicija 500B-800B su približno isti. Upravo iz tog razloga u nastavku su prikazani rezultati za ploču pozicije 700B, a dobiveni rezultati vrijede i za ostale pozicije.

8.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.30. Prikaz ploče pozicije 700B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.7 \text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

$b_{pl} = 100 \text{ cm}, h_{pl} = 20 \text{ cm}$

$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$

$d_1 = 3 \text{ cm } d = 17 \text{ cm}$

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$

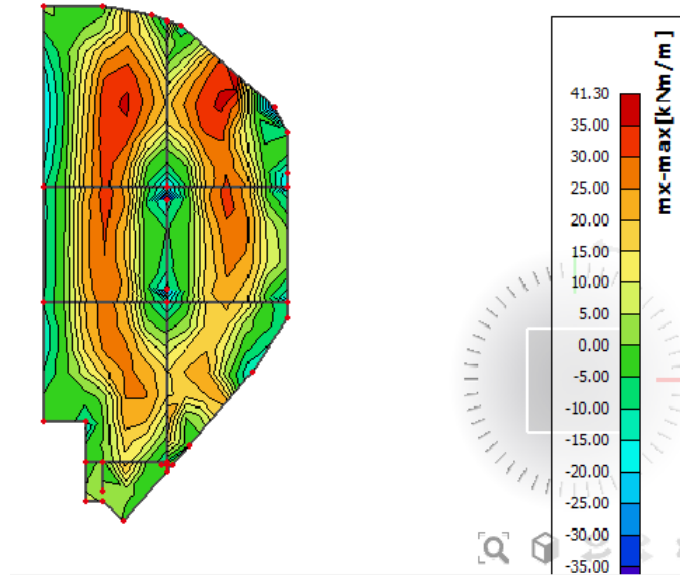
$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q - 335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q - 385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q - 424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q - 503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q - 524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q - 636	6,36	78,12	41,93	0,32

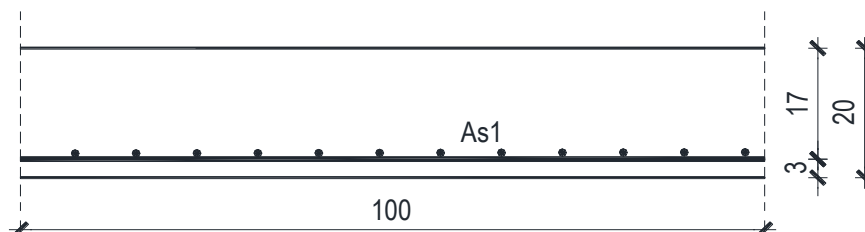
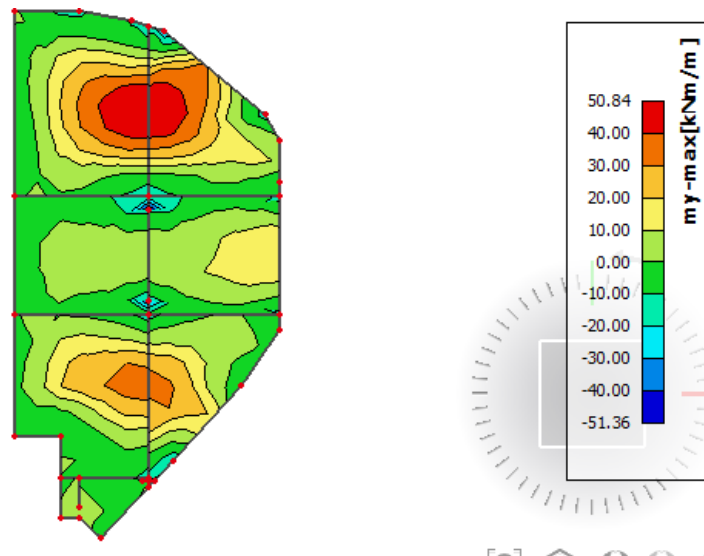
$R/Q$  | - 785      7,85      78,12      51,75      0,39

▪ **Proračun u polju**

Slika 8.31.  $M_x$



Slika 8.32.  $M_y$



$$M_{Ed} = 50.84 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5084}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,103$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2,3\%$   $\zeta = 0.928$

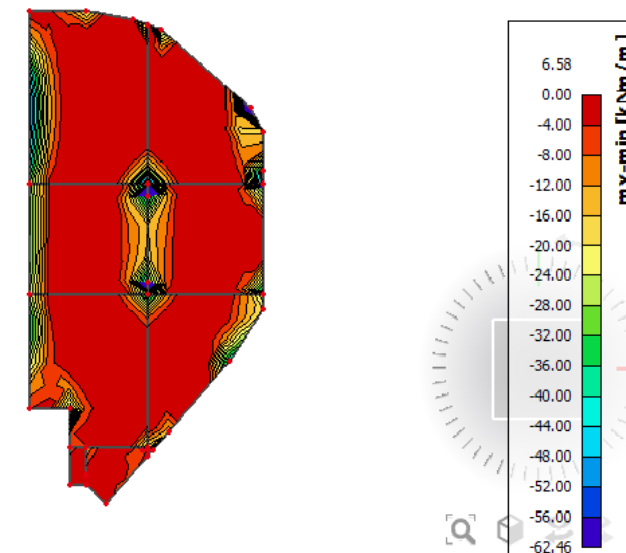
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5084}{0,928 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7,41 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

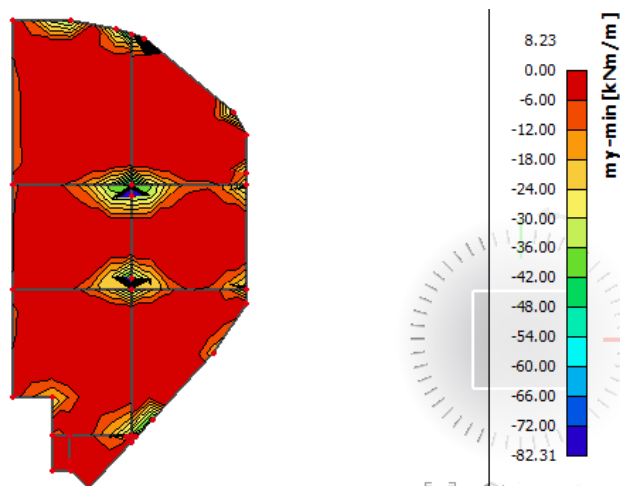
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 700B svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.33.  $M_x$

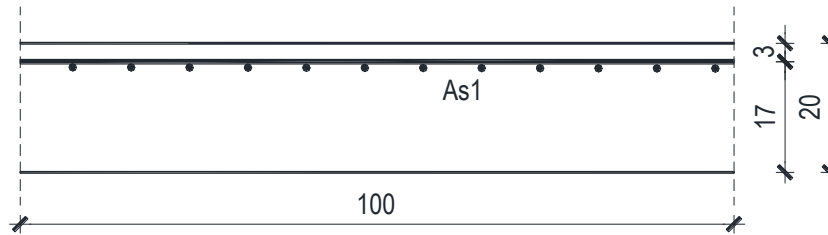


Slika 8.34.  $M_y$  (kritični presjek)



**Napomena:** Gledajući rezultate možemo primijetiti da se u pojedinim točkama pojavljuju vrijednosti koje nisu mjerodavne zbog toga što računalni program daje rezultate u beskonačno maloj točki, dakle, zapravo se radi o greški MKE. Mjerodavna i realna vrijednost na ležajevima je znatno manja.

### Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 82.31 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8231}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,7} = 0.167$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 3,5\% \quad \zeta_{lim} = 0.892 \quad \mu_{sd,lim} = 0.159$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

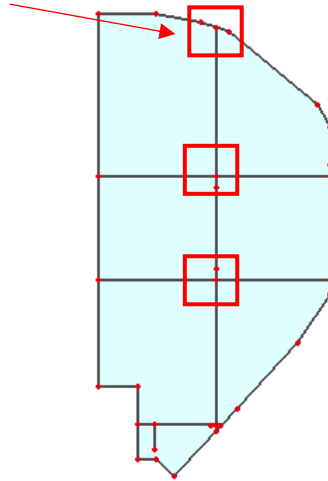
$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7812}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{(8231 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 12,53 \text{ cm}^2$$

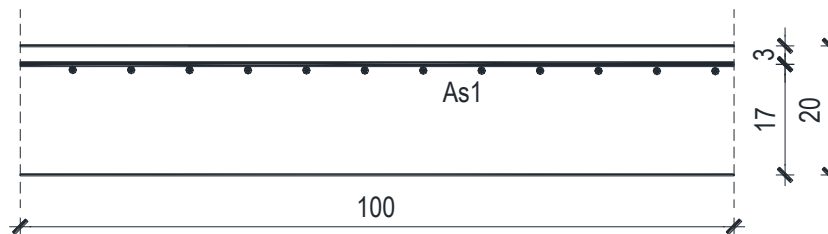
**ODABRANA ARMATURA: R - 785 + 4φ14 (A<sub>s</sub> = 14.01 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(8231 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 0.69 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-785 iz donje zone**



Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:



$$M_{Ed} = 62.46 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6246}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,127$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.8\% \quad \zeta = 0.919$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6246}{0,919 \cdot 17 \cdot 43,48} = 9.19 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

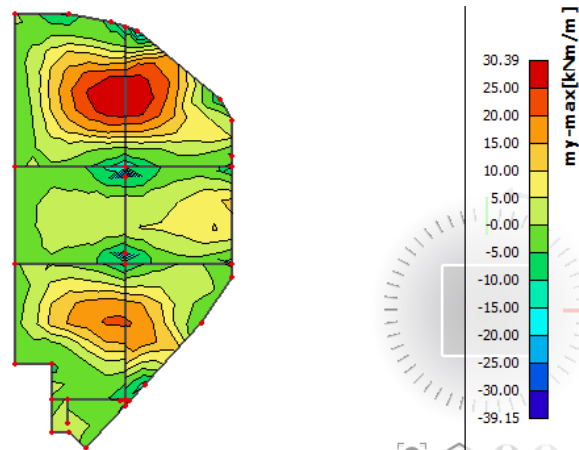
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**

### 8.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 30.39 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.35. M-GSU

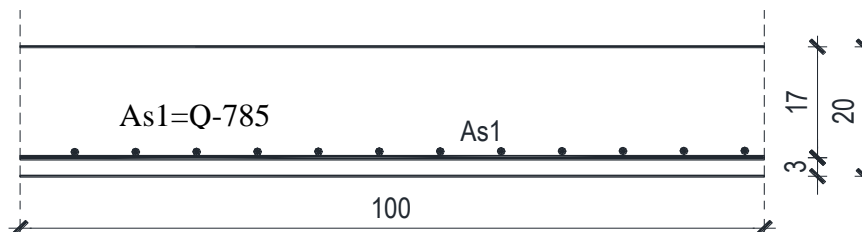
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$



$$A_s = Q-785 = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa} \text{ - modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \text{ - modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  -Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0105$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 10 \text{ mm} \text{ - (Q-785 } \Rightarrow \text{ } \varnothing 10/100)$$

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

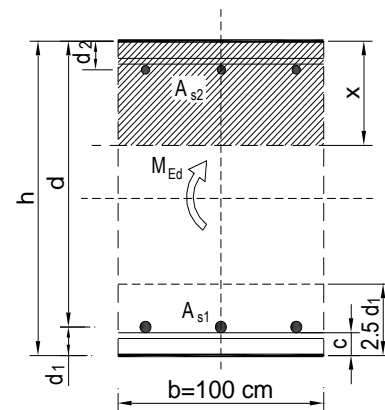
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	30,9 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	249,66 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,65 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000725	$< 0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000749		
$\varnothing =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,173 mm	$<$	$w_g$		

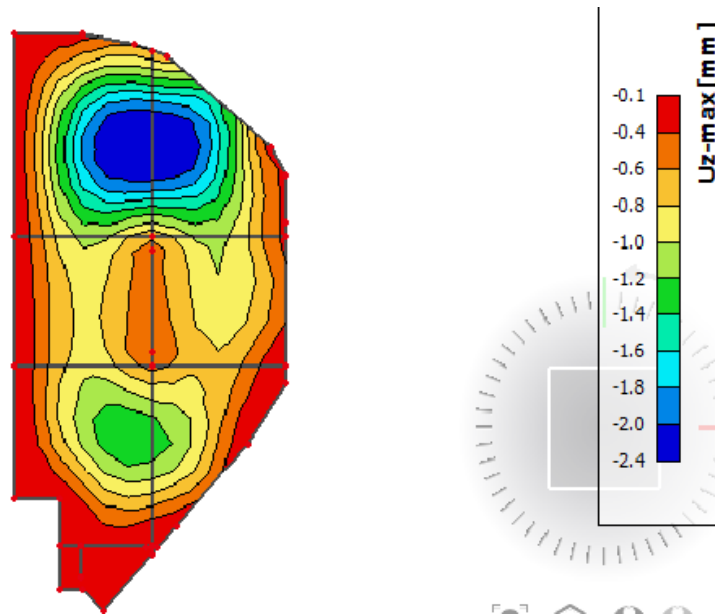


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,173 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.36. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7400}{250} = 29.6 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

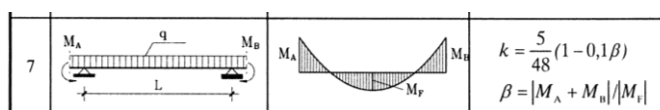
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |22.79 + 39.15| / 30.39 = 2.04$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.04) = 0.083$$



$$A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 2480.99 = 69147.66 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{3039}{3100 \cdot 69147.66} = 0.000014 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 3.65^3}{12} + (100 \cdot 3.65) \cdot \left( \frac{3.65}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot (17 - 3.65)^2 + 0 \right] \\ &= 405.23 + 1215.67 + 9023.85 = 10644.75 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{3039}{3100 \cdot 10644.75} = 0.000092 \frac{1}{\text{cm}}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 249.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left( 17 - \frac{3.65}{3} \right) \cdot 7.85} = 137.75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 137.75 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{137.75}{249.66} \right)^2 = 0.85$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.000014 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000092 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.85) \cdot 0.000014 + 0.85 \cdot 0.000092 = 0.0000803 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.083$$

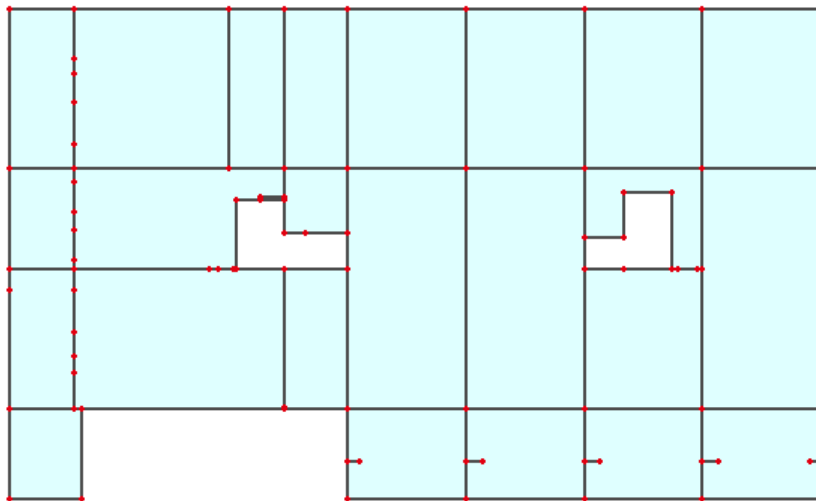
$$L = 740 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.083 \cdot 740^2 \cdot 0.0000803 = 3,65 \text{ cm} < v_{lim} = 2.96 \text{ cm}$$

**Napomena:** Budući da progibi ne zadovoljavaju, pri izvođenju je potrebno izvesti nadvišenje (protuprogib) kako bi zadovoljili i ovaj uvjet.

## 8.6. Proračun ploče pozicije 400, zgrada A (iznad prizemlja) $d_{pl}=20 \text{ cm}$

### 8.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.37. Prikaz ploče pozicije 400 A

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.7 \text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

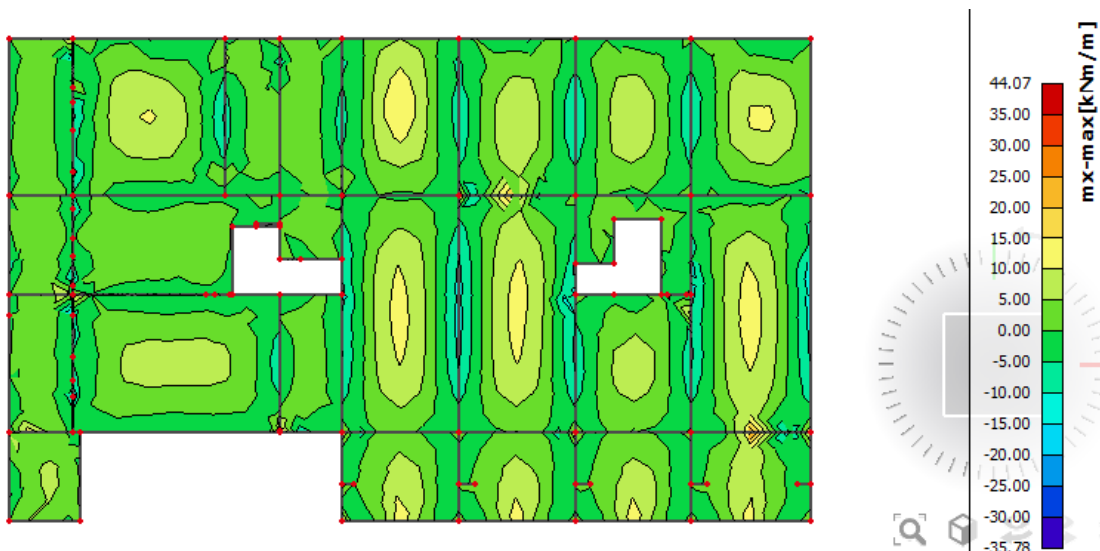
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0 \text{ cm}^2$$

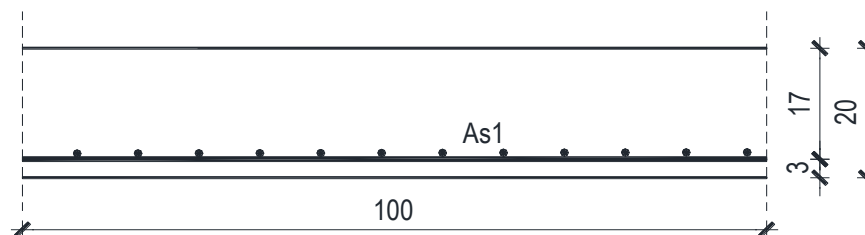
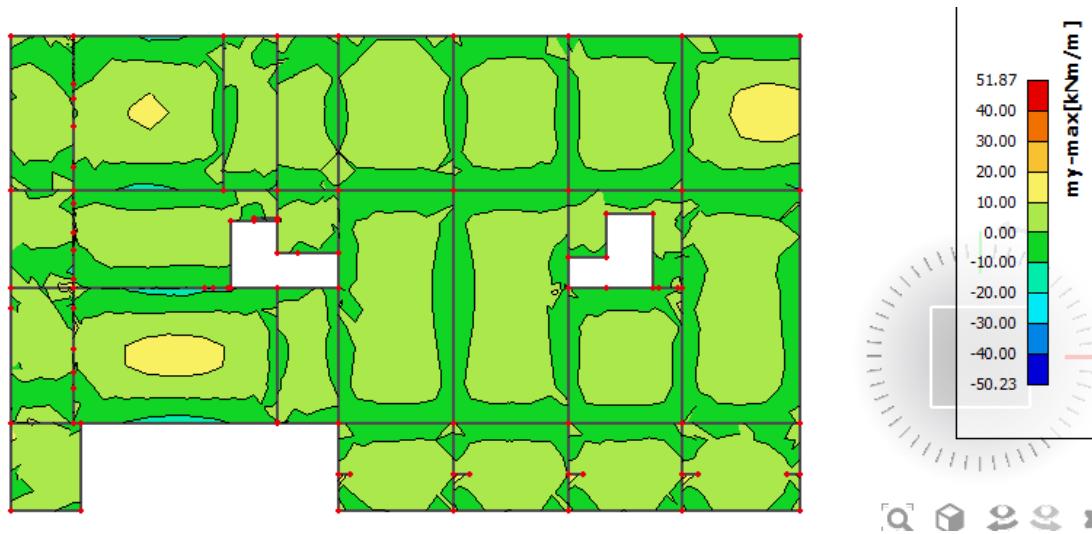
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 20.0 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature	
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q	-	335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q	-	385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q	-	424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q	-	503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q	-	524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q	-	636	6,36	78,12	41,93	0,32
R/Q	-	785	7,85	78,12	51,75	0,39

▪ **Proračun u polju**

Slika 8.38.  $M_x$



Slika 8.39.  $M_y$ 

$$M_{Ed} = 51.87 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5187}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.105$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2.3\text{‰} \quad \zeta = 0.928$$

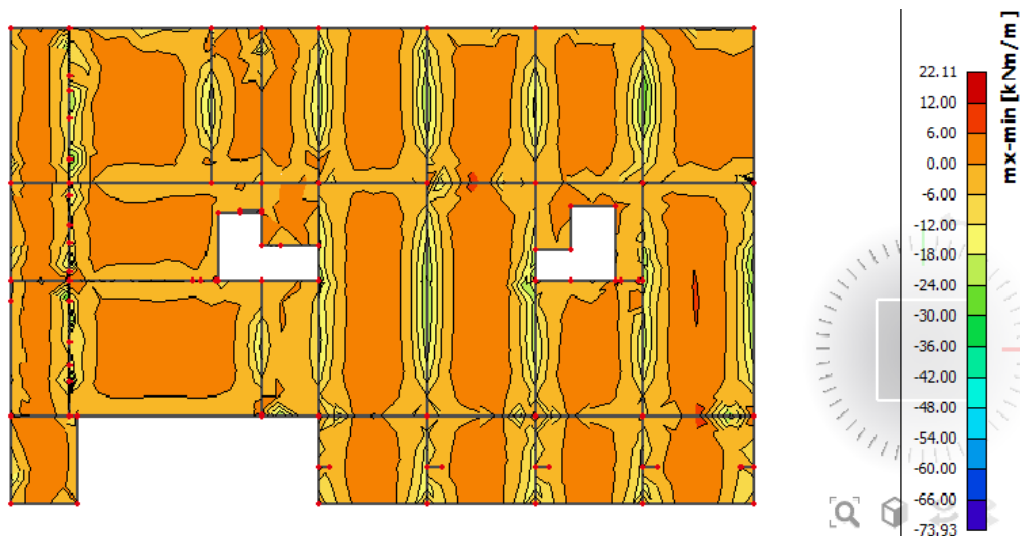
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5187}{0.928 \cdot 17 \cdot 43.48} = 7.56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

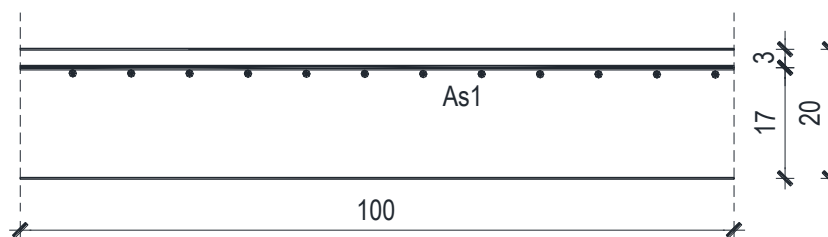
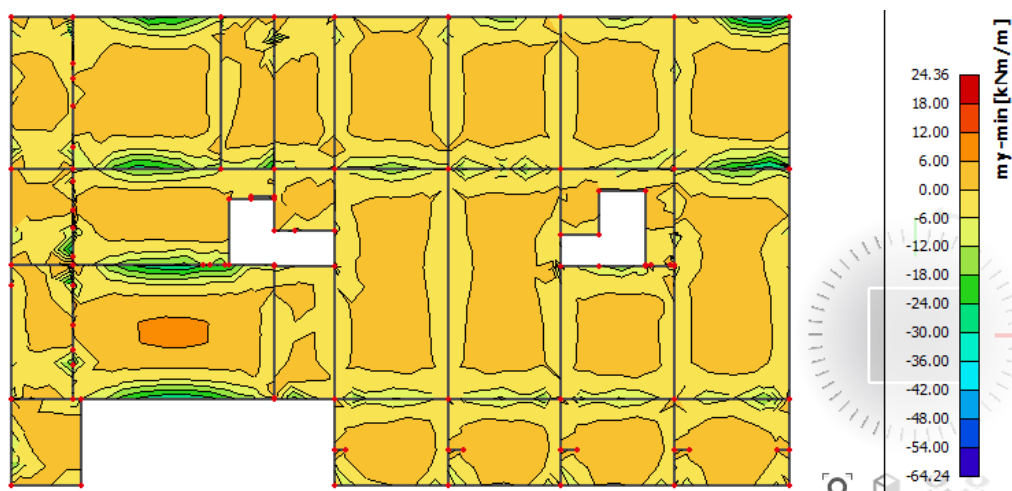
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 400 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura (zgrada A).

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.40.  $M_x$



Slika 8.41.  $M_y$



$$M_{Ed} = 73,93 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7393}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,150$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 3.3\%$   $\zeta = 0.898$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7393}{0,898 \cdot 17 \cdot 43,48} = 11.13 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

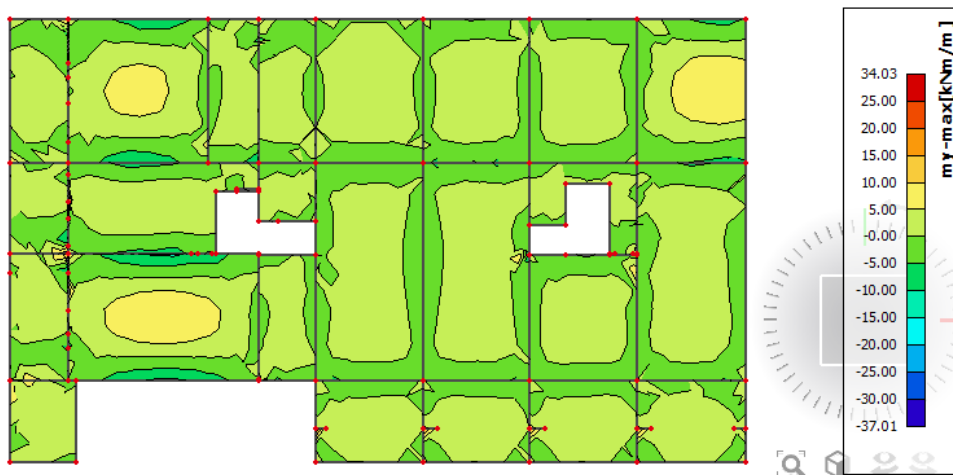
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 3φ14 ( $A_s = 12.47 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### 8.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 34.03 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.42. M-GSU

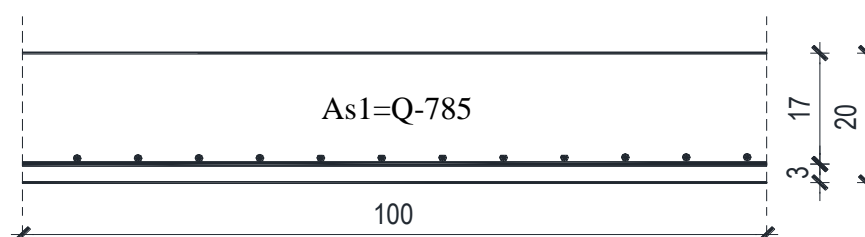
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:





Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-785 = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0105$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

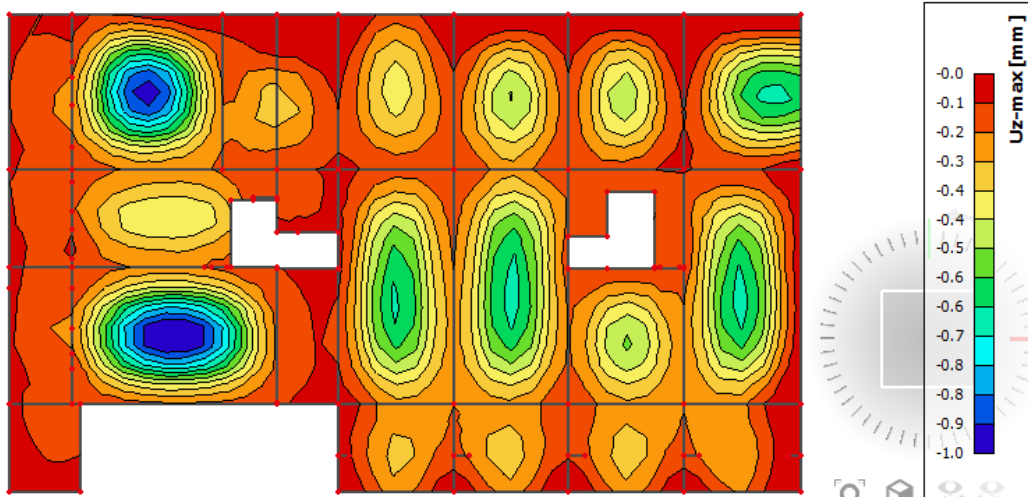
$b = 100,0 \text{ cm}$	$d = 17,0 \text{ cm}$	$h = 20,0 \text{ cm}$
$f_{ck} = 25,0 \text{ MN/m}^2$	$f_{ctm} = 2,56 \text{ MN/m}^2$	$w_g = 0,30 \text{ mm}$
$A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$	$A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2$	$d_1 = d_2 = 3,0 \text{ cm}$
$E_s = 200,00 \text{ GN/m}^2$	$E_{cm} = 31,40 \text{ GN/m}^2$	$\alpha_e = E_s/E_{cm} = 6,37$
$M_{Ed} = 34,0 \text{ kNm}$	$k_t = 0,40$	
$\sigma_s = 274,68 \text{ MN/m}^2$		
$x = 3,65 \text{ cm}$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$	
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,000851 >$	$0,6 \cdot \sigma_s/E_s = 0,000824$	
$\varnothing = 10,0 \text{ mm}$	$c = 2,00 \text{ cm}$	
$k_1 = 0,8$	$k_2 = 0,50$	
$k_3 = 3,4$	$k_4 = 0,43$	
$s_{r,max} = 230,42 \text{ mm}$		
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,196 \text{ mm} <$	$w_g$	

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,196 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.43. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Grafični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7225}{250} = 28.9 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

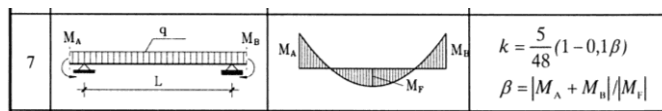
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |7.91 + 10.56| / 8.92 = 2.07$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.06) = 0.082$$



$$A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 2480.99 = 69147.66 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{892}{3100 \cdot 69147.66} = 0.0000041 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 3.65^3}{12} + (100 \cdot 3.65) \cdot \left( \frac{3.65}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot (17 - 3.65)^2 + 0 \right] \\
 &= 405.22 + 1215.68 + 9023.85 = 10644.75 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{892}{3100 \cdot 10644.75} = 0.000027 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_s = 274.68 MPa$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.65}{3}\right) \cdot 7.85} = 137.75 MPa$$

$$\sigma_{sr} = 137.75 MPa$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{137.75}{274.48}\right)^2 = 0.87$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000041 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000027 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.87) \cdot 0.0000041 + 0.87 \cdot 0.000027 = 0.000024 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.082$$

$$L = 722.5 cm$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.082 \cdot 722.5^2 \cdot 0.000024 = 1.03 cm < v_{lim} = 2.89 cm$$

8.7. Proračun ploča pozicije 400B  $d_{pl}=20$  cm

8.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.44. Prikaz ploče pozicije 400B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67$  MPa = 1.7 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$b_{pl} = 100$  cm,  $h_{pl} = 20$  cm

$c_{nom} = 2$  cm (XC1 klasa)

$d_1 = 3$  cm  $d = 17$  cm

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12$  kNm

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$

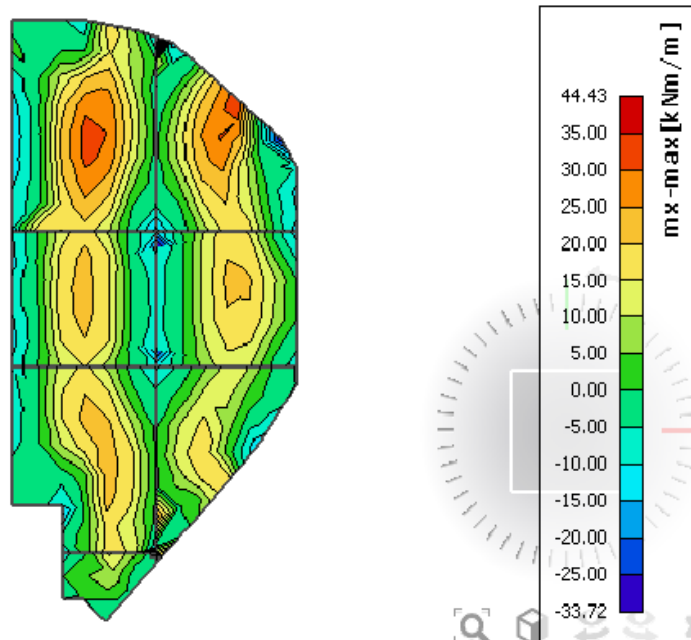
$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40$  cm<sup>2</sup>

Mreža		Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %	
R/Q	-	283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q	-	335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q	-	385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q	-	424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q	-	503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q	-	524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q	-	636	6,36	78,12	41,93	0,32

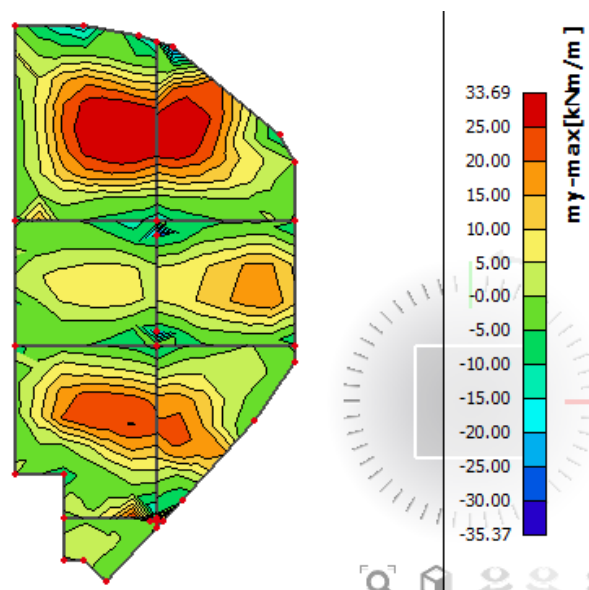
$R/Q$  | - 785      7,85      78,12      51,75      0,39

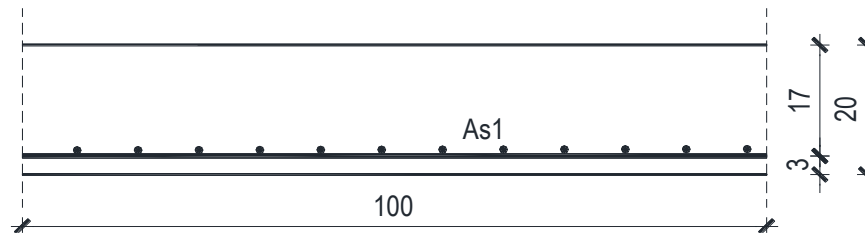
▪ **Proračun u polju**

Slika 8.45.  $M_x$



Slika 8.46.  $M_y$





$$M_{Ed} = 44.43 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{44.43}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,090$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2,1\%$   $\zeta = 0.934$

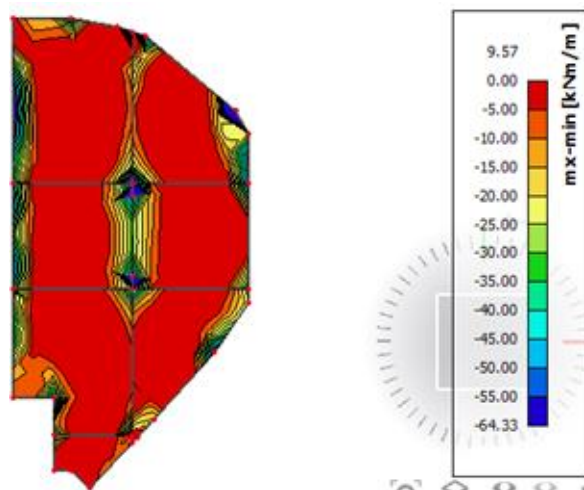
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4443}{0,934 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,43 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

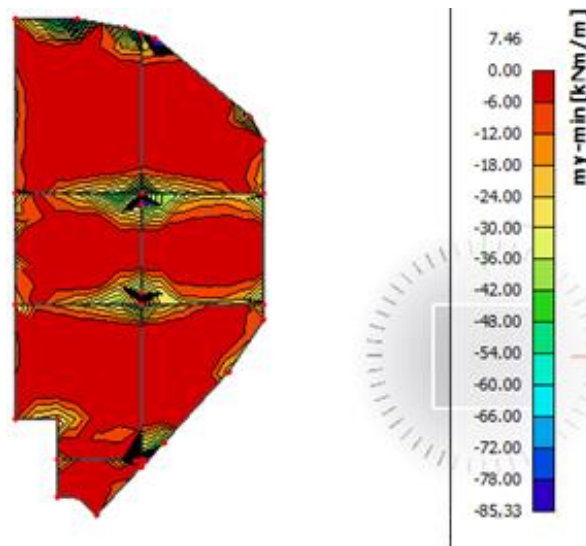
ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 400B svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

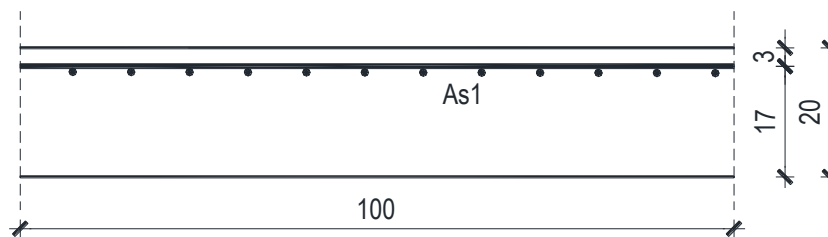
▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.47.  $M_x$



Slika  $M_y$  8.48. (kritični presjek)

## Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 85.33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8533}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.174$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 3.5\% \quad \zeta_{lim} = 0.892 \quad \mu_{sd,lim} = 0.159$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

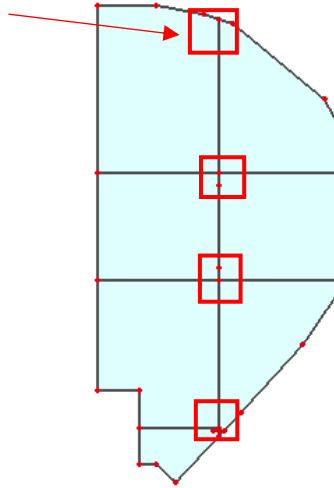
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7812}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{(8533 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 13.03 \text{ cm}^2$$

$$\text{ODABRANA ARMATURA: } \mathbf{R - 785 + 4\phi 14} (A_s = 14.01 \text{ cm}^2/\text{m}')$$



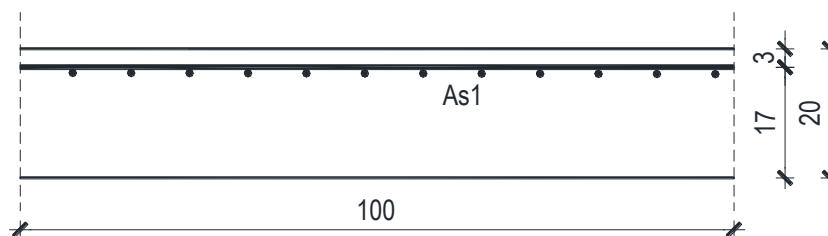
$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(8533 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 1.18 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-785 iz donje zone



**Napomena:** Gledajući rezultate možemo primijetiti da se u pojedinim točkama pojavljuju vrijednosti koje nisu mjerodavne zbog toga što računalni program daje rezultate u beskonačno maloj točki, dakle, zapravo se radi o greški MKE. Mjerodavna i realna vrijednost na ležajevima je znatno manja.

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:**



$$M_{Ed} = 64.33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6246}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.131$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.9\% \quad \zeta = 0.910$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6433}{0.910 \cdot 17 \cdot 43.48} = 9.56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

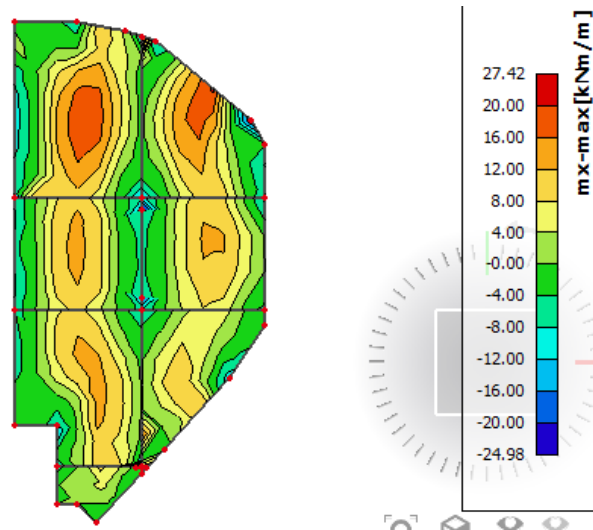
ODABRANA ARMATURA: **R – 785 + 2φ14** ( $A_s = 10.93 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

8.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 27.42 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.49. M-GSU

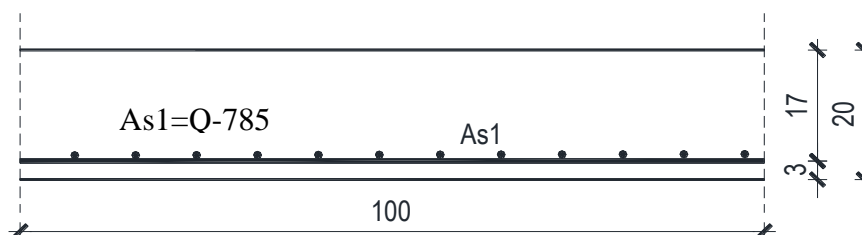
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-785 = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  -Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0105$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

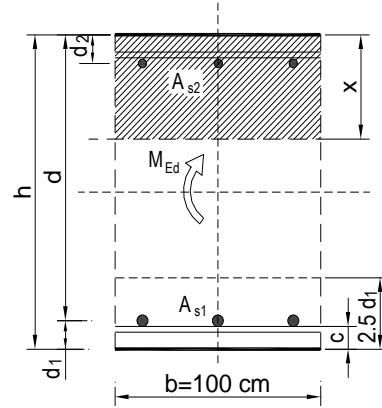
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	27,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	221,32 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,65 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000584 <	$0,6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000664		
$\varnothing =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,153 mm	<	$w_g$		

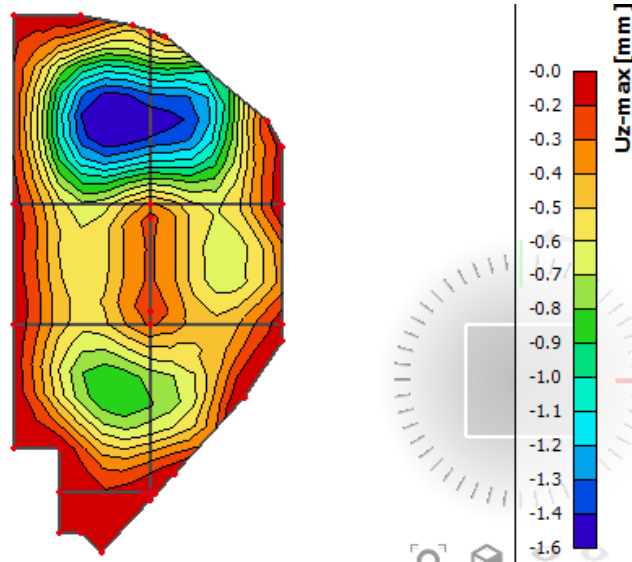


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,153 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.50. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24.0 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

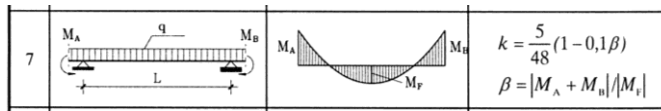
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |10.52 + 3.75| / 19.18 = 0.74$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 0.74) = 0.096$$



$$A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 2480.99 = 69147.66 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1918}{3100 \cdot 69147.66} = 0.00000895 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 3.65^3}{12} + (100 \cdot 3.65) \cdot \left( \frac{3.65}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot (17 - 3.65)^2 + 0 \right] \\ &= 405.23 + 1215.67 + 9023.85 = 10644.75 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1918}{3100 \cdot 10644.75} = 0.000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 221.32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1706667$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1706667}{\left(17 - \frac{3.65}{3}\right) \cdot 7.85} = 137.75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 137.75 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{137.75}{221.32}\right)^2 = 0.80$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000895 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.80) \cdot 0.00000895 + 0.80 \cdot 0.000058 = 0.000048 \frac{1}{\text{cm}}$$

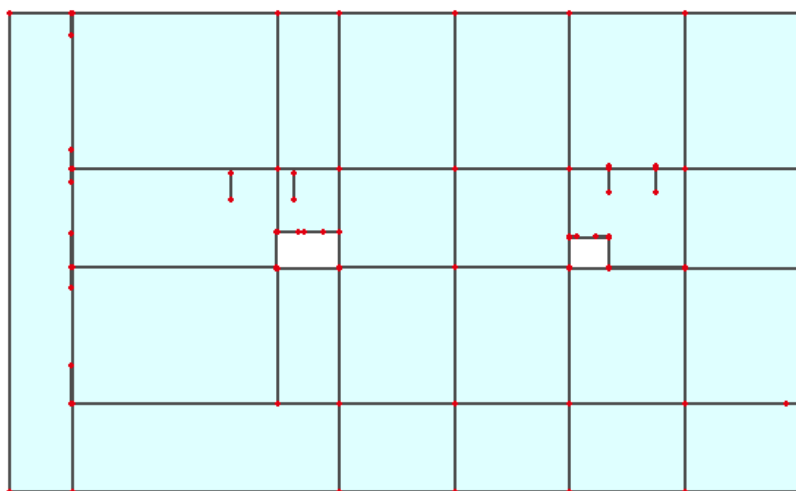
$$k = 0.096$$

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.096 \cdot 600^2 \cdot 0.000048 = 1.66 \text{ cm} < v_{lim} = 2.96 \text{ cm}$$

8.8.Proračun ploče pozicije 300, zgrada A (iznad prizemlja)  $d_{pl}=20$  cm

8.8.1.Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.51. Prikaz ploče pozicije 400 A

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67$  MPa = 1.7 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$b_{pl} = 100$  cm,  $h_{pl} = 20$  cm

$c_{nom} = 2$  cm (XC1 klasa)

$d_1 = 3$  cm  $d = 17$  cm

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12$  kNm

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$  cm<sup>2</sup>

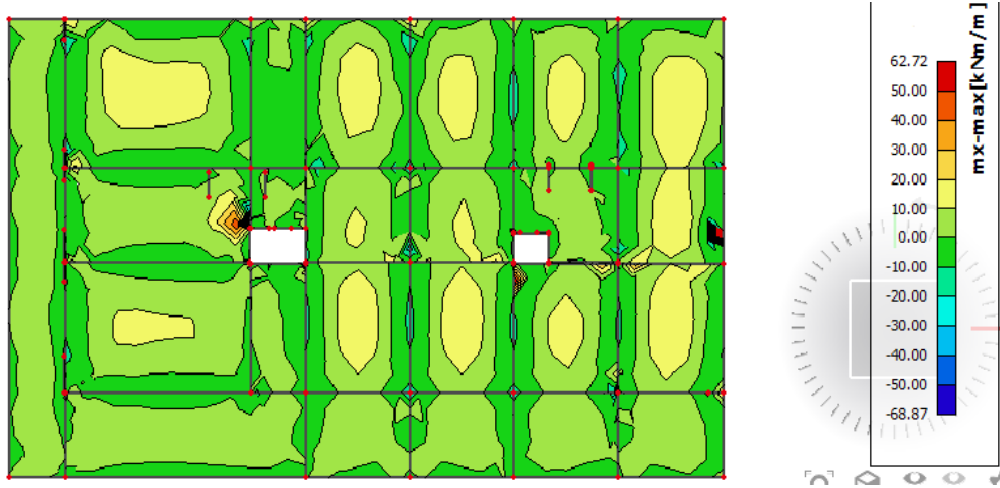
$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 20.0$  cm<sup>2</sup>

Mreža		Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q	- 283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q	- 335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q	- 385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q	- 424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q	- 503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q	- 524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q	- 636	6,36	78,12	41,93	0,32

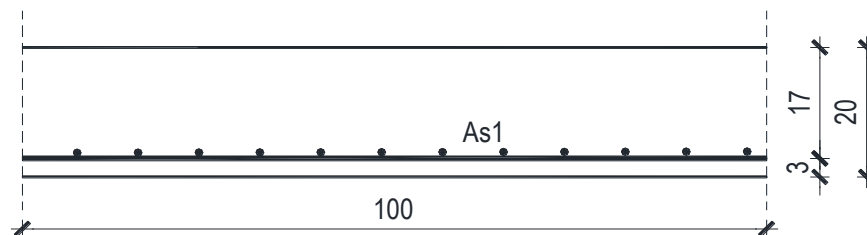
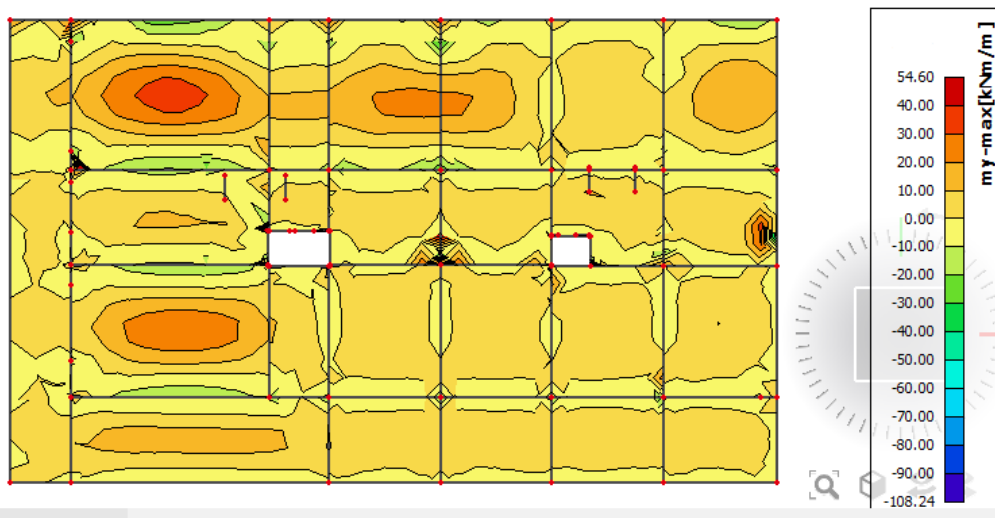
$R/Q$  | - 785      7,85      78,12      51,75      0,39

▪ **Proračun u polju**

Slika 8.52.  $M_x$



Slika 8.53.  $M_y$



$$M_{Ed} = 62.72 \text{ kNm/m}$$



$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6272}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.127$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2.8\%$   $\zeta = 0.913$

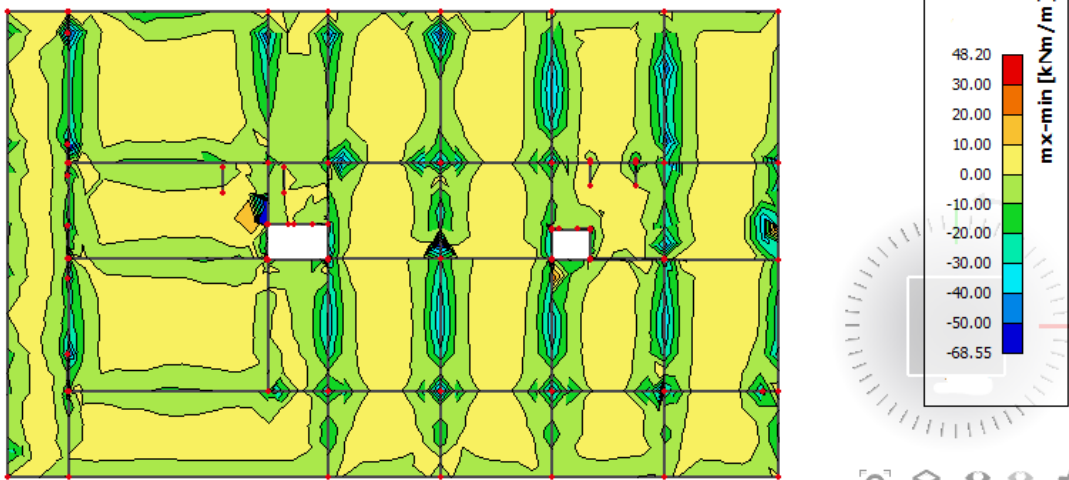
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6272}{0.913 \cdot 17 \cdot 43.48} = 9.29 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 70cm ( $A_s = 10,35\text{cm}^2/\text{m}'$ )**

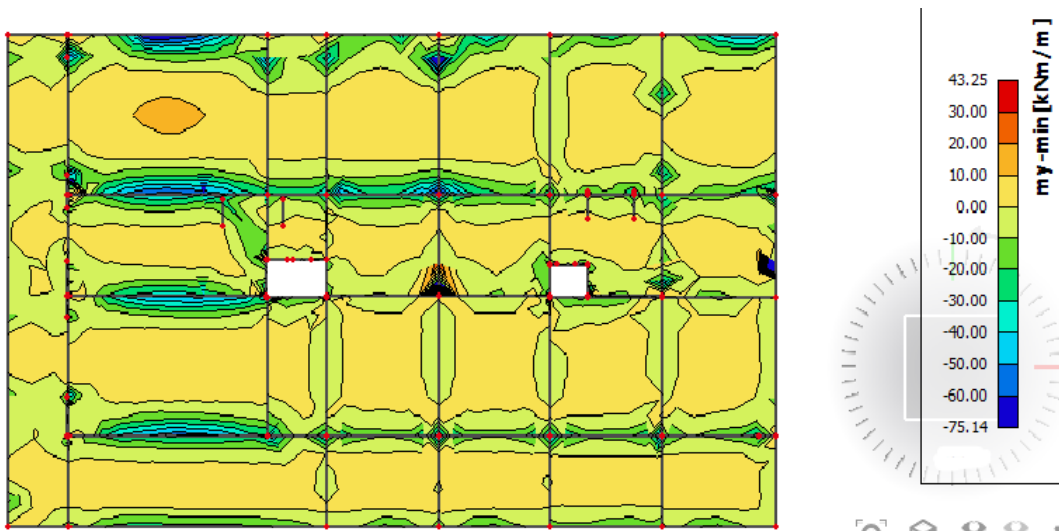
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura (zgrada A).

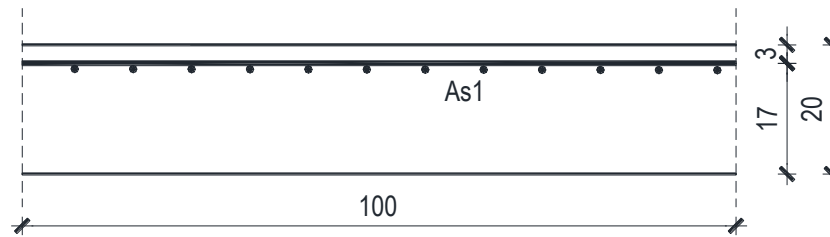
▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.54.  $M_x$



Slika 8.55.  $M_y$





$$M_{Ed} = 75.14 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7514}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,153$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 3.4\% \quad \zeta = 0.895$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7514}{0.895 \cdot 17 \cdot 43,48} = 11.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

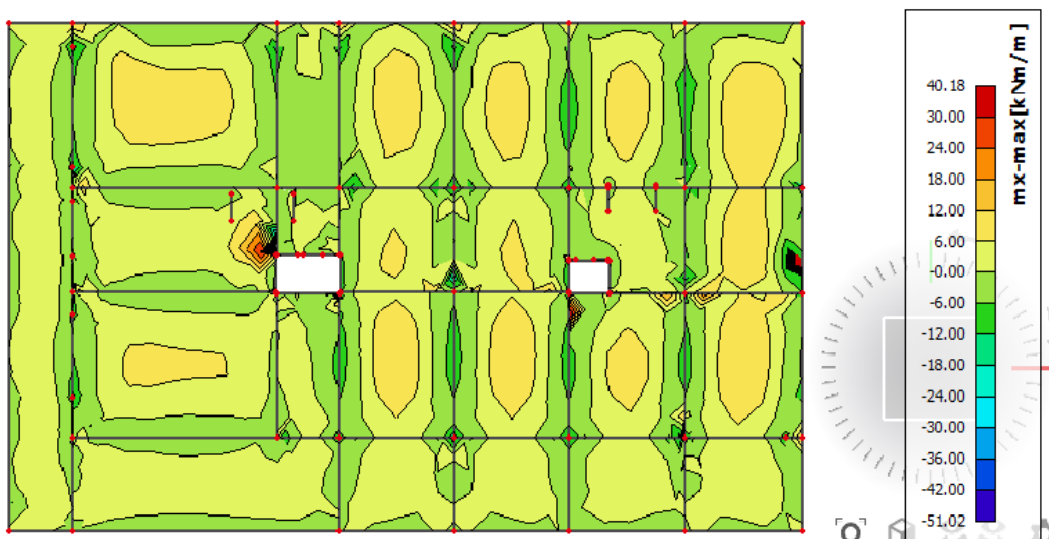
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 3φ14 (A<sub>s</sub> = 12.47 cm<sup>2</sup>/m')**

### 8.8.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 40.18 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.56. M-GSU

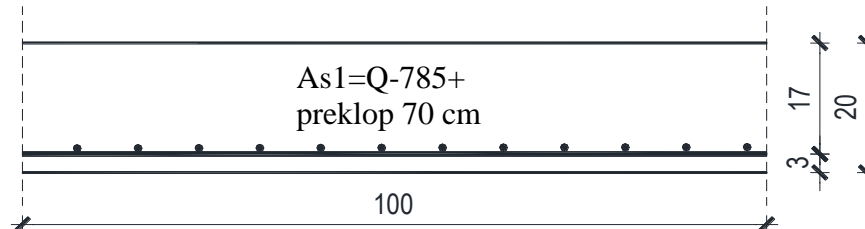
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785 + preklop 70 cm** ( $A_{s1}=10.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

$A_s = \text{Q-785} + \text{preklop } 70\text{cm} = 10.35 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{10.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0138$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 10 \text{ mm} - (\text{Q-785} \Rightarrow \text{Ø10/100})$$

c=20 mm- Zaštitni sloj uzdužne armature

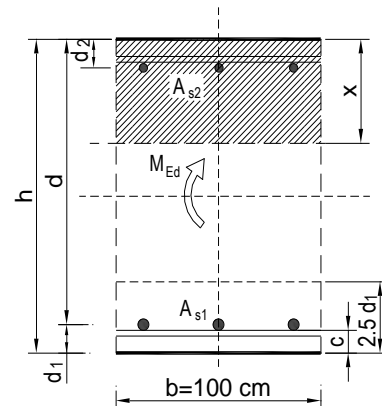
k<sub>1</sub> =0.8 -Rebrasta armatura

k<sub>2</sub> =0.5 -Savijanje

k<sub>3</sub> = 3.4

k<sub>4</sub> = 0.425

b =	100,0 cm	d =	17,0 cm	h =	20,0 cm
f <sub>ck</sub> =	25,0 MN/m <sup>2</sup>	f <sub>ctm</sub> =	2,56 MN/m <sup>2</sup>	w <sub>g</sub> =	0,30 mm
A <sub>s1</sub> =	10,35 cm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	d <sub>1</sub> = d <sub>2</sub> =	3,0 cm
E <sub>s</sub> =	200,00 GN/m <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub> =	31,40 GN/m <sup>2</sup>	α <sub>e</sub> = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> =	6,37
M <sub>Ed</sub> =	40,2 kNm	k <sub>t</sub> =	0,40		
σ <sub>s</sub> =	248,43 MN/m <sup>2</sup>				
x =	4,12 cm	ρ <sub>p,eff</sub> =	0,0138		
(ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub> ) =	0,000838 >	0.6 · σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0,000745		
Ø =	10,0 mm	c =	2,00 cm		
k <sub>1</sub> =	0,8	k <sub>2</sub> =	0,50		
k <sub>3</sub> =	3,4	k <sub>4</sub> =	0,43		
s <sub>r,max</sub> =	191,19 mm				
w <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub> ) =	0,160 mm	<	w <sub>g</sub>		

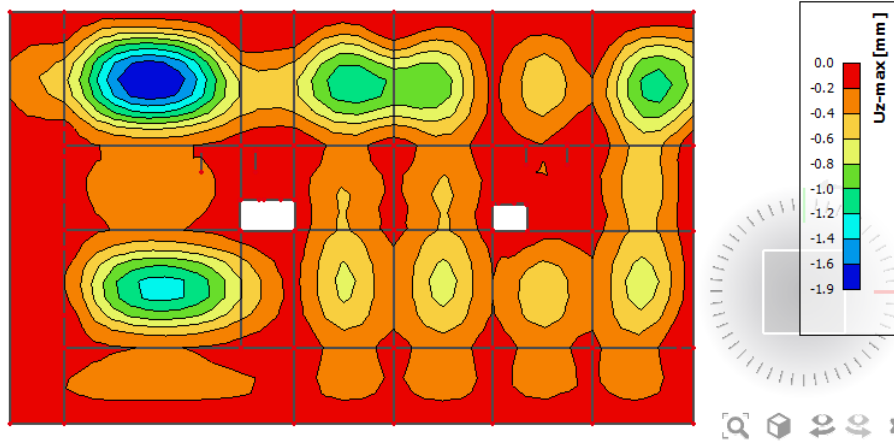


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,160 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.57. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Grafični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8300}{250} = 33.2 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

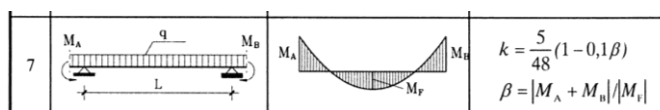
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |5.06 + 3.69| / 10.54 = 0.83$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 0.83) = 0.095$$



$$A_{s1} = 10.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 10.35 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 3271.12 = 69937.79 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1054}{3100 \cdot 69147.66} = 0.0000049 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 4.12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 4.12^3}{12} + (100 \cdot 4.12) \cdot \left( \frac{4.12}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 10.35 \cdot (17 - 4.12)^2 + 0 \right] \\
 &= 582.79 + 1748.36 + 11074.69 = 13405.84 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1054}{3100 \cdot 13405.84} = 0.000025 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 248.43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left( 17 - \frac{4.12}{3} \right) \cdot 10.35} = 105.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 105.52 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{105.52}{248.43} \right)^2 = 0.91$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000049 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000025 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.91) \cdot 0.0000049 + 0.91 \cdot 0.000025 = 0.000023 \frac{1}{cm}$$

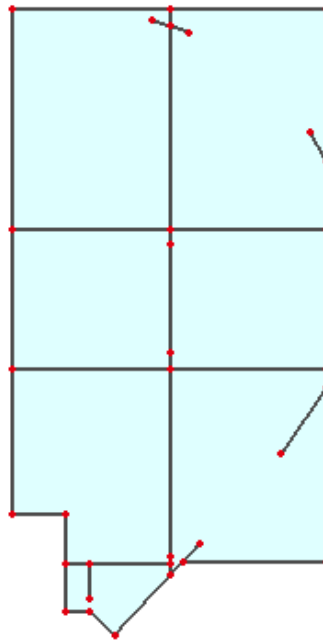
$$k = 0.095$$

$$L = 830 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.095 \cdot 830^2 \cdot 0.000023 = 1.51 \text{ cm} < v_{lim} = 2.89 \text{ cm}$$

## 8.9. Proračun ploča pozicije 300B $d_{pl}=20 \text{ cm}$

### 8.9.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.58. Prikaz ploče pozicije 300B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.7 \text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

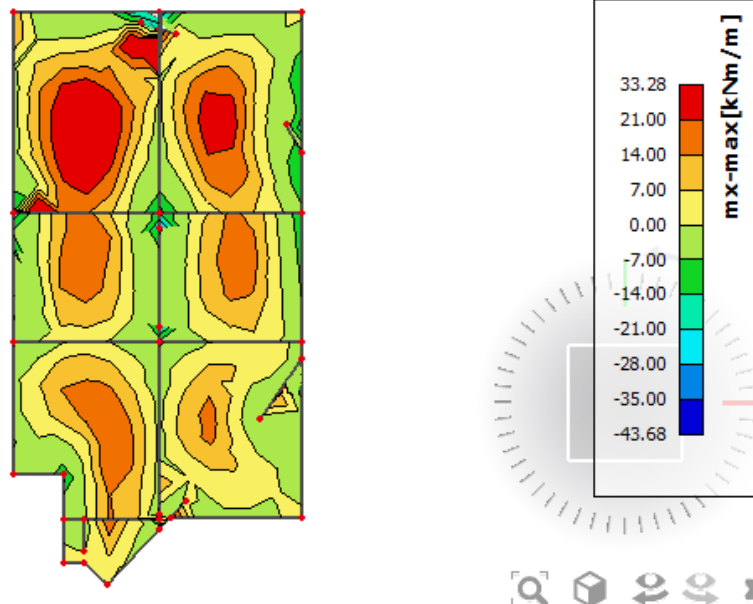
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40\text{cm}^2$$

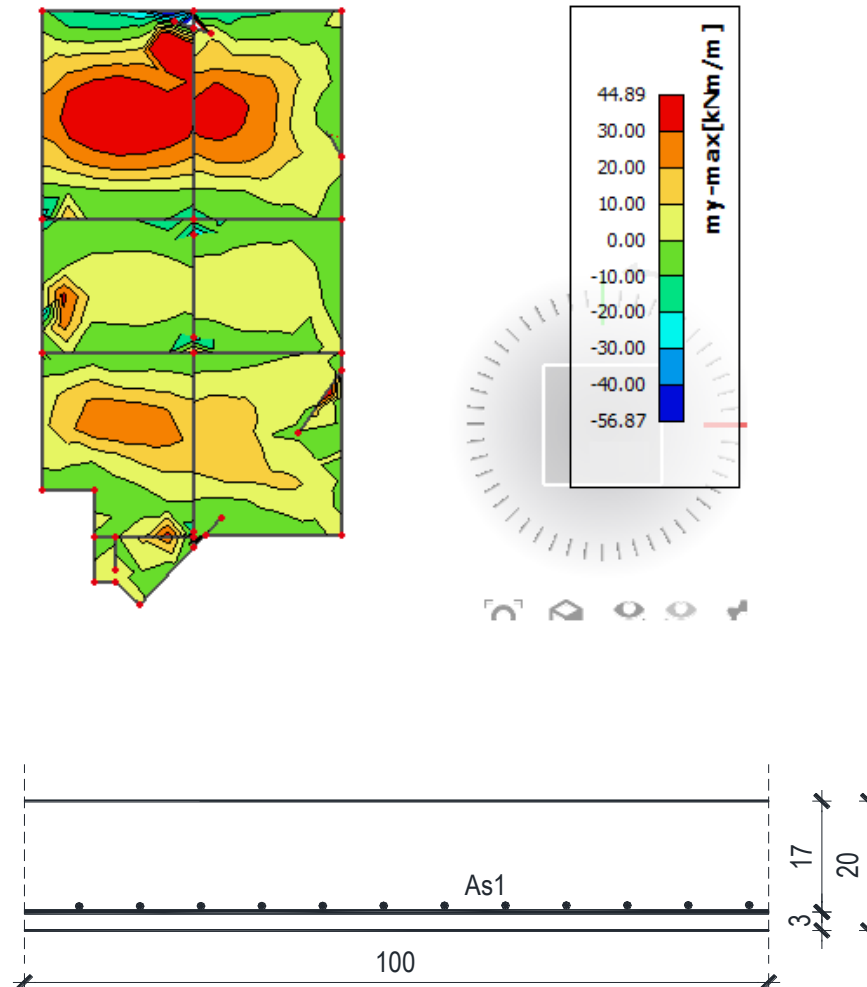
<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> <i>A<sub>s1</sub></i>	<i>Moment nosivosti</i> <i>betona</i> <i>M<sub>Rd,c,lim</sub></i>	<i>Moment nosivosti</i> <i>armature</i> <i>M<sub>Rd,s,lim</sub></i>	<i>Postotak</i> <i>armature</i>
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
<i>R/Q</i> - 283	2,83	78,12	18,65	0,14
<i>R/Q</i> - 335	3,35	78,12	22,08	0,17
<i>R/Q</i> - 385	3,85	78,12	25,38	0,19
<i>R/Q</i> - 424	4,24	78,12	27,95	0,21
<i>R/Q</i> - 503	5,03	78,12	33,16	0,25
<i>R/Q</i> - 524	5,24	78,12	34,54	0,26
<i>R/Q</i> - 636	6,36	78,12	41,93	0,32
<i>R/Q</i> - 785	7,85	78,12	51,75	0,39

▪ **Proračun u polju**

Slika 8.59. **M<sub>x</sub>**





Slika 8.60.  $M_Y$ 

$$M_{Ed} = 44.89 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4489}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,091$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,1\% \quad \zeta = 0,934$$

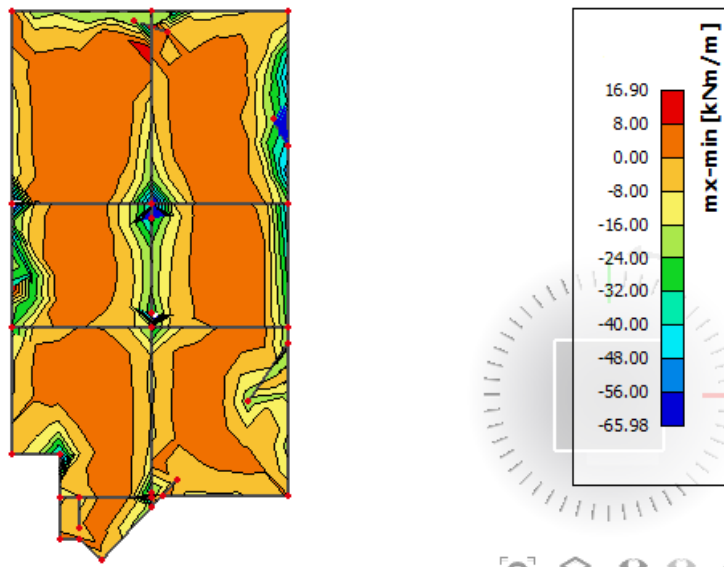
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4489}{0,934 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,50 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

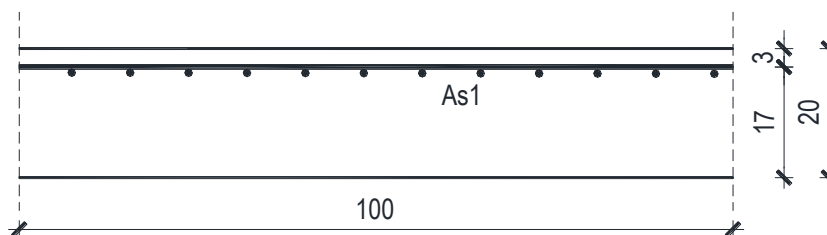
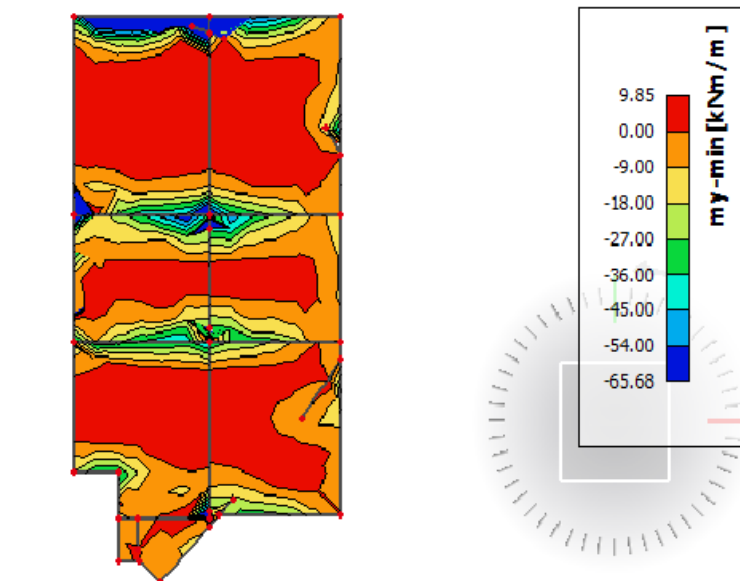
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 400B svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.61.  $M_x$



Slika 8.62.  $M_y$



$$M_{Ed} = 65.98 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6598}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,134$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.9\% \quad \zeta = 0.910$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6598}{0,910 \cdot 17 \cdot 43,48} = 9.8 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

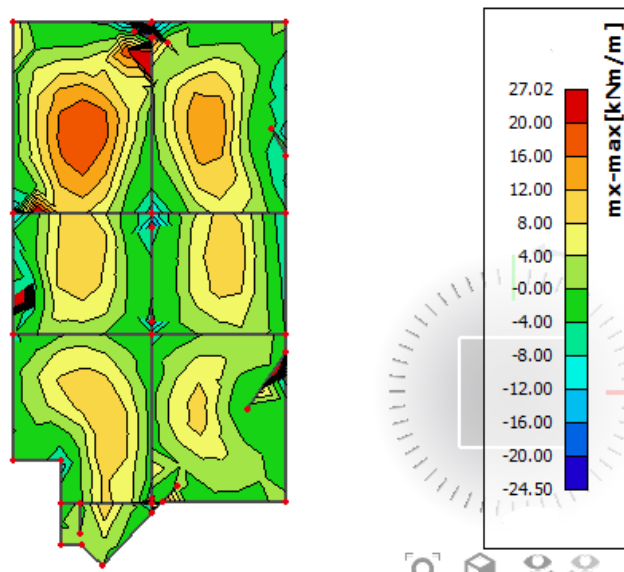
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**

### 8.9.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 27.02 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.63. M-GSU

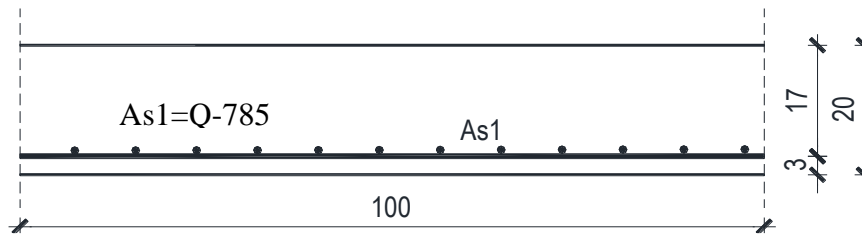
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785** (A<sub>s1</sub>=7.85 cm<sup>2</sup>/m).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-785 = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0105$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

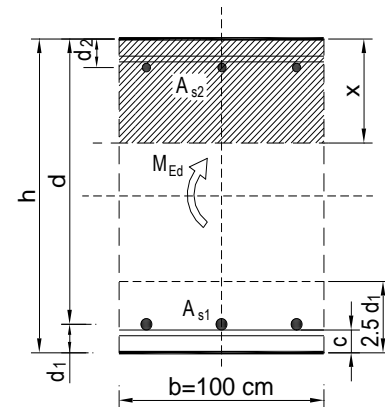
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	27,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	218,10 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,65 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000568 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000654		
$\varnothing =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,151 mm	<	$w_g$		

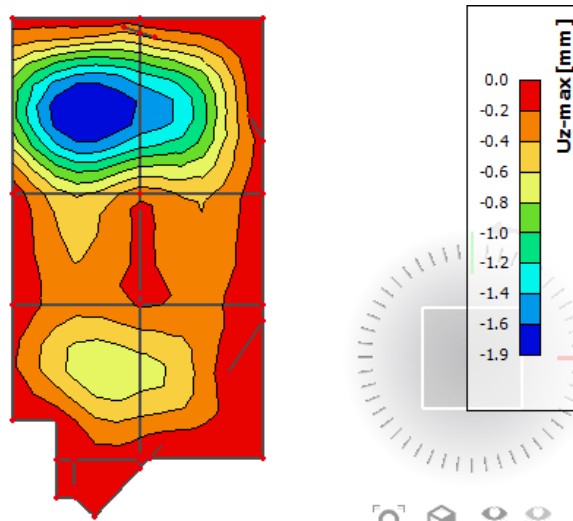


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,151 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.64. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24.0 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

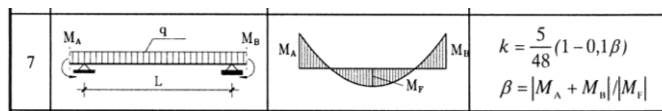
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |13.8 + 3.6| / 19.87 = 0.87$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 0.87) = 0.095$$



$$A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 2480.99 = 69147.66 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1987}{3100 \cdot 69147.66} = 0.00000927 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 3.65^3}{12} + (100 \cdot 3.65) \cdot \left(\frac{3.65}{2}\right)^2 + 6.45 \cdot [7.85 \cdot (17-3.65)^2 + 0] \\
 &= 405.23 + 1215.67 + 9023.85 = 10644.75 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1987}{3100 \cdot 10644.75} = 0.000060 \frac{1}{\text{cm}}
 \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 218.10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.65}{3}\right) \cdot 7.85} = 137.75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 137.75 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{137.75}{218.10}\right)^2 = 0.80$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000927 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000060 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.80) \cdot 0.00000927 + 0.80 \cdot 0.000060 = 0.0000498 \frac{1}{\text{cm}}$$

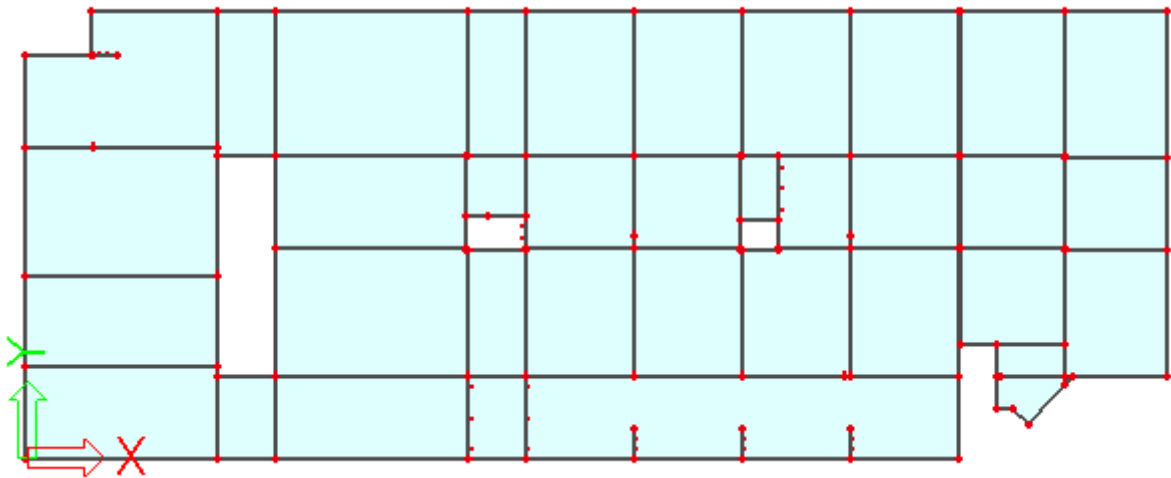
$$k = 0.095$$

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.095 \cdot 600^2 \cdot 0.0000498 = 1.70 \text{ cm} < v_{lim} = 2.96 \text{ cm}$$

8.10. Proračun ploče pozicije 200 A/B,  $d_{pl}=20$  cm

8.10.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.65. Prikaz ploče pozicije 200 A/B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67$  MPa = 1.7 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$b_{pl} = 100$  cm,  $h_{pl} = 20$  cm

$c_{nom} = 2$  cm (XC1 klasa)

$d_1 = 3$  cm  $d = 17$  cm

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12$  kNm

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$  cm<sup>2</sup>

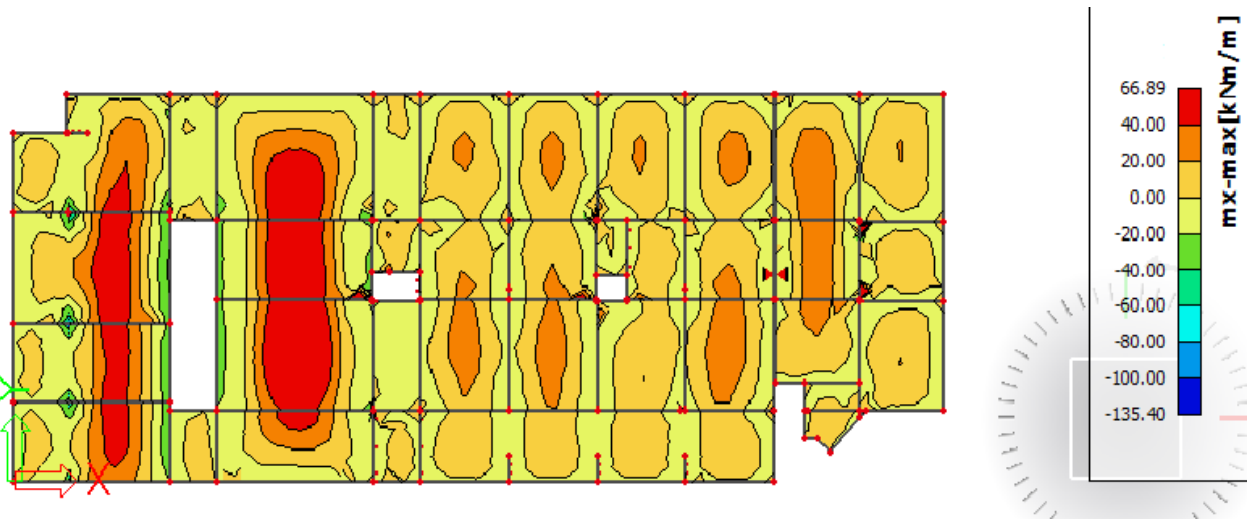
$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 20.0$  cm<sup>2</sup>

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q - 335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q - 385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q - 424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q - 503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q - 524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q - 636	6,36	78,12	41,93	0,32
R/Q - 785	7,85	78,12	51,75	0,39

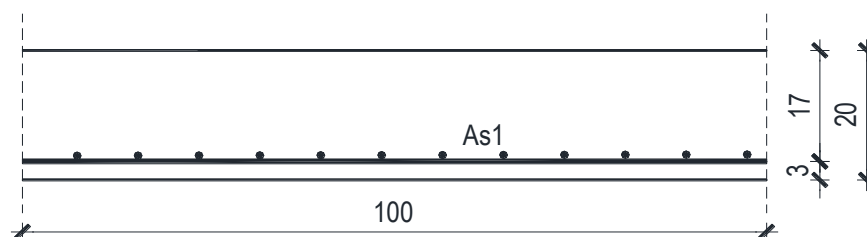
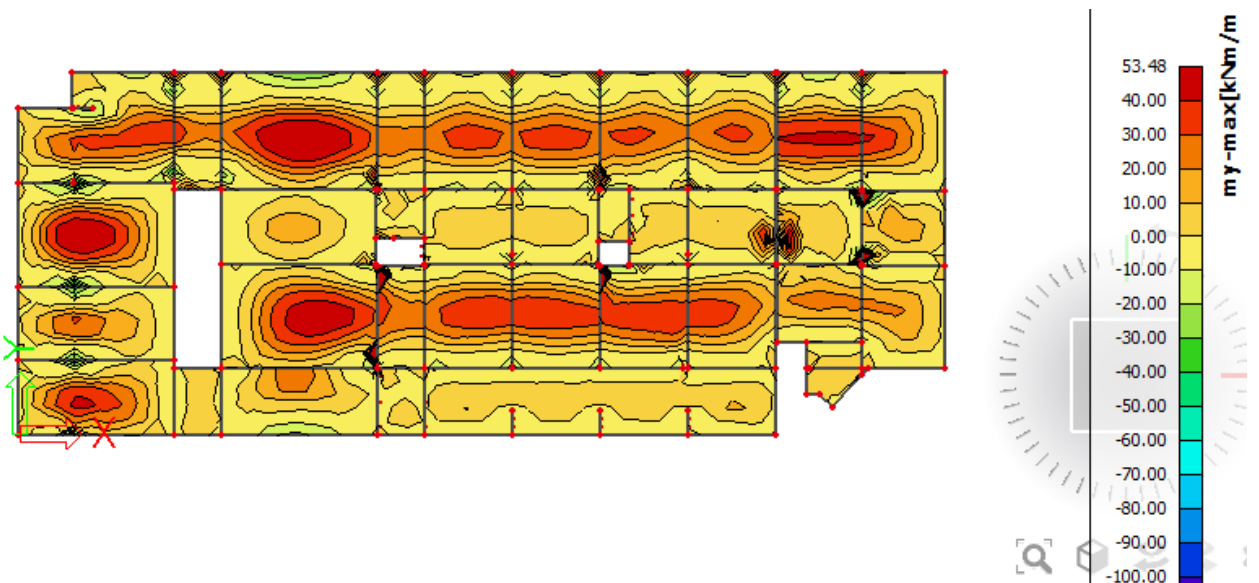


▪ **Proračun u polju**

Slika 8.66.  $M_x$



Slika 8.67.  $M_y$



$$M_{Ed} = 66.89 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6689}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.136$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2.9\%$   $\zeta = 0.910$

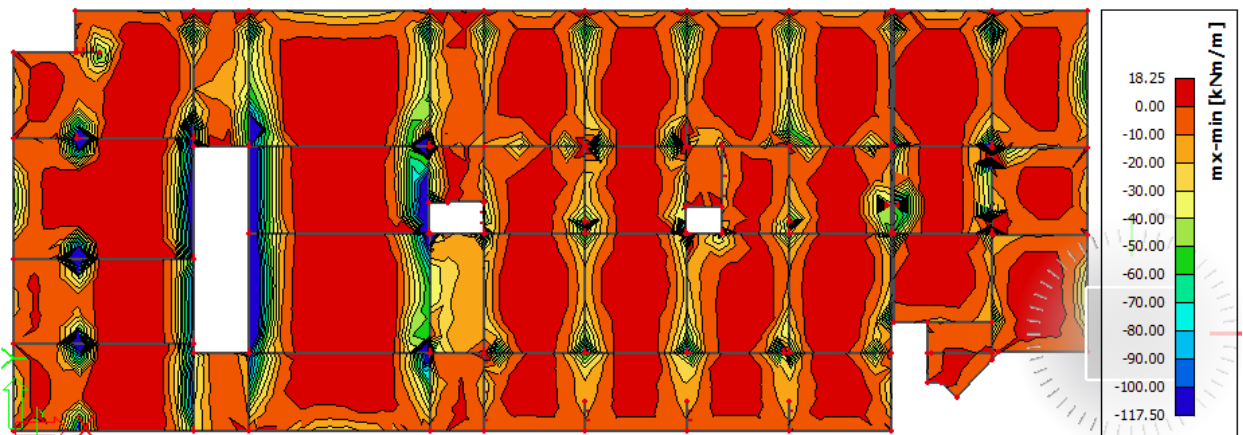
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6689}{0.910 \cdot 17 \cdot 43.48} = 9.94 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 70cm ( $A_s = 10.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

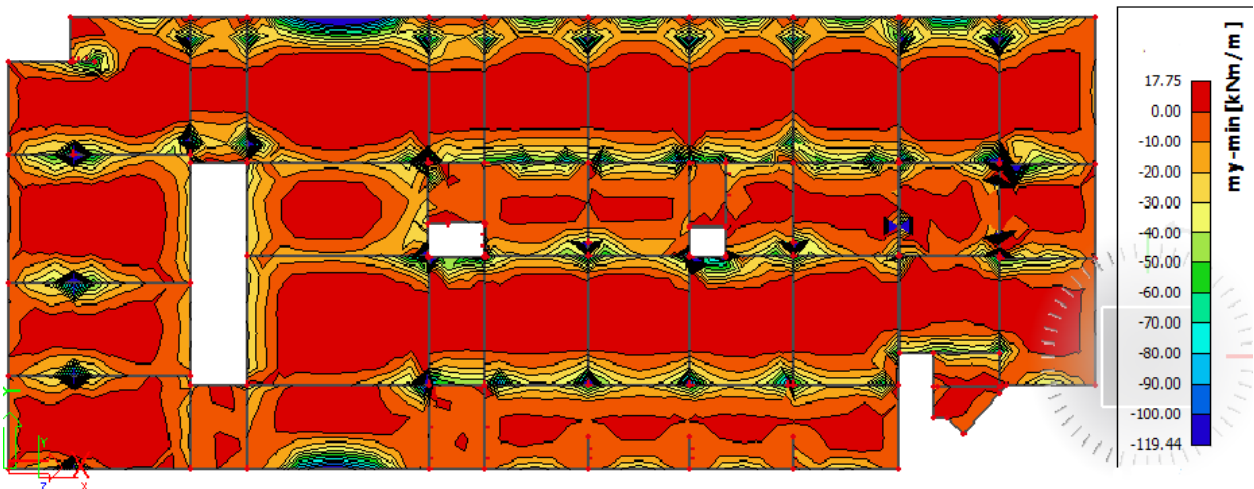
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura (zgrada A i B).

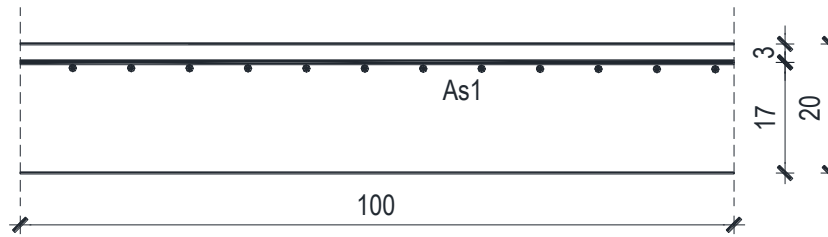
▪ **Proračun na ležaju**

Slika 8.68.  $M_x$



Slika 8.69.  $M_y$



**Proračun u kritičnom presjeku:**

$$M_{Ed} = 119,44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11944}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,7} = 0.243$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 3,5\% \quad \zeta_{lim} = 0.892 \quad \mu_{sd,lim} = 0.159$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

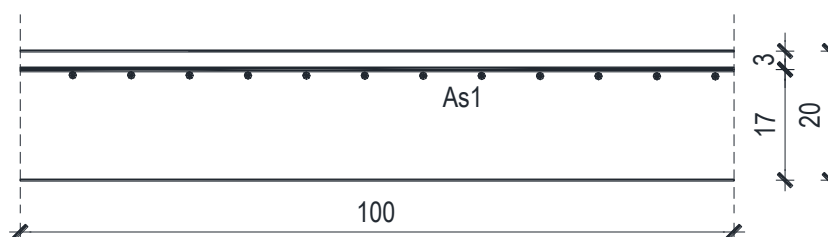
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7812}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{(11944 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 18.63 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R - 785 + 3φ22 (A<sub>s</sub> = 19.25 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(11944 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 6.78 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-785+preklop 70cm iz donje zone**

**Napomena:** Gledajući rezultate možemo primijetiti da se u pojedinim točkama pojavljuju vrijednosti koje nisu mjerodavne zbog toga što računalni program daje rezultate u beskonačno maloj točki, dakle, zapravo se radi o greški MKE. Mjerodavna i realna vrijednost na ležajevima je znatno manja.

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:**

$$M_{Ed} = 68.88 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6888}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,140$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3.0\text{‰} \quad \zeta = 0.907$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6888}{0,907 \cdot 17 \cdot 43,48} = 10.27 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

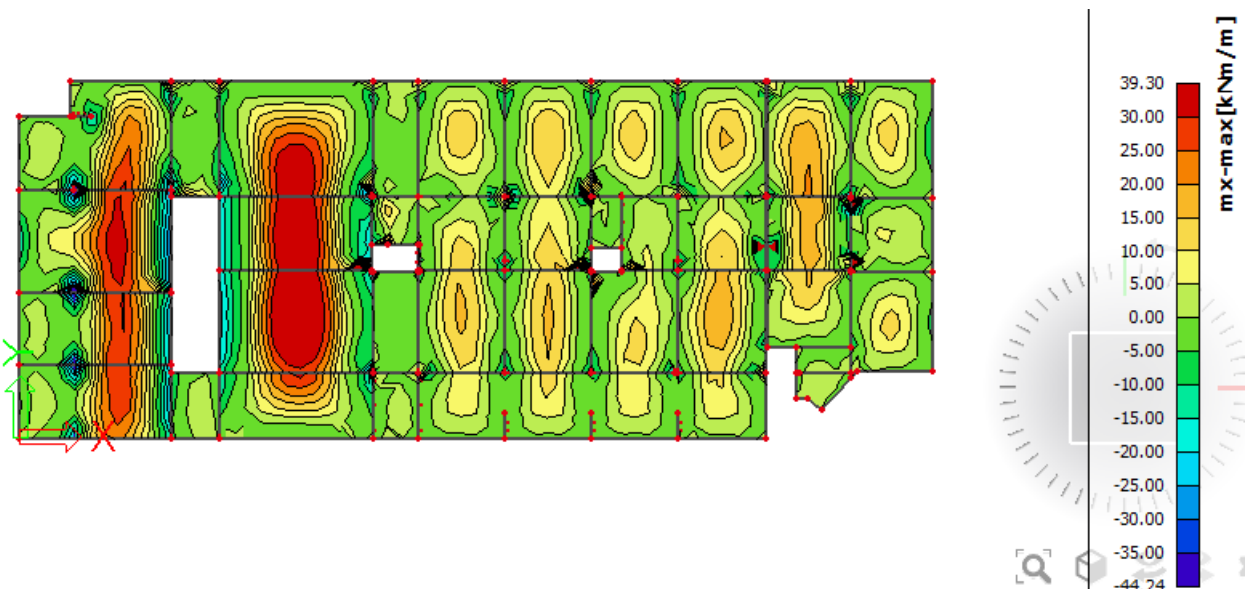
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**

### 8.10.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 39.30 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.70. M-GSU

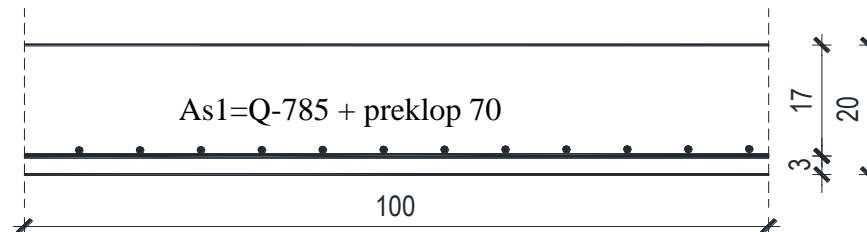
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785 + preklop 70 cm** (A<sub>s1</sub>=10.35 cm<sup>2</sup>/m).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-785 + \text{preklop } 70 \text{ cm} = 10.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 - \text{Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{10.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0138$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

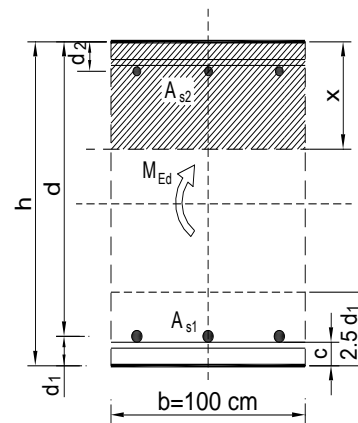
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	10,35 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	39,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	242,99 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4,12 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0138		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000811	$> 0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000729		
$\emptyset =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	191,19 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,155 mm	$<$	$w_g$		

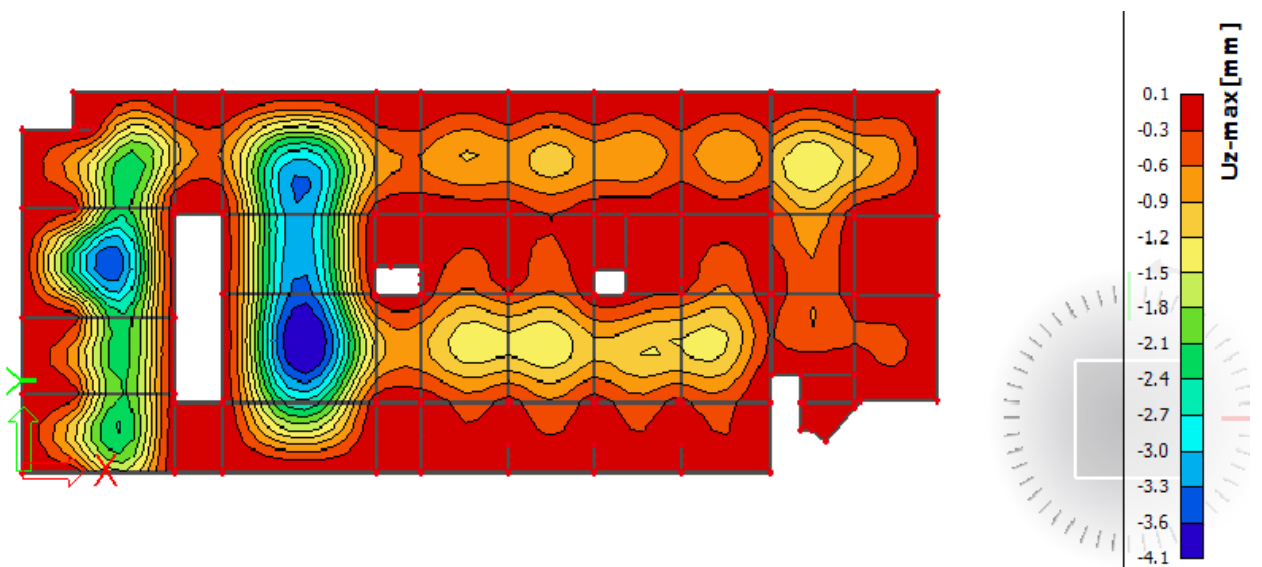


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,155 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.71. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{10950}{250} = 43.8 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

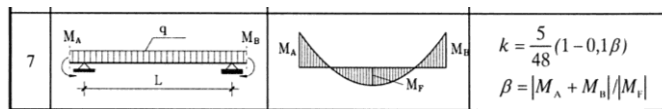
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |19.56 + 7.91| / 39.3 = 0.69$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 0.69) = 0.097$$



$$A_{s1} = 10.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 10.35 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 3271.11 = 69937.78 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{3930}{3100 \cdot 69937.78} = 0.0000181 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 4.12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{ef} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 4.12^3}{12} + (100 \cdot 4.12) \cdot \left(\frac{4.12}{2}\right)^2 + 6.45 \cdot [10.35 \cdot (17-4.12)^2 + 0] \\
 &= 582.79 + 1748.36 + 11074.69 = 13405.84 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{3930}{3100 \cdot 13405.84} = 0.000094 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_s = 242.99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{4.12}{3}\right) \cdot 10.35} = 105.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 105.52 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{105.52}{242.99}\right)^2 = 0.90$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000181 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000094 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.90) \cdot 0.0000181 + 0.90 \cdot 0.000094 = 0.000086 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.089$$

$$L = 1095.0 \text{ cm}$$

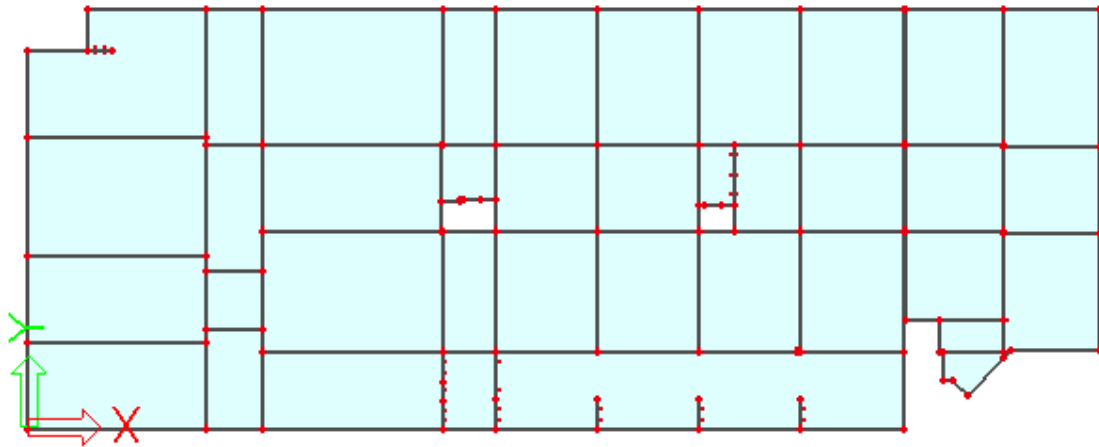
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.097 \cdot 1095.0^2 \cdot 0.000086 = 10.0 \text{ cm} > v_{lim} = 4.38 \text{ cm}$$

**Napomena:** Budući da progibi u promatranom kritičnom dijelu ne zadovoljavaju, pri izvođenju je potrebno izvesti nadvišenje (protuprogib) da bi zadovoljili uvjet dopuštenog progiba.



8.11. Proračun ploče pozicije 100 A/B  $d_{pl}=20$  cm

8.11.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 8.72. Prikaz ploče pozicije 100 A/B

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67$  MPa = 1.7 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$b_{pl} = 100$  cm,  $h_{pl} = 20$  cm

$c_{nom} = 2$  cm (XC1 klasa)

$d_1 = 3$  cm  $d = 17$  cm

$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12$  kNm

$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$

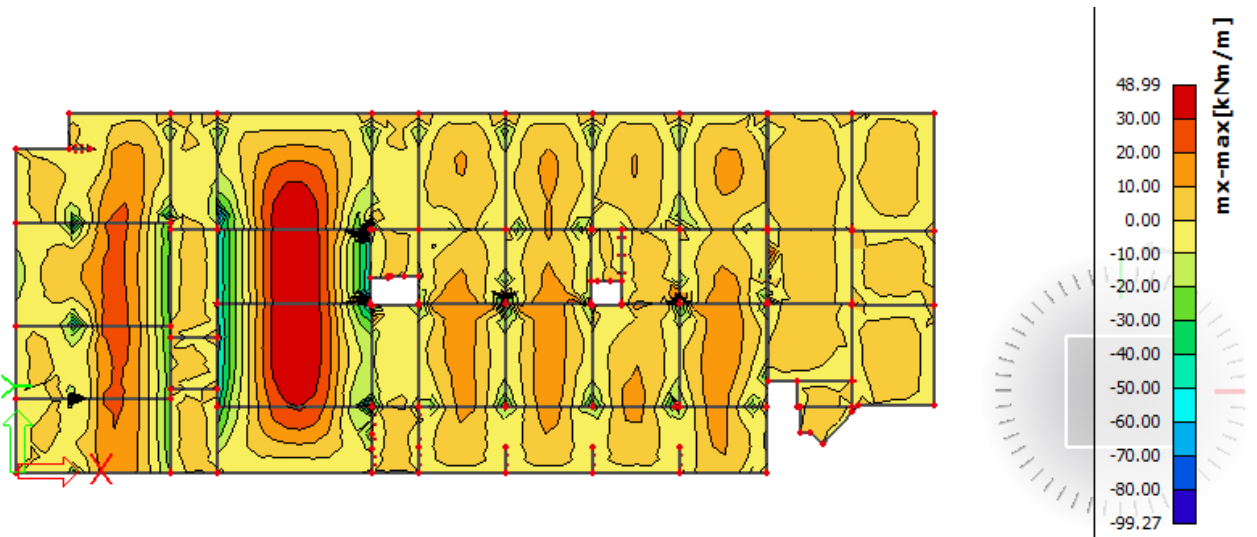
$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0$  cm<sup>2</sup>

$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 20.0$  cm<sup>2</sup>

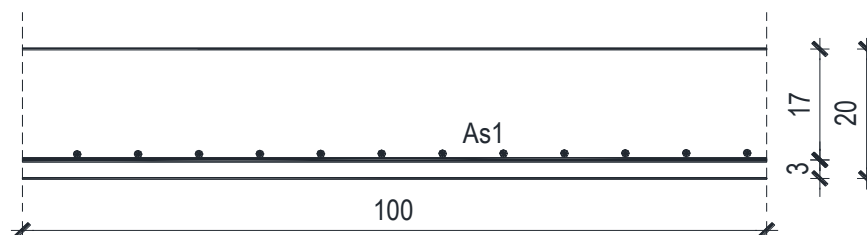
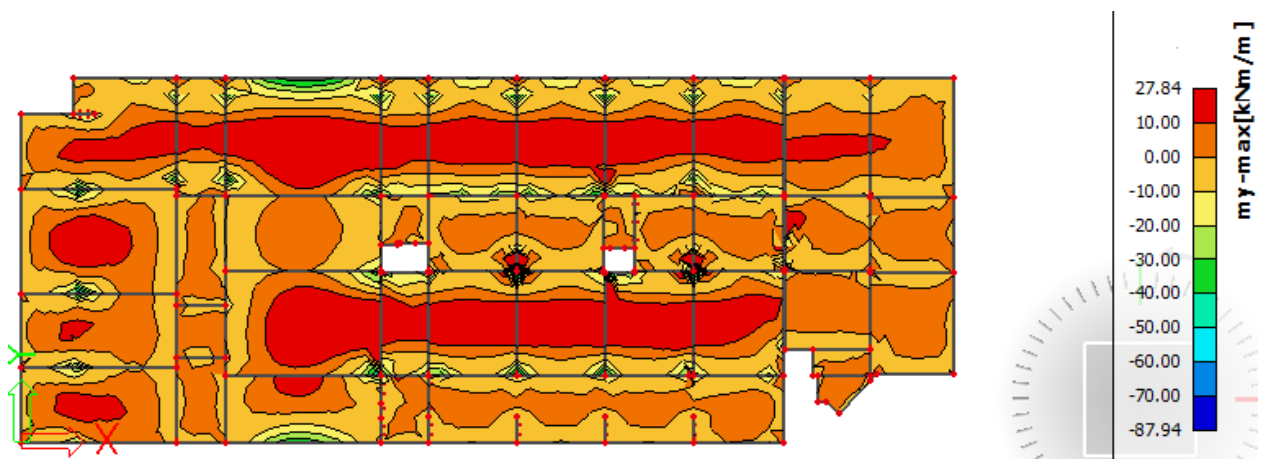
Mreža		Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %	
R/Q	-	283	2,83	78,12	18,65	0,14
R/Q	-	335	3,35	78,12	22,08	0,17
R/Q	-	385	3,85	78,12	25,38	0,19
R/Q	-	424	4,24	78,12	27,95	0,21
R/Q	-	503	5,03	78,12	33,16	0,25
R/Q	-	524	5,24	78,12	34,54	0,26
R/Q	-	636	6,36	78,12	41,93	0,32
R/Q	-	785	7,85	78,12	51,75	0,39

▪ Proračun u polju

Slika 8.73.  $M_x$



Slika 8.74.  $M_y$



$$M_{Ed} = 48.99 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4899}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.0997$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2.2\%$   $\zeta = 0.931$

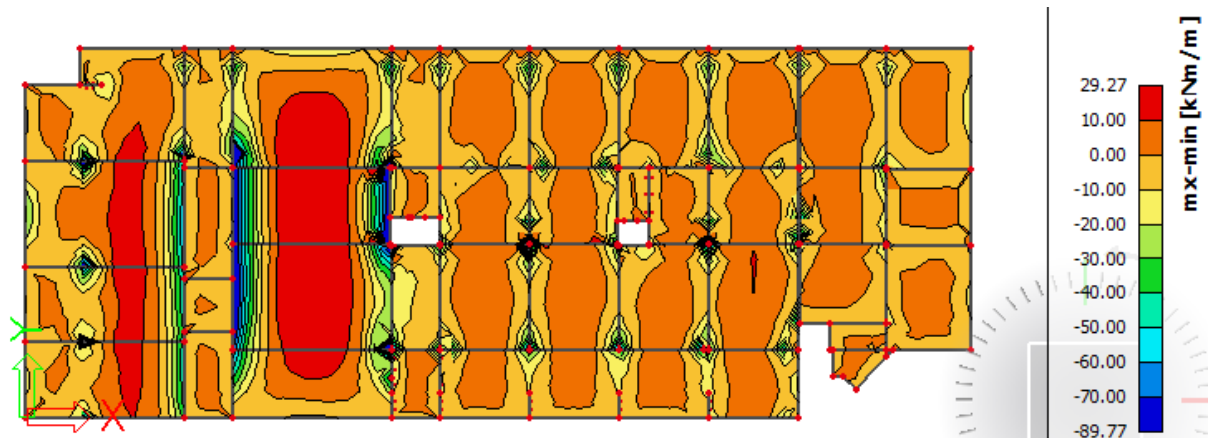
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4899}{0.931 \cdot 17 \cdot 43.48} = 7.12 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA:  $Q - 785$  ( $A_s = 7.85\text{cm}^2/\text{m}'$ )

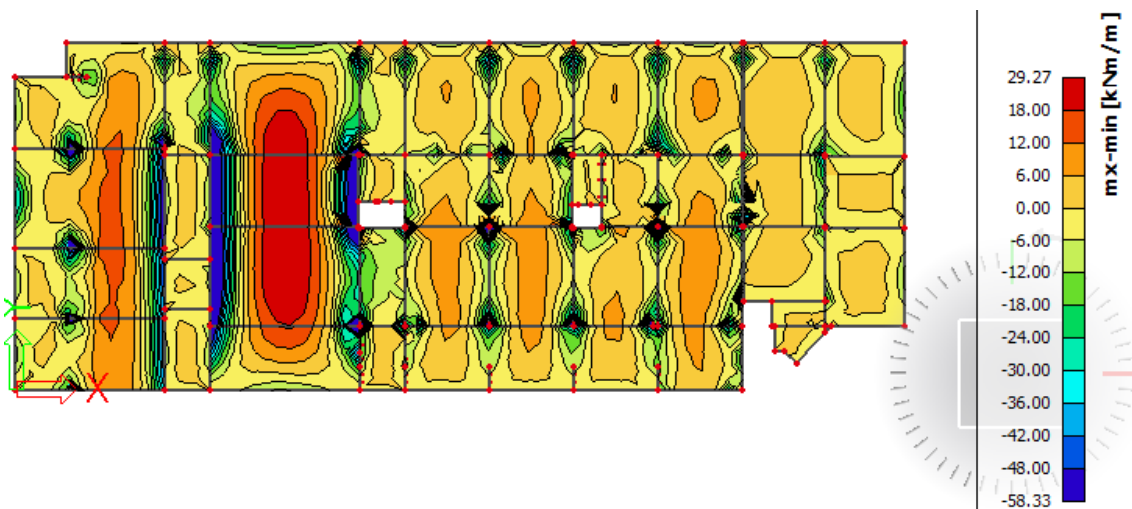
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 A/B svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

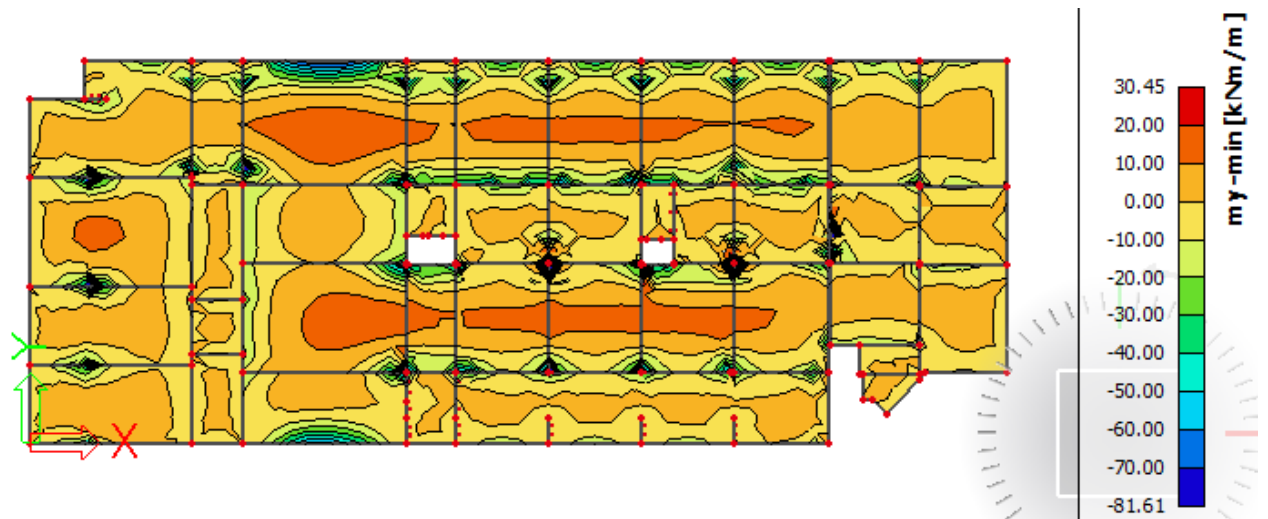
Slika 8.75.  $M_x$  (kritični presjek)



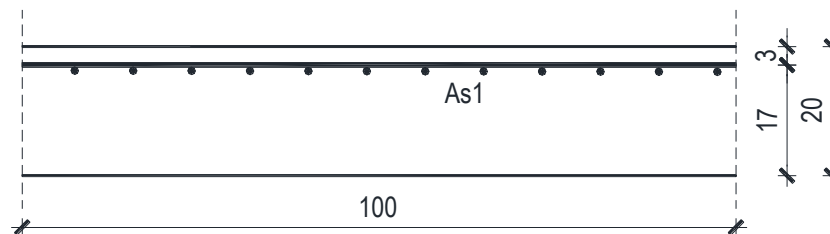
Slika 8.76.  $M_x$



Slika 8.77.  $M_y$



Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 89.77 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8977}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0.183$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 3.5\%$   $\zeta_{lim} = 0.892$   $\mu_{sd,lim} = 0.159$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.7 = 78.12 \text{ kNm}$$

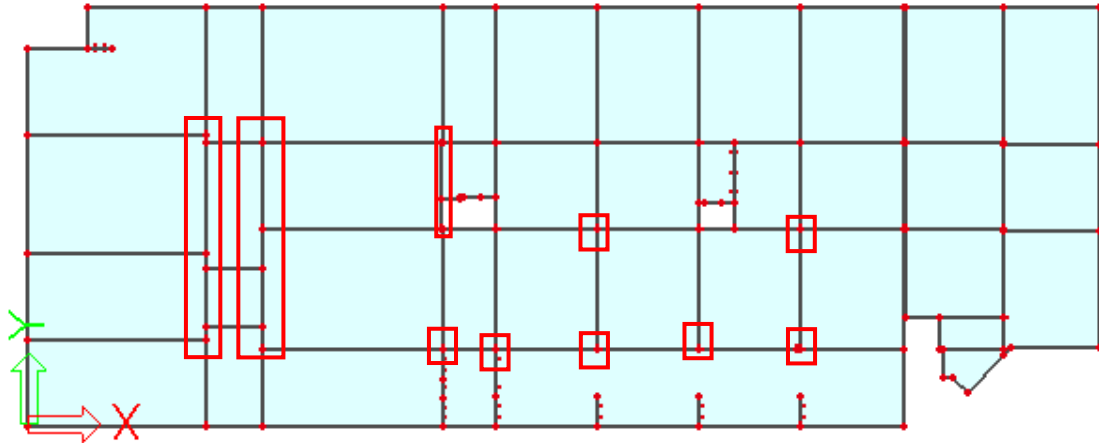
$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7812}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{(8977 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 14.81 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R - 785 + 7φ14 ( $A_s = 18.63 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

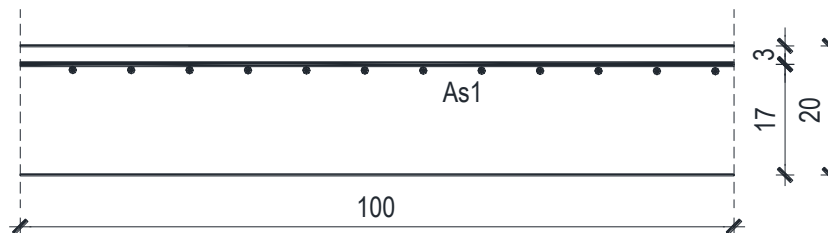
$$A_{s2} = \frac{(M_{Ed} - M_{Rd,lim})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(8977 - 7812)}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 1.91 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q-785 iz donje zone**



**Napomena:** Gledajući rezultate možemo primijetiti da se u pojedinim točkama pojavljuju vrijednosti koje nisu mjerodavne zbog toga što računalni program daje rezultate u beskonačno maloj točki, dakle, zapravo se radi o greški MKE. Mjerodavna i realna vrijednost na ležajevima je znatno manja.

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:**



$$M_{Ed} = 58.33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5833}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.7} = 0,118$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.5\% \quad \zeta = 0.922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5833}{0,922 \cdot 17 \cdot 43,48} = 8.55 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

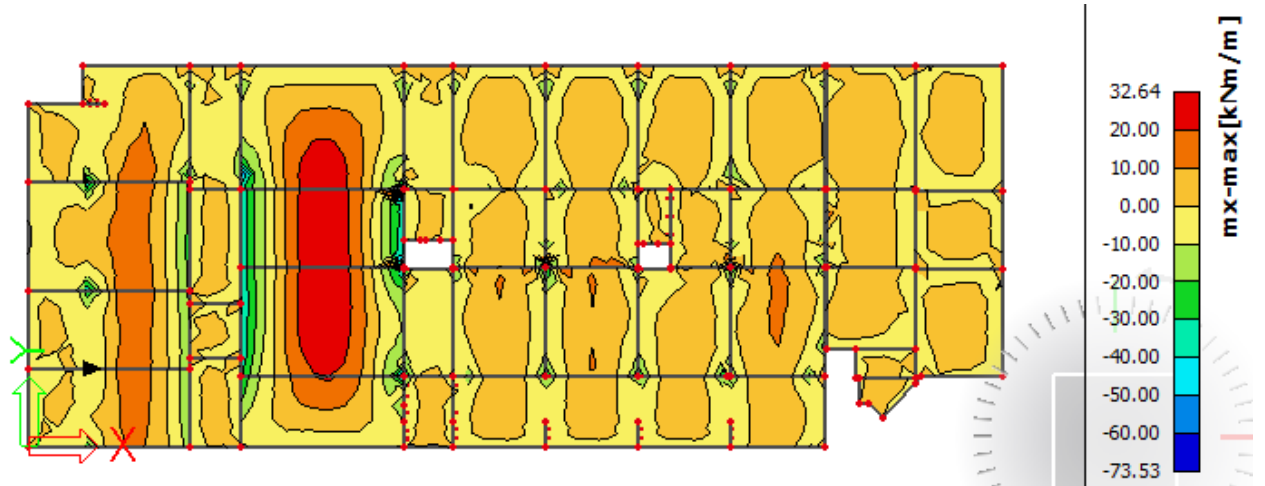
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**

8.11.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 32.64 \text{ kNm/m}$$



Slika 8.78.M-GSU

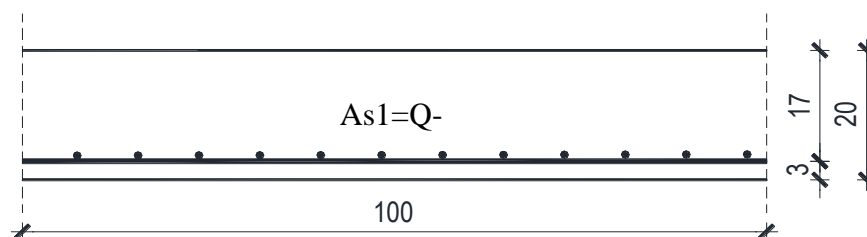
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s}$$

Za C 25/30  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-785 = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31,0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  -Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6.45 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0105$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/100$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

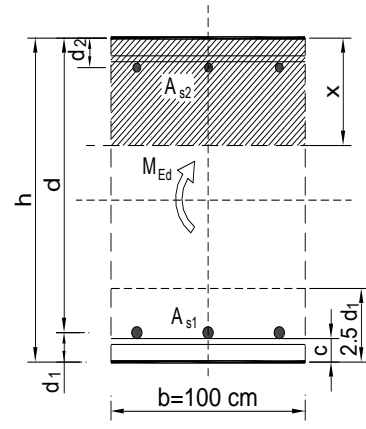
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	25,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,56 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31,40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,37
$M_{Ed} =$	32,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	263,46 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,65 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000794	$>$	$0,6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000790	
$\varnothing =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,183 mm	$<$	$w_g$		

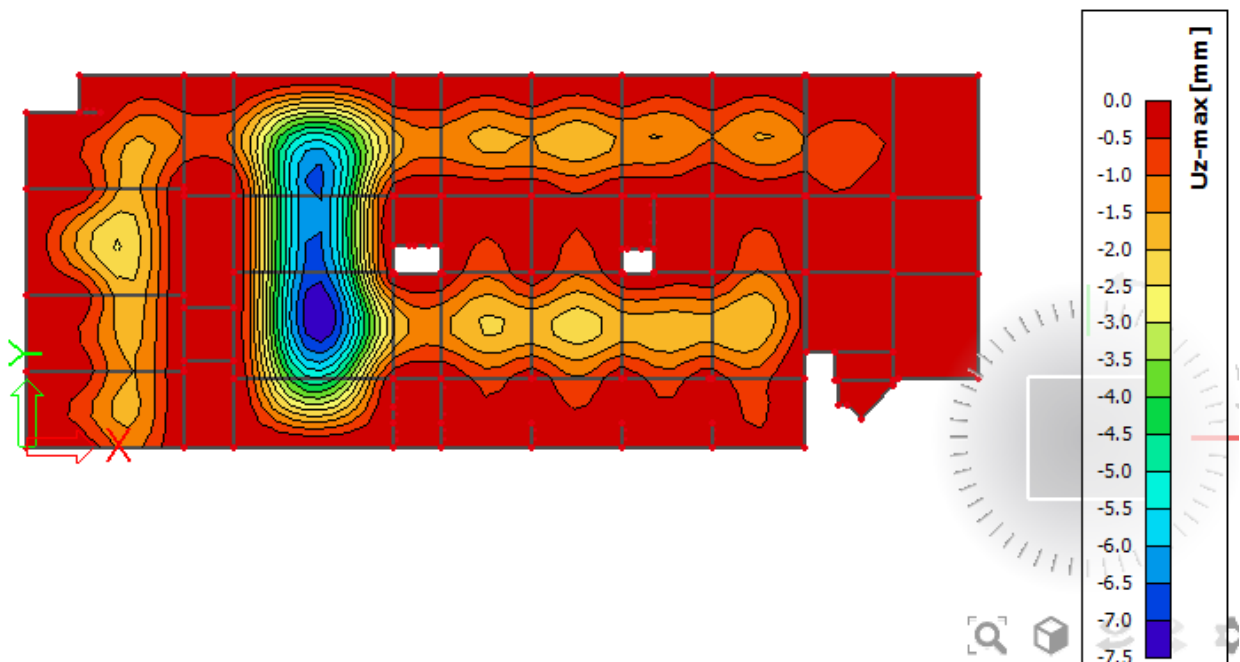


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,183 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 8.79. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:



$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{10950}{250} = 43.8 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30;  $f_{\text{ck}}=25.0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 31000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ct,m}} = 0.3 \cdot (f_{\text{ck}})^{2/3} = 0.3 \cdot (25.0)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

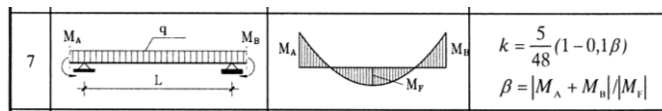
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200.0}{31.0} = 6.45$$

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |38.58 + 73.53| / 28.58 = 3.92$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.92) = 0.063$$



$$A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{\text{el}} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 2480.99 = 69147.66 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 31.0 \text{ GN/m}^2 = 3100.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{3264}{3100 \cdot 69147.66} = 0.0000152 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right)$$

$$x = 3.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 3.65^3}{12} + (100 \cdot 3.65) \cdot \left(\frac{3.65}{2}\right)^2 + 6.45 \cdot [7.85 \cdot (17-3.65)^2 + 0] \\
 &= 405.23 + 1215.68 + 9023.85 = 10644.76 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{3264}{3100 \cdot 10644.76} = 0.0000989 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_s = 263.46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 17066.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.33}{3}\right) \cdot 7.85} = 136.82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 136.82 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{136.82}{263.46}\right)^2 = 0.86$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000152 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.0000989 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.86) \cdot 0.0000152 + 0.86 \cdot 0.0000989 = 0.000087 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.063$$

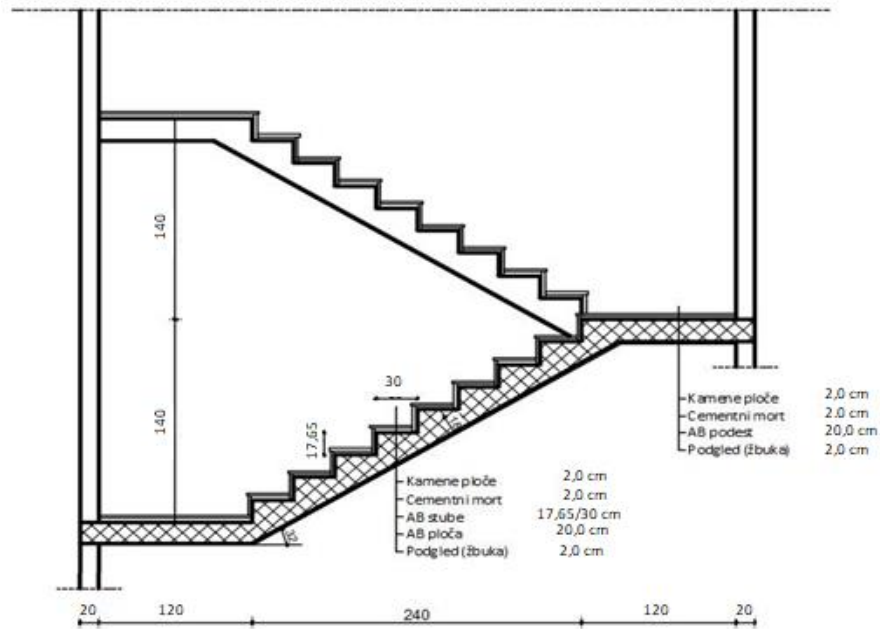
$$L = 530.0 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.063 \cdot 1095.0^2 \cdot 0.000087 = 6.57 \text{ cm} > v_{lim} = 4.38 \text{ cm}$$

**Napomena:** Budući da progibi u promatranom kritičnom dijelu ne zadovoljavaju, pri izvođenju je potrebno izvesti nadvišenje (protuprogib) da bi zadovoljili uvjet dopuštenog progiba.

## 9.0. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

### 9.1. Proračun stubišta S1



Slika 9.1. Presjek stubišta kroz podest i krak

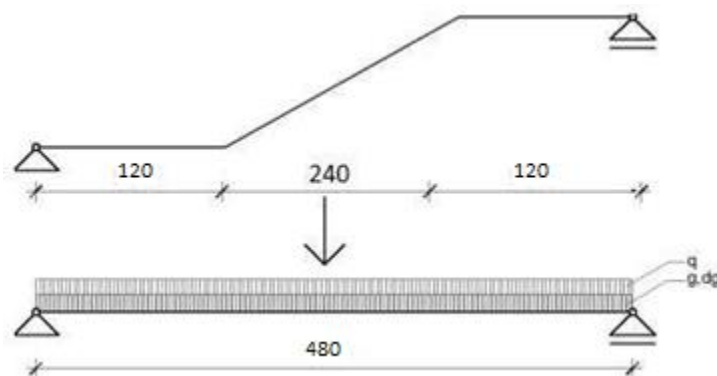
Opterećenja:

-vlastita težina (za potrebe proračuna usvojena je težina stubišnog kraka na cijeloj duljini statičkog sustava):

$$g = 0.1765 \cdot \frac{1}{\cos(32)} \cdot 25.0 = 5.2 \text{ kN/m}^2$$

-dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2.05 \text{ kN/m}^2$

-korisno opterećenje:  $q = 3.0 \text{ kN/m}^2$



Slika 9.2. Prikaz statičkog sustava

$$M_{g+dg} = \frac{(5.2 + 2.05)}{8} \cdot 4.8^2 = 20.88 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{3.0}{8} \cdot 4.8^2 = 8.64 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1.35 \cdot M_{g+dg} + 1.5 \cdot M_q = 1.35 \cdot 20.88 + 1.5 \cdot 8.64 = 41.15 \text{ kNm}$$

Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40,0 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 41,15 \text{ kNm/m}$$

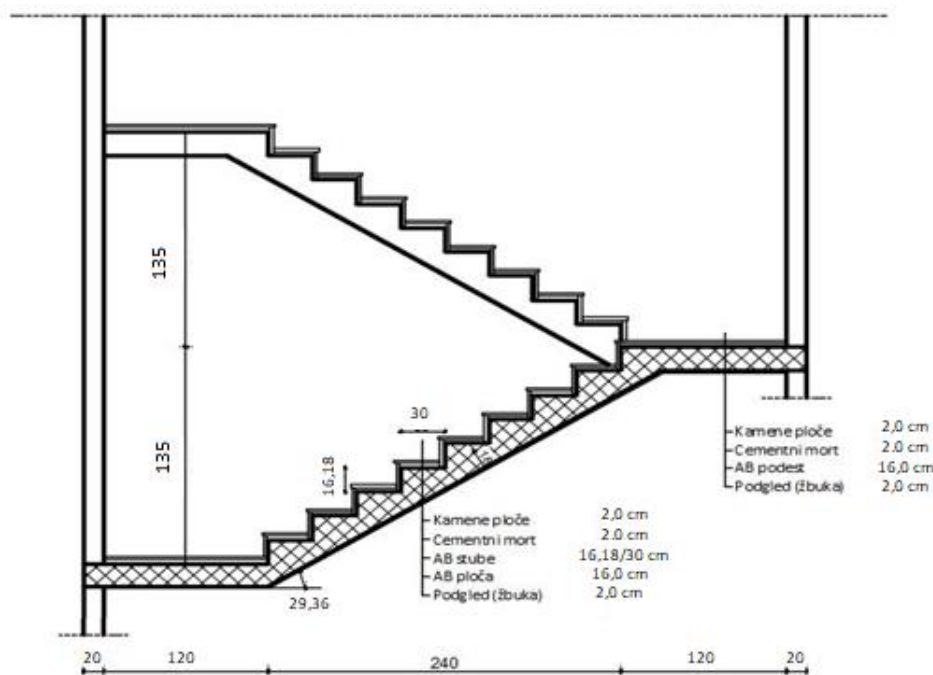
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4115}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,7} = 0,084$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1,9\%$   $\zeta = 0,941$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4115}{0,941 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,91 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### 9.2. Proračun stubišta S2



Slika 9.3. Presjek stubišta kroz podest i krak

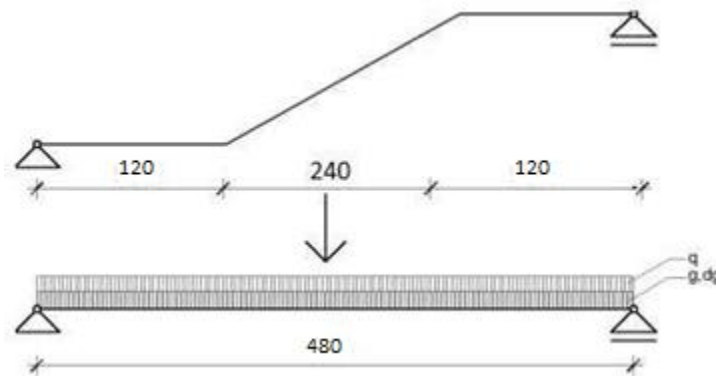
Opterećenja:

-vlastita težina (za potrebe proračuna usvojena je težina stubišnog kraka na cijeloj duljini statičkog sustava):

$$g = 0.1618 \cdot \frac{1}{\cos(29.36)} \cdot 25.0 = 4.64 \text{ kN/m}^2$$

-dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2.05 \text{ kN/m}^2$

-korisno opterećenje:  $q = 3.0 \text{ kN/m}^2$



Slika 9.4. Prikaz statičkog sustava

$$M_{g+dg} = \frac{(4.64 + 2.05)}{8} \cdot 4.8^2 = 19.27 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{3.0}{8} \cdot 4.8^2 = 8.64 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1.35 \cdot M_{g+dg} + 1.5 \cdot M_q = 1.35 \cdot 19.27 + 1.5 \cdot 8.64 = 38.97 \text{ kNm}$$

Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 1.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32.0 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 38.97 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3897}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.7} = 0.136$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.9\% \quad \zeta = 0.910$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3897}{0.910 \cdot 13 \cdot 43.48} = 7.57 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

## 10.0. PRORAČUN ZIDOVA

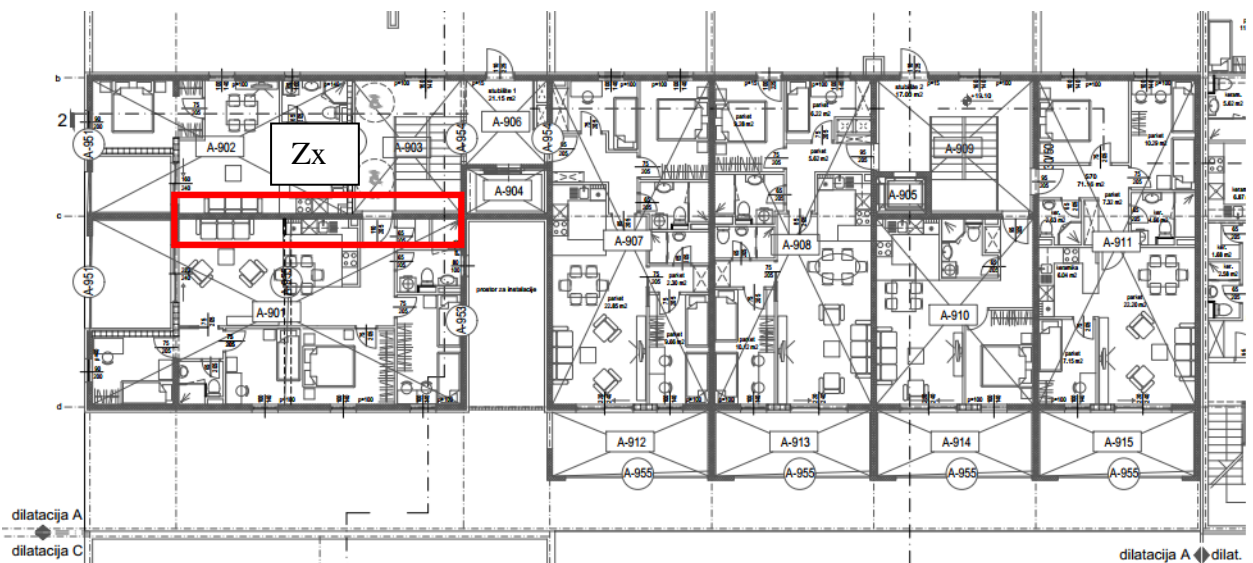
Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za dva karakteristična zida, jedan u smjeru X, a drugi u smjeru Y.

Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 20 cm od betona C25/30, armirani sa B500B te debljinom zaštitnog sloja iznosa 2 cm.

Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile M, N i V.

Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprezanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu SCIA Engineer 19.1.

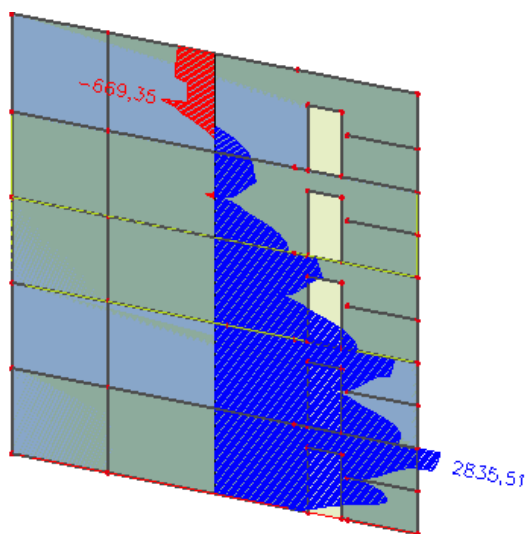
### 10.1. Proračun zida u smjeru X



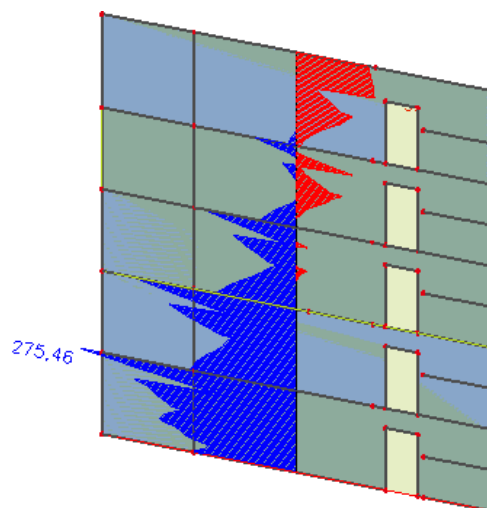
Slika 10.1. Položaj proračunatog zida u smjeru X

**Uobicajena kombinacija:**

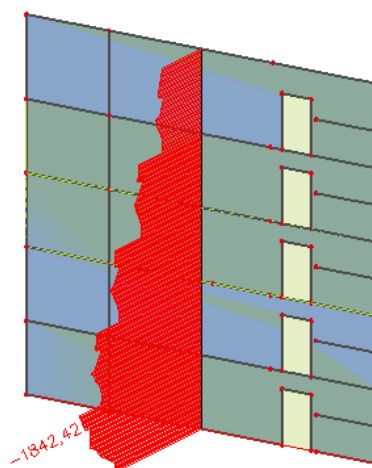
*Slika 10.2. M*



*Slika 10.3. V*



*Slika 10.4. N*



**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Ned(kN)	1842.42
Debljina zida b (cm)	20
Duljina zida l(cm)	1440
fcd(kN/cm <sup>2</sup> )	1.7

$$v_d = 0,0376 < 0,4$$

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m} ; h_s / 20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata  $h_s = 2,7 \text{ m}$  →  $b_{w0} \geq 0,15 \text{ m}$   
 Za debljinu zida od 20 cm → zadovoljava.

**Proračun zida na savijanje**

**Provjera vitkosti zida:**

visina zida $h_w$	1350 cm	$\frac{h_w}{l_w} =$	0.9375	<	2
duljina zida $l_w$	1440 cm				

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja budući da zid nije vitak.

**Geometrijske karakteristike zida:**

<b>Duljina zida <math>l_w</math></b>	1440 cm
<b>Debljina zida <math>b_w</math></b>	20 cm
<b>Visina zida <math>h_w</math></b>	1350 cm
<b>d1</b>	3 cm
<b>d</b>	1437 cm
<b>fcd</b>	1.7 kN/cm <sup>2</sup>
<b>fyd</b>	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
<b>εs1</b>	10 ‰
<b>εs1</b>	10 ‰
<b>εc2</b>	0,4 ‰

**Rezne sile:**

<b>Med</b>	2835.51 kNm
<b>Ned</b>	1842.42 kN
<b>Ved</b>	275.46 kN
<b>fck</b>	25 MPa
<b>fyd</b>	500 MPa

**Jednostruko armiranje**

<b>ω</b>	0,05
<b>ξ</b>	0,038
<b>ϕ</b>	0,987
<b>As1</b>	5,63 cm <sup>2</sup>
<b>As2</b>	0,00 cm <sup>2</sup>



$$\mu_{Ed} = 0,00402$$

### Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min}=0,002A_c$

$A_{sv,min} = 4 \text{ cm}^2/\text{m}$

Odabrano:  $6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$  (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00335$$

#### Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,54$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta$

1 nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 1152 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 10575,36 > 275,46 \quad \text{Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu}$$

#### Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,715$$

$$\alpha_s < 2$$

$$\rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00275$$

$$\rho_{h_{min}} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h_{min}} > 0,001$$

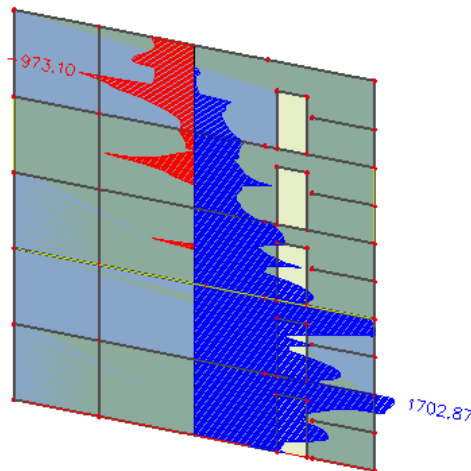
$$\rho_h > 0,00275$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

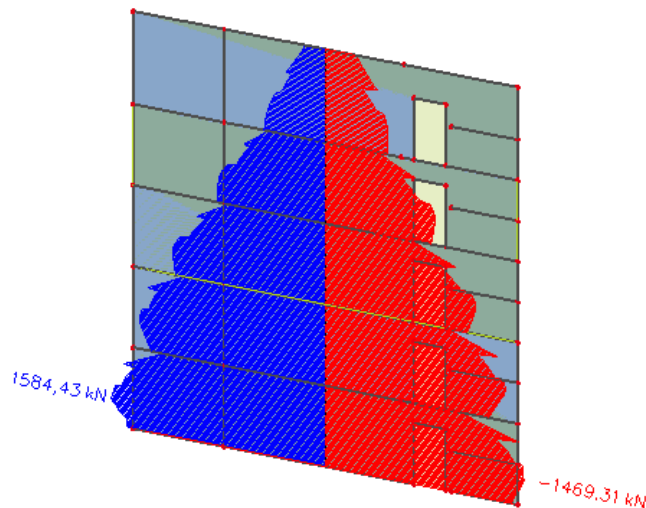
$A_h$  5,5 cm<sup>2</sup>/m Odabrana poprečna armatura zadovoljava.  
 Odabrano: 6,7 cm<sup>2</sup>/m (obostrano) Q335

**Izvanredna kombinacija:**

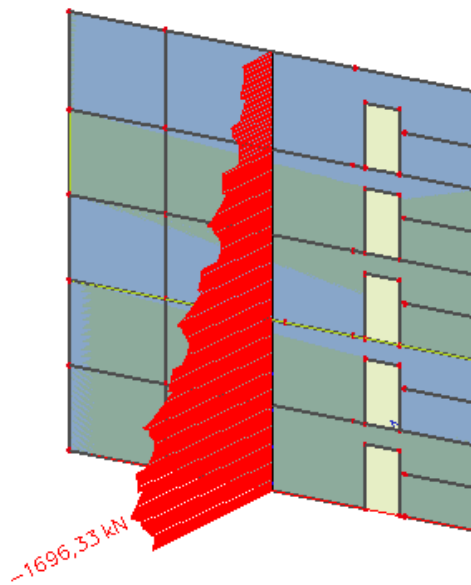
Slika 10.5. **M**



Slika 10.6. **V**



Slika 10.7.N



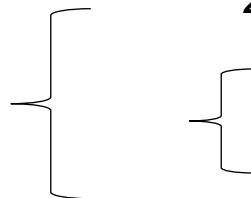
**Izračun visine kritičnog područja**

<b>n</b>	<b>6</b>	Broj katova
<b>Hw</b>	1786 cm	Ukupna visina zgrade
<b>hs</b>	270 cm	Svijetla visina kata
<b>lw</b>	1440 cm	Duljina zida

1)  $h_{cr} = \max(lw ; Hw/6)$  **1440 cm**

**2lw** **2880 cm**

2)  $h_{cr} \leq$



**hs** 270 cm za  $n \leq 6$  katova  
**2 hs** 540 cm za  $n \geq 7$  katova

**hcr = 270 cm**

**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

Ned(kN)	1696,33
Debljina zida b (cm)	20
Duljina zida l(cm)	1440

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	1,7
--------------------------------	-----

$v_d$  0,0346 < 0,4

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 m ; h_s / 20)$$

Debljina hrtpa

Svjetla visina kata

 $h_s$ 

2,7 m

$$\rightarrow b_{w0} \geq 0,15 m$$

za debljinu zida od 20 cm  
zadovoljava.

## Proračun zida na savijanje

### Provjera vitkosti zida:

visina zida  $h_w$  1350 cm

$$\frac{h_w}{l_w} =$$

1,07 &lt; 2

duljina zida  $l_w$  1440 cm

**Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnica  
momenata savijanja budući zid nije vitak.**

### Geometrijske karakteristike zida:

Duljina zida $l_w$	1440 cm
Debljina zida $b_w$	20 cm
Visina zida $h_w$	1350 cm
$d_1$	3 cm
$d$	1437 cm
$f_{cd}$	1,7 kN/cm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$\epsilon_{c2}$	0,4 ‰
$\mu_{Ed}$	0,0024

### Rezne sile:

Med	1702,87 kNm
Ned	1696,33 kN
Ved	1584,43 kN
$f_{ck}$	25 MPa
$f_{yd}$	500 MPa

### Jednostruko armiranje

$\omega$	0,05
$\xi$	0,057
$\zeta$	0,981
As1	5,63 cm <sup>2</sup>
As2	0,00 cm <sup>2</sup>

## Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sv,min}=0,002A_c$$

 $A_{sv,min}$  4 cm<sup>2</sup>/m

 Odabrano: 6,7 cm<sup>2</sup>/m (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c}$$

0,00335

### Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_{1, \alpha_{cw}} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,54$$

za konstrukcije koje nisu prednapete

$$tg\theta = 1 \quad \text{nagib tlačnih štapova prema vertikali}$$

$$V_{Rd,max} = 10575,36 > 1584,43 \text{ kN} \quad \text{Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu.}$$

**Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,0746$$

$$\alpha_s < 2 \quad \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,001582$$

$$\rho_{h,min} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h,min} > 0,001$$

$$\rho_h > 0,001582$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

$A_h = 3,164 \text{ cm}^2/\text{m}$       Odabrana poprečna armatura zadovoljava

Odabrano:  $6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$       (obostrano) Q335

**Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!**

**Detaljiranje lokalne duktilnosti**

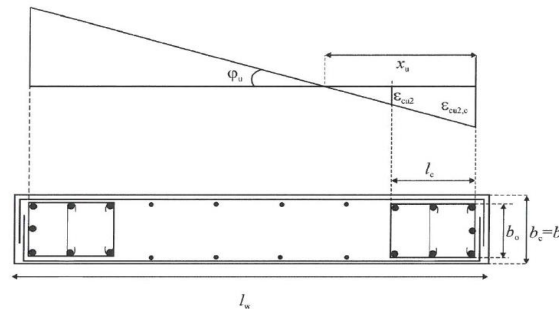
Pretpostavljene vrijednosti:

Debljina zaštitnog sloja: 2 cm

Promjer vilice:  $\Phi$  1 cm

**b<sub>0</sub>**      širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

- b<sub>c</sub>** bruto širina ovijene jezgre
- x<sub>u</sub>** visina neutralne osi
- ε<sub>cu2</sub>** granična deformacija neovijenog betona
- ε<sub>cu2,c</sub>** granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0,0035
- α** faktor učinkovitosti ovijanja
- ω<sub>wd</sub>** mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



$$b_0 = b_c - 2 \cdot d_{zs} - 2 \cdot \varphi / 2 = 15 \text{ cm}$$

$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} =$$

0,00335 Asv-ukupna površina vertikalne armature u hrptu zida

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} =$$

0,0857 ω<sub>v</sub>-mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

T1	0,249
----	-------

Tc	0,4
----	-----

q0	3
----	---

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \text{Ako je } T1 > \text{ od } Tc$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \quad \text{Ako je } T1 < Tc$$

$$\mu_\varphi = 7,426$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0,002174$$

$$\begin{aligned} \alpha \cdot \omega_{vd} &= 0,0518 \\ \varepsilon_{cu2,c} &= 0,00868 \\ \bar{x}_u &= 230,98 \text{ cm} \\ h_0 &= 137,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

$l_c$  duljina ovijenog rubnog elementa

$$l_c \geq \{0,15l_w ; 1,50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$\begin{aligned} 0,15l_w &= \\ 1,50b_w &= 216,0 \text{ cm} \\ &= 30,0 \text{ cm} \\ h_0 &= 137,84 \text{ cm} \end{aligned} \quad \mathbf{l_c = 216,0 \text{ cm}}$$

**Odabrana duljina rubnog elementa:** 250 cm  
**Odabrana armatura** 40,04 cm<sup>2</sup> (26φ14) Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje.

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0,5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 27,0 \text{ cm}^2 \\ A_{s,max} &= 4,0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 216 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad \text{Odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne armature.}$$

### Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Najmanji promjer spona je Φ6 mm

Odabrani promjer spona: 1 cm As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura:

promjer 14 mm

$d_{bl}$ - najmanji promjer između odabranih šipki 1,4 cm

Razmak spona  $s_w \leq (8 \cdot d_{bl} ; \frac{b_0}{2} ; 175 \text{ mm})$  10 cm

Odabrani razmak spona: 10 cm

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,0518$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \rightarrow \text{faktor učinkovitosti ovijanja} \quad \alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}$$

$\alpha_n, \alpha_s \rightarrow$  gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 0,689$$

$$\alpha_s = 0,723$$

$$\alpha = 0,498$$

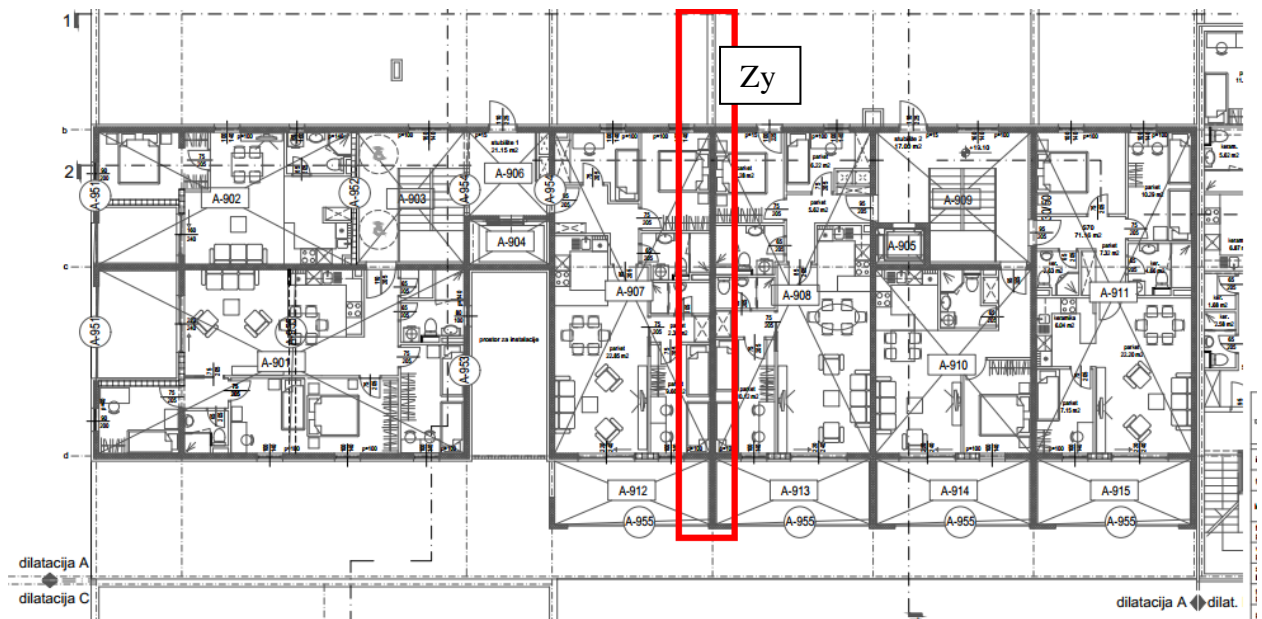
$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 0,0518 \quad \rightarrow \quad \omega_{wd} \geq 0,104 > 0,08$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan.

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0,553 > 0,104$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan.

### 10.2. Proračun zida u smjeru Y

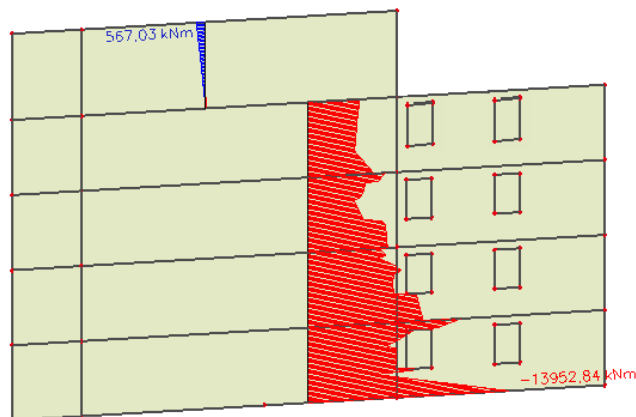


Slika 10.8. Prikaz položaja proračunatog zida u smjeru Y

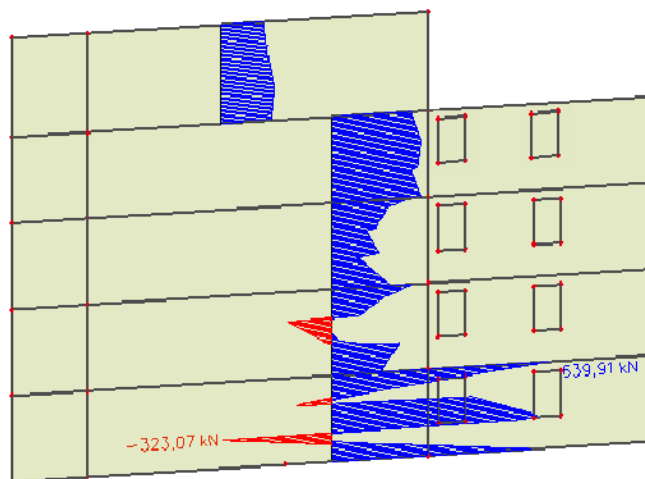


**Uobičajena kombinacija:**

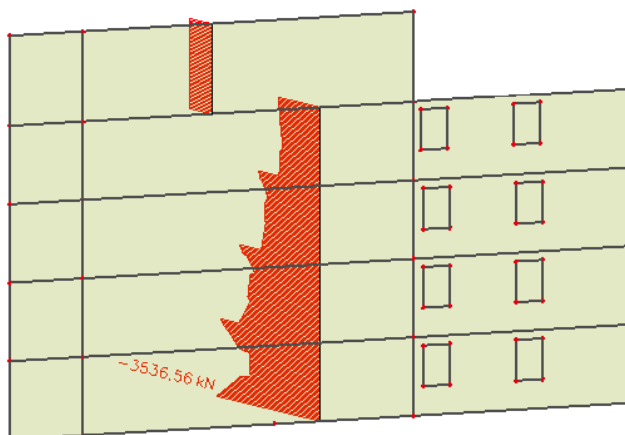
*Slika 10.9.M*



*Slika 10.10.V*



*Slika 10.11.N*



**Ograničenje normalizirane uzdužne sile:**

N<sub>ed</sub>(kN)                      3536,56  
 Debljina zida b (cm)        20

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Duljina zida  $l$ (cm) 2555  
 $f_{cd}$ (kN/cm<sup>2</sup>) 1,7

$$v_d = 0,0407 < 0,4$$

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

Debljina hrpta  $b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m} ; h_s / 20)$

Svijetla visina kata  $h_s = 2,7 \text{ m} \rightarrow b_{w0} \geq 0,15 \text{ m}$

Za debljinu zida iznosa 20cm  $\rightarrow$  uvjet je zadovoljen.

**Proračun zida na savijanje**

**Provjera vitkosti zida:**

visina zida  $h_w = 1350 \text{ cm}$   
 $\frac{h_w}{l_w} = 0,528 < 2$   
 duljina zida  $l_w = 2555 \text{ cm}$

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja budući zid nije vitak.

**Geometrijske karakteristike zida:**

Duljina zida  $l_w = 2555 \text{ cm}$   
 Debljina zida  $b_w = 20 \text{ cm}$   
 Visina zida  $h_w = 1350 \text{ cm}$   
 $d_1 = 3 \text{ cm}$   
 $d = 2552 \text{ cm}$   
 $f_{cd} = 1,7 \text{ kN/cm}^2$   
 $f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$   
 $\epsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}$   
 $\epsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰}$   
 $\mu_{Ed} = 0,006$

**Rezne sile:**

Med 13952,8 kNm  
 Ned 3536,56 kN  
 Ved 639,91 kN  
 $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$   
 $f_{yd} = 500 \text{ MPa}$

**Jednostruko armiranje**

$\omega = 0,05$   
 $\xi = 0,048$   
 $\zeta = 0,984$   
 $As_1 = 3,91 \text{ cm}^2$   
 $As_2 = 0,00 \text{ cm}^2$

**Proračun zida na poprečnu silu**

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sv,min} = 0,002A_c$$

$A_{sv,min} = 4 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Odabrano:  $6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$  (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00335$$

**Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,54$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 2044 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 18763,92 > 639,91 \quad \text{Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu.}$$

**Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,8534$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00036$$

$$\rho_{h,min} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_h > 0,001$$

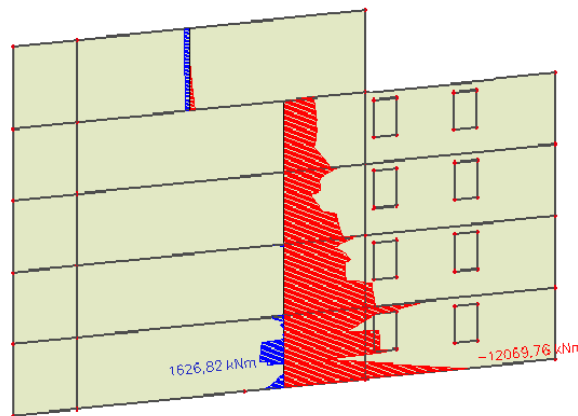
$$\rho_{h_{min}} > 0,001$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

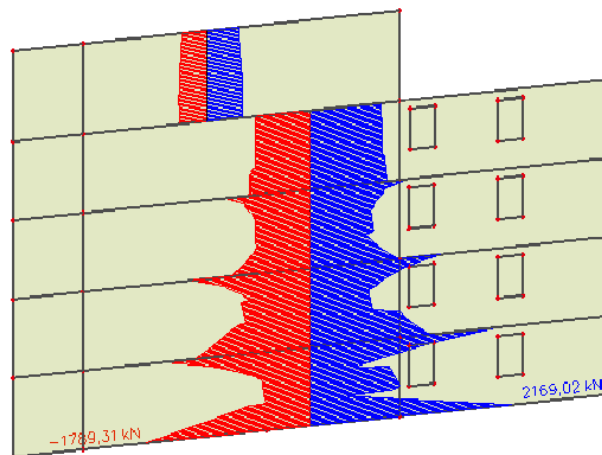
A <sub>h</sub>	2,5 cm <sup>2</sup> /m	Odabrana poprečna armatura zadovoljava
Odabrano:	6,7 cm <sup>2</sup> /m	(obostrano) Q335

**Izvanredna kombinacija:**

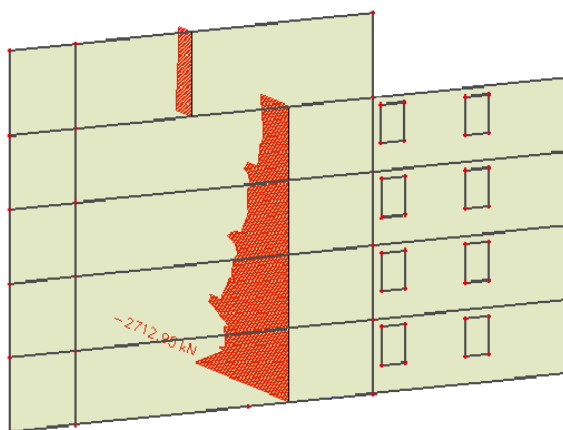
Slika 10.12. **M**



Slika 10.13. **V**



Slika 10.14.N



**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Ned(kN)	2712,90
Debljina zida b (cm)	20
Duljina zida l(cm)	2555
fcd(kN/cm2)	1,7

$v_d$                       0,0312                      <                      0,4

Ograničenje normalizirane uzdužne sile za DCM zadovoljava!

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m} ; h_s / 20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata  $h_s$                       2,7 m                      →                       $b_{w0} \geq$                       0,15 m

Za debljinu zida 20cm ovaj uvjet je zadovoljen.

**Proračun zida na savijanje**

**Provjera vitkosti zida:**

visina zida  $h_w$                       1350 cm

$$\frac{h_w}{l_w} =$$

0,528 < 2

duljina zida  $l_w$                       2555 cm

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnicu momenata savijanja budući zid nije vitak.

**Geometrijske karakteristike zida:**

<b>Duljina zida <math>l_w</math></b>	2555	cm
<b>Debljina zida <math>b_w</math></b>	20	cm
<b>Visina zida <math>h_w</math></b>	1350	cm
<b><math>d_1</math></b>	3	cm
<b><math>d</math></b>	2552	cm
<b><math>f_{cd}</math></b>	1,7	kN/cm <sup>2</sup>
<b><math>f_{yd}</math></b>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
<b><math>\epsilon_{s1}</math></b>	10	‰
<b><math>\epsilon_{s1}</math></b>	10	‰
<b><math>\epsilon_{c2}</math></b>	0,4	‰
<b><math>\mu_{Ed}</math></b>	0,0054	

**Rezne sile:**

<b>Med</b>	12069,76	kNm
<b>Ned</b>	2712,90	kN
<b>Ved</b>	2169,02	kN
<b><math>f_{ck}</math></b>	25	Mpa
<b><math>f_{yd}</math></b>	500	MPa

**Jednostruko armiranje**

<b><math>\omega</math></b>	0,05
<b><math>\xi</math></b>	0,038
<b><math>\zeta</math></b>	0,987
<b><math>As_1</math></b>	3,91 cm <sup>2</sup>
<b><math>As_2</math></b>	0,00 cm <sup>2</sup>

**Proračun zida na poprečnu silu**

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$A_{sv,min}$	4	cm <sup>2</sup> /m
Odabrano:	6,7	cm <sup>2</sup> /m (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00335$$

**Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,54$$

 $\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete $tg\theta$ 

1 nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 2044 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 18763,92 > 2169,02$$

**Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,2178$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00122$$

$$\rho_{h_{min}} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h_{min}} > 0,001$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

$A_h$	2,44	cm <sup>2</sup> /m	Odabrana arm. zadovoljava
Odabrano:		6,7 cm <sup>2</sup> /m	(obostrano) Q335

**Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!**

**Detaljiranje lokalne duktilnosti**

Pretpostavljene vrijednosti:

Debljina zaštitnog sloja:		2 cm
Promjer vilice:	Φ	1 cm

- b<sub>0</sub>**      širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)
- b<sub>c</sub>**      bruto širina ovijene jezgre
- x<sub>u</sub>**      visina neutralne osi
- ε<sub>cu2</sub>**      granična deformacija neovijenog betona
- ε<sub>cu2,c</sub>**      granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0,0035
- α**        faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

$$b_0 = b_c - 2 \cdot d_{zs} - 2 \cdot \varphi / 2 = 15 \text{ cm}$$

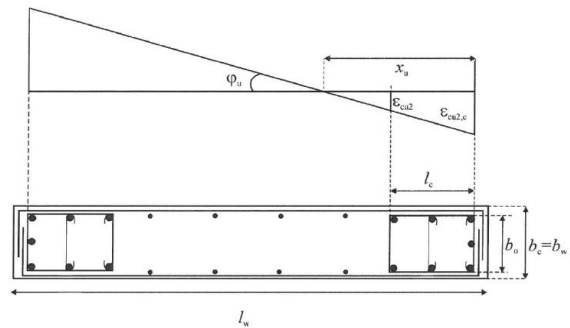
$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00335 \text{ Asv-ukupna površina vertikalne armature u hrptu zida}$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,0857 \quad \omega_v\text{-mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$



$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$T1 = 0,249$$

$$Tc = 0,4$$

$$q_0 = 3$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \text{ako je } T1 > Tc$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{Tc}{T1} \quad \text{ako je } T1 < Tc$$

koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_\varphi = 7,426$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0,002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,0405$$



$$\begin{aligned} \varepsilon_{cu2,c} &= 0,00755 \\ x_u &= 291,98 \text{ cm} \\ h_0 &= 156,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$l_c$  duljina ovijenog rubnog elementa

$$l_c \geq \{0,15l_w ; 1,50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$\begin{aligned} 0,15l_w &= 383,25 \text{ cm} \\ 1,50b_w &= 30,0 \text{ cm} \\ h_0 &= 156,63 \text{ cm} \end{aligned} \quad l_c = 383,25 \text{ cm}$$

**Odabrana duljina rubnog elementa:**

400

**Odabrana armatura :** 27,7 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,min} = 0,5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 15,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4,0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 125,30 \text{ cm}^2$$

zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

### Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Najmanji promjer spona je  $\Phi 6$  mm

Odabrani promjer vanjskih spona: 1 As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrani promjer unutarnjih spona: 1 As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura:

promjer 14 mm

$d_{bl}$  - najmanji promjer između odabranih šipki 1,4 cm

Razmak spona  $s_w \leq (8 \cdot d_{bl} ; \frac{b_0}{2} ; 175 \text{ mm})$  10 cm

Odabrani razmak spona: 10 cm

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,0405 \quad \alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \rightarrow \text{faktor učinkovitosti ovijanja}$$

$\alpha_n, \alpha_s \rightarrow$  gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$b_i$  – razmak između susjednih obuhvaćenih šipki

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}$$

$$\begin{aligned} \alpha_n &= 0,693 \\ \alpha_s &= 0,645 \\ \alpha &= 0,447 \\ \alpha \cdot \omega_{wd} &\geq 0,0405 \quad \rightarrow \quad \omega_{wd} \geq 0,91 > 0,08 \end{aligned}$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

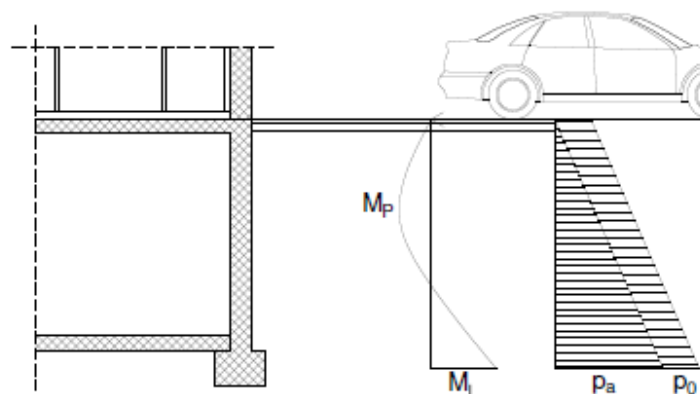
$$\alpha \cdot \omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0,921 > 0,91$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan.

**Napomena:** Možemo primjetiti da za oba smjera zida dobivamo veliku armaturu. Zid je debljine tek 20cm, pa kad oduzmemo debljinu zaštitnog sloja, mreže, spona i šipki, i to i s jedne i s druge strane, u sredin nam ostaje malo prostora za ugradnju betona. U ovakvim situacijama potrebno je zatražiti nešto deblji zid, primjerice samo za prve dvije etaže, a na višim etažama ionako dolazi do smanjenja reznih sila pa je i potrebna armatura manja.

## 11.0. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE

Obodni zidovi garaže (podruma 2 i podruma 1) opterećeni su dodatno i aktivnim tlakom tla. Oni uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji imaju još i ulogu potpornog zida koji omeđuje cijelu građevinu na podzemnoj etaži. Dodatni tlak vode se na uzima u obzir budući da je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 11.1 Prikaz opterećenja na obodni zid garaže

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tлом računamo kao :  $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

$K_0 = 0,4$  – koeficijent tlaka mirovanja

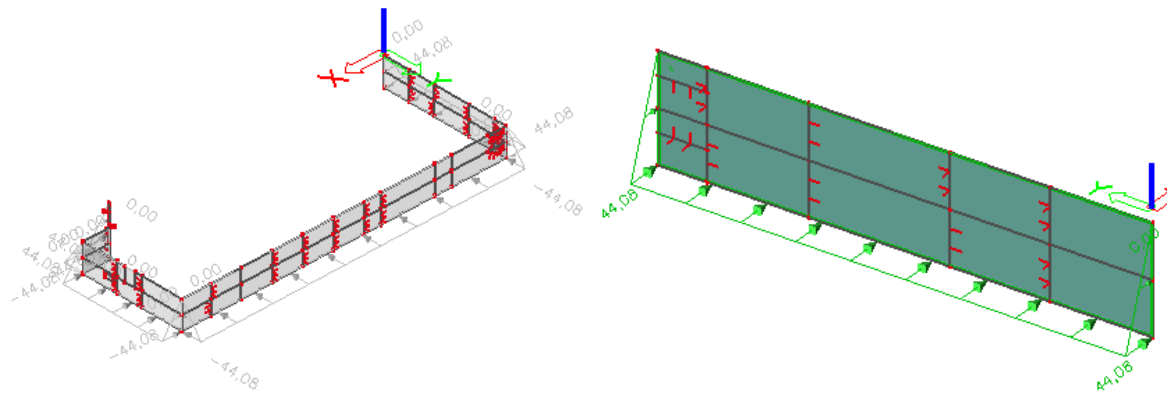
$$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H - \text{vertikalno naprezanje u tlu}$$

$$\gamma_{tla} = 19 \frac{kN}{m^3} - \text{jedinična težina tla za slojeve lapora slične vapnencu}$$

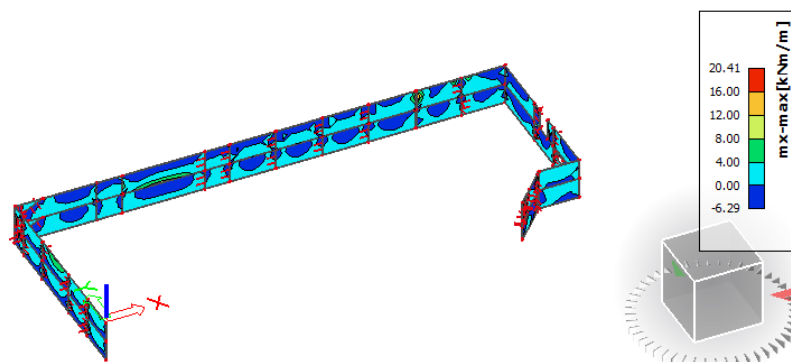
$$H = 5,8m - \text{visina zida ispod tla}$$

$$p_a = 19 \cdot 5,8 \cdot 0,4 = 44,08 \frac{kN}{m^2}$$

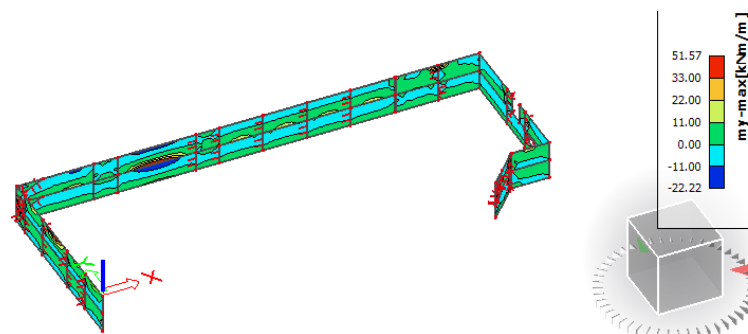
**Napomena:** vidljivo je da je izostavljen jedan dio obodnog zida, naime, ne radi se o greški, nego se na tom mjestu nastavlja dilatacija zgrade D/C, pa na tom mjestu nemamo djelovanje od težine tla.



Slika 11.2. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže (podrum2 i podrum1) u modelu



Slika 11.3.  $M_x$



Slika 11.4.  $M_y$

11.1. Proračun armature za unutarnju stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 1,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 34 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 51.57 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5157}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,089$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.0\% \quad \zeta = 0.938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5157}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7.44 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

11.2. Proračun armature za vanjsku stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 1,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 34 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 22.22 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2222}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,038$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.2\% \quad \zeta = 0.962$$

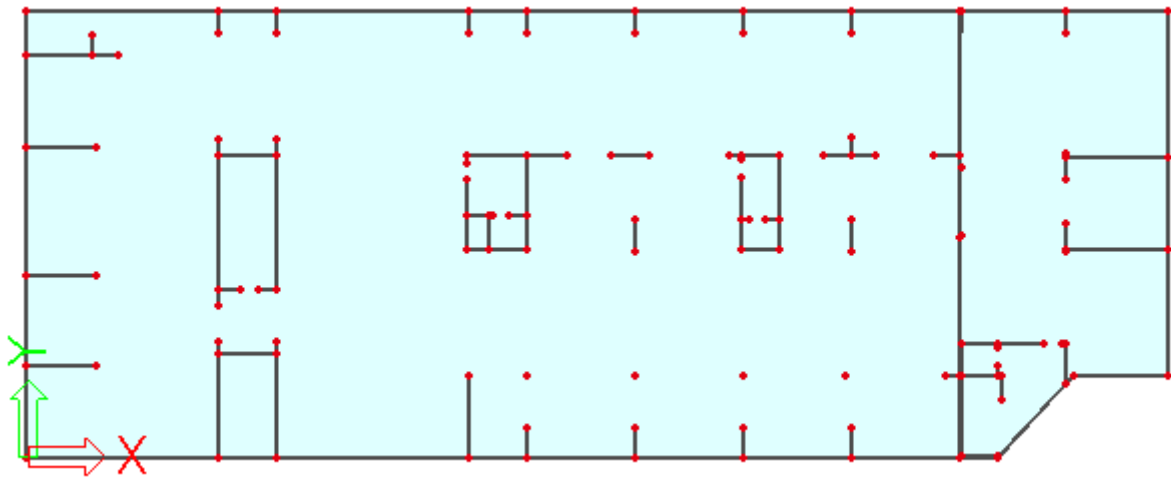
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2222}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3.12 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 12.0. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE

### 12.1. Proračun temeljne ploče $d_{pl}=40 \text{ cm}$

#### 12.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 12.1. Prikaz temeljne ploče

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00 \text{ MPa} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 40 \text{ cm}$$

$$d_1 = 8 \text{ cm} \quad d = 32 \text{ cm}$$

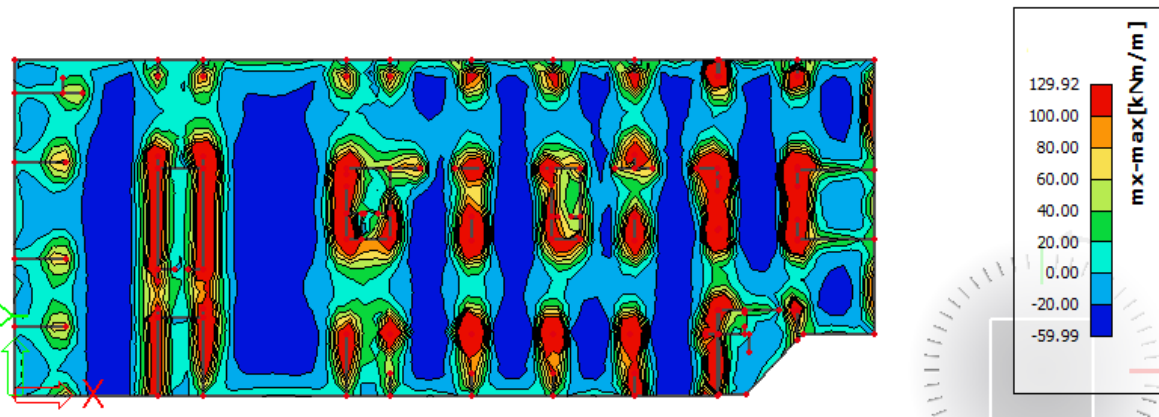
$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 32^2 \cdot 2.0 = 325.63 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 32 \cdot 43.48$$

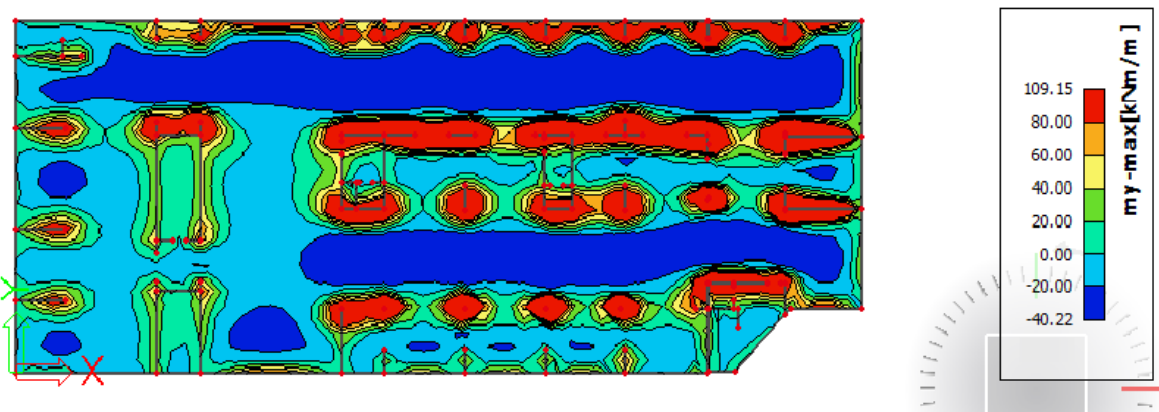
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{40}{100} = 4.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{40}{100} = 80 \text{ cm}^2$$

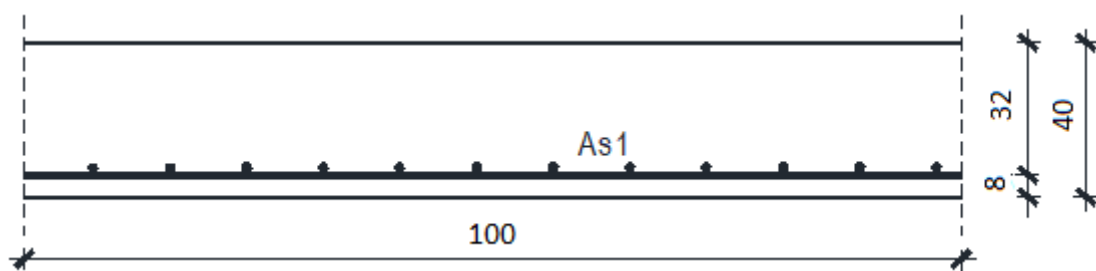
Slika. 12.2.  $M_x$



Slika. 12.3.  $M_y$



▪ **Dimenzioniranje temeljne ploče- donja zona (ležaja)**



$$M_{Ed} = 129,92 \text{ kNm/m}$$

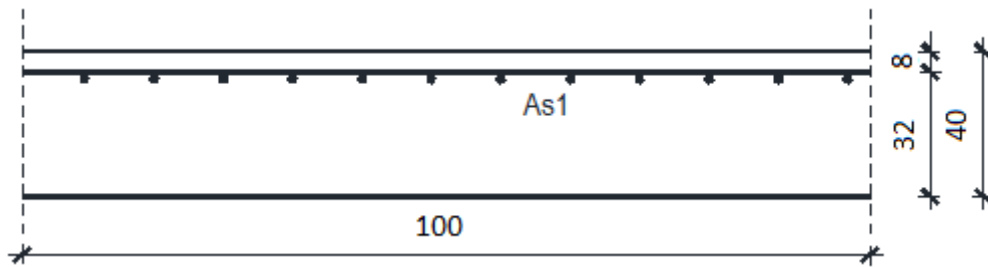
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12992}{100 \cdot 32^2 \cdot 2.0} = 0,063$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,6\text{‰}$   $\zeta = 0.950$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12992}{0,950 \cdot 32 \cdot 43,48} = 9,83 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 70cm ( $A_s = 10.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

▪ **Dimenzioniranje temeljne ploče- gornja zona (polje)**



$$M_{Ed} = 59,99 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5999}{100 \cdot 32^2 \cdot 2.0} = 0,029$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.0 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.968$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5999}{0,968 \cdot 32 \cdot 43,48} = 4.45 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 13. GRAFIČKI PRILOZI

1. Tlocrt podruma 2- plan pozicija 100A/B	M1:250
2. Tlocrt podruma 1 – plan pozicija 200A/B	M1:250
3. Tlocrt suterena – plan pozicija 300A/B	M1:250
4. Tlocrt prizemlja – plan pozicija 400A/B	M1:250
5. Tlocrt 1.-4. kata – plan pozicija 500-800A/B	M1:250
6. Tlocrt nadgrađa – plan pozicija 900A/B	M1:250
7. Presjek 1-1	M1:100
8. Sjeverno pročelje	M1:100
9. Južno pročelje	M1:100
10. Armatura ploče pozicije 100A/B- donja zona	M1:200
11. Armatura ploče pozicije 100A/B- gornja zona	M1:200
12. Armatura ploče pozicije 200A/B- donja zona	M1:200
13. Armatura ploče pozicije 200A/B- gornja zona	M1:200
14. Armatura ploče pozicije 300- donja zona	M1:200
15. Armatura ploče pozicije 300- gornja zona	M1:200
16. Armatura ploče pozicije 400A/B- donja zona	M1:200
17. Armatura ploče pozicije 400A/B- gornja zona	M1:200
18. Armatura ploče pozicije 500A/B- donja zona	M1:200
19. Armatura ploče pozicije 500A/B- gornja zona	M1:200
20. Armatura ploče pozicije 600A/B- donja zona	M1:200
21. Armatura ploče pozicije 600A/B- gornja zona	M1:200
22. Armatura ploče pozicije 700A/B- donja zona	M1:200
23. Armatura ploče pozicije 700A/B- gornja zona	M1:200
24. Armatura ploče pozicije 800A/B- donja zona	M1:200
25. Armatura ploče pozicije 800A/B- gornja zona	M1:200
26. Armatura ploče pozicije 900A/B- donja zona	M1:200
27. Armatura ploče pozicije 900A/B- gornja zona	M1:200
28. Armatura stubišta S1	M1:20
29. Armatura stubišta S2	M1:20
30. Plan pozicija i armatura zidova	M1:20
31. Armatura temeljne ploče-donja zona	M1:200
32. Armatura temeljne ploče-gornja zona	M1:200



## 14. LITERATURA

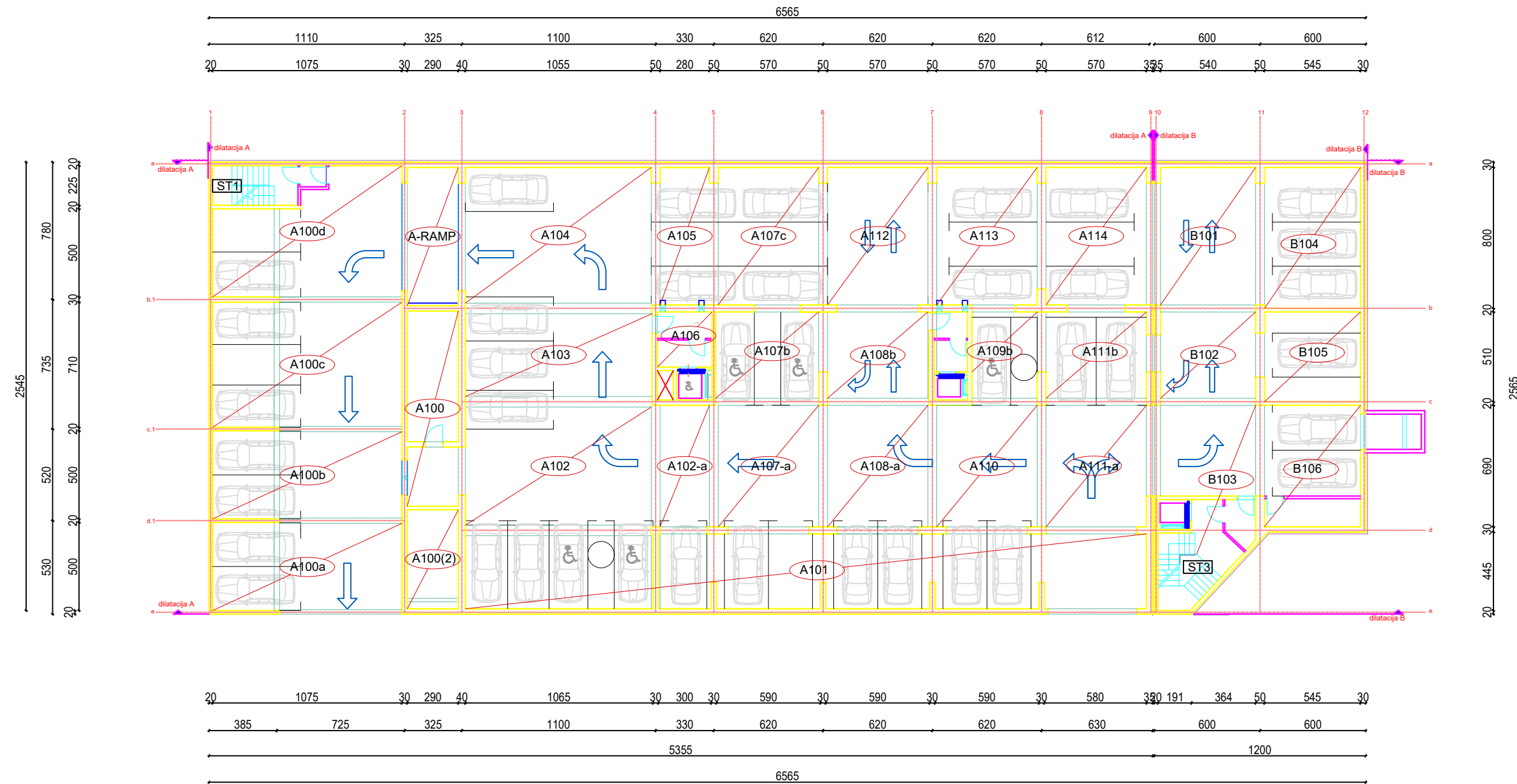
- (1) *A. Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta- zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split*
- (2) *I. Tomičić : Betonske konstrukcije -3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996*
- (3) EN 1990:2008 Eurokod- osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008+A1:2005+AC:2008)
- (4) *EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukciju*
- (5) *EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija –Dio 1-1 :Opća pravila i pravila za zgrade*
- (6) *EN 1998:2008 Eurokod 8 –Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1.dio*


### *Računalni programi:*

- 1.AutoCad 2018.*
- 2.Scia Engineer 19.1*
- 3.Microsoft Word*
- 4.Microsoft Excel*

# Tlocrt podruma 2- plan pozicija 100 A/B

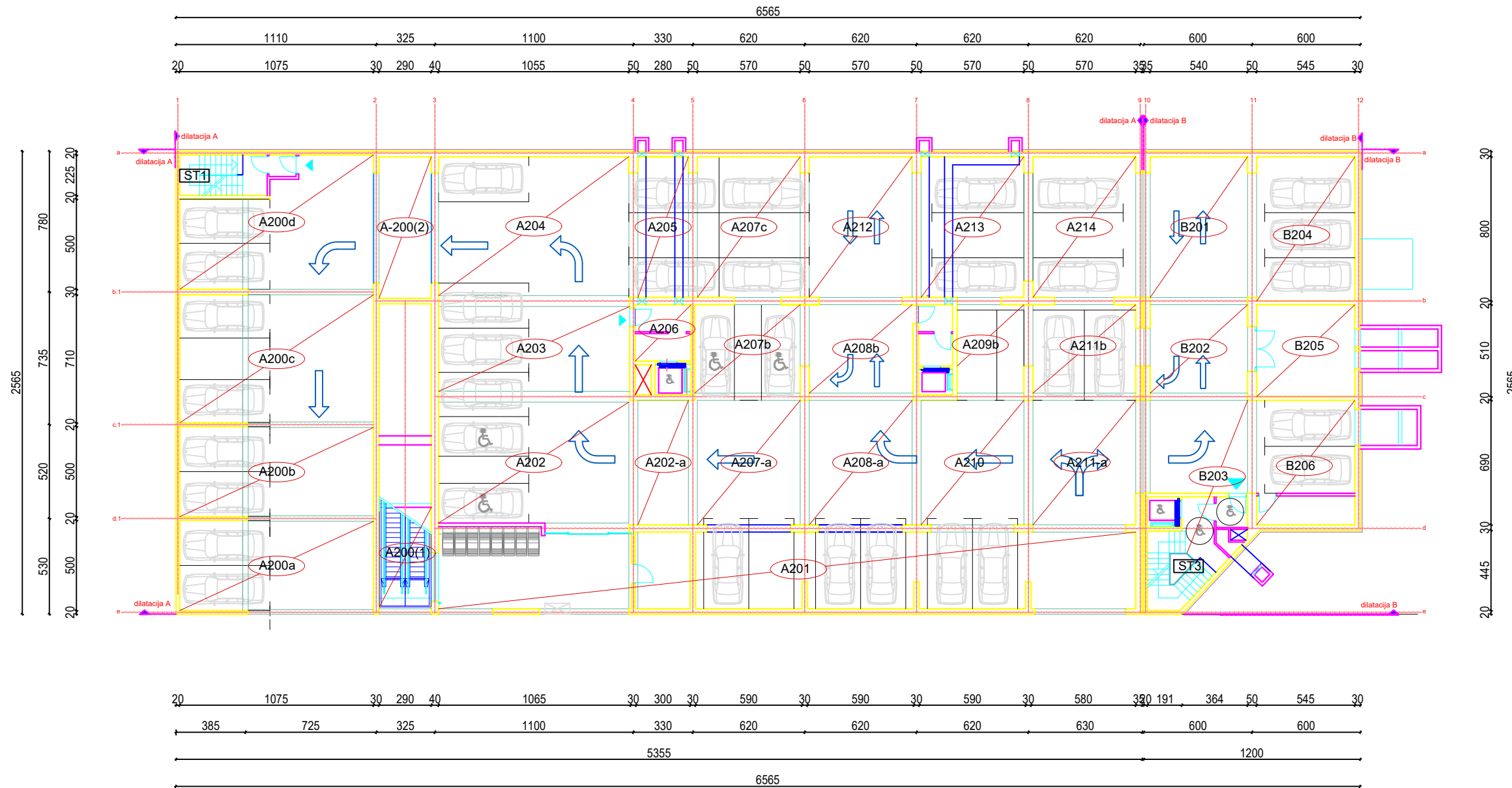
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 405117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Tlocrt podruma 2 - plan pozicija 100 A/B	BROJ PRILOGA: 1

# Tlocrt podruma 1- plan pozicija 200A/B

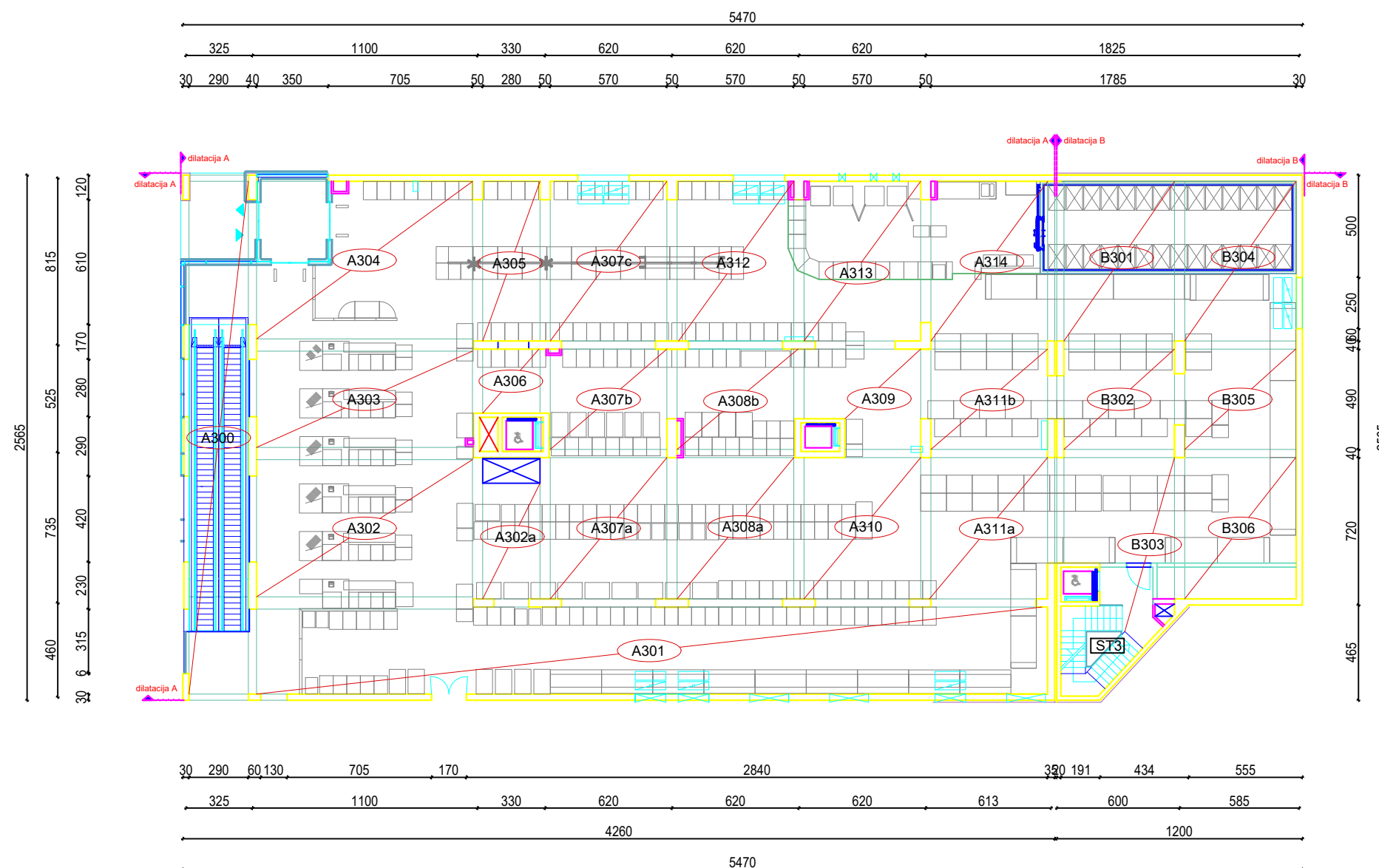
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 314943, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 405117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Tlocrt podruma 1 - plan pozicija 200 A/B	BROJ PRILOGA: 2

# Tlocrt sutereana- plan pozicija 300A/B

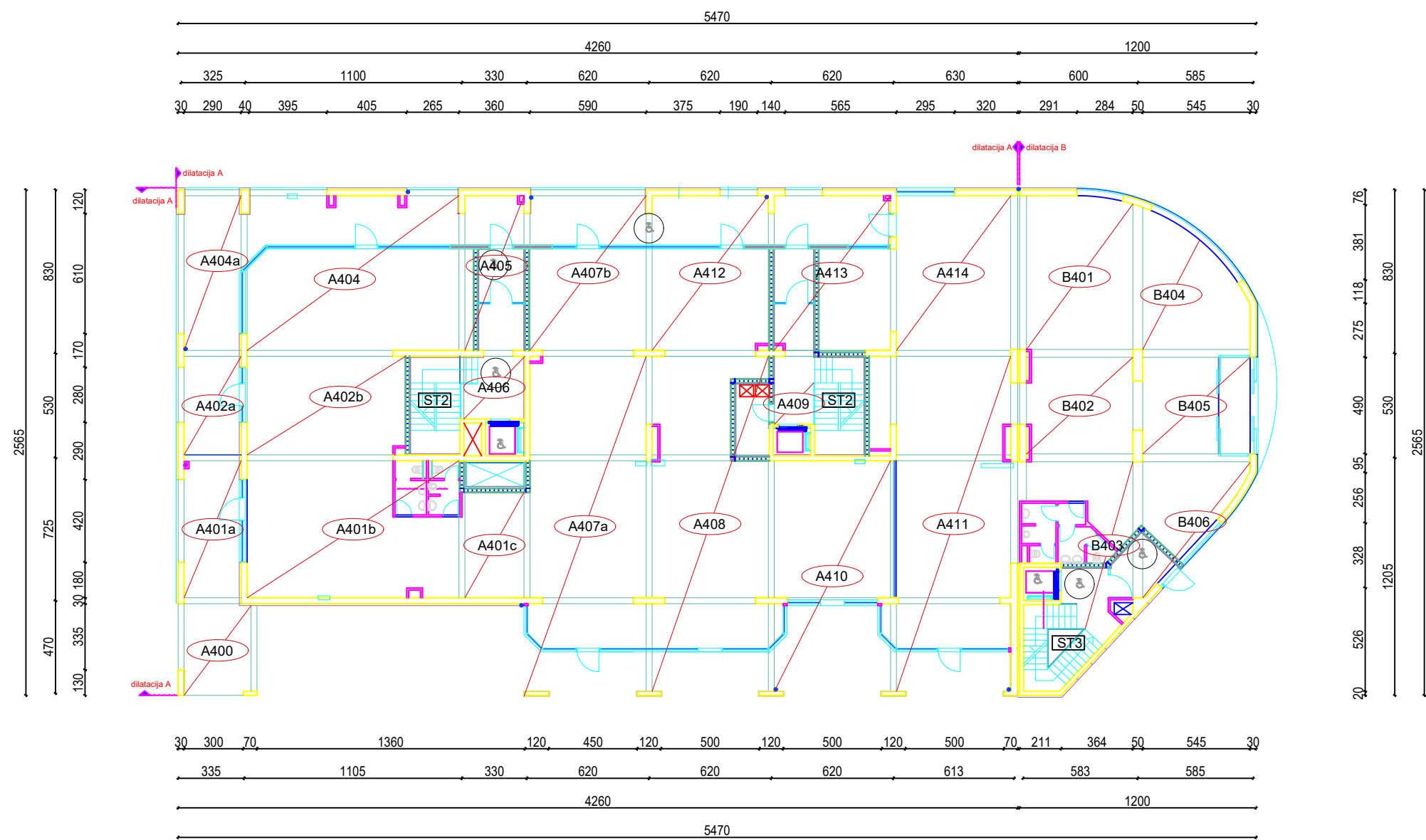
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 314945, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 405117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Tlocrt sutereana - plan pozicija 300 A/B	BROJ PRILOGA: 3

# Tlocrt prizemlja- plan pozicija 400A/B

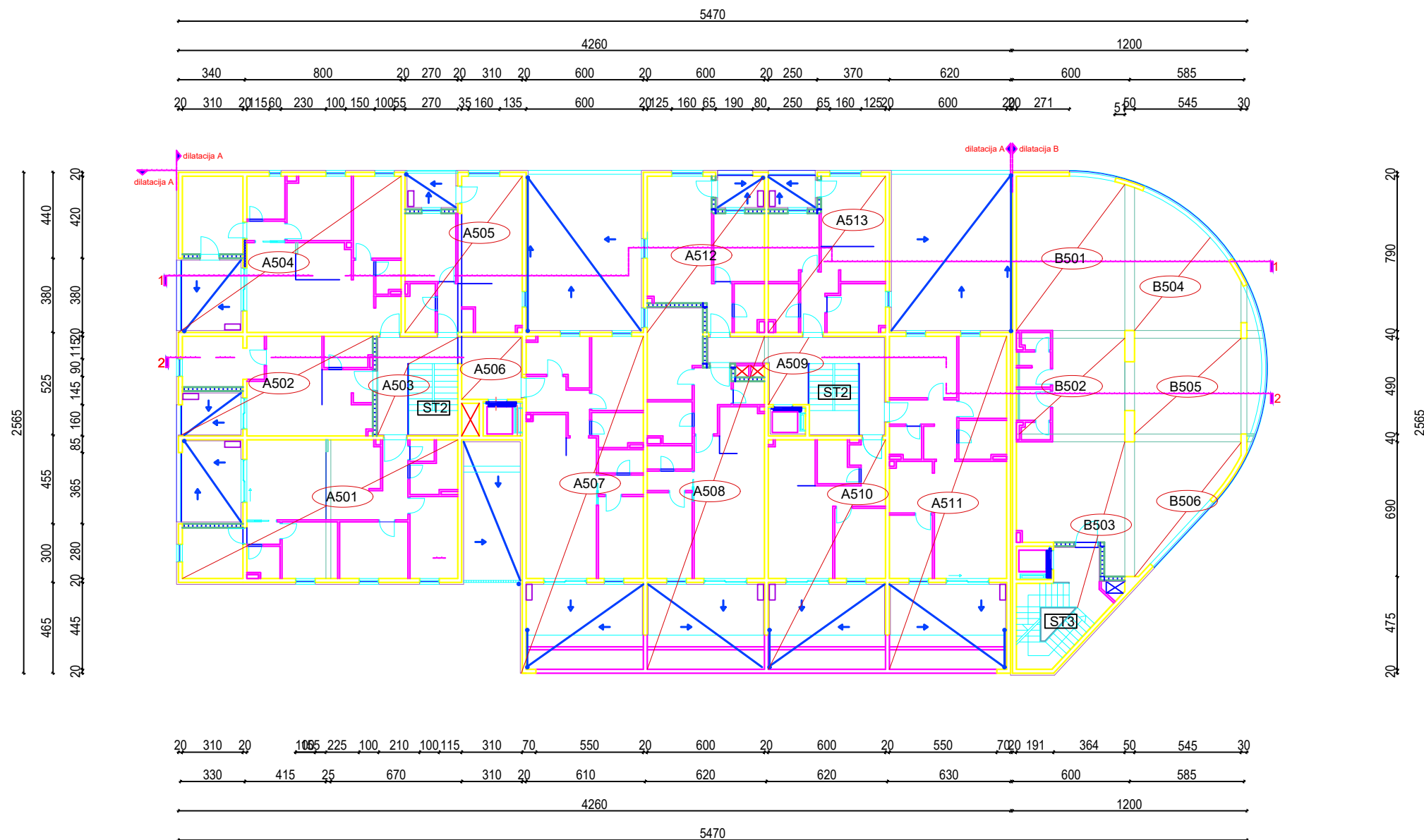
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 314943, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 405117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
SADRŽAJ: Tlocrt prizemlja - plan pozicija 400 A/B	BROJ PRILOGA: 4	

# Tlocrt 1.- 4.kata- plan pozicija 500A/B-800A/B

## M 1:250

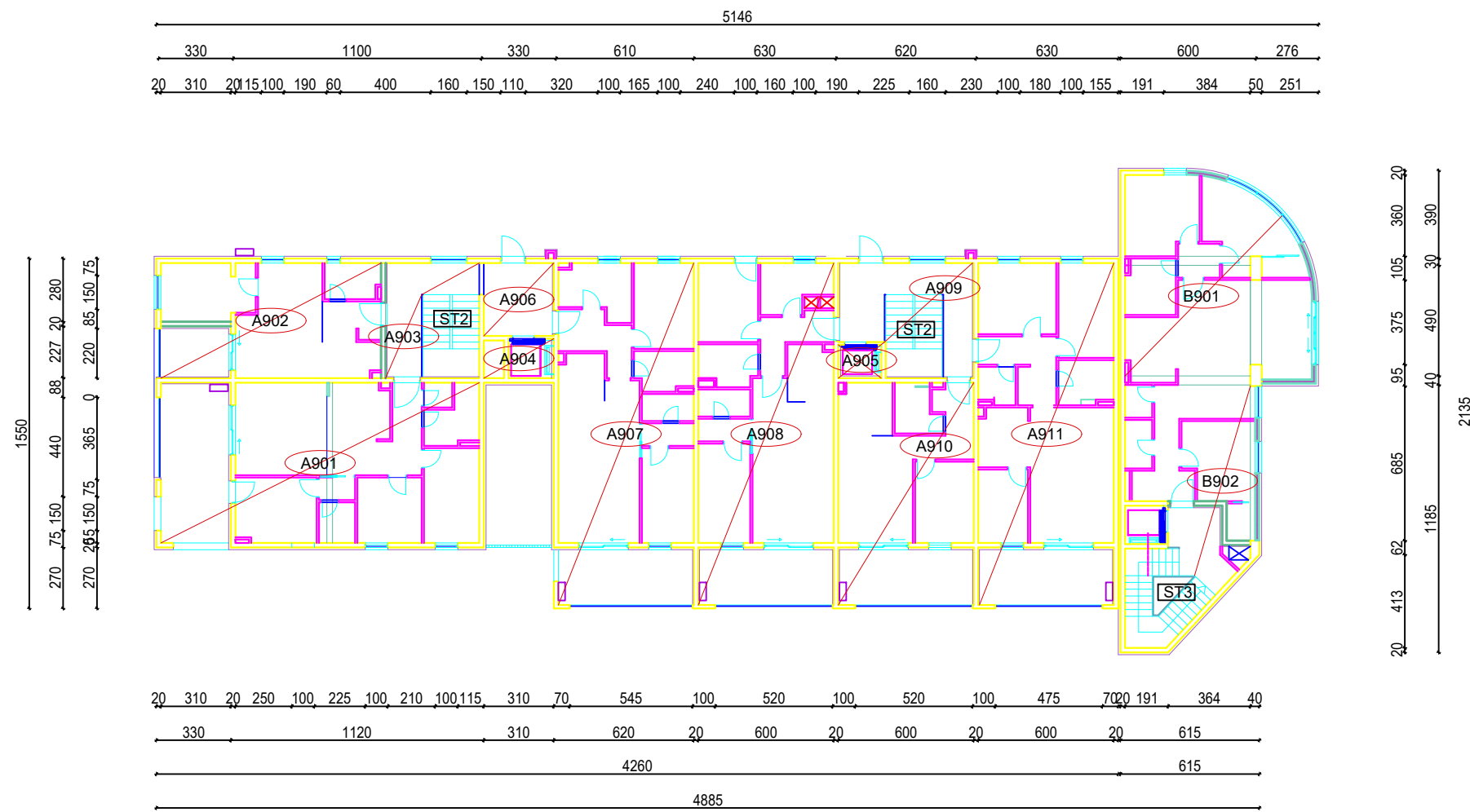



Napomena: stanovi imaju manju razliku jedino u pomacima prozora na pročelju.  
Prikazan je samo plan pozicije 500A/B, a slično vrijedi i za pozicije 600-800A/B.

 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 314943, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 405117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Tlocrt 1.-4.kata - plan pozicija 500-800 A/B	BROJ PRILOGA: 5

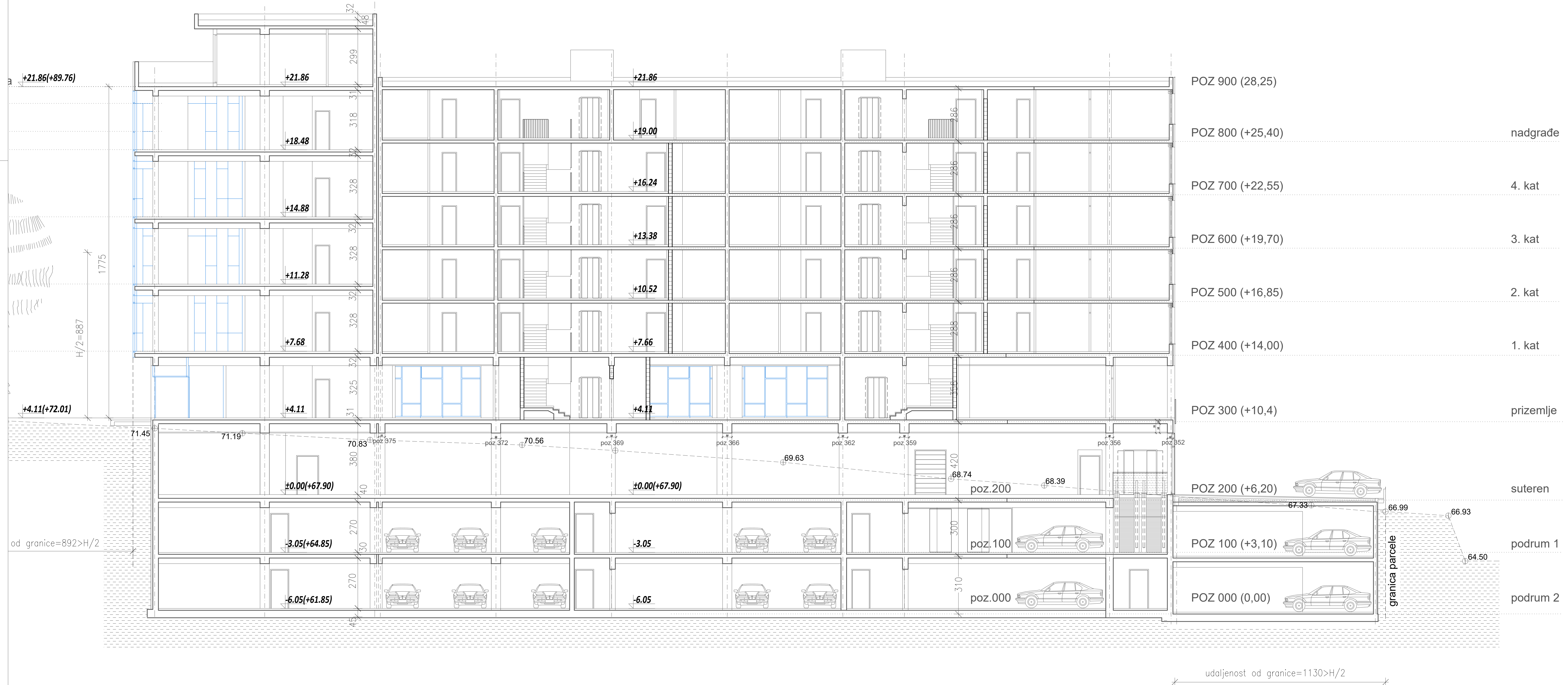
# Tlocrt nadgrađa- plan pozicija 900A/B

## M 1:250



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 314943, tel. +385 (0)21 303303, fax. +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
SADRŽAJ: Tlocrt nadgrađa - plan pozicija 900 A/B	BROJ PRILOGA: 6	

# DILATACIJA A PLAN POZICIJA PRESJEK 1-1




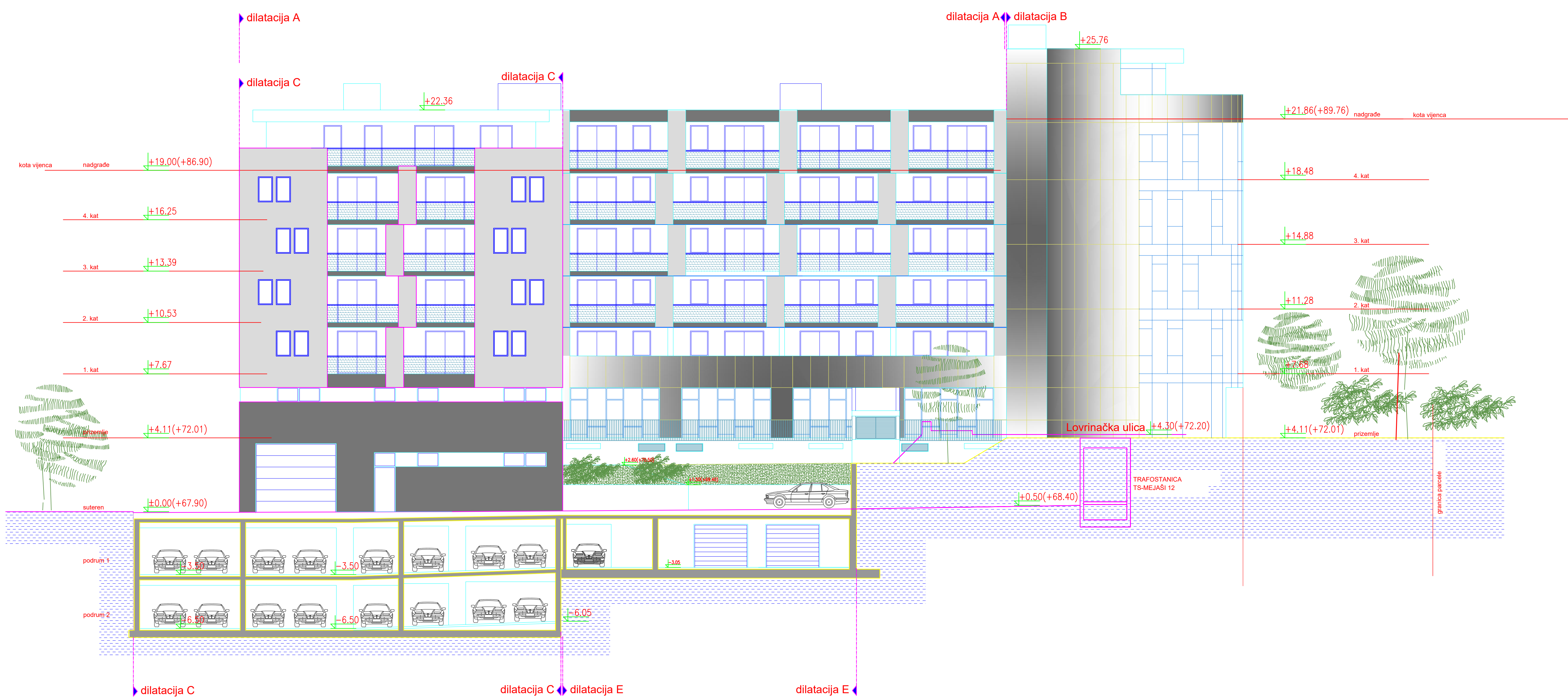
SPLIT, Put Meja 16, tel. 272-181, fax. 480-051 mob. 091/8971650, mail. ariozo@gmail.com.hr	
investitor	DEDIĆ d.o.o. Put Dragovoda 18, Split
građevina	HEP-ODS d.o.o. Elektrodilatacija Split STAMBENO-POSLOVNA ZGRADA S TRAFOSTANICOM TS-MEJASI 12
lokacija	k.č.z. 3419/1 (3946/1) k.o.Split
faza projekta	GLAVNI PROJEKT
vrsta projekta	PROJEKT KONSTRUKCIJE
sadržaj lista	PRESJEK KONSTRUKCIJE
glavni projektant	ANA-DORA BEGO-LOVRINČEVIĆ dia
projektant	MARUJO LOVRINČEVIĆ dig
datum	mjerilo 1:100
oznaka projekta	list 2.3.8.
Mjesto pečata:	





SJEVERNO PROČELJE  
MJ 1:100

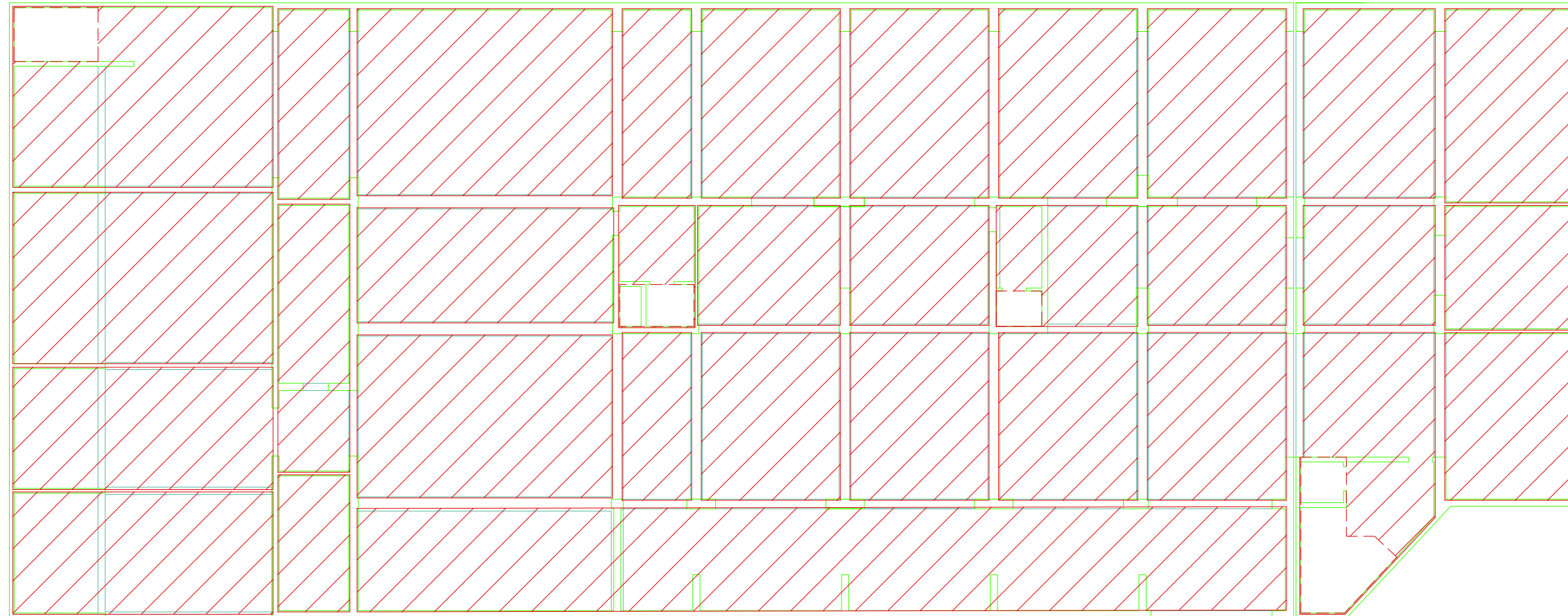
 SVEUČILIŠTE U SPLITU	
investor	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split
građevina	STAMBENO-POSLOVNA ZGRADA U SPLITU
lokacija	k.č.z. 3419/1 (3945/1) k.o. Split
faza projekta	GLAVNI PROJEKT
vrsta projekta	PROJEKT KONSTRUKCIJE
naslovni list	SJEVERNO PROČELJE
glavni projektant	MARIJANA BAOTIĆ
datum	srpanj 2020.
oznaka projekta	340/19-A
mjerilo	1:100
prilog	8



JUŽNO PROČELJE  
MJ 1:100

 SVEUČILIŠTE U SPLITU			
investitor	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split		
građevina	STAMBENO-POSLOVNA ZGRADA U SPLITU		
lokacija	k.o.z. 34191 (3946/1) k.o. Split		
faza projekta	GLAVNI PROJEKT		
vrsta projekta	PROJEKT KONSTRUKCIJE		
sadržaj lista	JUŽNO PROČELJE		
glavni projektant	MARIJANA BAOTIĆ		
datum projekta	srpanj 2020.	mjerilo	1:100
oznaka projekta	34019-A	prilog	9

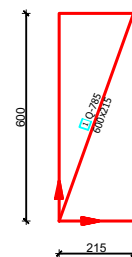
Armatura ploče  
pozicije 100A/B  
-DONJA ZONA  
M 1:200




 Q-785

 otvor u ploči

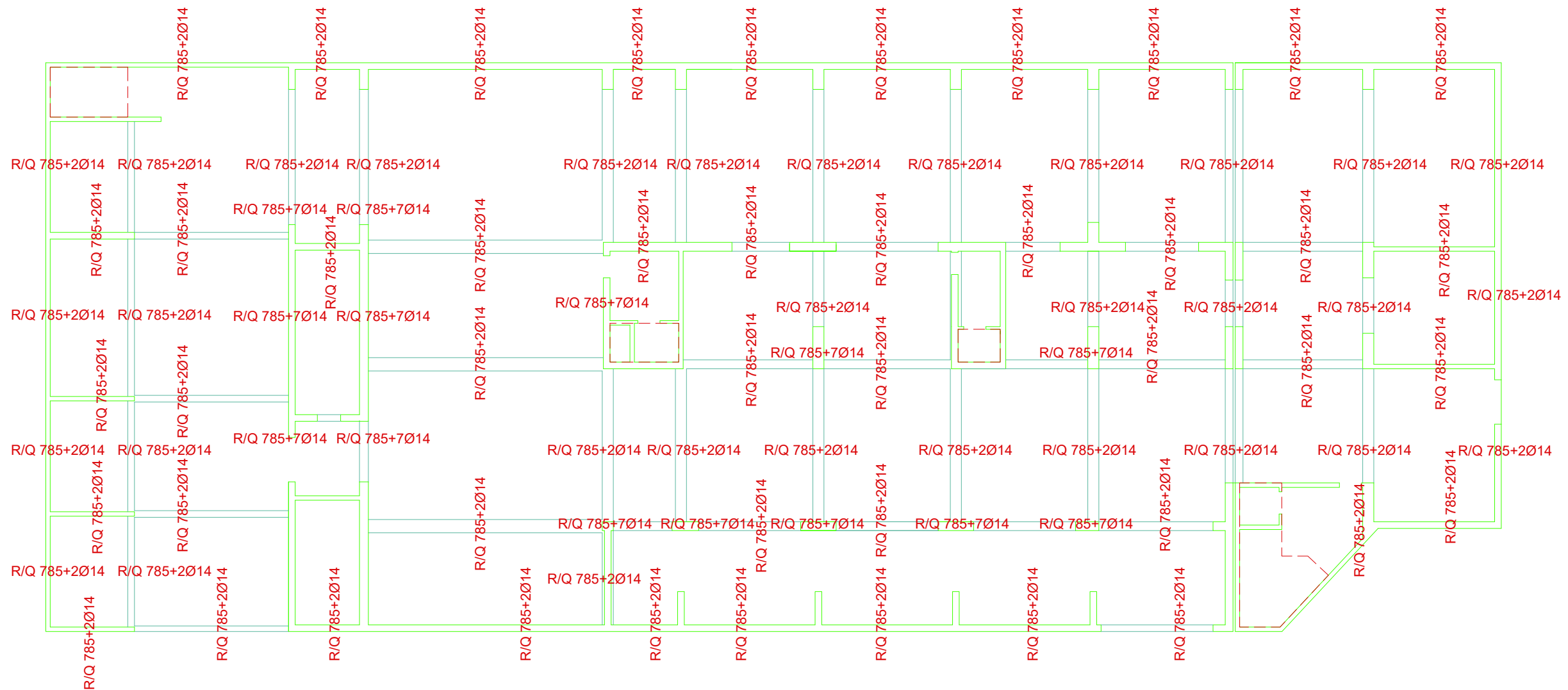
Napomene: -Na mjestima otvora mreže  
isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s  
preklopima 40 cm ili većim



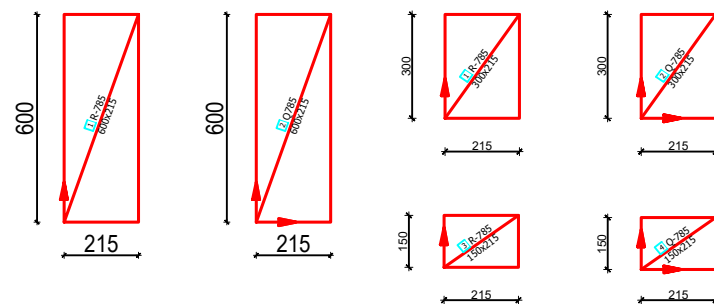
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 BIVULJERU U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214961314 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 48111	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
SADRŽAJ: Armatura ploče poz 100A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 10	

# Armatura ploče pozicije 100A/B -GORNJA ZONA M 1:200



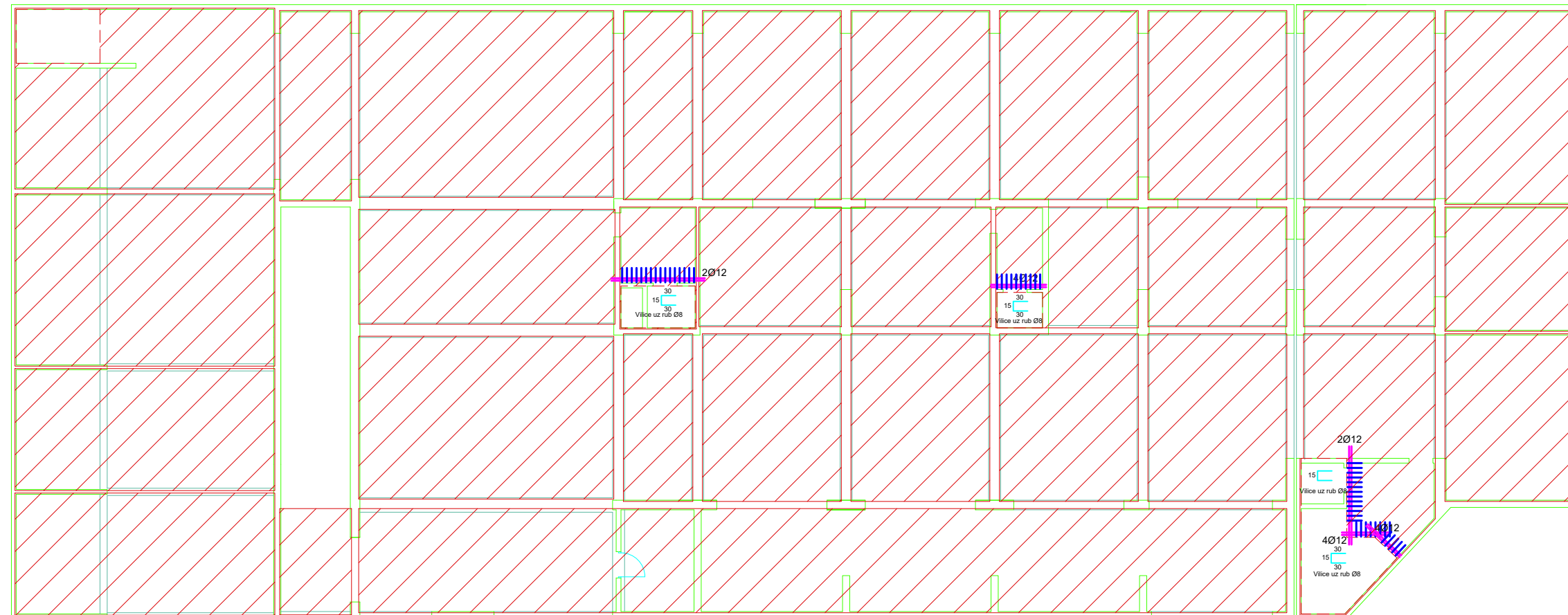
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

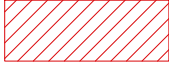


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

	INVESTITOR / NARUČITELJ:	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO:	1:200
	GRAĐEVINA:	Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM:	srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:	340/19-A
	RAZINA PROJEKTA:	GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT:	Marijana Baotić
	SADRŽAJ:	Armatura ploče poz 100A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA:	11

Armatura ploče  
pozicije 200A/B  
-DONJA ZONA  
M 1:200

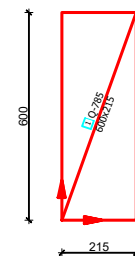



 Q-785 +  
preklop 70cm

 otvor u ploči

Napomene: -Na mjestima otvora mreže  
iseći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s  
preklopima 40 cm ili većim

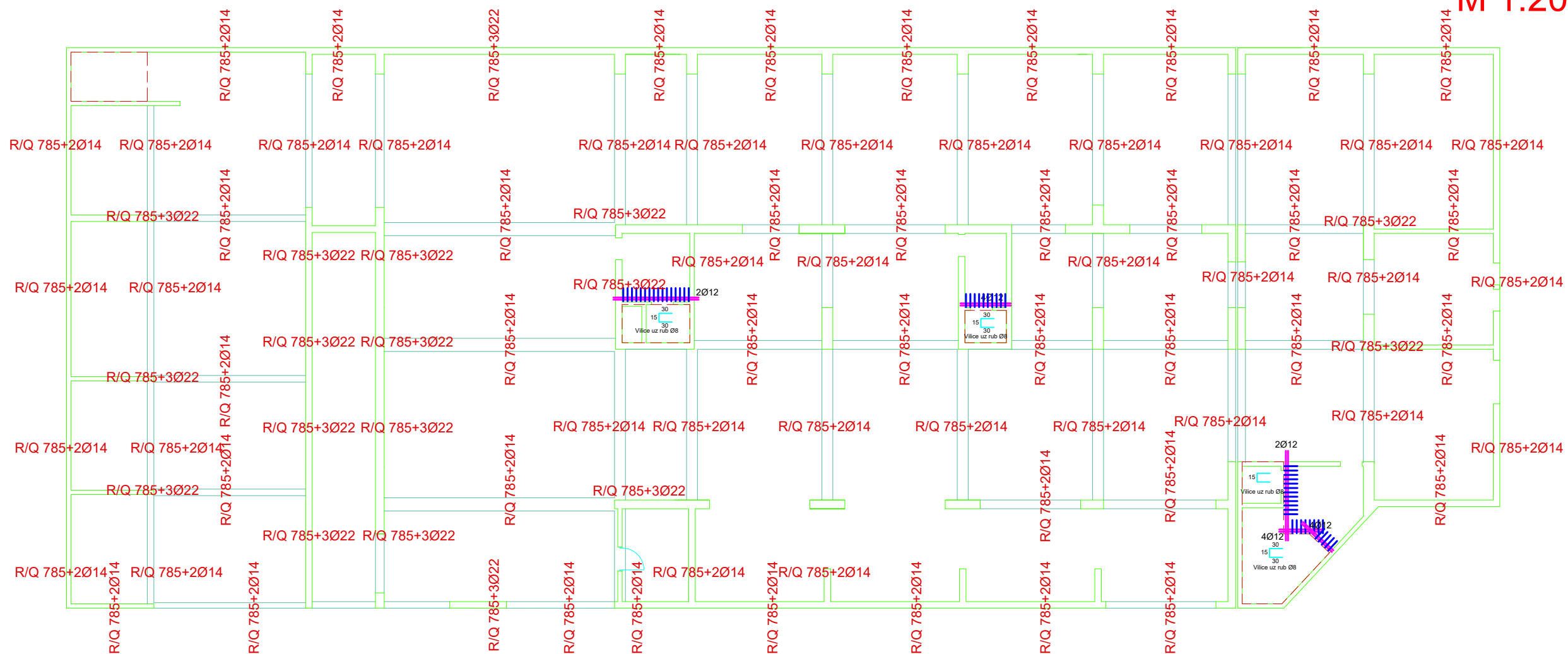
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B



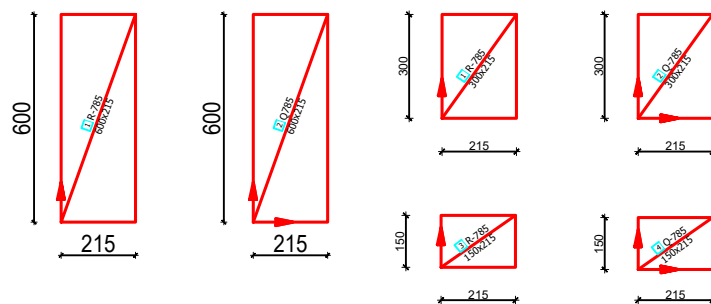
 IZVJESJE U SPISITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2496236-1 • 385 (0)21 30333, fax • 385 (0)21 483117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 12	

# Armatura ploče pozicije 200A/B -GORNJA ZONA

M 1:200



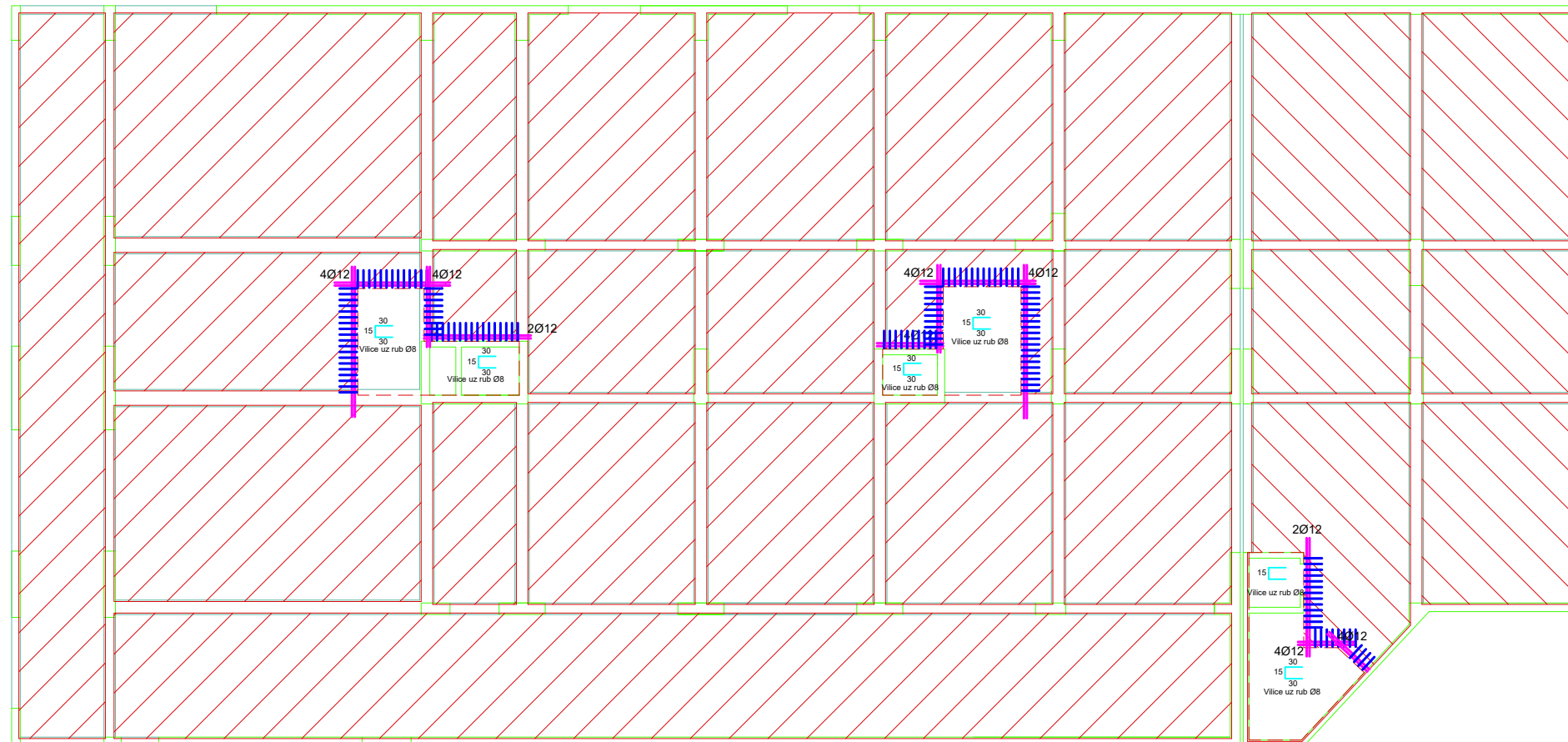
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785





Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

	INVESTITOR / NARUČITELJ:	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO:	1:200
	GRAĐEVINA:	Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM:	srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:	340/19-A
	RAZINA PROJEKTA:	GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT:	Marijana Baotić
	SADRŽAJ:	Armatura ploče poz 200A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA:	13

Armatura ploče  
pozicije 300A/B  
-DONJA ZONA  
M 1:200




 Q-785  
 Q-785 +  
preklop 70cm

 otvor u ploči

Napomene: -Na mjestima otvora mreže  
isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s  
preklopima 40 cm ili većim



Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 <small>BIVUČELIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2149621 M + 385 (0)21 30333, fax + 385 (0)21 483117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 300A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 14

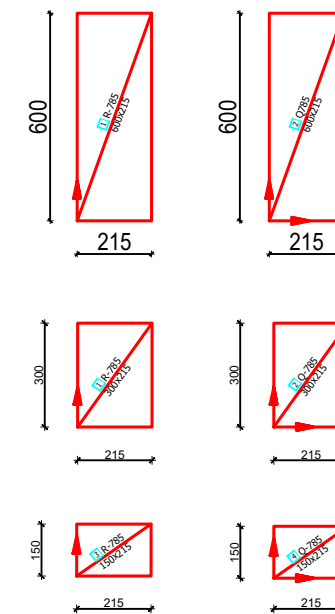
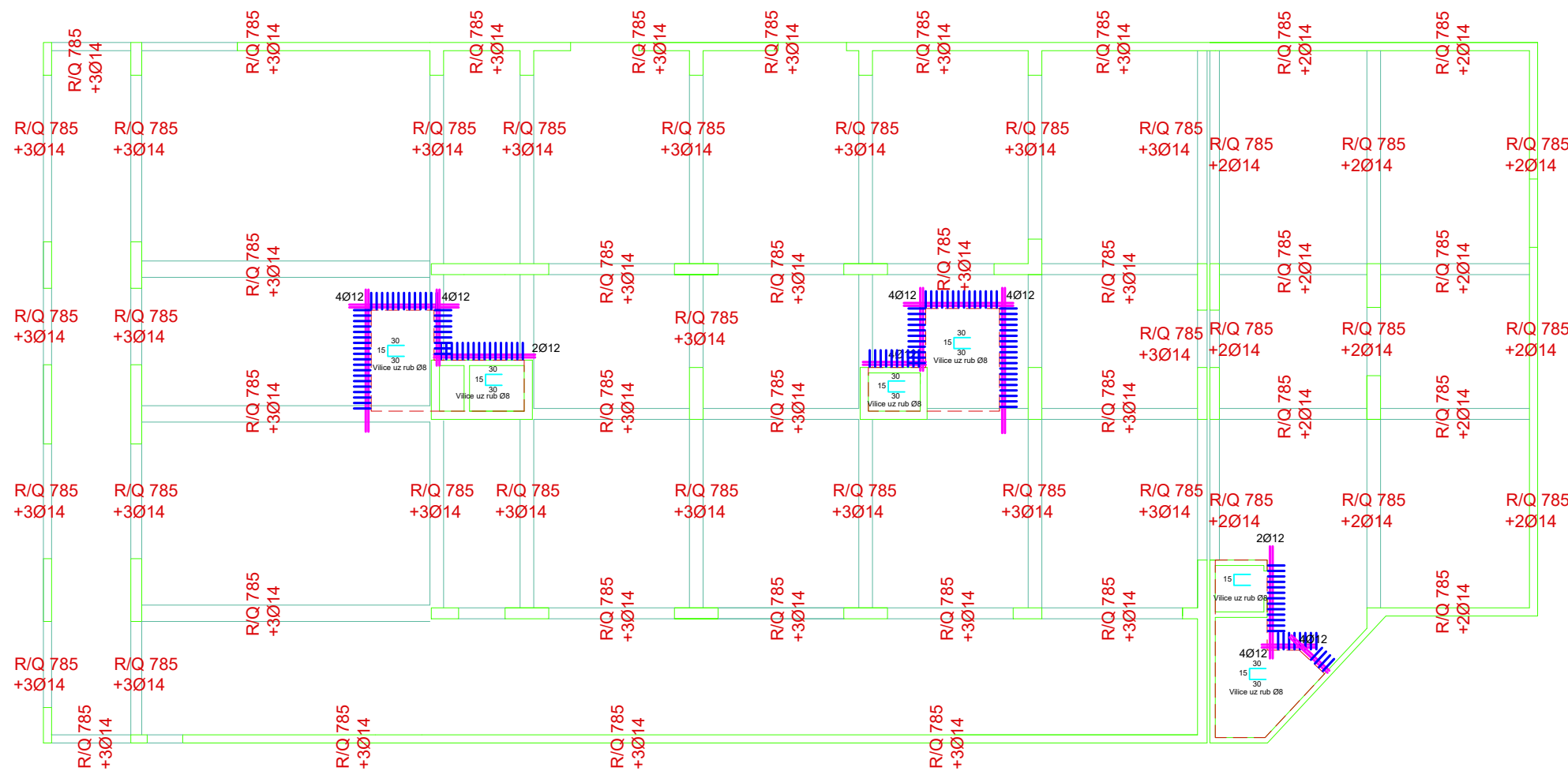
# Armatura ploče pozicije 300A/B -GORNJA ZONA

M 1:200

Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta

-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

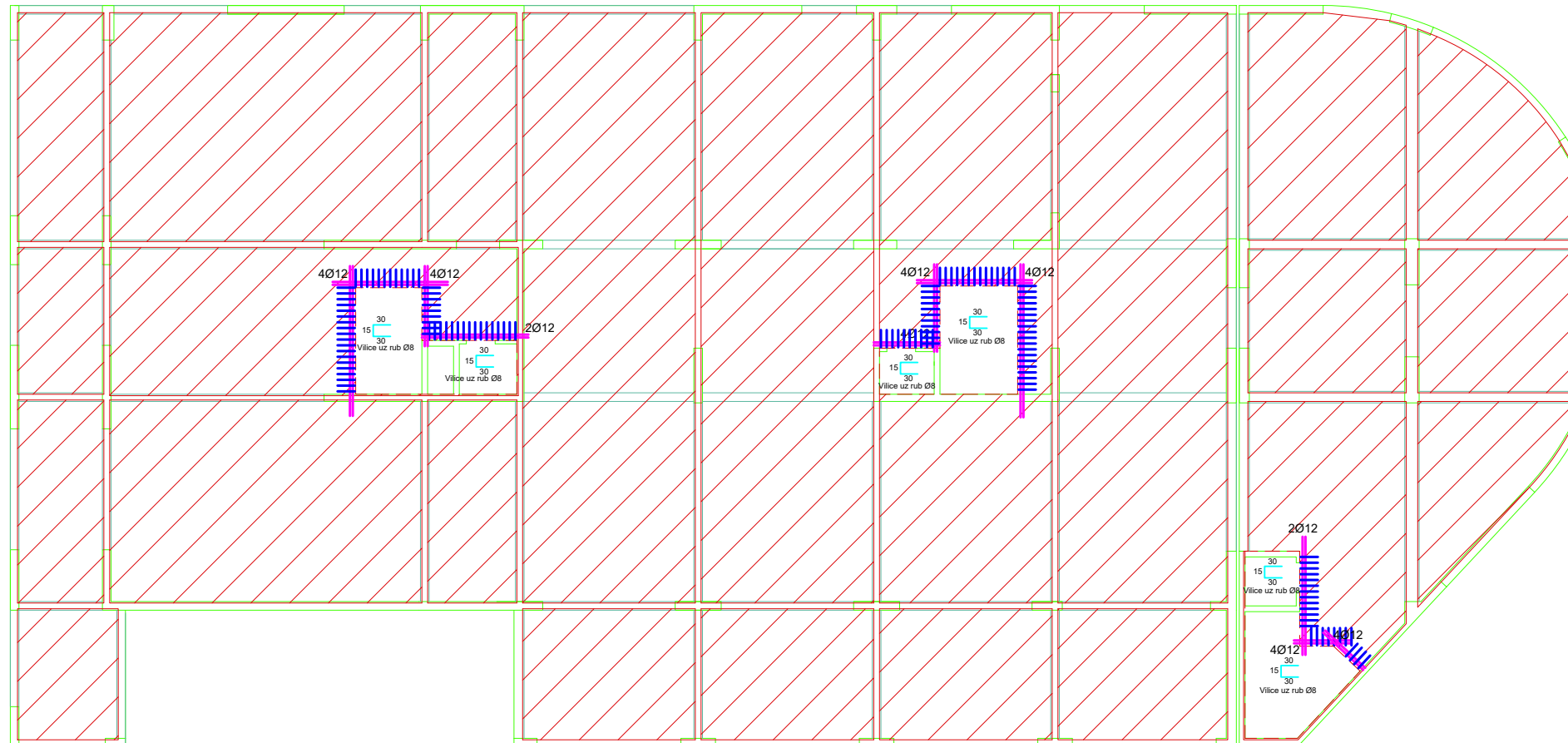


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>INŽENJERING U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214961314 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 481111</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 300A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA: 15



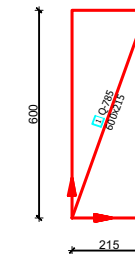
Armatura ploče  
pozicije 400A/B  
-DONJA ZONA  
M 1:200




 Q-785

 otvor u ploči

**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

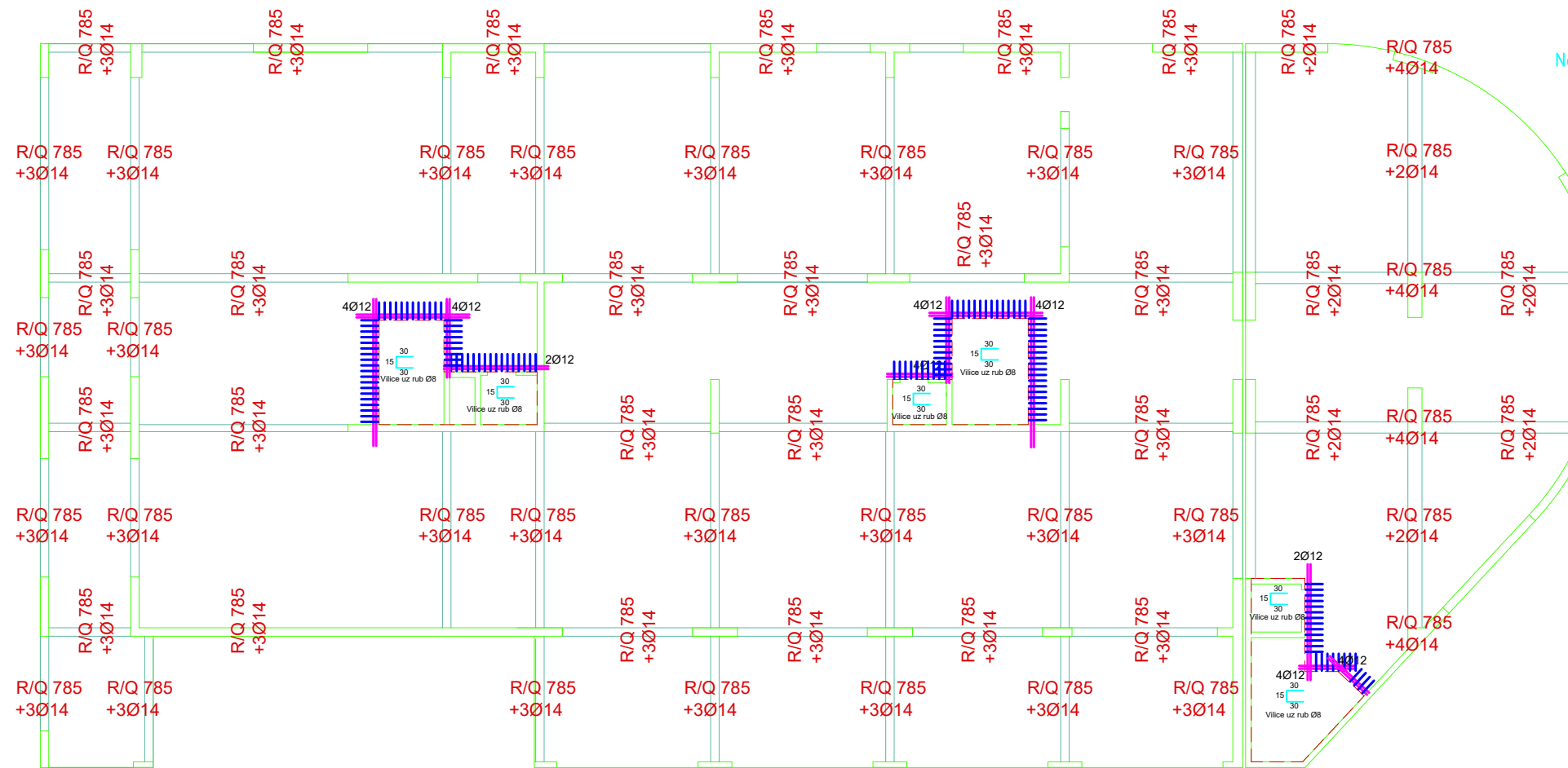


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

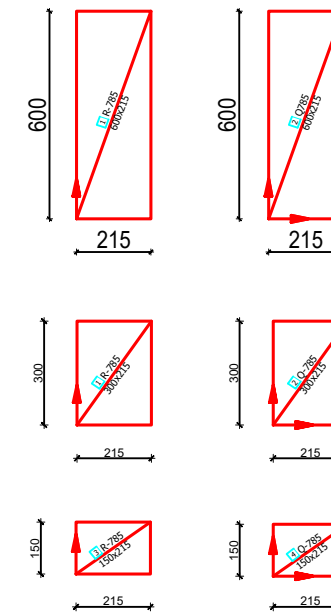
 IZVJESJE U SPILJU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILJ, MATICE HRVATSKE 15 MB 249643 M + 385 (0)21 30333, Fax + 385 (0)21 483117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 400A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 16

# Armatura ploče pozicije 400A/B -GORNJA ZONA

M 1:200



- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



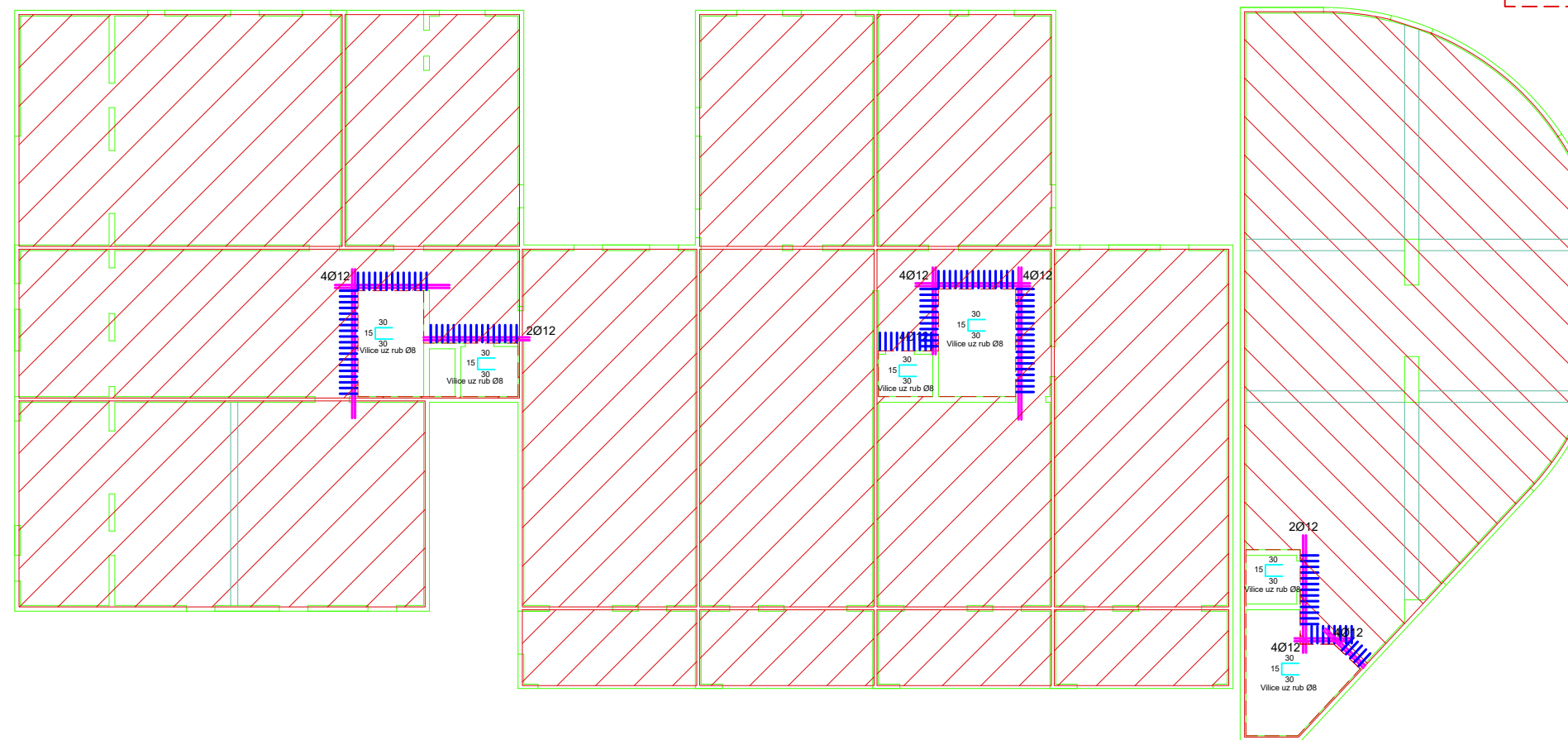
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>IZVJEŠTAJE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 249643 M + 385 (0)21 30333, fax + 385 (0)21 48111</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 400A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA: 17

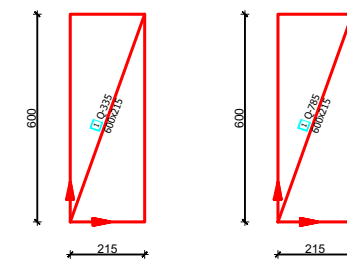
# Armatura ploče pozicije 500A/B -DONJA ZONA M 1:200

 Q-335  Q-785


 otvor u ploči



**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže  
isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s  
preklopima 40 cm ili većim

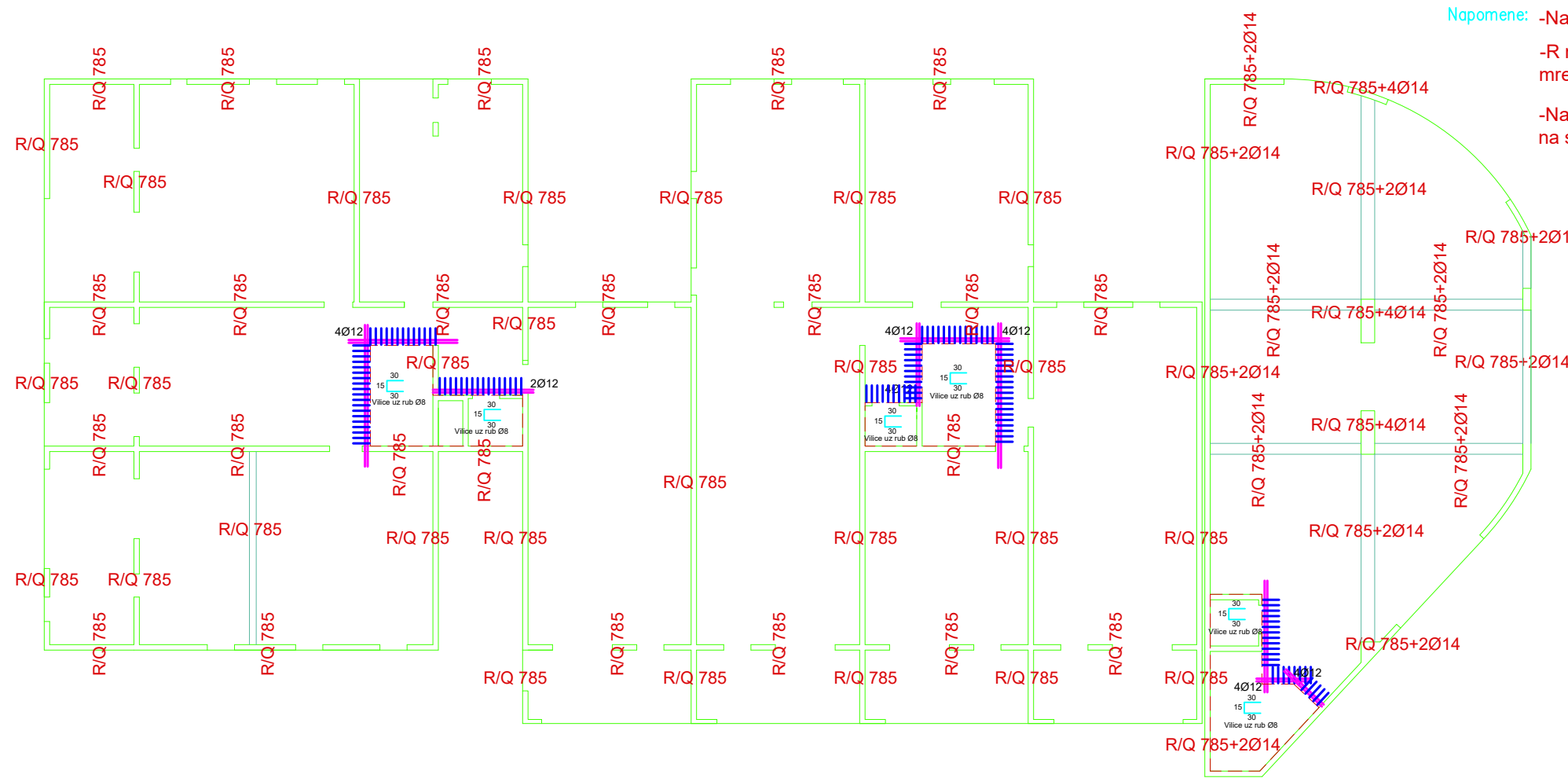


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

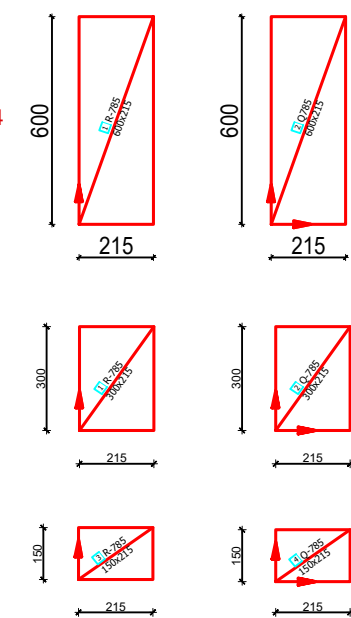
 IZVJEŠĆE U SPITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214963 M + 385 (0)21 30333, fax + 385 (0)21 483117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 500A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 18

# Armatura ploče pozicije 500A/B -GORNJA ZONA

M 1:200



- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



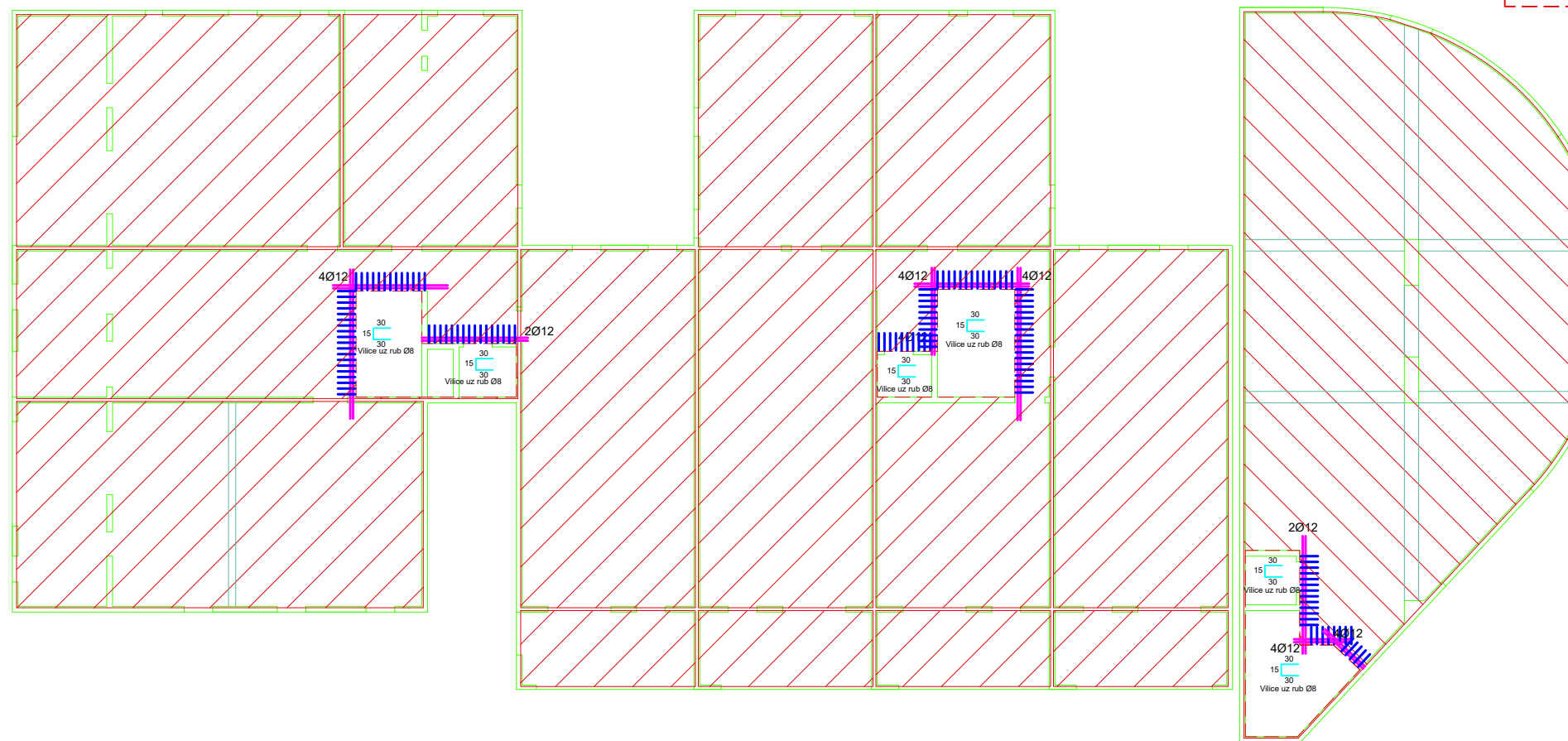
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>IZVJEŠĆE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 21496316 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 489117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 500A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA: 19

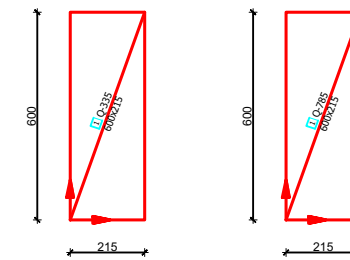
# Armatura ploče pozicije 600A/B -DONJA ZONA M 1:200

 Q-335  Q-785


 otvor u ploči



**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

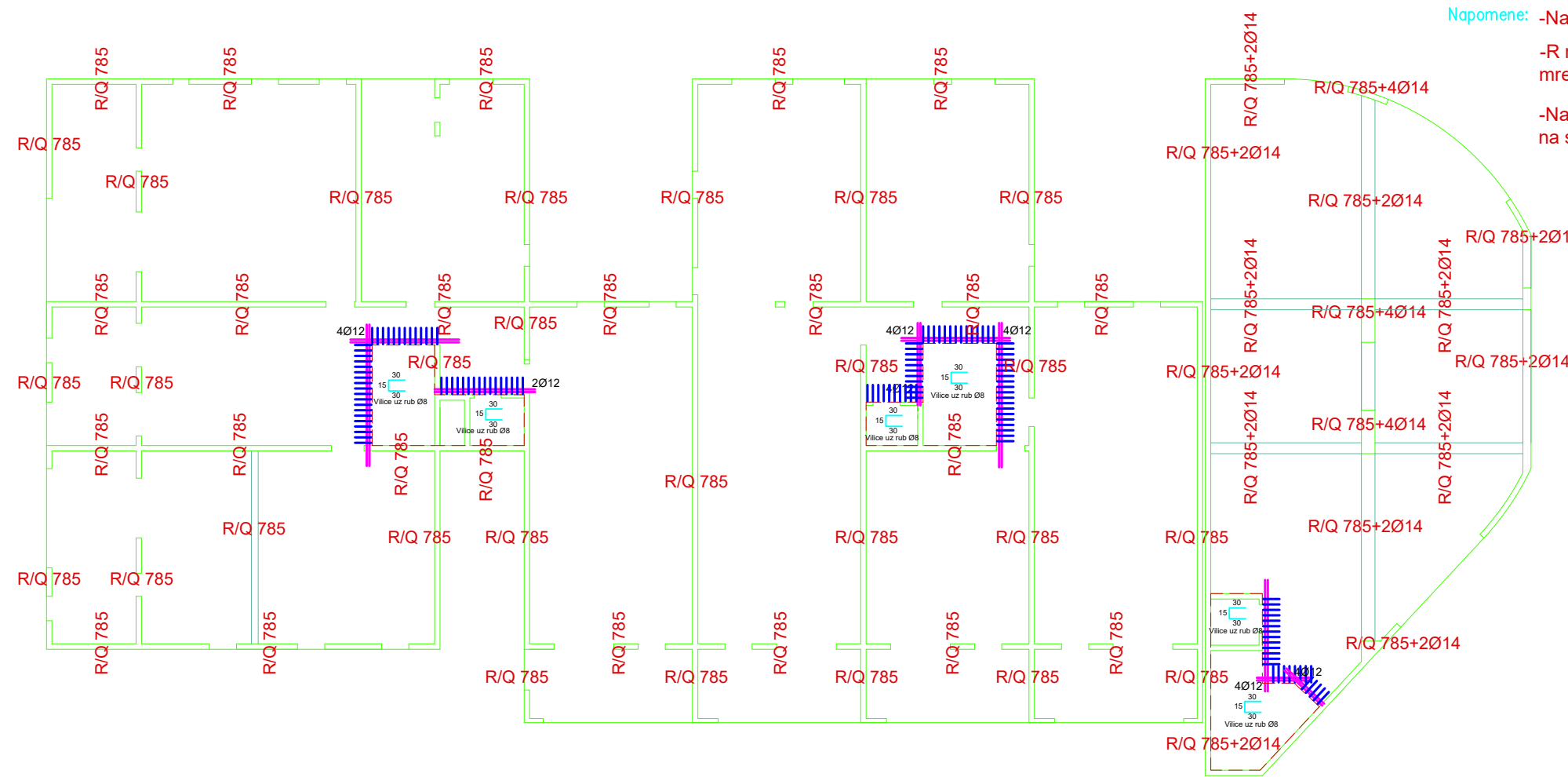


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

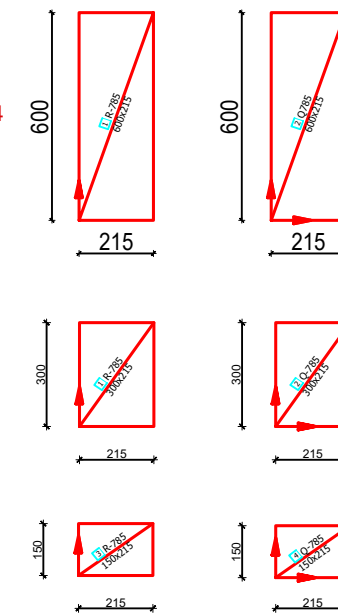
 IZVJEŠĆE U SPOLJU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 24962 M • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 483117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 600A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 20

# Armatura ploče pozicije 600A/B -GORNJA ZONA

M 1:200



- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



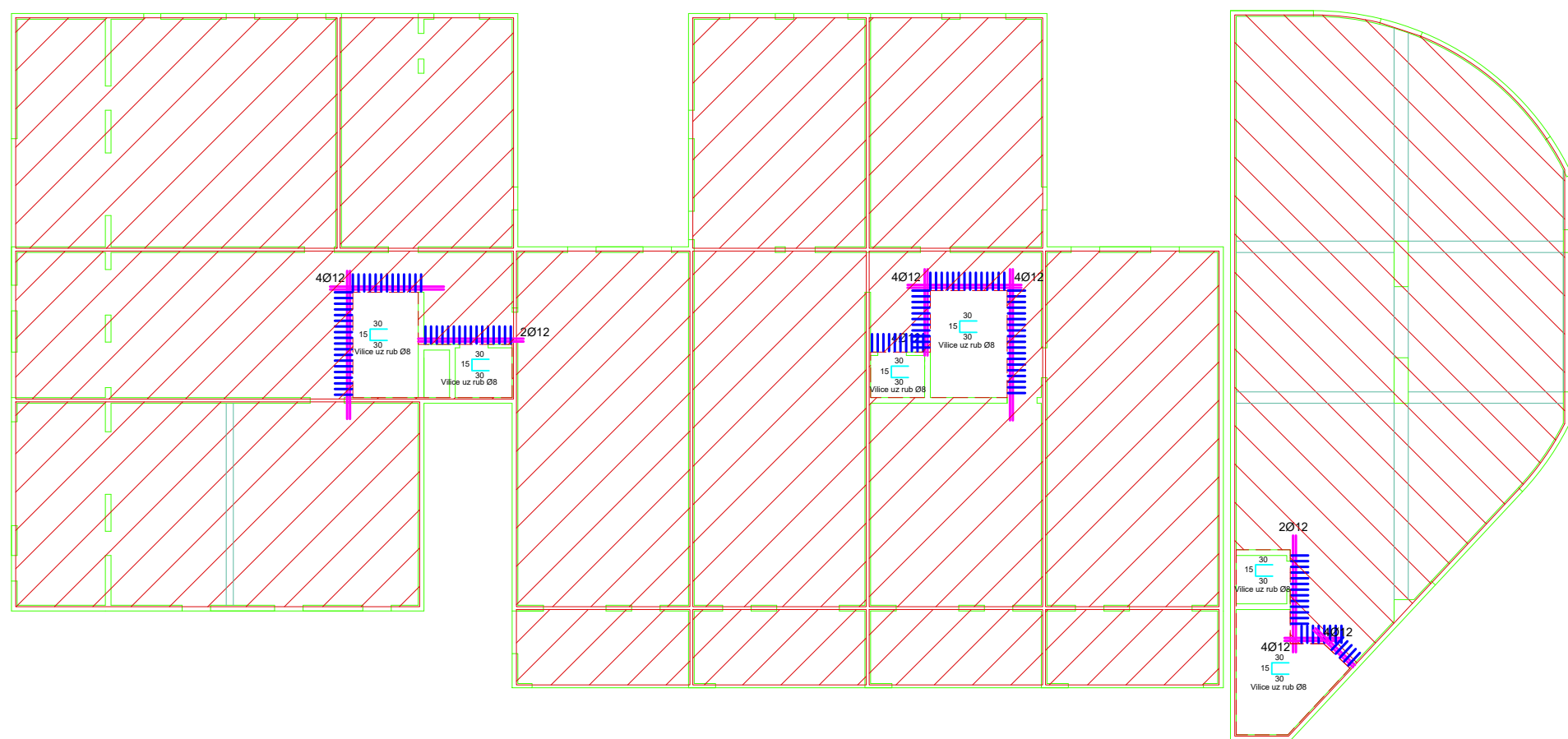
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>IZVJEŠĆE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214963 M + 385 (0)21 30330, fax + 385 (0)21 489117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 600A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA: 21

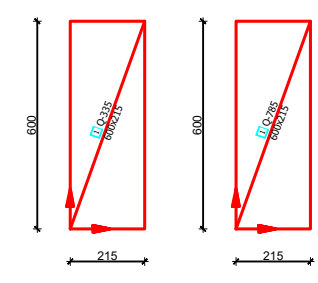
# Armatura ploče pozicije 700A/B -DONJA ZONA M 1:200

 Q-335  Q-785


 otvor u ploči



**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



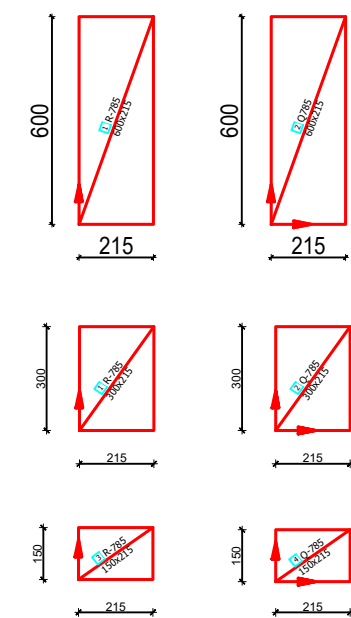
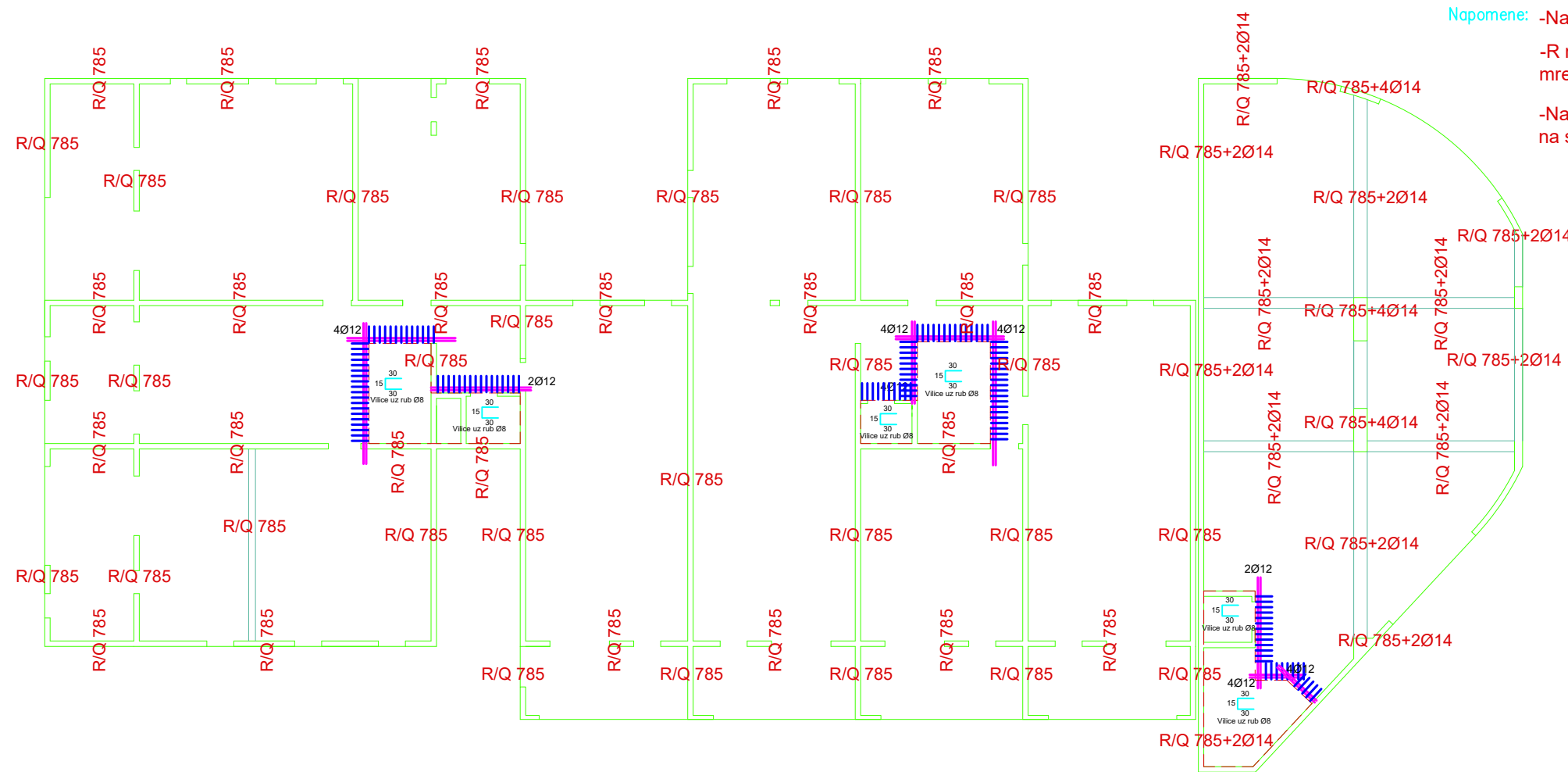
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 BIVUČELIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214963 M + 385 (0)21 30333, fax + 385 (0)21 483115	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 700A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 22


# Armatura ploče pozicije 700A/B -GORNJA ZONA

M 1:200

- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

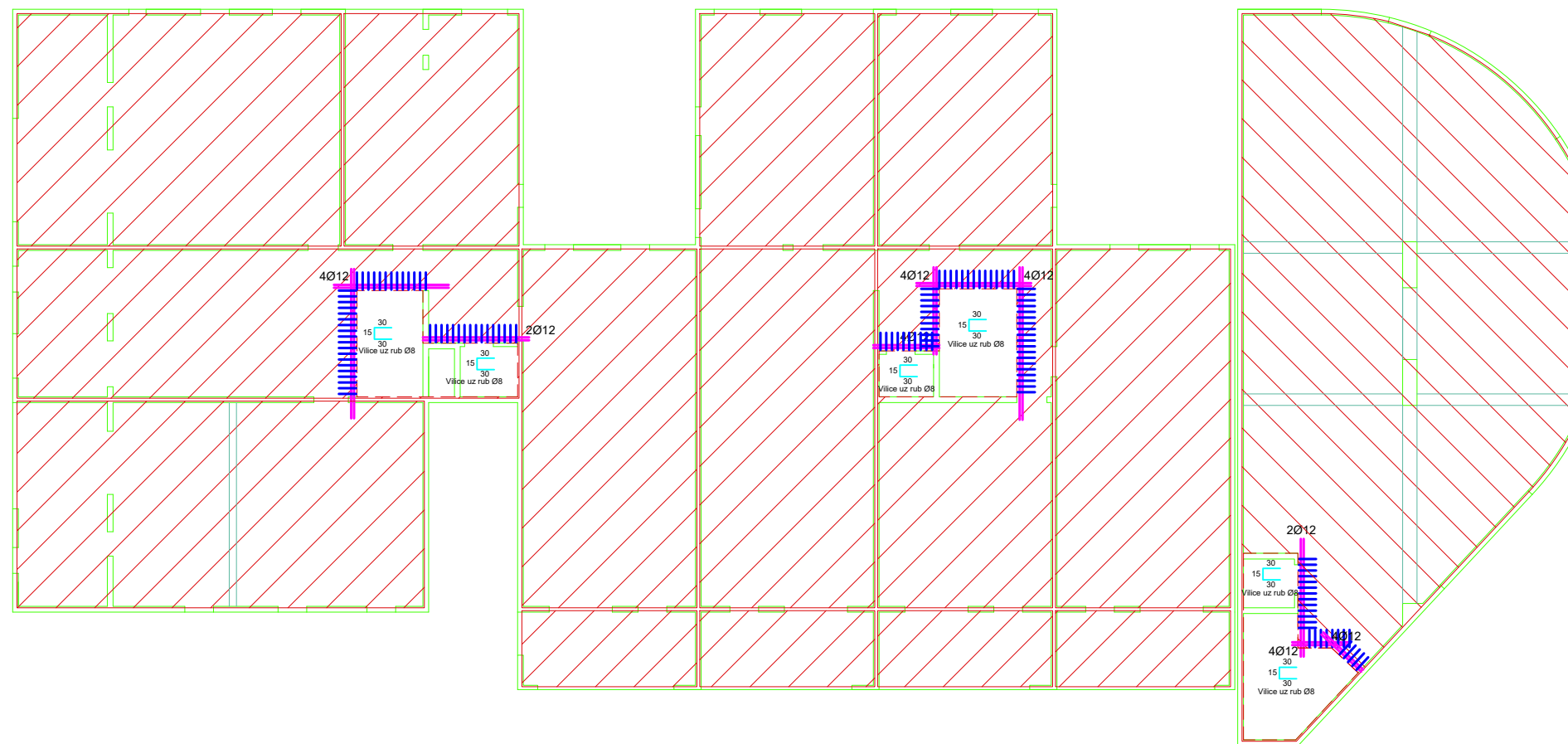
 <p>IZVJEŠĆE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214963 M + 385 (0)21 30330, fax + 385 (0)21 489117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 700A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA: 23



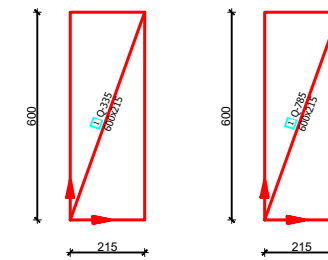
# Armatura ploče pozicije 800A/B -DONJA ZONA M 1:200

 Q-335  Q-785


 otvor u ploči



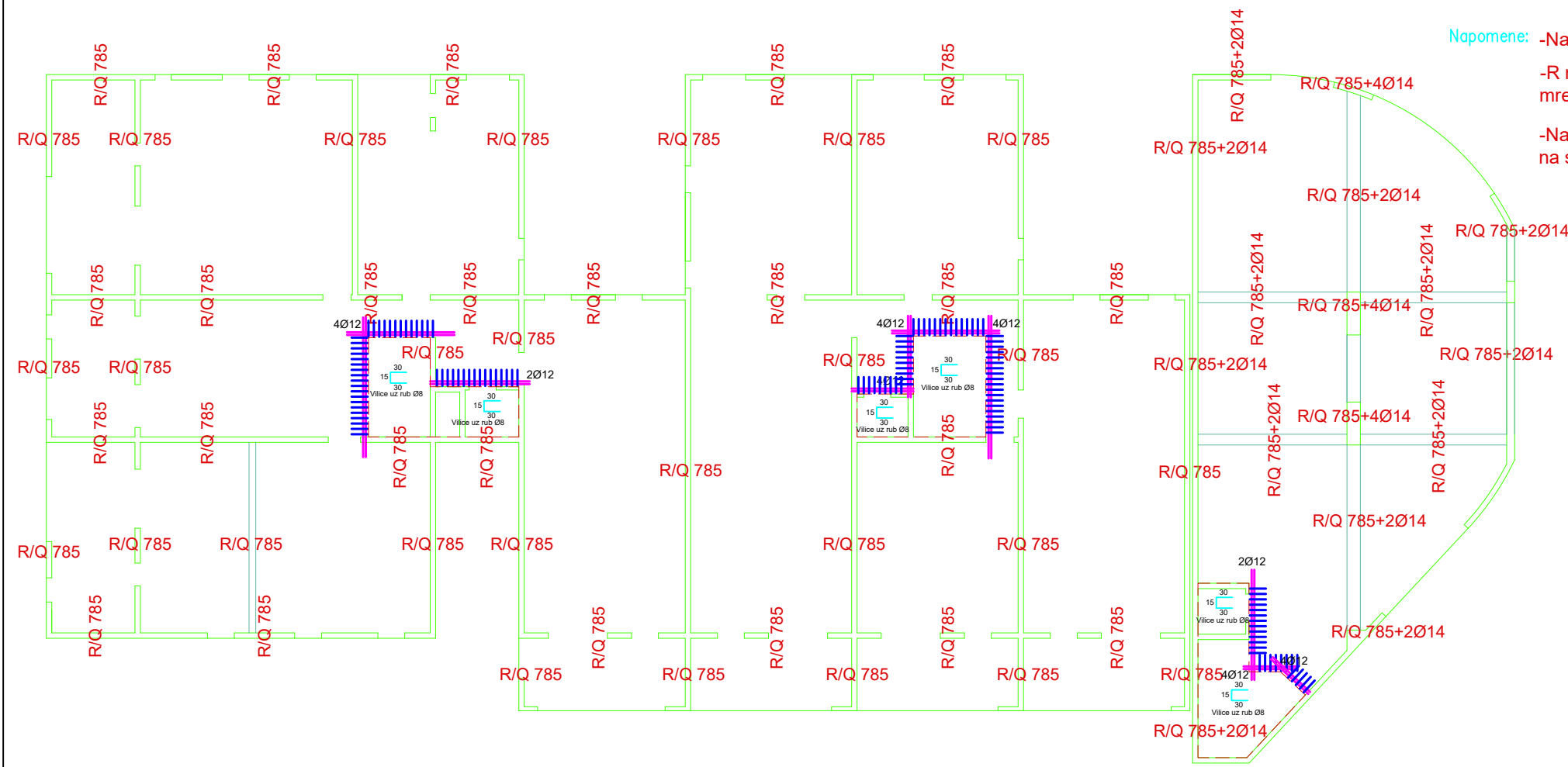
**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže  
isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s  
preklapima 40 cm ili većim



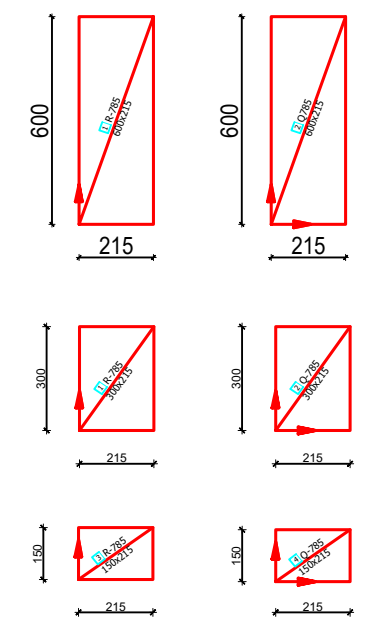
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 IZVJEŠĆE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 24962 M • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 483115	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 800A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 24

# Armatura ploče pozicije 800A/B -GORNJA ZONA M 1:200



**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



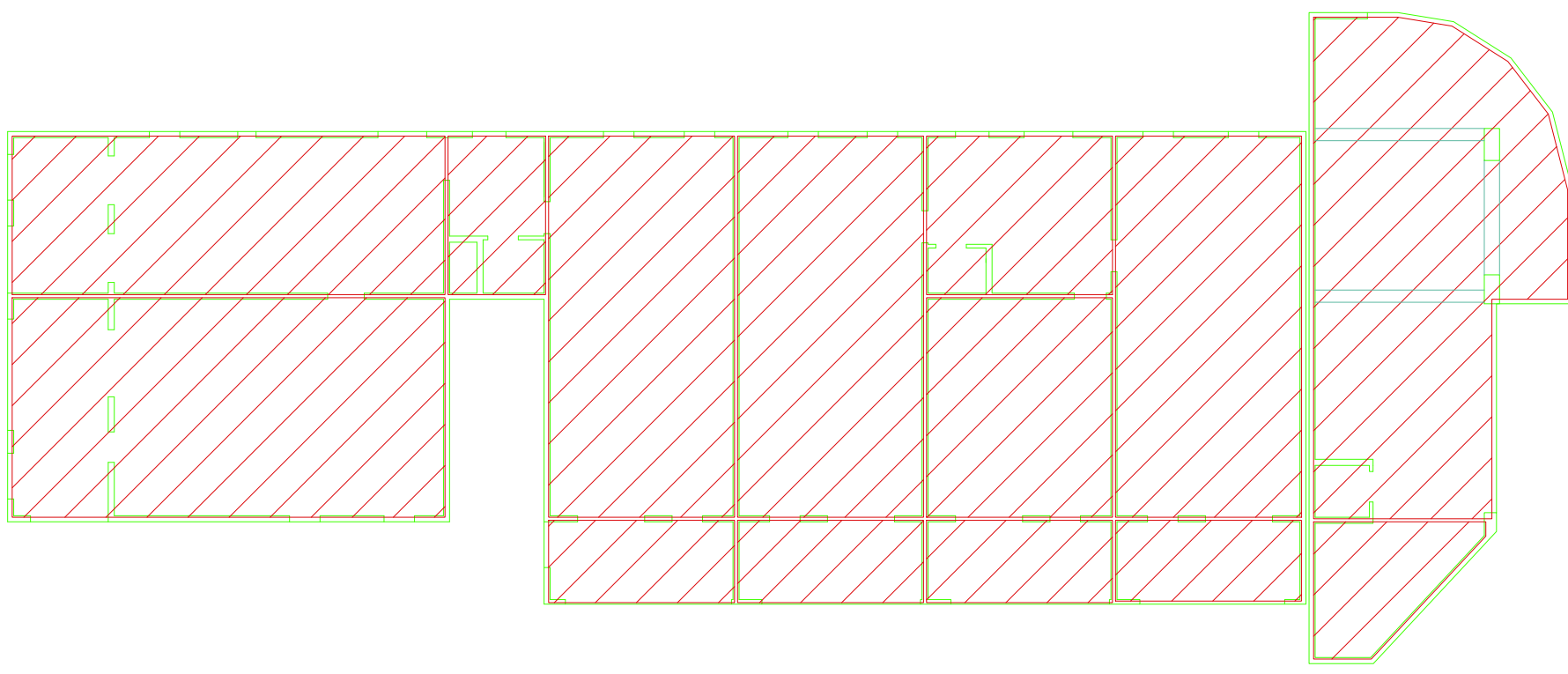
Beton: C 25/30  
 Armatura: B 500B

	INVESTITOR / NARUČITELJ:	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO:	1:200
	GRAĐEVINA:	Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM:	srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:	340/19-A
	RAZINA PROJEKTA:	GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT:	Marijana Baotić
	SADRŽAJ:	Armatura ploče poz 800A/B-gornja zona	BROJ PRILOGA:	25

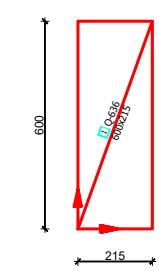
Armatura ploče  
pozicije 900A/B  
-DONJA ZONA  
M 1:200

 Q-636


 otvor u ploči



Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

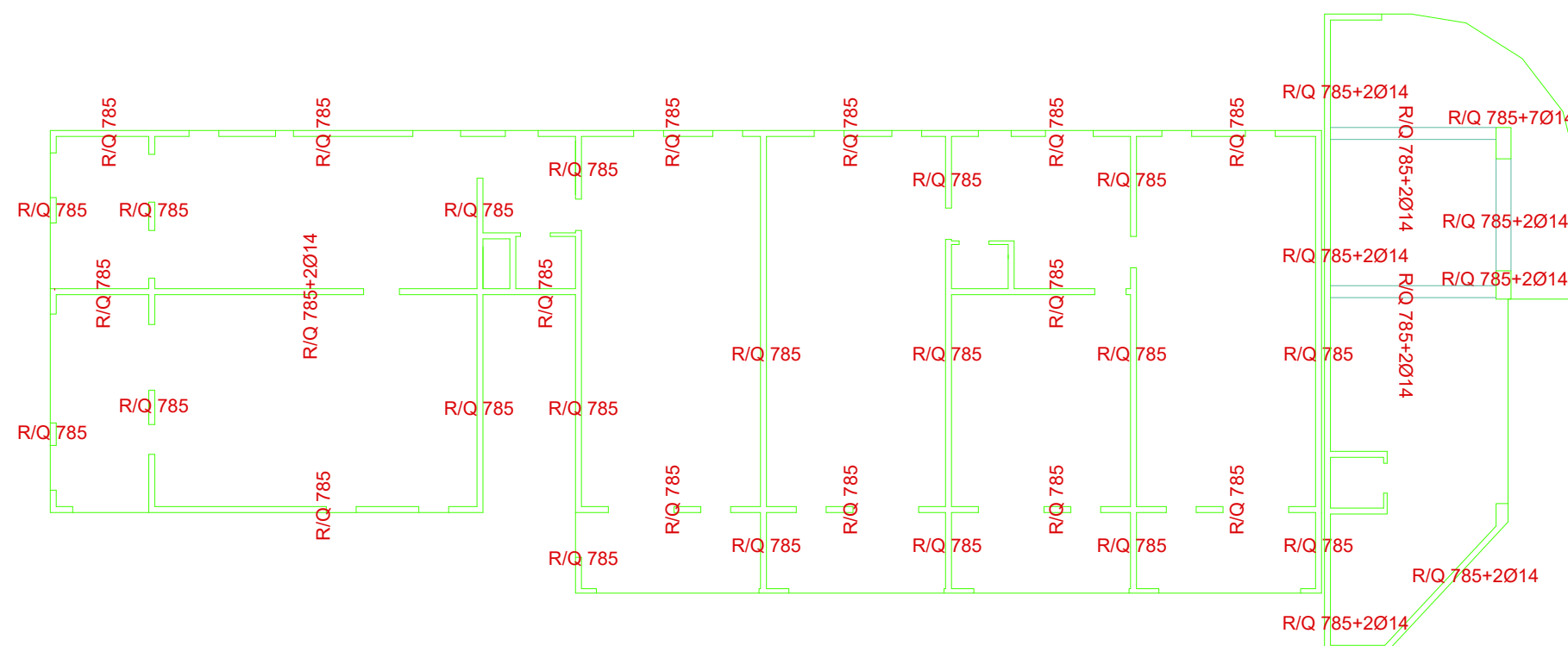


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

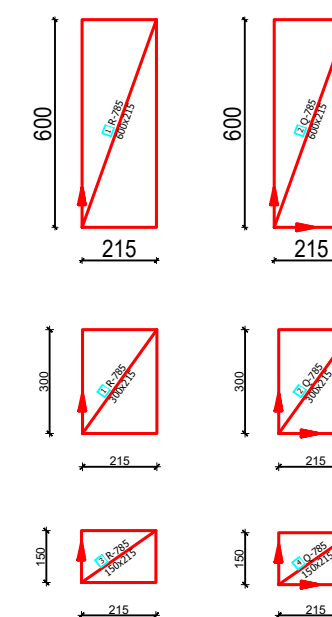
 IZVJEŠĆE U SPILITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPILIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 214961 M + 385 (0)21 30330, fax + 385 (0)21 485117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 900A/B-donja zona	BROJ PRILOGA: 26

# Armatura ploče pozicije 900A/B -GORNJA ZONA


M 1:200



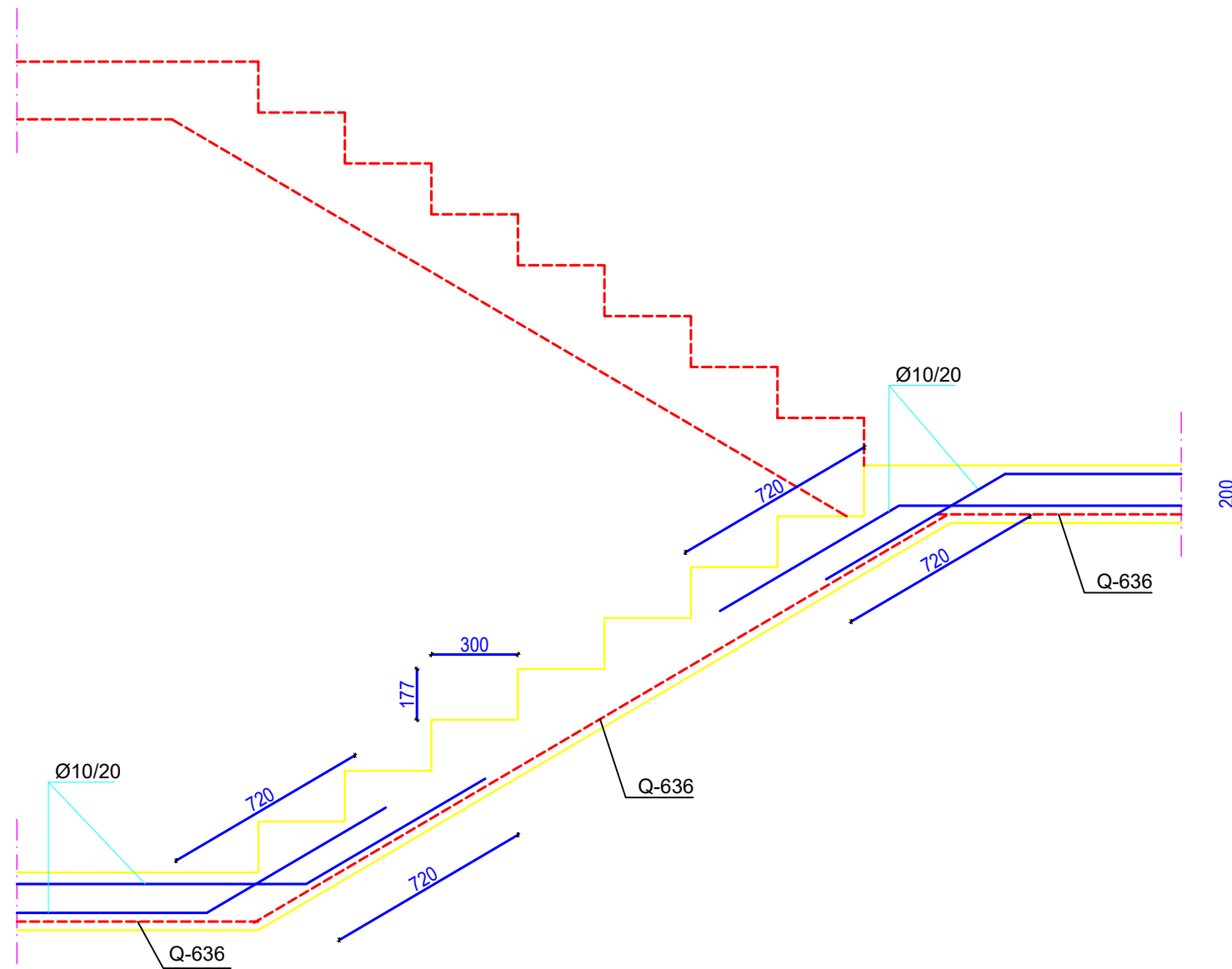
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785




Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

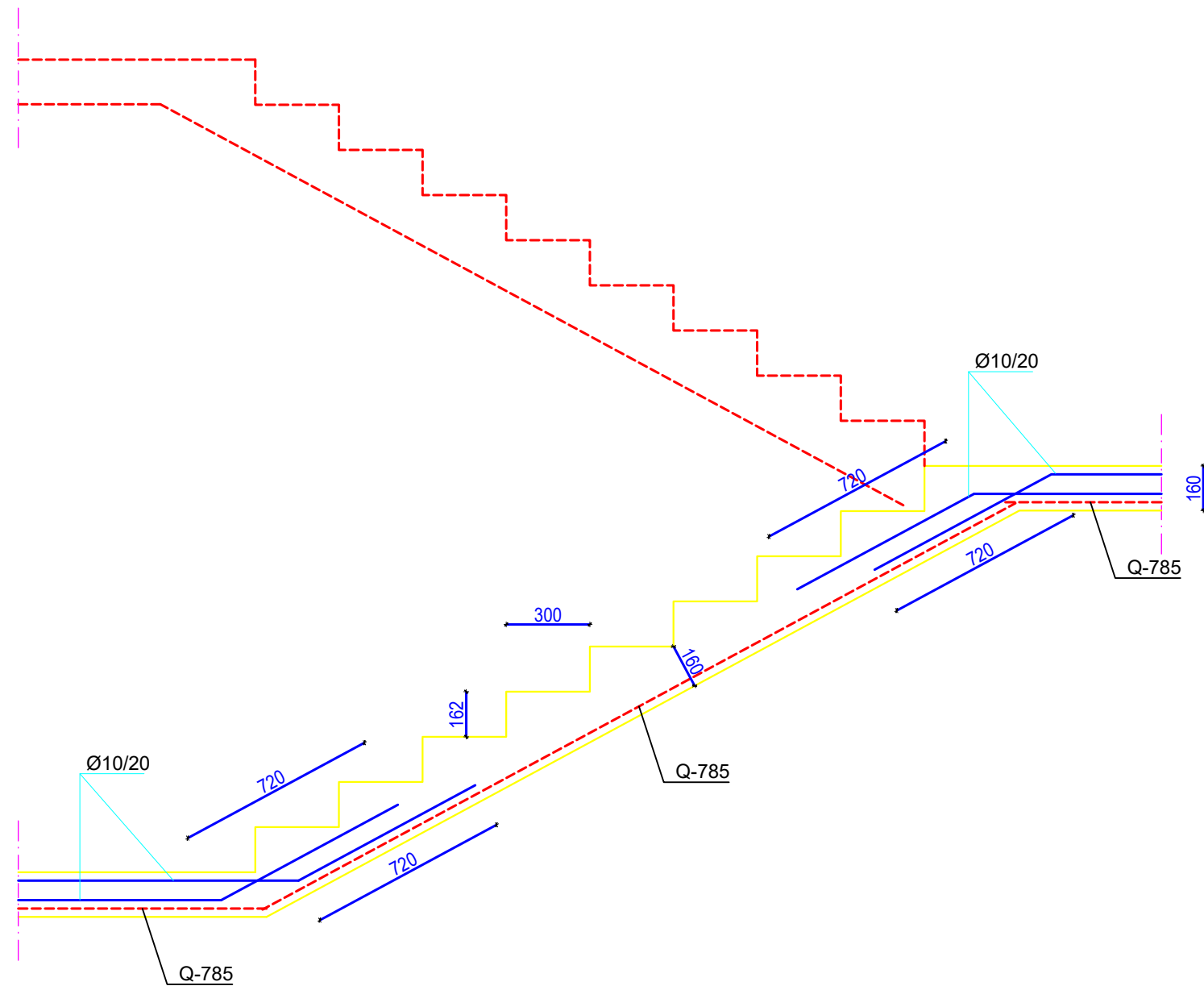
 <small>                 IZVJEŠĆE U SPLITU                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE                  I GEODEZIJE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 214961 M + 385 (0)21 30330, fax + 385 (0)21 48111             </small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 900A-gornja zona	BROJ PRILOGA: 27


# Armatura stubišta S1 M 1:20



 <small>           IZVJESJE U SPITU            FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE            I GEODEZIJE            21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15            MB 21496316 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 485117         </small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADJEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura stubišta S1	BROJ PRILOGA: 28

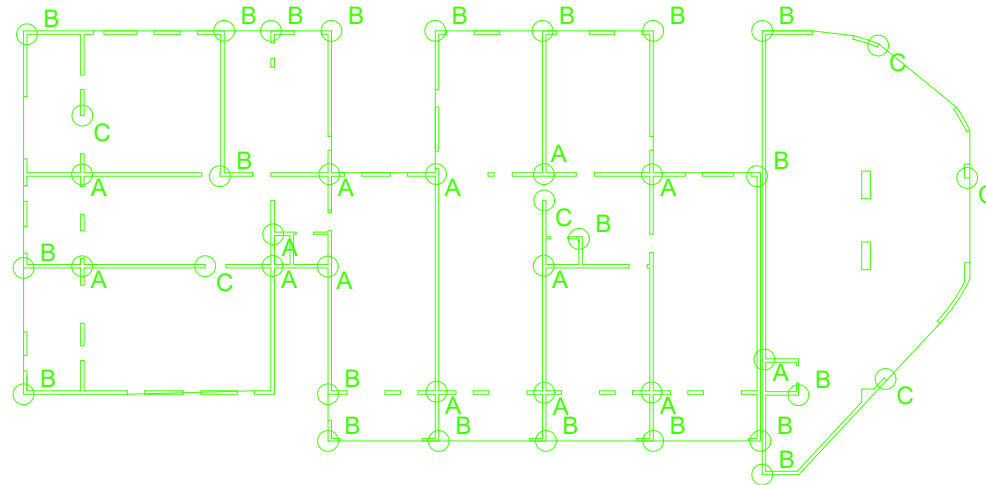
# Armatura stubišta S2 M 1:20



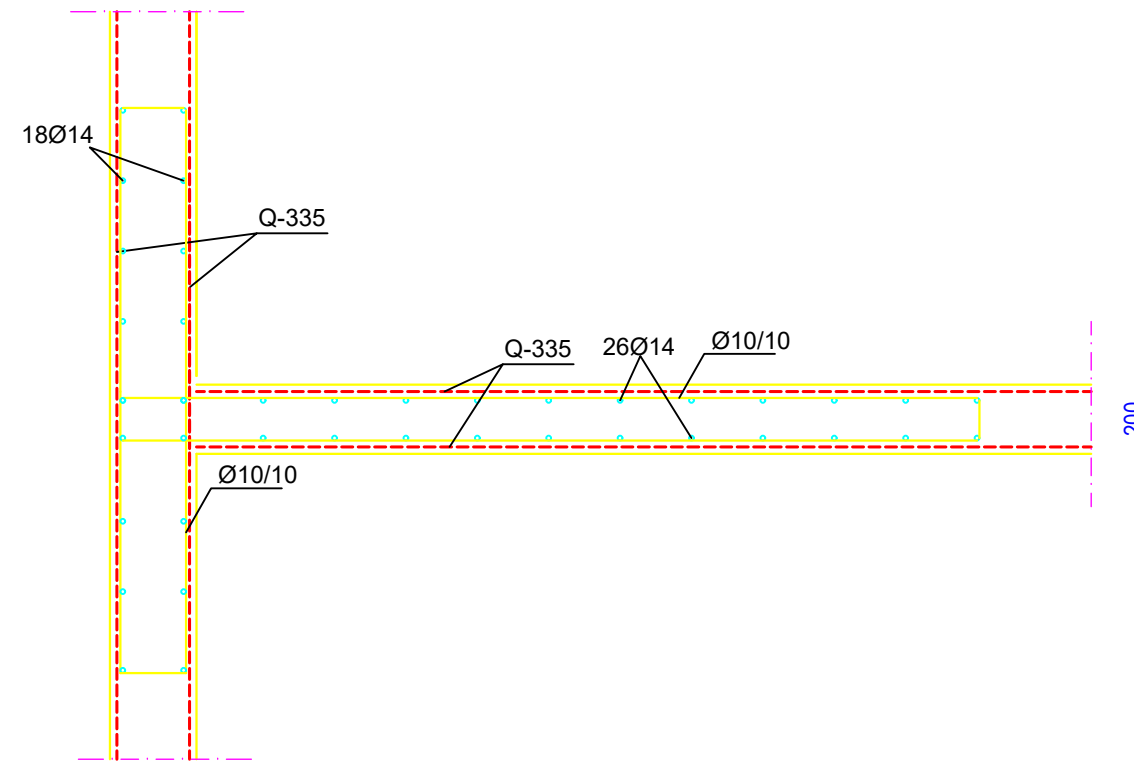
 <small>           IVEUČIŠTE U SPLITU            FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE            I GEODEZIJE            21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15            MB 214961314 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 481117         </small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marijana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura stubišta S2	BROJ PRILOGA: 29

# Plan pozicija i armatura zidova M 1:20

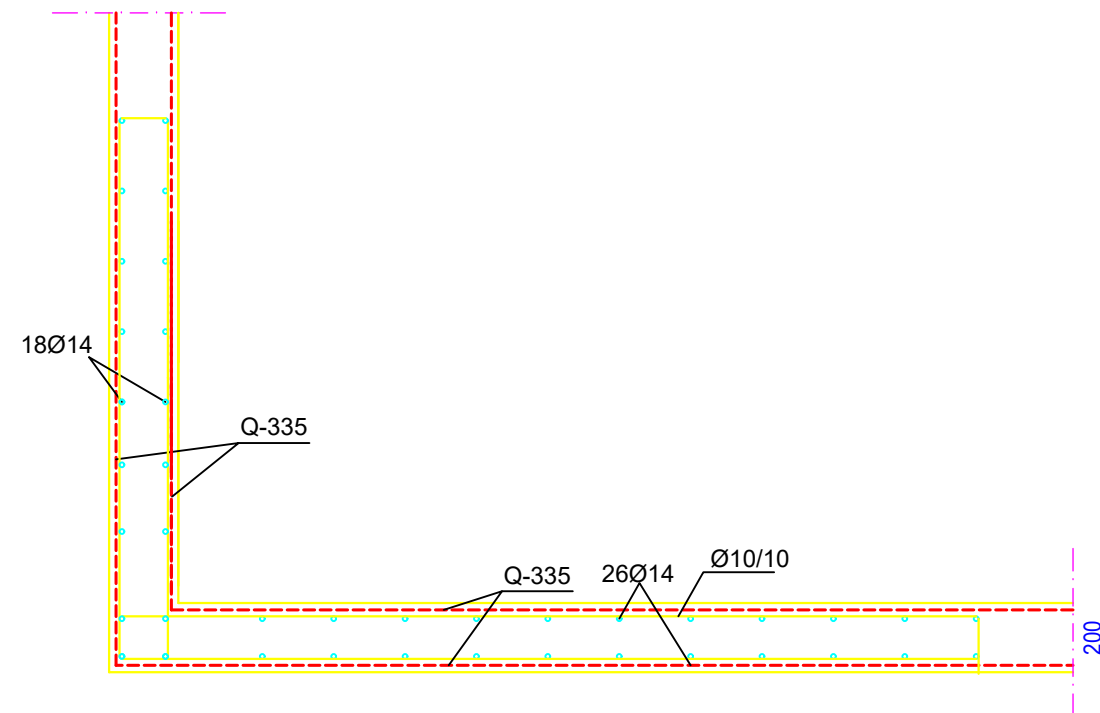
## Zidovi karakterističnog kata



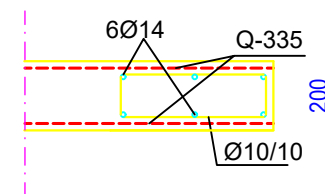
### Detalj A



### Detalj B

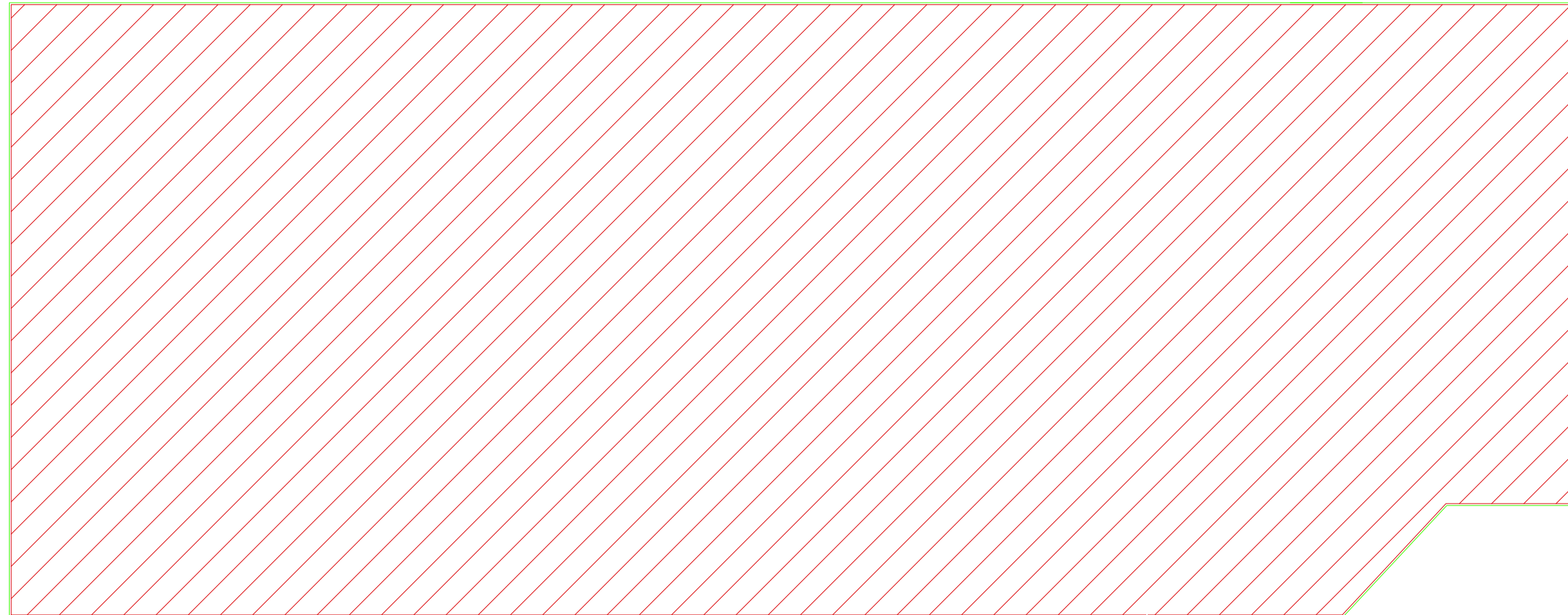


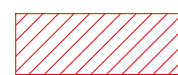
### Detalj C

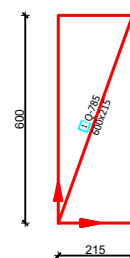


<p> <small>           IZVJELIŠTE U SPITU            FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE            I GEODEZIJE            21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15            MB 24962161 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 481117         </small> </p>	<small>INVESTITOR / NARUČITELJ:</small> FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	<small>MJERILO:</small> 1:20
	<small>GRAĐEVINA:</small> Poslovno-stambena zgrada u Splitu	<small>DATUM:</small> srpanj 2020
	<small>VRSTA PROJEKTA:</small> Projekt konstrukcije	<small>BROJ PROJEKTA:</small> 340/19-A
	<small>RAZINA PROJEKTA:</small> GLAVNI PROJEKT	<small>PROJEKTANT:</small> Marijana Baotić
<small>SADRŽAJ:</small> Plan pozicija i armatura zidova	<small>BROJ PRILOGA:</small> 30	


Armatura  
temeljne ploče  
-DONJA ZONA  
M 1:200



 Q-785 +  
preklop 70cm

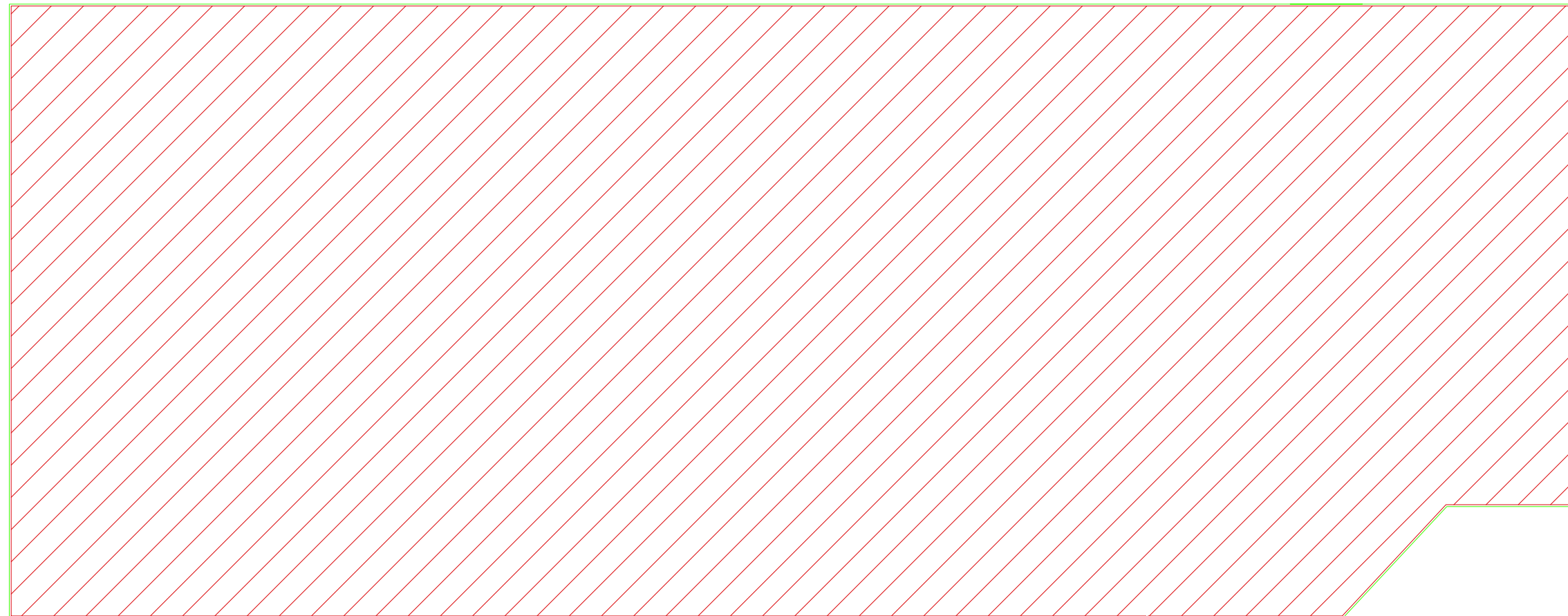


Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

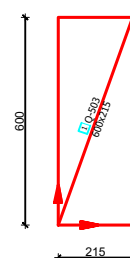
 <small>UNIVERZITET U ZAGREBU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 31496131 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 485111</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
SADRŽAJ: Armatura temeljne ploče -donja zona	BROJ PRILOGA: 31	




Armatura  
temeljne ploče  
-GORNJA ZONA  
M 1:200



 Q-503



Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

 BIVULJERU U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2496216 • 385 (0)21 30330, fax • 385 (0)21 483117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: srpanj 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marjana Baotić
	SADRŽAJ: Armatura temeljne ploče-gornja zona	BROJ PRILOGA: 32