

# Glavni projekt stambeno-poslovne zgrade u Splitu

---

**Babić, Alen**

**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:123:801767>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-01**



*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**

**Alen Babić**

**Split, 2020.**

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

**Alen Babić**

**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, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata, karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

## ***Ključne riječi:***

projekt, konstrukcija, monolitna izvedba, tehnički opis, numerički model, proračun, armatura

# **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.

The project contains a technical description of the construction, general and particular conditions of civil engineering works, control plan and quality assurance plan, calculation of the main structural elements as well as characteristic structural plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

project, construction, monolithic construction, technical description, numerical model, calculation, reinforcement bar



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Alen Babić**

**BROJ INDEKSA: 763**

**KATEDRA: Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**

**PREDMET: Betonske konstrukcije**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Glavni projekt stambeno-poslovne zgrade u Splitu

Opis zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt stambeno - poslovne zgrade u Splitu.

Izrađeni projekt mora sadržavati:

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

U Splitu, ožujak 2020.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Predsjednik Povjerenstva za

završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## ***Zahvala***

*Zahvaljujem obitelji i prijateljima na podršci i pomoći te mentoru na strpljenju i stručnoj pomoći prilikom izrade ovog rada.*

# Sadržaj

1. TEHNIČKI OPIS.....	8
1.1. Općenito (projektni zadatak) .....	8
1.2. Opis konstruktivnog sustava.....	8
2. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	4
2.1. Opće napomene .....	4
2.2. Beton.....	6
2.3. Kontrola svježeg betona .....	8
2.4. Kontrola očvrslog betona.....	9
2.5. Način prijevoza i ugradbe betona .....	9
2.6. Prekid betoniranja i obrada spojnica .....	10
2.7. Njegovanje i zaštita betona.....	11
2.8. Betonski čelik .....	11
2.9. Sudionici u gradnji .....	12
2.10. Pripremni radovi .....	14
2.11. Zemljani radovi .....	14
2.12. Tesarski radovi .....	14
2.13. Izvođenje betonskih radova.....	15
3. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI I GOSPODARENJE OTPADOM.....	21
3.1. Opće napomene .....	21
4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	23
4.1. Stalno opterećenje.....	23
4.2. Promjenjivo opterećenje .....	24
4.3. Izvanredno opterećenje.....	43
5. NUMERIČKI MODEL .....	52
5.1. Kombinacije opterećenja .....	52
6. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....	58
6.1. Proračun ploče pozicije 900 (ploča nadgrađa) $d_{pl}=16$ cm .....	58
6.2. Proračun ploče pozicije 800 $d_{pl}=16$ cm .....	69
6.3. Proračun ploče pozicije 700 $d_{pl}=16$ cm .....	80
6.4. Proračun ploče pozicije 600 $d_{pl}=16$ cm .....	92
6.5. Proračun ploče pozicije 400 $d_{pl}=20$ cm .....	104
6.6. Proračun ploče pozicije 300 C $d_{pl}=20$ cm.....	115

6.7. Proračun ploče pozicije 200 C $d_{pl}=20$ cm.....	127
6.8. Proračun ploče pozicije 100 C $d_{pl}=20$ cm.....	140
6.9. Proračun ploče pozicije 300 D $d_{pl}=15$ cm .....	152
6.10. Proračun ploče pozicije 200 D $d_{pl}=30$ cm .....	159
6.11. Proračun ploče pozicije 100 D $d_{pl}=20$ cm .....	171
7. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	183
7.1. Dimenzioniranje stubišta C .....	183
7.2. Dimenzioniranje stubišta D .....	185
8. PRORAČUN ZIDOVA .....	187
8.1. Proračun zida u x smjeru .....	187
8.2. Proračun zida u y smjeru .....	197
9. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE .....	206
10. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE .....	210
10.1. Proračun temeljne ploče $d_{pl}=40$ cm .....	210
11. GRAFIČKI PRILOZI.....	213
12. LITERATURA .....	214

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito (projektni zadatak)

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

Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, postojeće visinske razlike 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 građevinskoj čestici, uređenje čestice, priključenje na javno – prometnu površinu i komunalnu infrastrukturu, parkirališna mesta.

Ovim diplomskim radom obrađene su dvije dilatacije predmetne zgrade i to dilatacije C i D. Druge dvije dilatacije (A i B ) 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

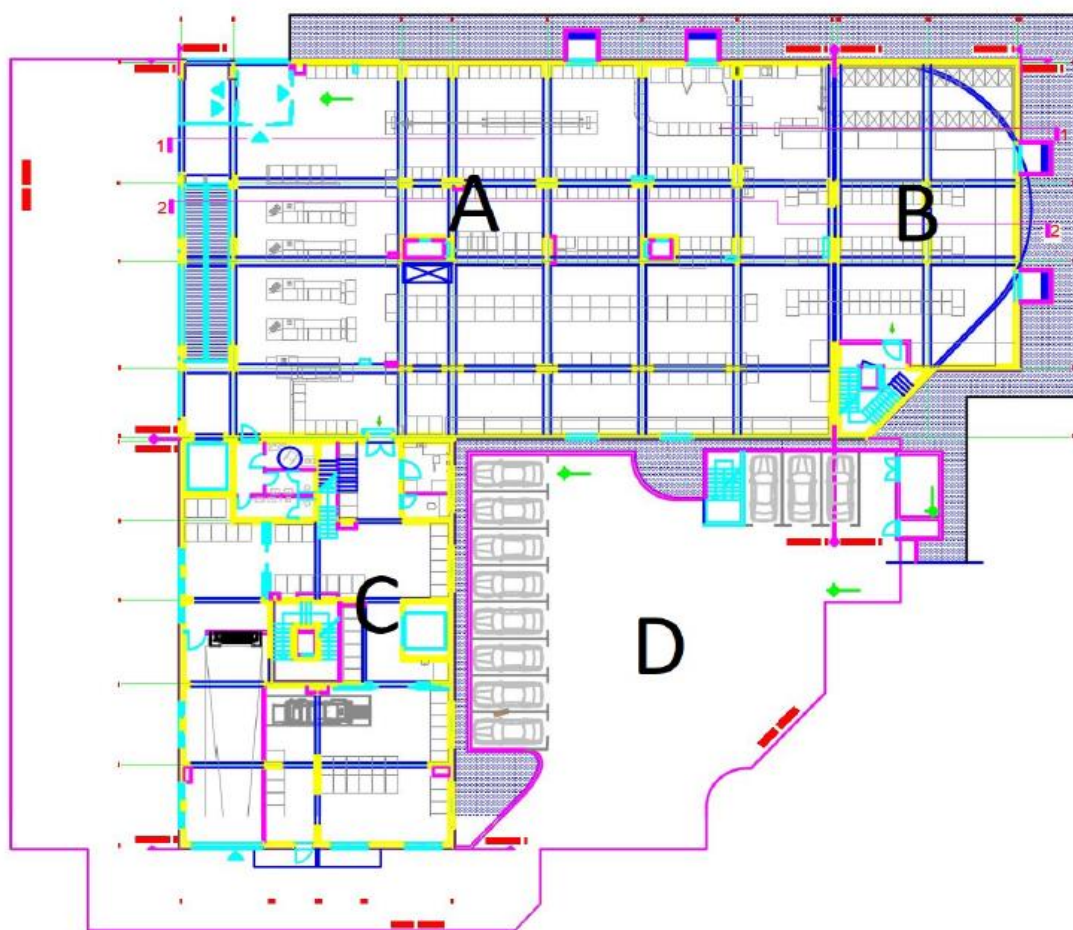
- Zakon o gradnji („Narodne novine“ broj 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije („Narodne novine" broj 17/17.)
- HRN EN 1990 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
- HRN EN 1990/NA Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 1991-1-1 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 KONSTRUKCIJA
  - 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 zida
- HRN EN 1996-2/NA Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija -- 2. dio: Konstruiranje, odabir materijala i izvedba zida -- 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) Zakonska osnova i tehnička regulativa na kojima se bazira izrada projekta

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 „C“ je armirano betonski konstruktivni sustav koji na razini Podrum 2; Podrum 1, Suterena i Prizemlja čine armirano betonski zidovi malih duljina 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. Dilatacija je temeljena na temeljnoj ploči debljine 40 cm. Prema zahtjevima investitora na pojedinim etažama su primjenjene gornja standardom predviđena opterećenja ili čak opterećenja izvan raspona standarda. Tako je na razini suterena predviđeno promjenjivo karakteristično opterećenje  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , na vanjskom parkingu  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , 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  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ .



Konstruktivna dilatacija „D“ je armirano betonski konstruktivni sustav sa samo dvije etaže, Podrum 2 i Podrum 1. Ova etaža završava vanjskim parkingom na nivou suterena, koji je dijelom nasut zemljom.

Konstruktivni sustav ove etaže čine ab ploče debljine 20 cm. Dilatacija je temeljena na temeljnoj ploči debljine 40 cm. Stalna opterećenja su sukladna standardom preporučenim veličinama, dok su etaže garaža proračunate na  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ .

Temeljem podataka projektanta geomehničkog 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 geomehničkog 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. 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“.

#### **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 je 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 je 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 obveza 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 predvidjeti 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. Prihvaća 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 očvršli 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 minimalan 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 očvrstlog betona

Dokazna tlačna čvrstoća očvrstlog 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 očvrstlog 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

Dozvoliti 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 vršiti pumpom za beton ili dizalicom s korpom. Prilikom isporuke betona na gradilište dostavljač betona je dužan isporučiti dostavnicu koja mora sadržavati slijedeće podatke:

- ime tvornice betona
- serijski broj otpremnice
- datum i vrijeme utovara, tj vrijeme prvog miješanja cementa i vode
- broj ili identifikaciju vozila
- ime kupca i lokaciju gradilišta
- količinu dostavljenog betona u  $\text{m}^3$
- 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 betona 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 vibratorom. 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 vjetrov 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 jutenim 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 snijegu 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 predviđena 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 Tehničkog propisa za građevinske 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. Nijedno 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 su prikazani u stavkama 2.9-2.13.

## **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 uvjetima o građenju. Između ostalog to podrazumijeva 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. Nasipani 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 denivelacijama 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 kada ugrađeni beton dobije odgovarajuću čvrstoću. Pri skidanju oplata nakon dovršenja objekta s konstrukcije treba 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 automiješalicama, 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 rabe metalne 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 prijanjanja 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 redosljedju, 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 (prema HRN ENV 13670-1:2006)

S betoniranjem se 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 (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. Sva armatura je iz čelika B500 u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Nijedno 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 otopini, 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 smjese 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 štititi 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 opterećenje. 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. Drugi uvjeti značajni 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. 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, 73/17, 14/19, 98/19), 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
- 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,
- 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
- 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. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 4.1. Stalno opterećenje

#### 4.1.1. Vlastita težina

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

#### 4.1.2. Dodatno stalno opterećenje

##### a) Krovna konstrukcija

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$g$ (kN/m <sup>2</sup> )
<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) Terasa i balkoni

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$g$ (kN/m <sup>2</sup> )
<i>ker. Pločice</i>	0,01	19,0	0,19
<i>hidroizolacija</i>	0,002	20,0	0,04
<i>cem. estrih</i>	0,050	24,0	1,20
<i>XPS</i>	0,02	0,3	0,01
<i>ETICS</i>	0,048	0,5	0,02
<b>SUMA</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,46

##### c) Stambeni prostori

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$g$ (kN/m <sup>2</sup> )
<i>parket</i>	0,02	6,0	0,12
<i>cem. estrih</i>	0,045	24,0	1,08
<i>EPS</i>	0,020	0,3	0,01
<i>XPS</i>	0,02	0,3	0,01
<b>PREGRADE</b>			2,00
<b>SUMA</b>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	3,21

## d) Stubište

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$g$ (kN/m <sup>2</sup> )
<i>kamene ploče</i>	0,025	28,0	0,70
<i>cem. estrih</i>	0,040	24,0	0,96
<i>EPS</i>	0,020	0,3	0,01
<i>XPS</i>	0,02	0,3	0,01
<i>SUMA</i>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,67

## e) Garaže

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$g$ (kN/m <sup>2</sup> )
<i>cem. estrih</i>	0,055	24,0	1,32
<i>EPS</i>	0,020	0,3	0,01
<i>XPS</i>	0,02	0,3	0,01
<i>SUMA</i>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,33

## f) Poslovni prostori (na etaži suterena i prizemlja)

<i>ker. pločice 1.5cm</i>	0,020	23,0	0,46
<i>cem. estrih</i>	0,055	24,0	1,32
<i>EPS</i>	0,020	0,3	0,01
<i>XPS</i>	0,02	0,3	0,01
<i>PREGRADE</i>			2,00
<i>SUMA</i>		$\Delta g$ (kN/m <sup>2</sup> )	3,79

## 4.2. Promjenjivo opterećenje

### 4.2.1. 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) :  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

- Balkoni :  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- 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 4.1. Vrijednosti korisnog opterećenja

Prema zahtjevima investitora na pojedinim etažama su primjenjene gornja standardom predviđena opterećenja ili čak izvan raspona standarda. Tako je na razini suterena predviđeno promjenjivo karakteristično opterećenje  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , na vanjskom parkingu  $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ , a na poslovnim prostorima prizemlja  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.2.2. Opterećenje snijegom

Analiza opterećenja snijegom na konstrukciju provodi se prema HRN EN1991-1-3.

Opterećenje snijegom na krovove (gravitacijsko opterećenje) definira se izrazom:

$$s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k \quad \left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$$

gdje je:

$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom prema tipu i nagibu krova

$c_e$  - koeficijent izloženosti, uzima u obzir uvjete puhanja vjetrova

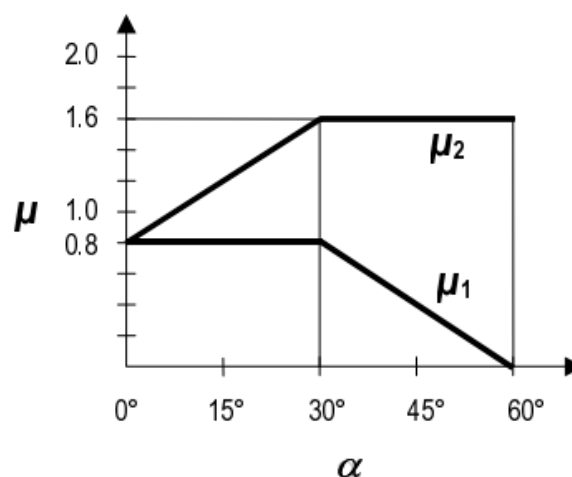
$$c_e = 1.0$$

$c_t$  - toplinski koeficijent, uzima u obzir utjecaj snijega uslijed topljenja

$$c_t = 1.0$$

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja snijegom prema geografskoj lokaciji i nadmorskoj visini

Utjecaj geometrije krova uzet je u obzir s koeficijentom oblika opterećenja snijegom,  $\mu$ , u ovisnosti o nagibu krova.



Slika 4.2. Dijagram za određivanje koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu u ovisnosti o kutu  $\alpha$ .



Za ravni krov očitano:  $\mu_i = 0.8$



Tablica 6. Karakteristična opterećenja snijegom ( $s_k$ ) u zonama na različitim nadmorskim visinama

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	
700	2,63	3,68	3,30	
800	2,94	4,26	3,95	
900	3,26	4,88	4,65	
1000	3,60	5,55	5,40	
1100	3,94	6,26	6,20	
1200	4,31	7,01	7,05	
1300		7,80	7,95	
1400		8,63	8,90	
1500		9,50	9,90	
1600		10,42	10,94	
1700		11,38	12,04	

Slika 4.3. Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom  $s_k$  (kN/m<sup>2</sup>)

Za grad Split, zona III, nadmorske visine do 100 m, za potrebe proračuna očitano:

$$s_k = 0.45 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**Opterećenje snijegom:**

$$s = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.45 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

**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> naneseo je na ploču iznad garaže na dijelu ploče van objekta, kao i na nenatkrivene terase.

#### 4.2.3. Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom je promjenjivo slobodno djelovanje. Pojednostavljeni postupak vjetrenog opterećenja može se koristiti za zgrade visine manje od 200 m te se djelovanje vjetra uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje. U nastavku je prikazan pojednostavljen proračun.

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

$v_{b,0}$  (ili  $v_{ref,0}$  - u prednormi) je osnovna poredbena brzina vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na mapi na sljedećoj stranici). Osnovna 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 i grmljem i manjim preprekama.

Vrijednost osnovne poredbene brzine vjetra  $v_{b,0}$  (na mapi) dodatno se korigira s obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu, te se tako dobiva poredbena (referentna) brzina vjetra:

$$v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0}$$

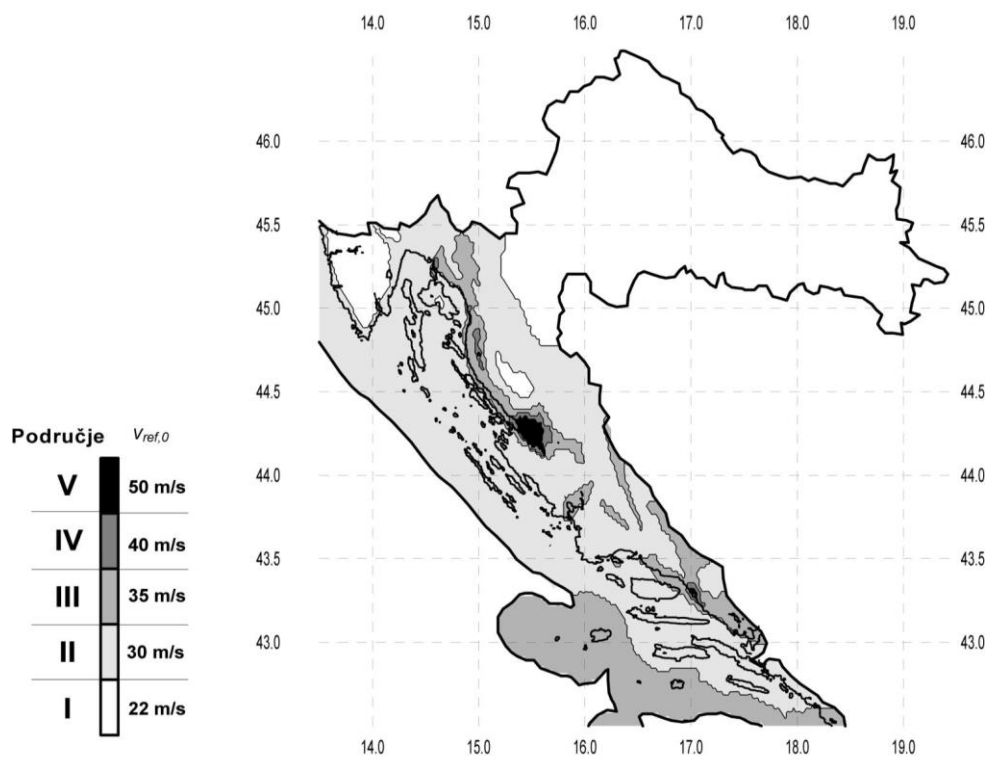
Koeficijent smjera vjetra ( $c_{DIR}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske  $c_{DIR} = 1.0$ .

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:  $c_{ALT} = 1 + 0.0001 \cdot a_s$ , gdje je  $a_s$  = nadmorska visina mjesta u (m).

Područja	$V_{b,0}$ (m/s)
I	22
II	30
III	35
IV	40
V	50

Tablica 4.1. Osnovna brzina vjetra ovisno o području



Slika 4.4. Karta vjetrovnih zona Republike Hrvatske

Srednja brzina vjetra na nekoj visini  $z$ :

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

$$c_r(z) = [k_r \cdot \ln(z / z_0)]$$

$$\text{za } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = [k_r \cdot (z_{\min})]$$

$$\text{za } z \leq z_{\max}$$

- koeficijent hrapavosti

$$k_r = 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0.11}} \right)^{0.07} \quad \text{- koeficijent terena (dan u tablici)}$$

$c_0(z)$  - koeficijent topografije, uglavnom se uzima 1.0

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

Tablica 4.2. Koeficijent terena ( $k_r$ ) s obzirom na kategoriju zemljišta

Maksimalna visina  $z_{\max}$  se obično uzima 200 m.

Intezitet turbulencije vjetra na visini  $z$  iznad terena dana je izrazom:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z_e / z_0)} \quad \text{za } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{za } z \leq z_{\max}$$

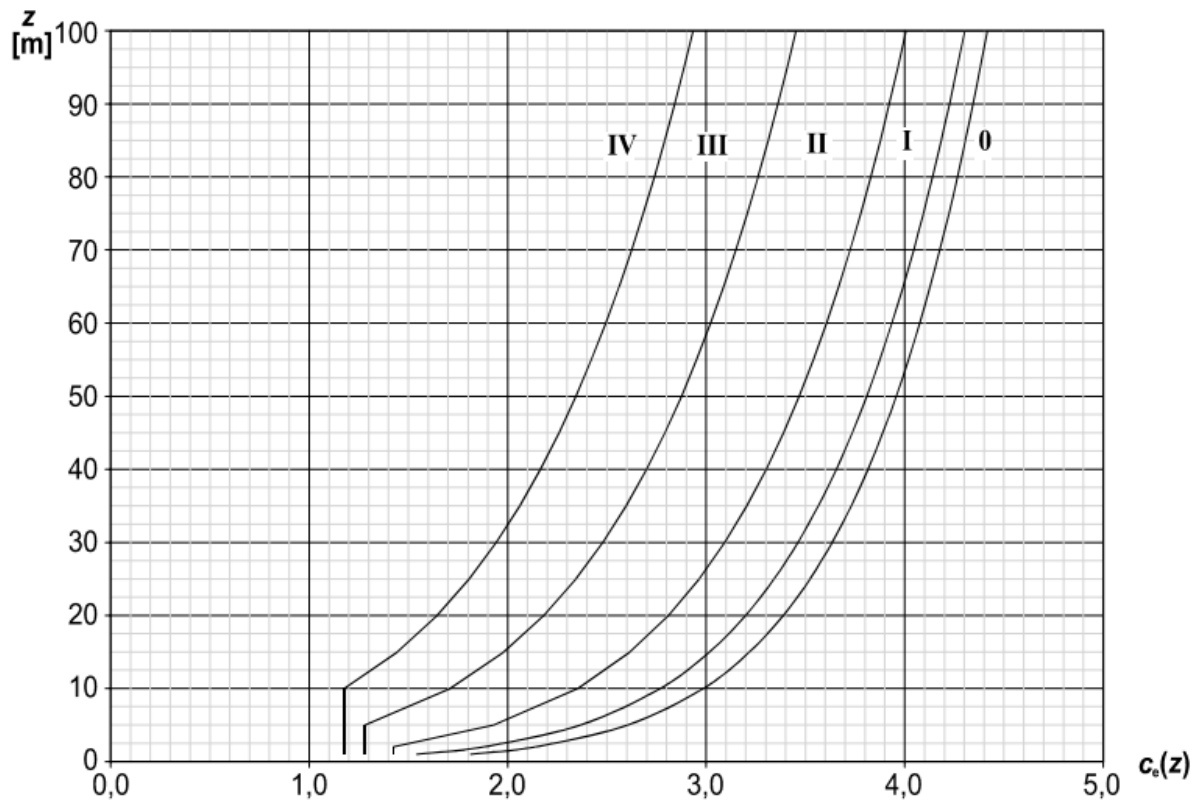
Maksimalni pritisak brzine vjetra:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z) \quad \text{odnosno} \quad q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

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

$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Faktor izloženosti  $c_e(z)$  također se može očitati sa dijagrama u ovisnosti kategorije terena i visine objekta iznad terena.



Slika 4.5. Dijagram ovisnosti kategorije terena i visine objekta iznad terena

Rezultirajući pritisak vjetra:

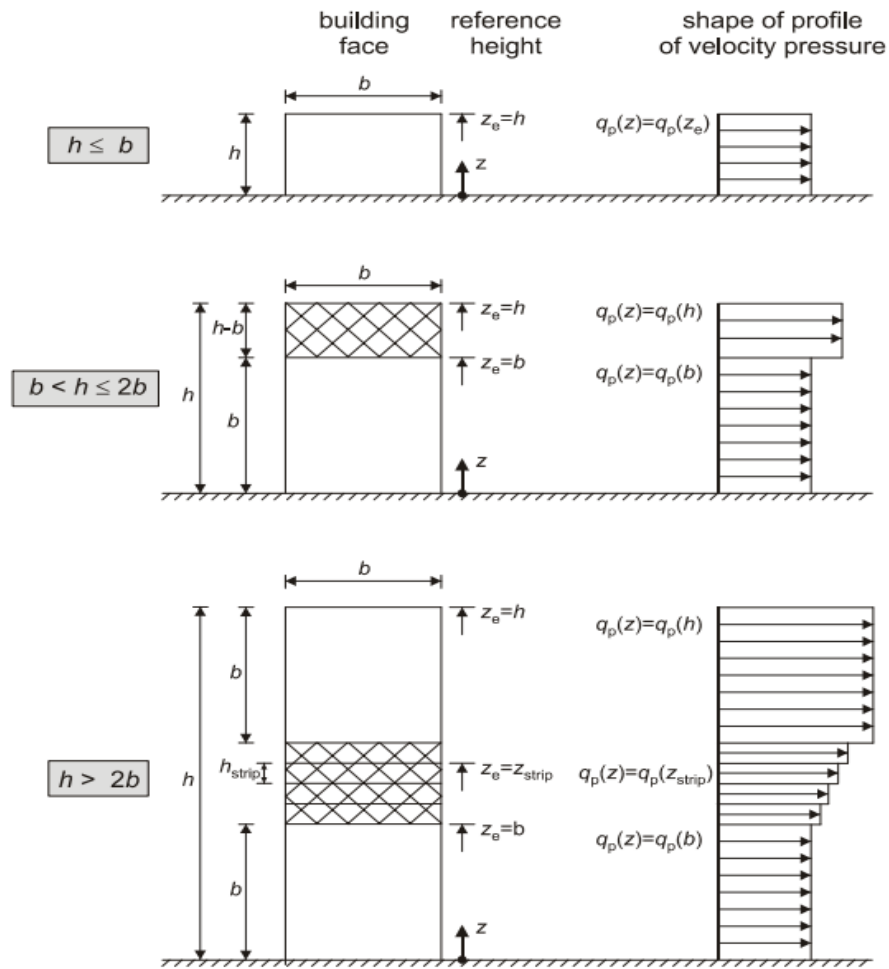
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad - \text{ pritisak vjetra na vanjske plohe;}$$

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

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi} \quad - \text{ pritisak vjetra na unutarnje plohe;}$$

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

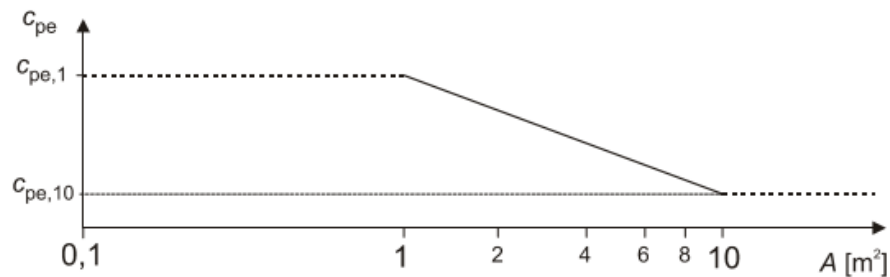
$z_e$  – referentna visina objekta (pri izračunu  $q_p(z)$ , za  $z$  koristiti  $z_e$ )



Slika 4.6. Referentna visina  $z_e$  u ovisnosti o  $h$  i  $b$ , te odgovarajući profil brzina

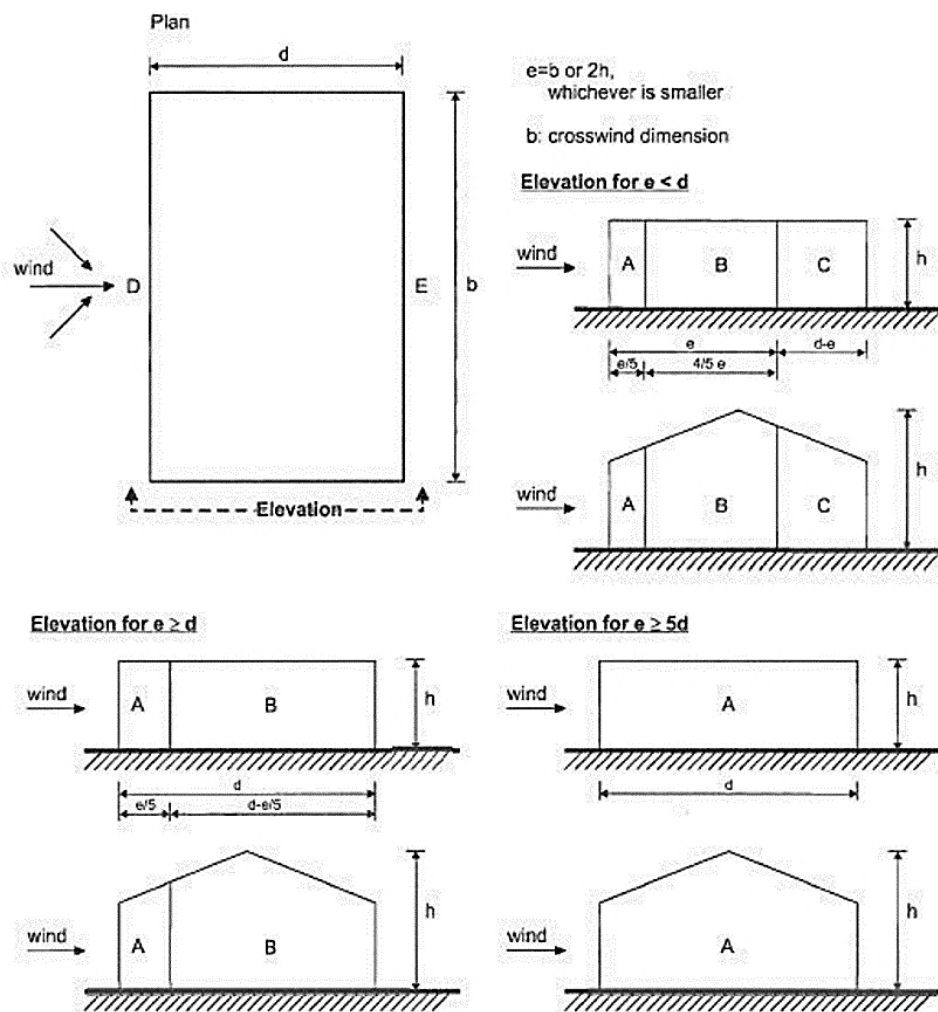
### Određivanje koeficijenta vanjskog pritiska $c_{pe}$

Rezultirajuća sila vjetra, tj. koeficijent rezultirajuće sile  $c_{pe}$ , ovisi i o površini na koju vjetar djeluje. Primjenjuje se sljedeći graf:



Ako je površina na koju vjetar djeluje manja od  $10 m^2$ , uzima se  $c_{pe,1}$ , a ako je veća od  $10 m^2$ , uzima se  $c_{pe,10}$ .

- vertikalni zidovi



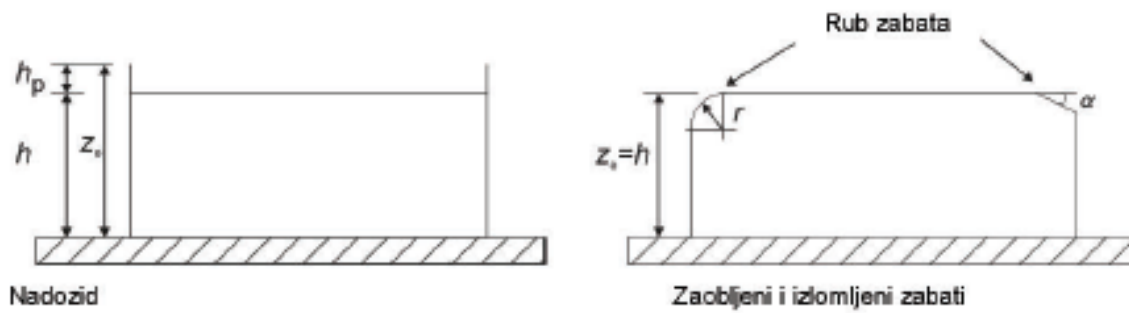
Slika 4.7. Podjela na zone A, B, C, D i E u ovisnosti o  $e$  i  $d$

Tablica 4.3. Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za vertikalne zidove

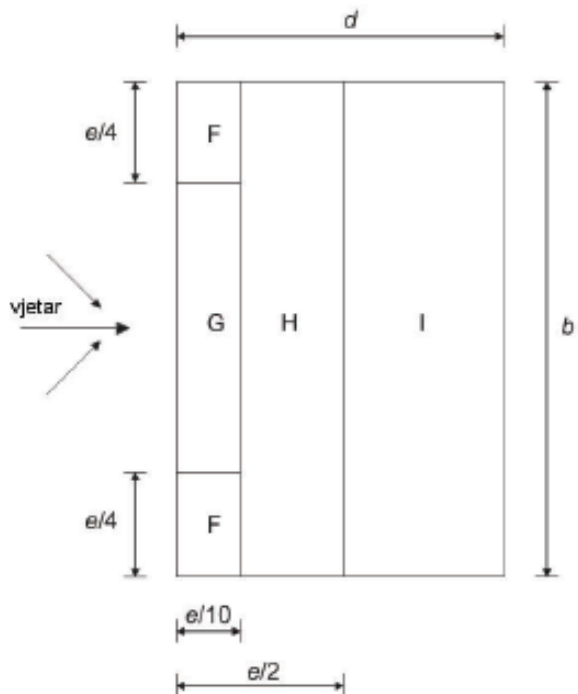
Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.  
 Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.  
 Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

- ravni krov



Slika 4.8. Načini izvedbe ravnog krova



$e = b$  ili  $2 \cdot h \rightarrow$  odabire se manja vrijednost  
 $b$  - dimenzija okomito na vjetar

Slika 4.9. Prikaz područja vjetra za ravni krov



Vrsta krova		Područje							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Oštri zabati		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
S nadozidima	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Zaobljeni zabati	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Izlomljeni zabati	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

NAPOMENA 1: Za krovove s nadozidima ili zaobljenim zabatima, smije se upotrebljavati linearna interpolacija za međuvrijednosti  $h_p/h$  i  $r/h$ .

NAPOMENA 2: Za krovove s izlomljenim zabatima, smije se upotrebljavati linearna interpolacija između  $\alpha = 30^\circ$ ,  $45^\circ$  i  $\alpha = 60^\circ$ . Za  $\alpha > 60^\circ$  smije se upotrebljavati linearna interpolacija između vrijednosti za  $\alpha = 60^\circ$  i vrijednosti za ravne krovove s oštrim (izlomljenim) zabatima.

NAPOMENA 3: U području I, gdje su dane i pozitivne i negativne vrijednosti, u obzir treba uzeti obje vrijednosti.

NAPOMENA 4: Za sami izlomljeni zabat, koeficijenti vanjskog tlaka dani su u tablici 7.4a „Koeficijenti vanjskog tlaka za dvostrešne krovove; smjer vjetrova 0°“, područje F i G, ovisno o nagibu izlomljenog zabata.

NAPOMENA 5: Za sami zaobljeni zabat, koeficijent vanjskog tlaka dani su linearnom interpolacijom duž krivulje, između vrijednosti na zidu i na krovu.

NAPOMENA 6: Za mansardne strehe čije su horizontalne dimenzije manje od  $e/10$  treba uzeti vrijednosti za oštre strehe. Za definiciju  $e$  vidjeti sliku 7.6

Tablica 4.4. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja ravnog krova

### Određivanje koeficijenta unutarnjeg pritiska $c_{pi}$

Maksimalni koeficijent unutarnjeg pritiska je 0.8, a minimalni koeficijent unutarnjeg pritiska (podtlak) je -0.5.

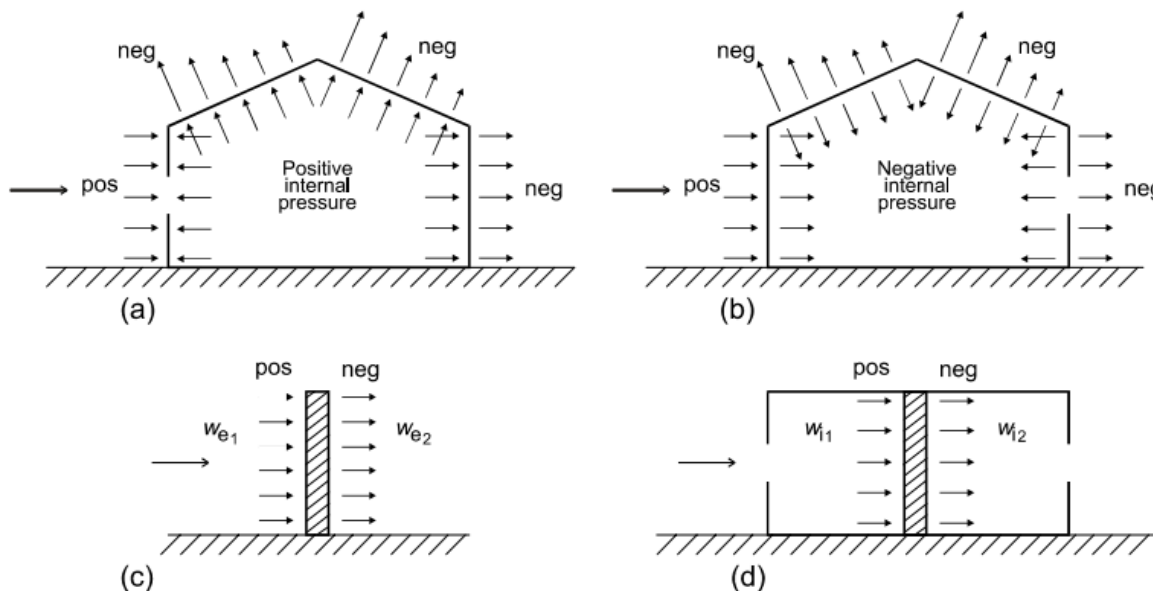
Koeficijent unutarnjeg pritiska se uzima:

$c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe}$  - kada je površina otvora na dominantnom zidu bar 2 puta veća od površine otvora na ostalim zidovima

$c_{pi} = 0.90 \cdot c_{pe}$  - kada je površina otvora na dominantnom zidu bar 3 puta veća od površine otvora na ostalim zidovima

### Rezultirajući pritisci vjetra $w_e$ i $w_i$

Rezultirajuće pritiske vjetra je potrebno rasporediti prema shemi prikazanoj na slici 1.7. Mora se uzeti u obzir da vanjski i unutarnji pritisci djeluju u isto vrijeme. Zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobiva se ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 4.10. Shema vanjskog i unutarnjeg pritiska

### Rezultati proračuna vjetra

$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$  - očitano za grad Split (područje II)

$C_{DIR} = 1.0$

$C_{TEM} = 1.0$

$C_{ALT} = 1 + 0.0001 \cdot a_s$ ,  $a_s = 10 \text{ m.n.m.}$

$C_{ALT} = 1 + 0.0001 \cdot 10 \text{ m} = 1.001$

$v_b = C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.001 \cdot 30 = 30.03 \text{ m/s}$

Kako je zgrada veće širine od visine, mjerodavna visina joj je ukupna visina. Mjerodavna visina zgrade je 22,5 m. Mjerodavna visina je veća od minimalne (2.0 m) i manja od maksimalne (200 m), pa je:

$$c_r(z) = [k_r \cdot \ln(z/z_0)] = 0.215 \cdot \ln(22.5/0.3) = 0.928$$

Srednja brzina vjetra:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0.928 \cdot 1.0 \cdot 30.03 = 27.87 \text{ m/s}$$

Intezitet tubulencije:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z_e/z_0)} = \frac{1}{1.0 \cdot \ln(22.5/0.3)} = 0.231$$

Maksimalni pritisak brzine vjetra  $q_p(z)$ :

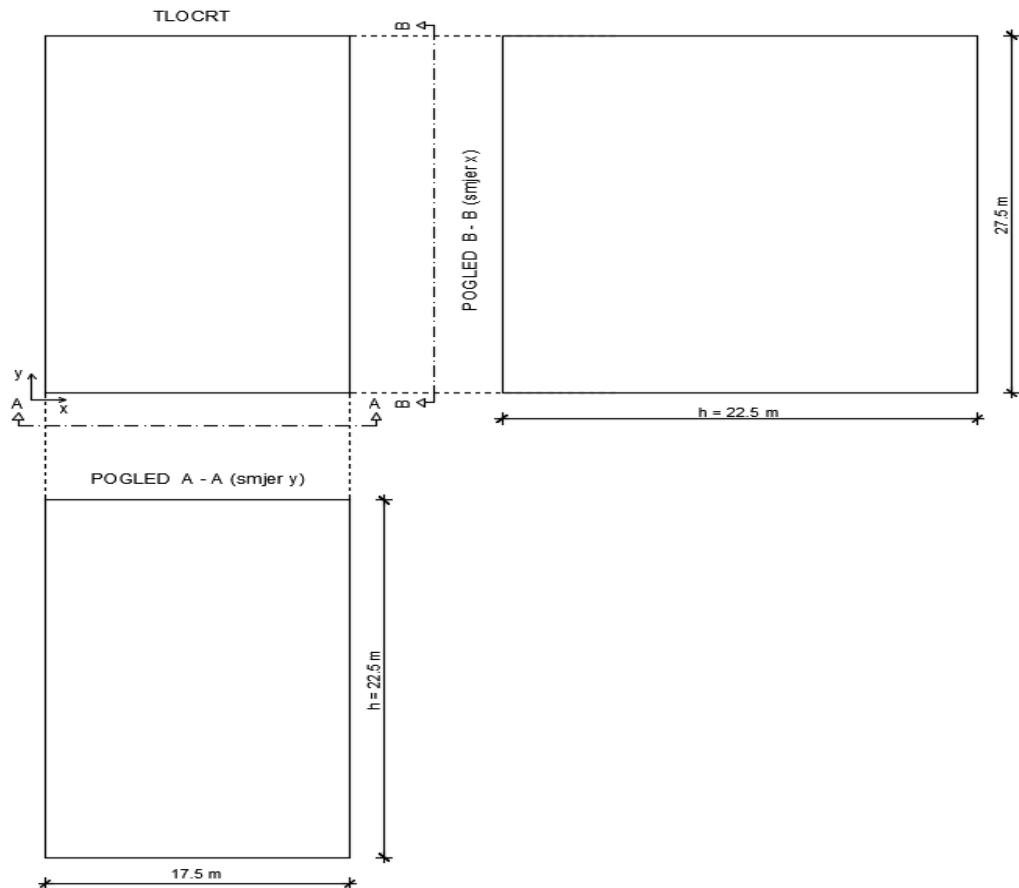
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z)$$

$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0.231] \cdot \frac{1.25}{2} \cdot 27.87^2 = 2.617 \cdot 485.46 = 1270.45 \text{ N/m}^2 = 1.27 \text{ kN/m}^2$$

## Koeficijenti vanjskog vjetra

Površine na koje vjetar djeluje:



Slika 4.11. Površine na koje vjetar djeluje

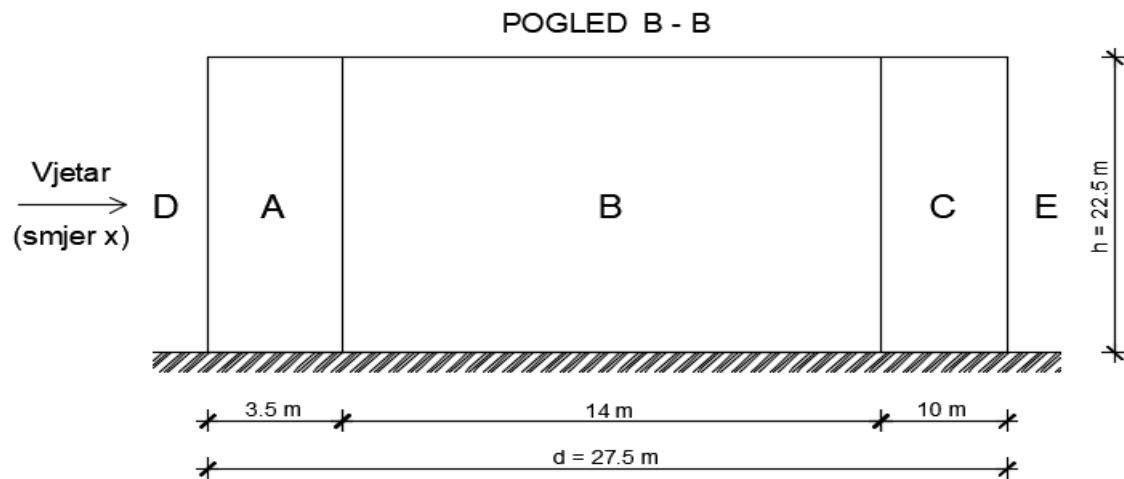
### Smjer x

- vertikalni zidovi

$$h = 22.5 \text{ m}$$

$$e = 2 \cdot h = 2 \cdot 22.5 = 45 \text{ m}$$

$$e = b = 17.5 \text{ m} < e = 45 \text{ m}$$



Slika 4.12. Područja A, B, C, D i E za smjer x

Očitano iz *tablice 3.9.* za  $h/d = 22.5/27.5 = 0.82$  i  $c_{pe,10}$  (vrijednosti su linearno interpolirane):

Područje	A	B	C	D	E
$c_{pe}$	-1.2	-0.8	-0.5	+0.78	-0.45

- ravni krov

Djelovanje vjetra na krov je zanemareno jer je krov ravni betonski.

- **Koeficijenti unutrašnjeg vjetra**

$$c_{pi} = +0.8 \text{ i } c_{pi} = -0.5$$

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$q_p(z_e) = q_p(z) = 1.27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$$

**Rezultirajuće djelovanje vjetra u x smjeru:**

Područje	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1.2	-0.8	-0.5	0	-0.45
	0	0	0	0.78	0
$C_{pi}$	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
$w_{e1} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	-1.52	-1.02	-0.64	0	-0.57
$w_{e2} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	0	0	0	0.99	0
$w_{i1} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64
$w_{i2} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
$w_1 = w_{e1} + w_{i1}$	-0.88	-0.38	0	0.64	0.07
$w_2 = w_{e1} + w_{i2}$	-2.54	-2.04	-1.66	-1.02	-1.21
$w_3 = w_{e2} + w_{i1}$	0.64	0.64	0.64	1.63	0.64
$w_4 = w_{e2} + w_{i2}$	-1.02	-1.02	-1.02	-0.03	-1.02

**Mjerodavno djelovanje vjetra u x smjeru:**

Područje	A	B	C	D	E
$w_{mjerodavno} \text{ [kN/m}^2\text{]}$	-2.54	-2.04	-1.66	1.63	-1.21

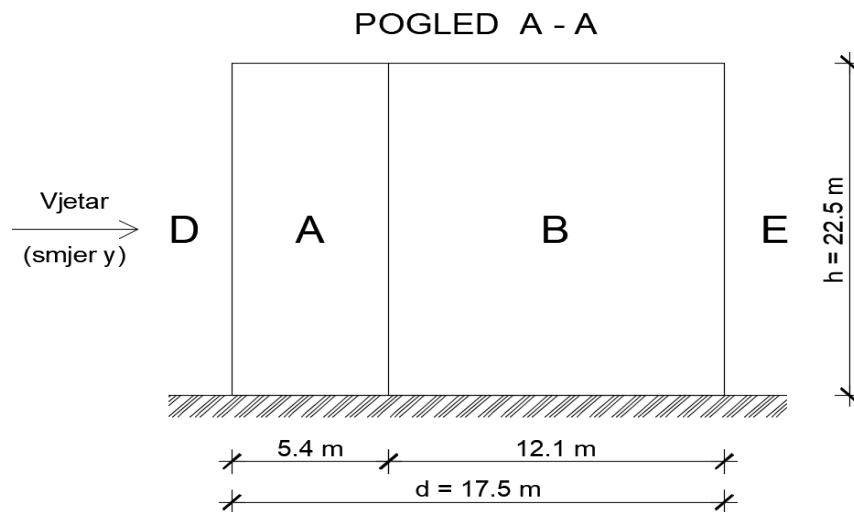
**Smjer y**

- vertikalni zidovi

$$h = 22.5 \text{ m}$$

$$e = 2 \cdot h = 2 \cdot 22.5 = 45 \text{ m}$$

$$e = b = 27.5 \text{ m} > d = 17.5 \text{ m}$$



Slika 4.13. Područja A, B, D i E za smjer y

Očitano iz *tablice 3.9.* za  $h/d = 22.5/17.5 = 1.29$  i  $c_{pe,10}$  (vrijednosti su linearno interpolirane):

Područje	A	B	D	E
$c_{pe}$	-1.22	-0.8	+0.8	-0.5

- ravni krov

Djelovanje vjetra na krov je zanemareno jer je krov ravni betonski.

- **Koeficijenti unutrašnjeg vjetra**

$$c_{pi} = +0.8 \text{ i } c_{pi} = -0.5$$

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$q_p(z_e) = q_p(z) = 1.27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$$

**Rezultirajuće djelovanje vjetra u y smjeru:**

<b>Područje</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$C_{pe}$	-1.22	-0.8	0	-0.5
	0	0	0.8	0
$C_{pi}$	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
	0.8	0.8	0.8	0.8
$W_{e1} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	-1.55	-1.02	0	-0.64
$W_{e2} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	0	0	1.02	0
$W_{i1} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64
$W_{i2} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	1.02	1.02	1.02	1.02
$W_1 = W_{e1} "+" W_{i1}$	-0.91	-0.38	0.64	0
$W_2 = W_{e1} "+" W_{i2}$	-2.57	-2.04	-1.02	-1.66
$W_3 = W_{e2} "+" W_{i1}$	0.64	0.64	1.66	0.64
$W_4 = W_{e2} "+" W_{i2}$	-1.02	-1.02	0	-1.02

**Mjerodavno djelovanje vjetra u y smjeru:**

<b>Područje</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$W_{mjerodavno} [kN/m^2]$	-2.57	-2.04	1.66	-1.66



### 4.3. Izvanredno opterećenje

#### 4.3.1. Potresno opterećenje

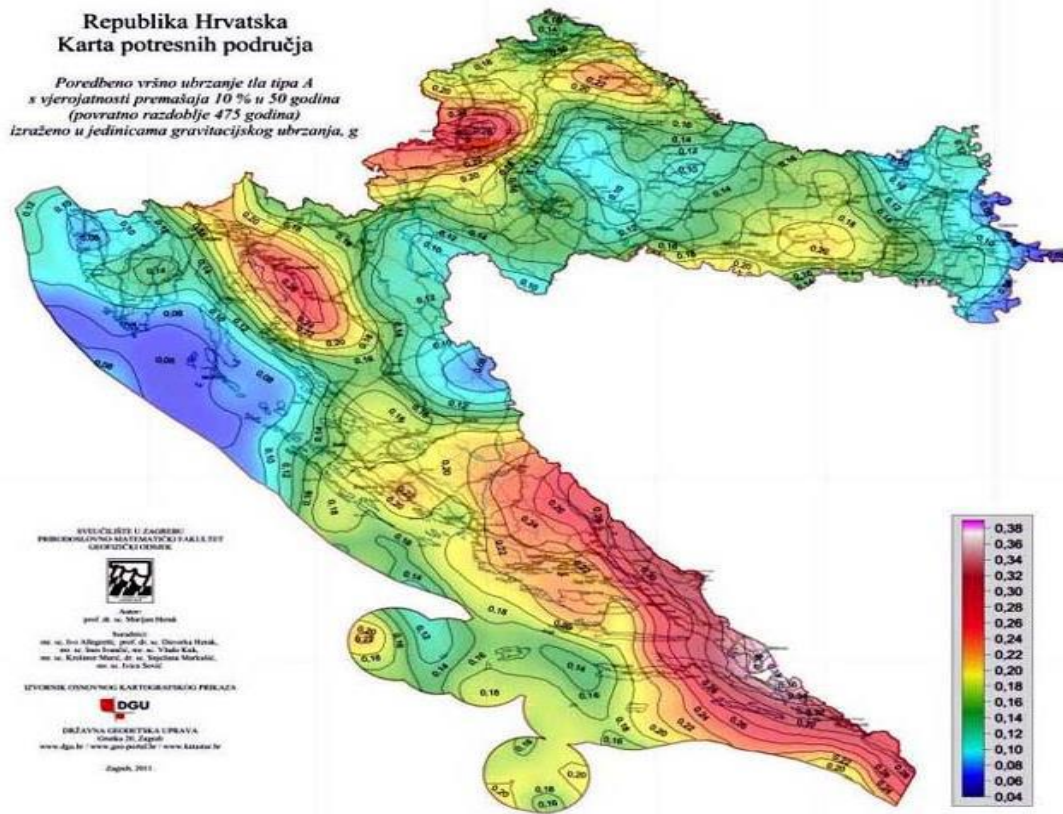
Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 19.1. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla 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.

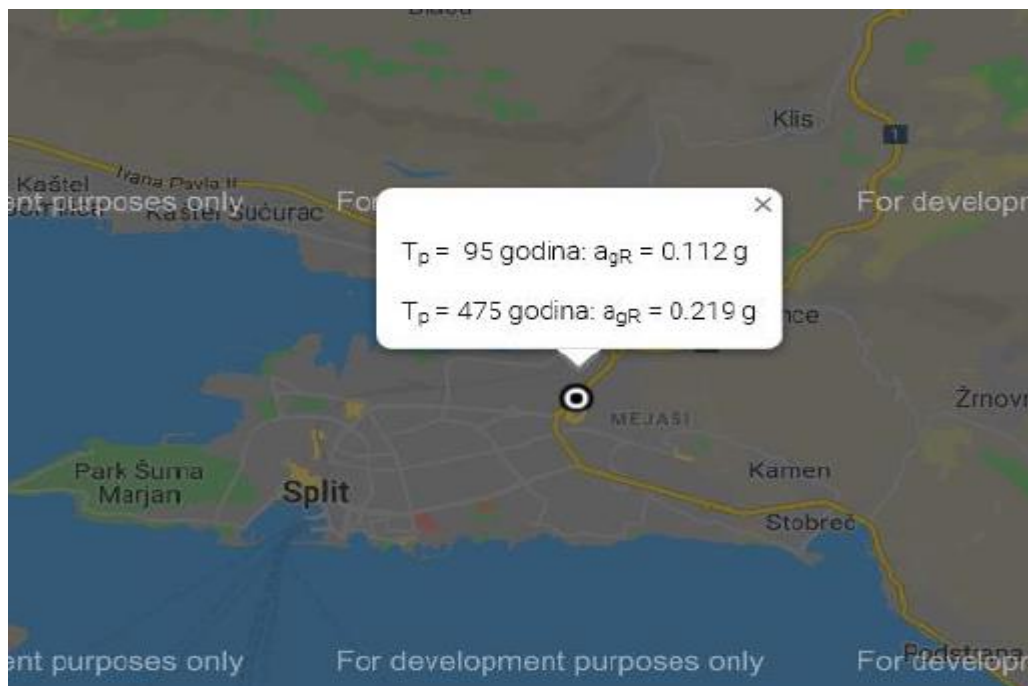
Budući se dio potresne energije u konstrukciji troši njenim deformiranjem ovisno o sklonosti deformiranju općenito se dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih u elastičnom spektru odziva. Da bi se izbjegao nelinearni proračun uzima se u obzir kapacitet konstrukcije trošenju energije. 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  $\underline{a_{gR}} = 0,22g \approx 2,2 \text{ m/s}^2$



Slika 4.14. Seizmička karta Republike Hrvatske



Slika 4.15. Prikaz parametara za predmetnu lokaciju

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	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (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 4.16. 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.

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \text{ za klasu DCM}$$

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

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

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

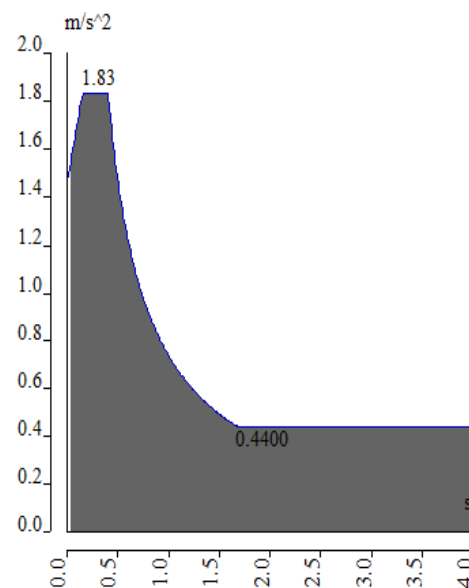
STRUCTURAL TYPE	DCM	DCH
Frame system, dual system, coupled wall system	$3,0\alpha_w/\alpha_1$	$4,5\alpha_w/\alpha_1$
Uncoupled wall system	3,0	$4,0\alpha_w/\alpha_1$
Torsionally flexible system	2,0	3,0
Inverted pendulum system	1,5	2,0

Slika 4.17. 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 4.18. Ulazni podaci za proračun na potres i Slika 8.40. 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 100 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).



**Calculation protocol**

**Solution of Free Vibration**

Number of 2D elements	74782
Number of 1D elements	438
Number of mesh nodes	73938
Number of equations	443628
Combination of mass groups	MC 1 CM1
Number of frequencies	100
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	30.07.2020 15:37
End of calculation	30.07.2020 15:54

**Sum of masses**

[kg]	X	Y	Z
Combination of mass groups 1	4145404.09	4145404.09	4145404.09

**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	41.5613	0.1512	6.6147	0.5681	0.0161	0.0000	0.0029	0.1604	0.1262
2	49.3051	0.1274	7.8471	0.0191	0.7163	0.0012	0.1299	0.0057	0.0000
3	65.8591	0.0954	10.4818	0.1676	0.0029	0.0001	0.0010	0.0147	0.5126
4	69.9918	0.0898	11.1395	0.0000	0.0008	0.0019	0.0027	0.0000	0.0004
5	74.0011	0.0849	11.7776	0.0000	0.0001	0.0005	0.0006	0.0001	0.0008
6	85.1099	0.0738	13.5457	0.0001	0.0003	0.0085	0.0035	0.0103	0.0034
7	86.7456	0.0724	13.8060	0.0000	0.0022	0.0554	0.0309	0.0017	0.0012
8	86.9076	0.0723	13.8318	0.0000	0.0017	0.0410	0.0228	0.0004	0.0000
9	89.1506	0.0705	14.1888	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0005	0.0022
10	89.5752	0.0701	14.2563	0.0002	0.0000	0.0004	0.0000	0.0031	0.0077
11	90.2266	0.0696	14.3600	0.0000	0.0008	0.0047	0.0076	0.0001	0.0000
12	91.1573	0.0689	14.5081	0.0000	0.0022	0.0194	0.0226	0.0001	0.0000
13	92.2260	0.0681	14.6782	0.0000	0.0000	0.0011	0.0006	0.0000	0.0000
14	92.4554	0.0680	14.7147	0.0000	0.0004	0.0002	0.0031	0.0000	0.0000
15	93.9298	0.0669	14.9494	0.0001	0.0000	0.0047	0.0007	0.0025	0.0000
16	97.2891	0.0646	15.4840	0.0004	0.0000	0.0004	0.0003	0.0012	0.0046
17	98.4273	0.0638	15.6652	0.0004	0.0000	0.0017	0.0008	0.0004	0.0020
18	99.1717	0.0634	15.7837	0.0000	0.0003	0.0103	0.0085	0.0001	0.0000
19	101.0980	0.0621	16.0903	0.0001	0.0002	0.0040	0.0004	0.0006	0.0001
20	101.5286	0.0619	16.1588	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
21	102.5921	0.0612	16.3280	0.0000	0.0019	0.0100	0.0088	0.0000	0.0000
22	102.7430	0.0612	16.3521	0.0004	0.0001	0.0050	0.0036	0.0046	0.0000
23	103.1572	0.0609	16.4180	0.0001	0.0001	0.0518	0.0196	0.0000	0.0000
24	103.4408	0.0607	16.4631	0.0000	0.0000	0.0070	0.0026	0.0004	0.0000
25	103.7976	0.0605	16.5199	0.0027	0.0000	0.0035	0.0011	0.0173	0.0001
26	104.2170	0.0603	16.5866	0.0005	0.0000	0.0021	0.0008	0.0041	0.0000
27	104.6529	0.0600	16.6560	0.0001	0.0000	0.0051	0.0020	0.0002	0.0000
28	105.4794	0.0596	16.7876	0.0000	0.0000	0.0011	0.0003	0.0001	0.0000
29	106.7446	0.0589	16.9889	0.0013	0.0000	0.0002	0.0002	0.0016	0.0011
30	108.4136	0.0580	17.2546	0.0002	0.0001	0.0066	0.0082	0.0058	0.0000
31	112.1559	0.0560	17.8502	0.0787	0.0000	0.0001	0.0002	0.2065	0.0498
32	113.6212	0.0553	18.0834	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0234	0.0139
33	115.0073	0.0546	18.3040	0.0003	0.0001	0.0213	0.0045	0.0008	0.0003
34	116.5118	0.0539	18.5434	0.0002	0.0008	0.0283	0.0177	0.0011	0.0008
35	117.0557	0.0537	18.6300	0.0001	0.0000	0.0012	0.0042	0.0013	0.0004
36	117.6321	0.0534	18.7217	0.0086	0.0000	0.0008	0.0004	0.0136	0.0085
37	118.7004	0.0529	18.8918	0.0001	0.0002	0.0035	0.0005	0.0002	0.0001
38	119.1445	0.0527	18.9624	0.0053	0.0000	0.0004	0.0000	0.0034	0.0074
39	119.4811	0.0526	19.0160	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
40	119.4991	0.0526	19.0189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	119.5960	0.0525	19.0343	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	119.6164	0.0525	19.0375	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	122.4693	0.0513	19.4916	0.0000	0.0000	0.0059	0.0018	0.0017	0.0000
44	126.3098	0.0497	20.1028	0.0000	0.0003	0.0203	0.0062	0.0012	0.0000
45	128.0337	0.0491	20.3772	0.0011	0.0121	0.0004	0.0315	0.0047	0.0003
46	129.8475	0.0484	20.6659	0.0000	0.0051	0.0474	0.0074	0.0002	0.0003
47	130.0850	0.0483	20.7037	0.0000	0.0051	0.0445	0.0073	0.0002	0.0001
48	131.3382	0.0478	20.9031	0.0001	0.0074	0.0038	0.0263	0.0001	0.0002
49	131.7681	0.0477	20.9715	0.0000	0.0009	0.0001	0.0032	0.0003	0.0000
50	131.8916	0.0476	20.9912	0.0000	0.0005	0.0119	0.0012	0.0062	0.0006
51	132.2923	0.0475	21.0550	0.0000	0.0049	0.0004	0.0213	0.0095	0.0002
52	132.4135	0.0475	21.0743	0.0000	0.0003	0.0003	0.0013	0.0005	0.0002
53	132.7283	0.0473	21.1244	0.0000	0.0154	0.0000	0.0718	0.0015	0.0005
54	133.0058	0.0472	21.1685	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0040	0.0006
55	134.0295	0.0469	21.3315	0.0000	0.0000	0.0181	0.0123	0.0000	0.0001
56	134.3616	0.0468	21.3843	0.0000	0.0004	0.0003	0.0051	0.0001	0.0000

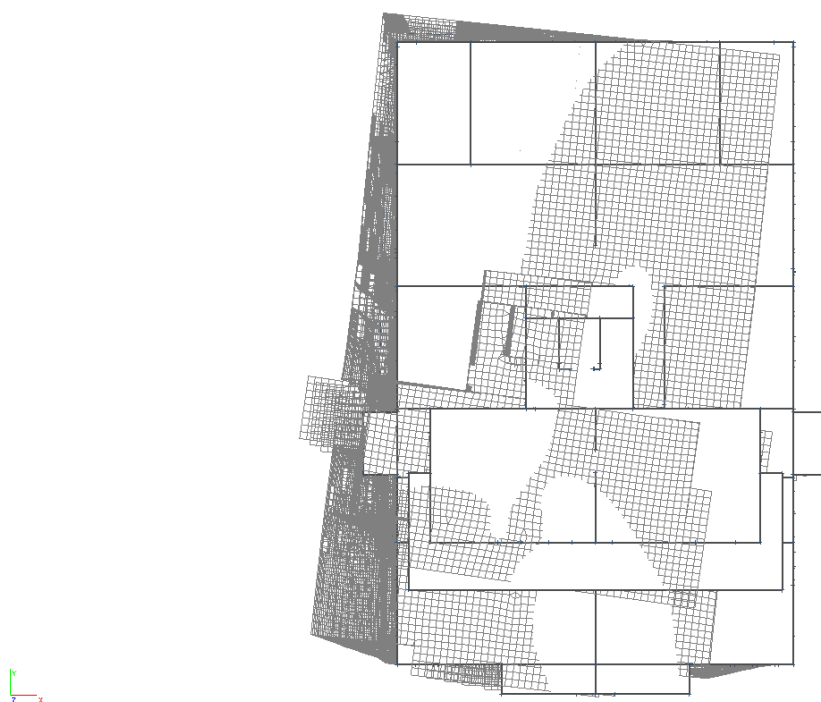
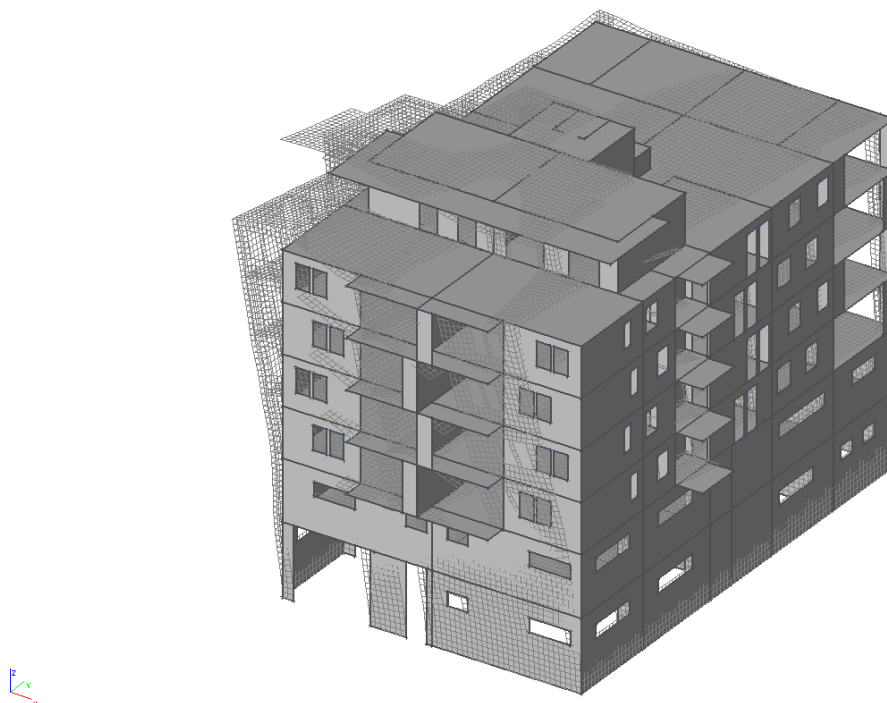
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
57	134.4294	0.0467	21.3951	0.0000	0.0002	0.0000	0.0011	0.0003	0.0001
58	134.8822	0.0466	21.4672	0.0002	0.0062	0.0167	0.0000	0.0012	0.0000
59	135.0510	0.0465	21.4940	0.0004	0.0002	0.0016	0.0001	0.0063	0.0016
60	135.3258	0.0464	21.5378	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0002
61	135.3986	0.0464	21.5494	0.0001	0.0008	0.0012	0.0000	0.0001	0.0006
62	136.4257	0.0461	21.7128	0.0000	0.0000	0.0020	0.0025	0.0000	0.0000
63	138.1669	0.0455	21.9900	0.0000	0.0006	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000
64	138.4799	0.0454	22.0398	0.0001	0.0008	0.0002	0.0007	0.0009	0.0005
65	138.5436	0.0454	22.0499	0.0000	0.0061	0.0017	0.0090	0.0002	0.0000
66	138.8777	0.0452	22.1031	0.0000	0.0001	0.0001	0.0007	0.0005	0.0000
67	139.4096	0.0451	22.1877	0.0000	0.0301	0.0063	0.0417	0.0004	0.0001
68	139.7580	0.0450	22.2432	0.0000	0.0026	0.0004	0.0034	0.0000	0.0000
69	140.5408	0.0447	22.3678	0.0000	0.0023	0.0014	0.0040	0.0001	0.0000
70	141.4402	0.0444	22.5109	0.0000	0.0009	0.0061	0.0006	0.0001	0.0000
71	146.0157	0.0430	23.2391	0.0001	0.0000	0.0220	0.0031	0.0010	0.0000
72	146.4372	0.0429	23.3062	0.0001	0.0053	0.0110	0.0009	0.0062	0.0013
73	147.4883	0.0426	23.4735	0.0008	0.0002	0.0045	0.0033	0.0104	0.0039
74	147.7815	0.0425	23.5202	0.0000	0.0015	0.0030	0.0030	0.0006	0.0004
75	148.7537	0.0422	23.6749	0.0001	0.0000	0.0052	0.0002	0.0056	0.0015
76	149.2846	0.0421	23.7594	0.0000	0.0000	0.0016	0.0001	0.0019	0.0005
77	150.2099	0.0418	23.9066	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0020	0.0005
78	151.0607	0.0416	24.0421	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
79	152.2512	0.0413	24.2315	0.0000	0.0000	0.0139	0.0092	0.0001	0.0000
80	152.6176	0.0412	24.2898	0.0000	0.0000	0.0150	0.0005	0.0002	0.0000
81	153.1102	0.0410	24.3682	0.0001	0.0000	0.0017	0.0000	0.0025	0.0004
82	154.3024	0.0407	24.5580	0.0005	0.0000	0.0019	0.0007	0.0039	0.0009
83	154.4382	0.0407	24.5796	0.0003	0.0004	0.0290	0.0042	0.0007	0.0005
84	155.4832	0.0404	24.7459	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000
85	155.8018	0.0403	24.7966	0.0039	0.0000	0.0033	0.0009	0.0337	0.0062
86	156.5709	0.0401	24.9190	0.0000	0.0002	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000
87	157.2843	0.0399	25.0326	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
88	157.6975	0.0398	25.0983	0.0000	0.0047	0.0339	0.0013	0.0005	0.0001
89	158.8469	0.0396	25.2813	0.0002	0.0019	0.0178	0.0012	0.0013	0.0009
90	160.9372	0.0390	25.6140	0.0001	0.0007	0.0000	0.0004	0.0019	0.0000
91	161.6712	0.0389	25.7308	0.0000	0.0006	0.0020	0.0002	0.0000	0.0004
92	162.0372	0.0388	25.7890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
93	162.6706	0.0386	25.8898	0.0000	0.0000	0.0035	0.0000	0.0005	0.0002
94	162.9765	0.0385	25.9385	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
95	163.4097	0.0385	26.0075	0.0002	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
96	163.6522	0.0384	26.0460	0.0004	0.0001	0.0058	0.0009	0.0002	0.0004
97	164.2947	0.0382	26.1483	0.0000	0.0000	0.0027	0.0001	0.0000	0.0001
98	165.1852	0.0380	26.2900	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001
99	165.3218	0.0380	26.3118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
100	166.7870	0.0377	26.5450	0.0052	0.0002	0.0003	0.0000	0.0228	0.0150
				0.8826	0.8672	0.6770	0.6054	0.6239	0.7835

Možemo uočiti kako nije aktivirano 90 % mase u svim smjerovima. U x smjeru je aktivirano 88.26 % mase, a u y smjeru 86.72 % mase. Stoga je potrebno sve rezne sile od potresnih kombinacija uvaćati u odnosu postotka aktivirane mase tj. za x smjer za vrijednost  $1/0.8826=1.13$ , a za y smjer za vrijednost  $1/0.8672=1.15$ .

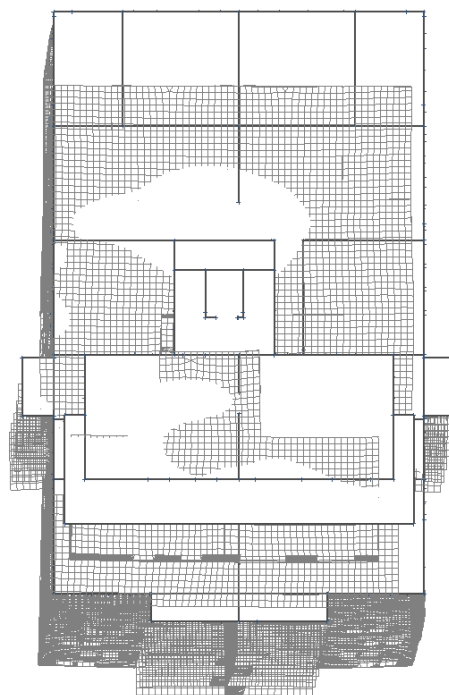
Ovdje je to napravljeno na način da je u programu uključena opcija Missing mass in modes koja automatski uvećava sve sile na gore opisani način.



Na sljedećim grafičkim priložima prikazano je nekoliko karakterističnih vlastitih oblika (modova), nastalih uslijed djelovanja potresa.

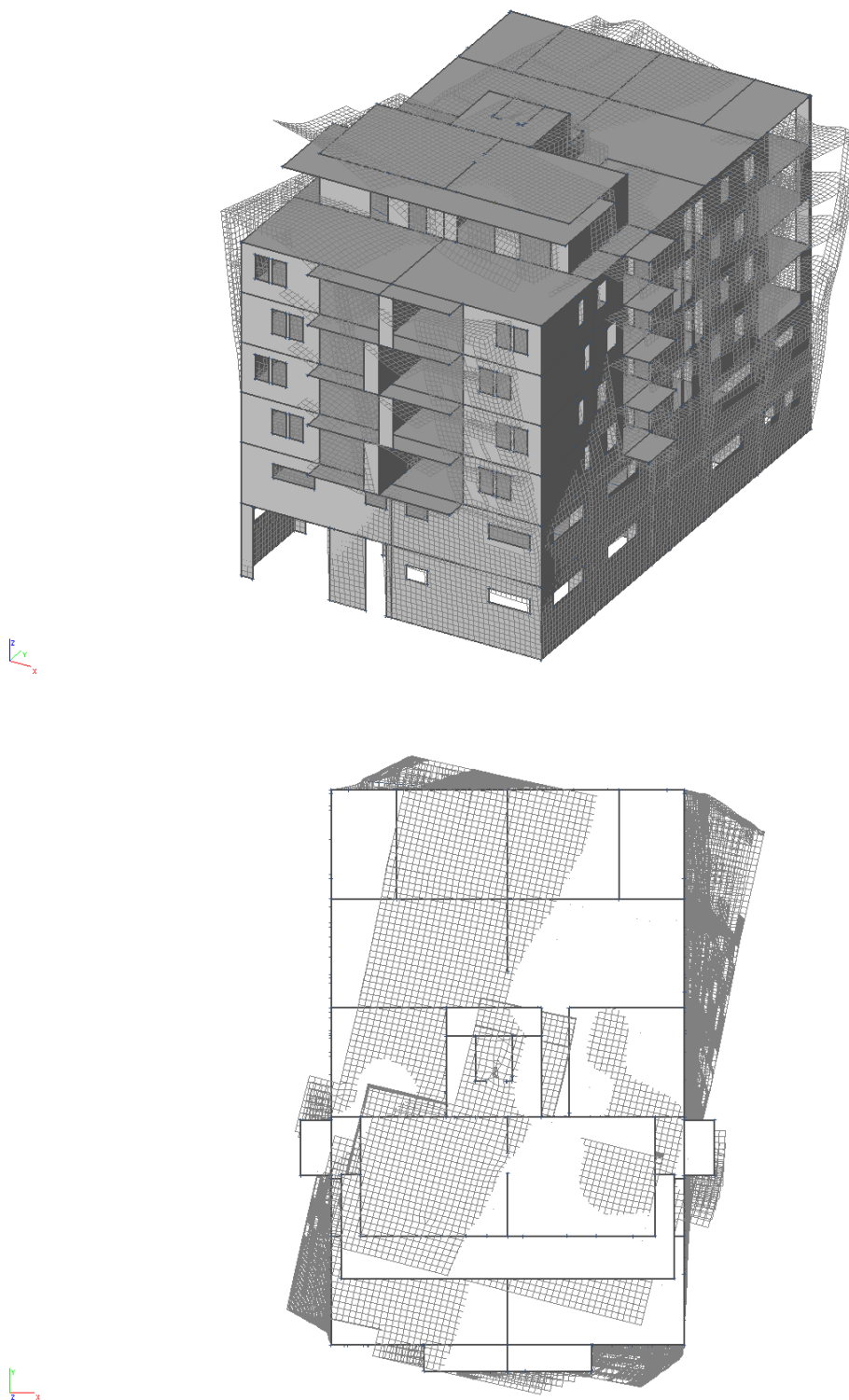


*Slika 4.19. Prvi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju*



*Slika 4.20. Drugi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju*





*Slika 4.21. Treći vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju*

## 5. NUMERIČKI MODEL

Numerički model je izrađen u računalnom programu Scia Engineer 19. Modelom su obuhvaćene sve ploče, grede, zidovi i stupovi. Za vertikalna opterećenja izrađeni su 2D modeli koji služe za dimenzioniranje ploča i greda. Za horizontalna opterećenja izrađen je 3D model koji služi za dimenzioniranje zidova, stupova, stubišta i temelja.

Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije), dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije i nadozidi), korisnim opterećenjem, snijegom, vjetrom u dva glavna smjera kao linijsko u razini ploča te seizmičkim opterećenjem u dva glavna smjera. Sva opterećenja, osim vjetra i seizmičkog koje je generirano kroz računalni program, zadana su kao raspodijeljena opterećenja po pločama. Također je u proračunu obodnih zidova u podzemnim etažama uzet u obzir pritisak tla.

Za potrebe analize na potres izvršena je višemodalna spektralna analiza, pri čemu su rezultati svakog moda kombinirani SRSS metodom (direktno obrađeno kroz program). Rezultati numeričkog proračuna prikazani su za pojedinačne slučajeve opterećenja, kao i za računsko (granično, ultimativno) opterećenje.

### 5.1. Kombinacije opterećenja

#### Granično stanje uporabljivosti

a) Osnovne kombinacije djelovanja

$$\text{GSU 1: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k + 1.0 \cdot W_x + 1.0 \cdot S$$

$$\text{GSU 2: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k$$

$$\text{GSU 2: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k + 1.0 \cdot W_y + 1.0 \cdot S$$

### Granično stanje nosivosti

a) Osnovne kombinacije djelovanja:

$$\text{GSN 1: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k$$

$$\text{GSN 2: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k$$

$$\text{GSN 3: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (1.2 \cdot Q_k + W_x + S)$$

$$\text{GSN 4: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (Q_k + W_x + S)$$

$$\text{GSN 5: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (1.2 \cdot Q_k + W_y + S)$$

$$\text{GSN 6: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (Q_k + W_y + S)$$

$$\text{GSN 7: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 8: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 9: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 10: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 11: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 12: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 13: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 14: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 15: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot 1.2 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 16: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 17: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot 1.2 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 18: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + S)$$

b) Seizmičke kombinacije djelovanja:

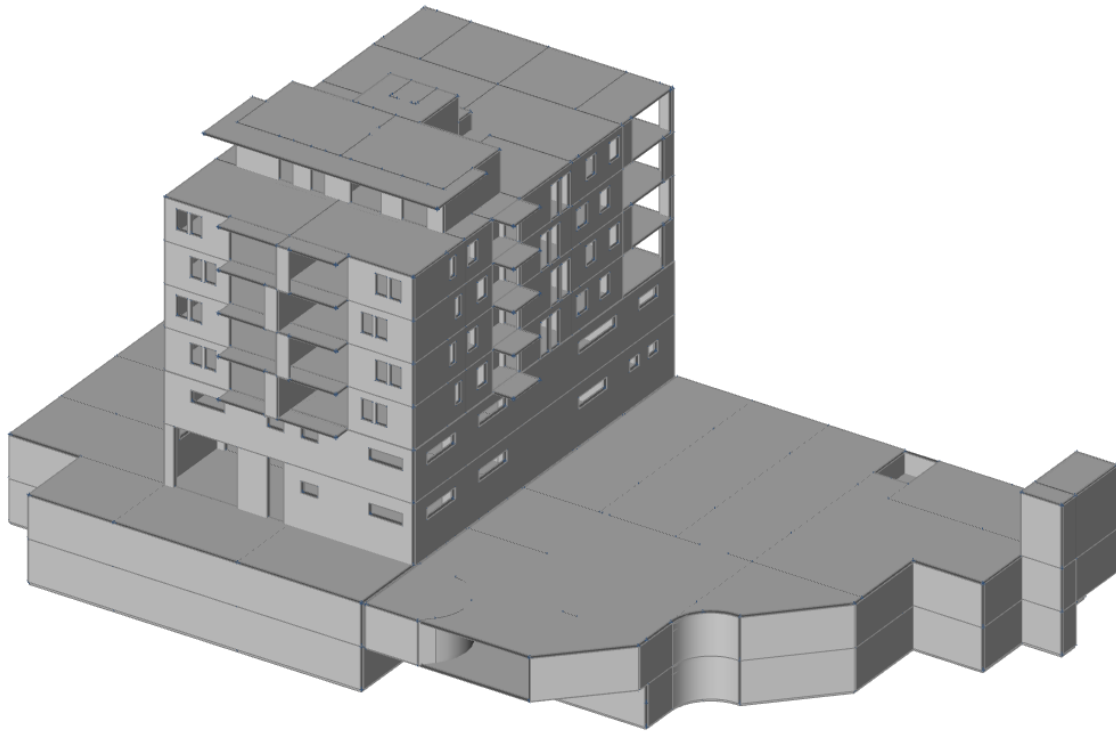
$$\text{GSN 6: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.5 \cdot Q_k + 1.0 \cdot S_x$$

$$\text{GSN 7: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.5 \cdot Q_k + 1.0 \cdot S_y$$

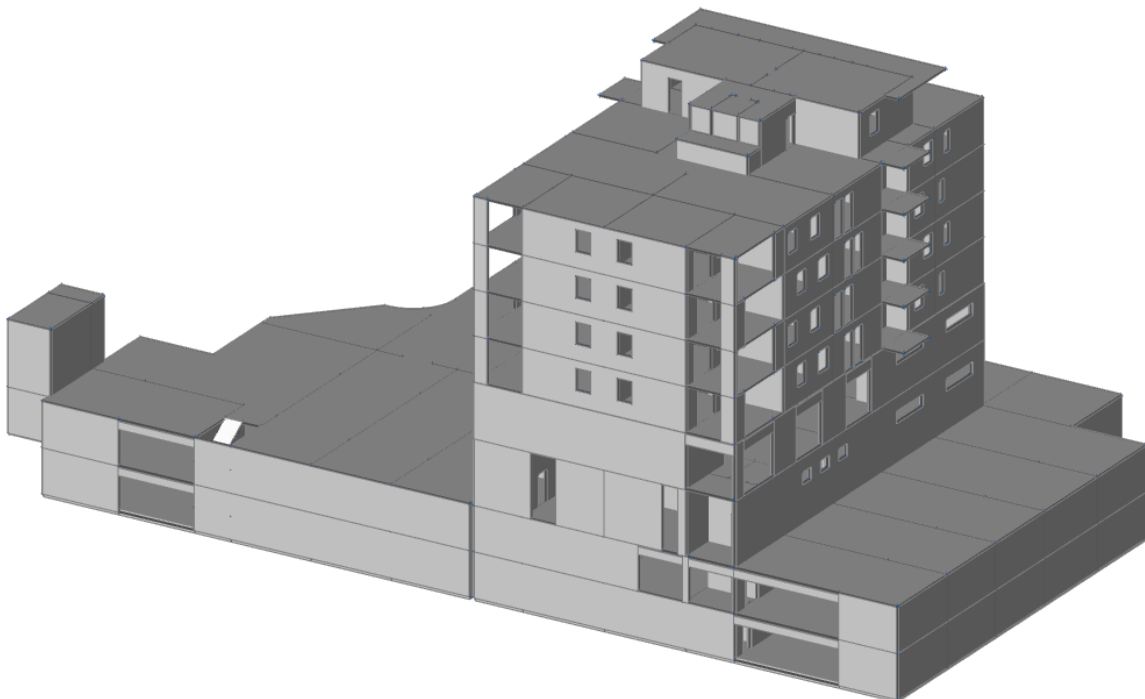
U potresnom opterećenju  $S_x$  je uključeno 30 % potresnog opterećenja iz suprotnog smjera, tj. y smjera. Isto vrijedi i za potresno opterećenje  $S_y$ .

Zidovi su armirano-betonski debljine 20, 25 i 30 cm i modelirani su kao 2D plošni elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano - betonske ploče debljine 16 cm (prvi, drugi, treći, četvrti kat i nadgrađe) i 20cm (suteran, prizemlje te ploče podruma) modelirane kao 2D plošni elementi opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po  $m^2$ - dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom (na nenatkrivenoj terasi).

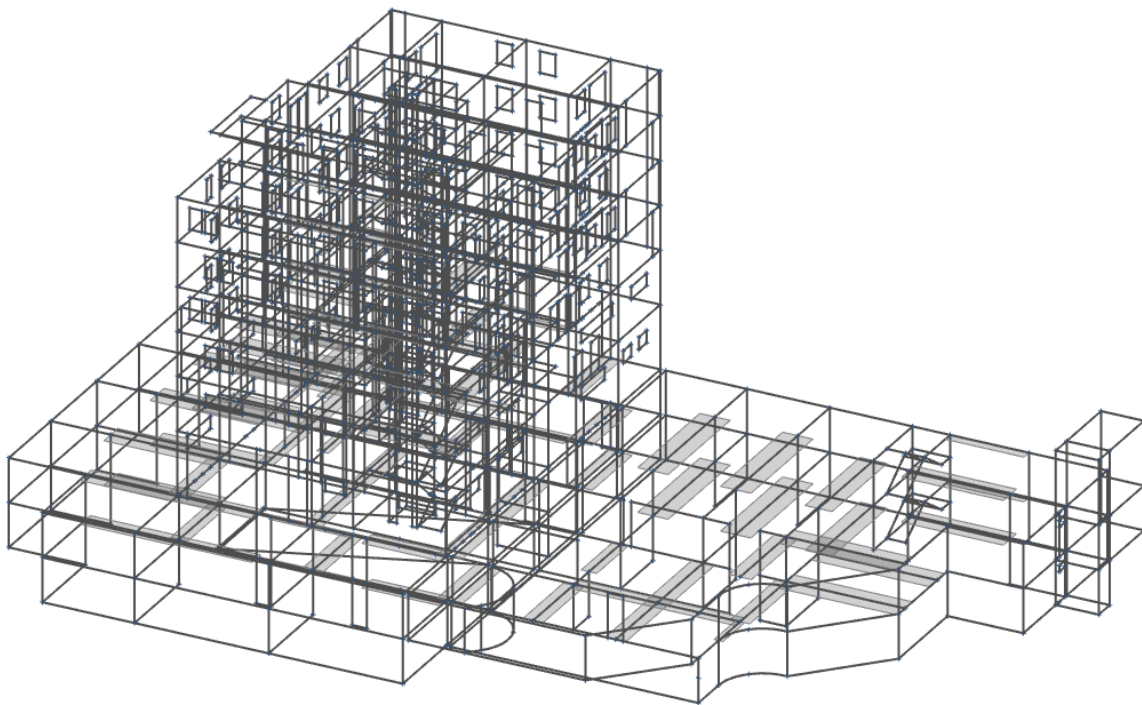
Unutarnje međukatne konstrukcije i zidovi iznad razine tla su klase betona C25/30, dok su temeljna ploča, temelji i zidovi u dodiru s tlom klase C30/37.



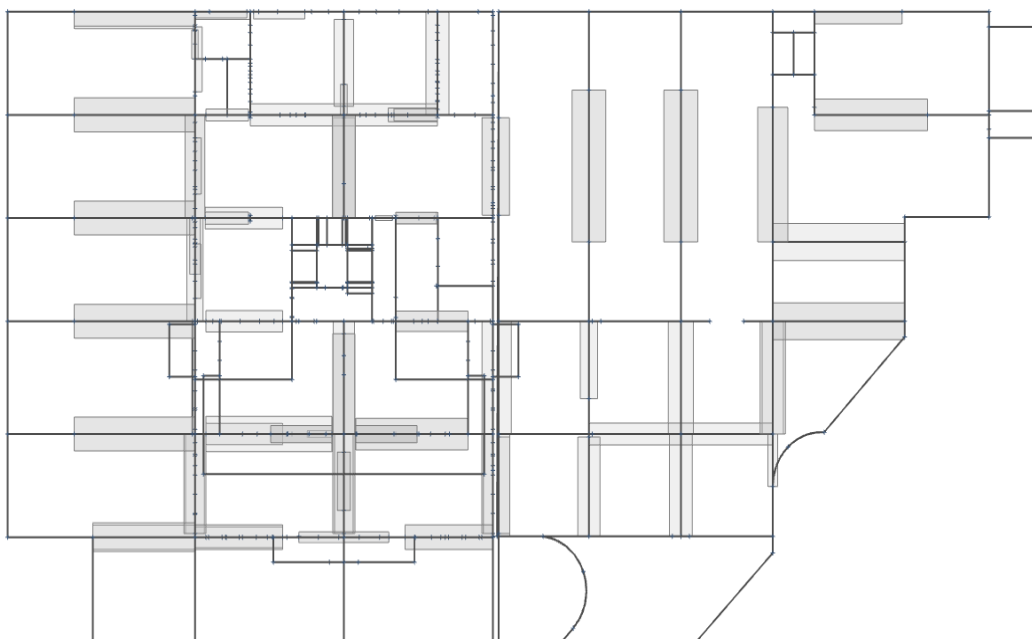
*Slika 5.1. Renderirani prikaz modela zgrade - aksonometrija 1*



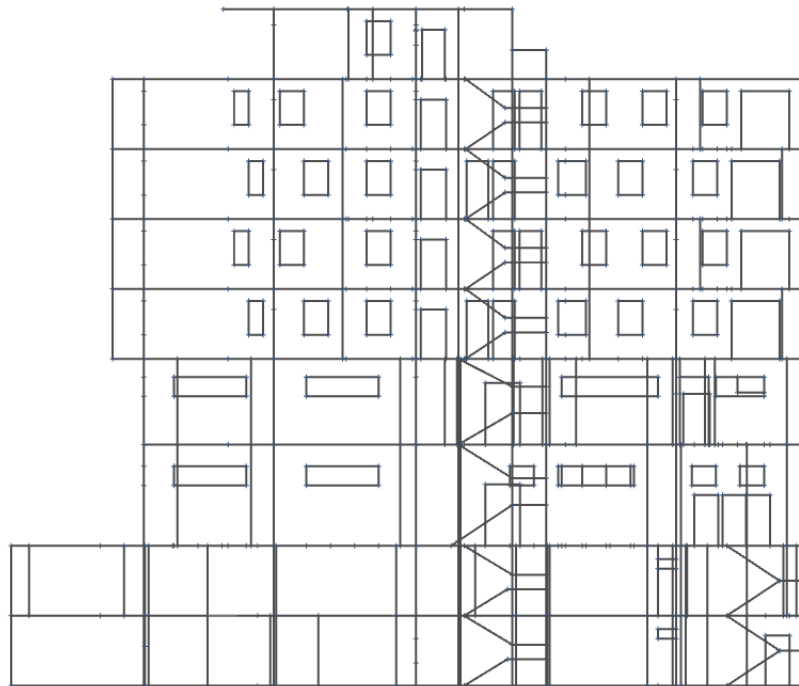
*Slika 5.2. Renderirani prikaz modela zgrade - aksonometrija 2*



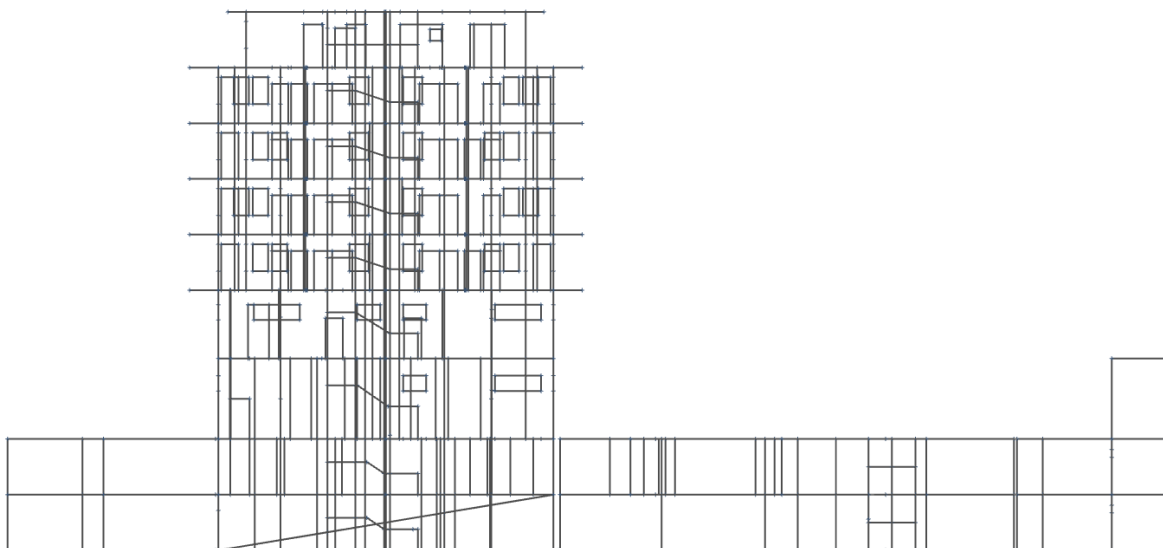
*Slika 5.3. Model za proračun zgrade - aksonometrija*



*Slika 5.4. Model za proračun zgrade (pogled u z smjeru)*



*Slika 5.5. Model za proračun zgrade (pogled u x smjeru)*



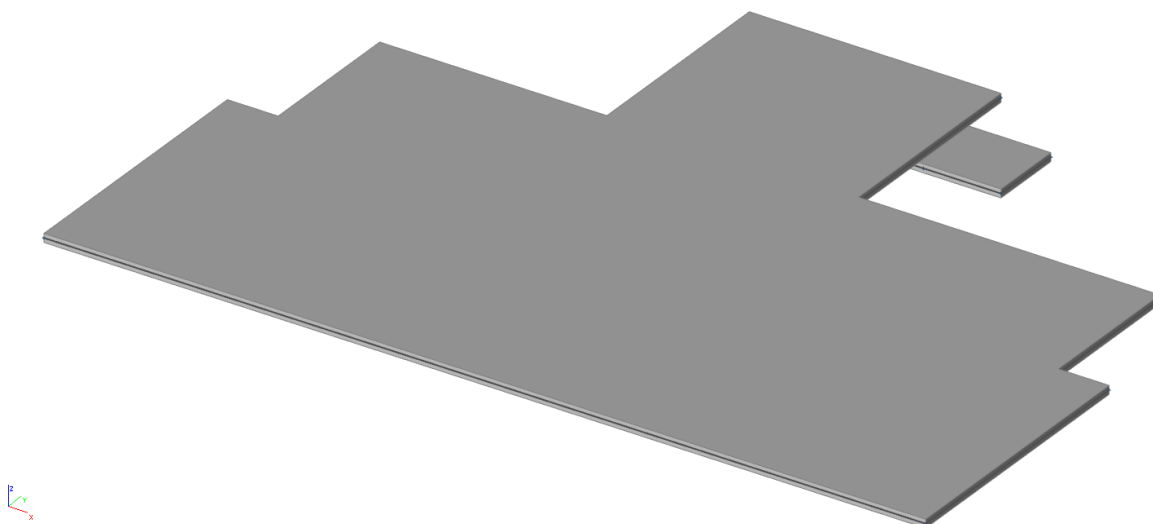
*Slika 5.6. Model za proračun zgrade (pogled u y smjeru)*

## 6. DIMENZIONIRANJE 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.

### 6.1. Proračun ploče pozicije 900 (ploča nadgrađa) $d_{pl}=16$ cm

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



Slika 6.1. Renderirani prikaz ploče POZ 900

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$



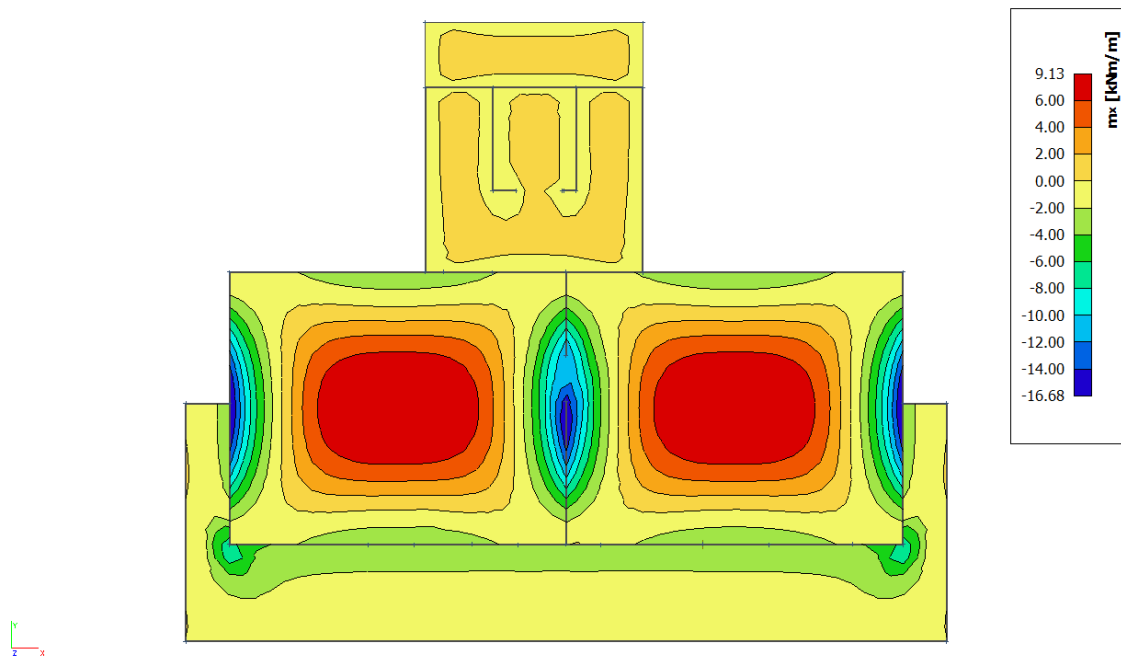
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

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

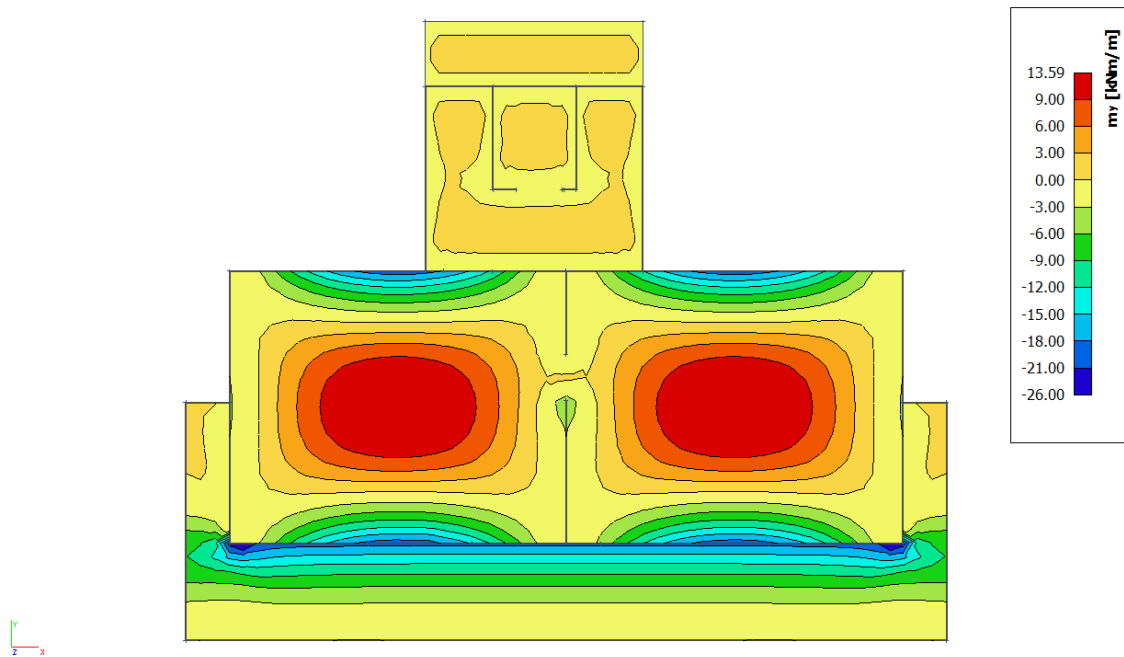
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina $A_{sI}$	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	44.88	14.27	0.18
R/Q	-	335	3,35	44.88	16.89	0.21
R/Q	-	385	3,85	44.88	19.41	0.24
R/Q	-	424	4,24	44.88	21.38	0.26
R/Q	-	503	5,03	44.88	25.36	0.31
R/Q	-	524	5,24	44.88	26.42	0.33
R/Q	-	636	6,36	44.88	32.07	0.40
R/Q	-	785	7,85	44.88	39.58	0.49

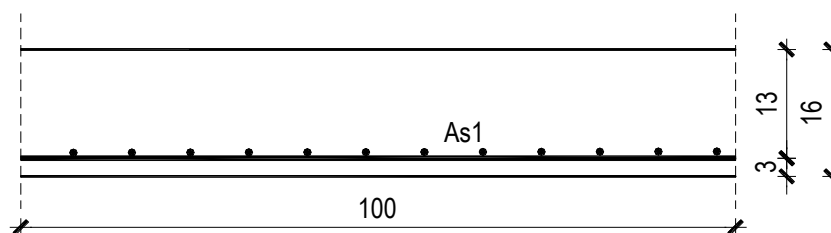
▪ Proračun u polju



Slika 6.2. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.3.. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 13.59 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1359}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.048$$

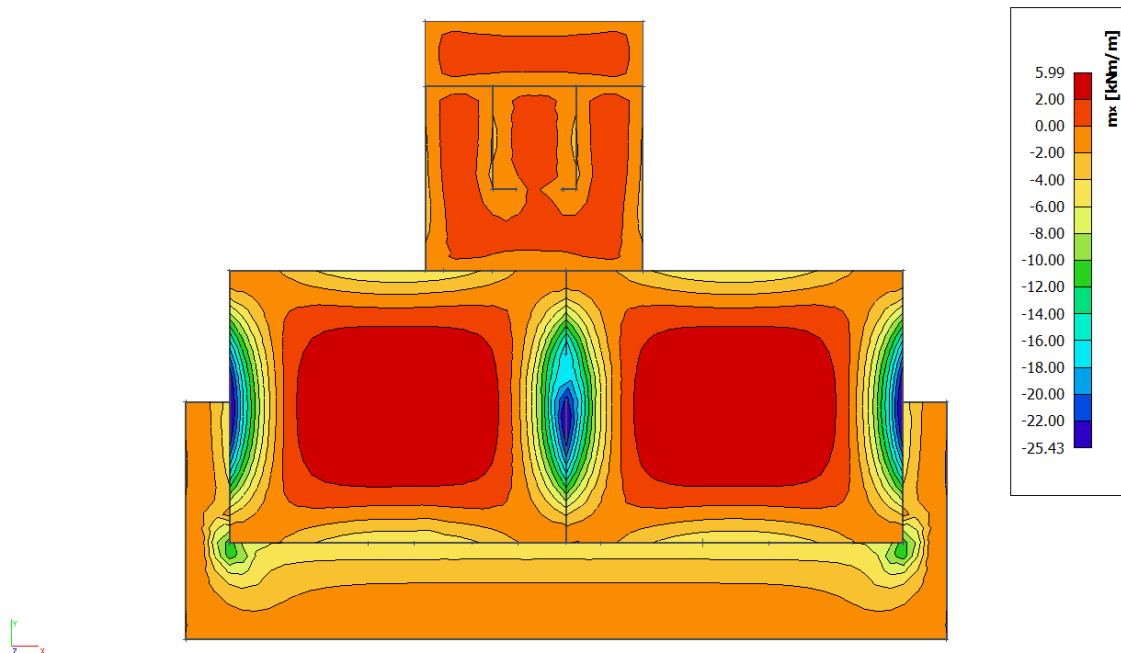
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.4\% \quad \zeta = 0.956$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1359}{0.956 \cdot 13 \cdot 43.48} = 2.52 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

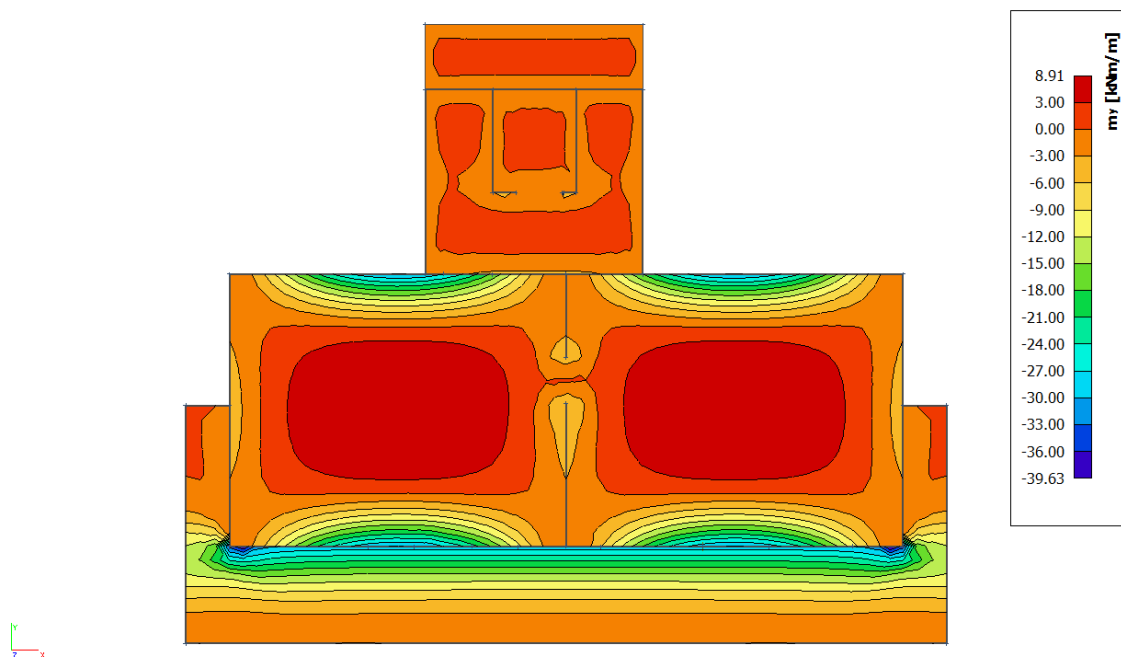
**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

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

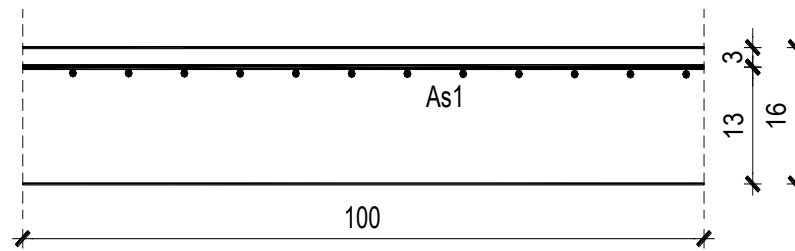
▪ Proračun na ležaju



Slika 6.4. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.5. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 39.63 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3963}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0,140$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3.1\text{‰} \quad \zeta = 0.904$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3963}{0.904 \cdot 13 \cdot 43,48} = 5,42 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

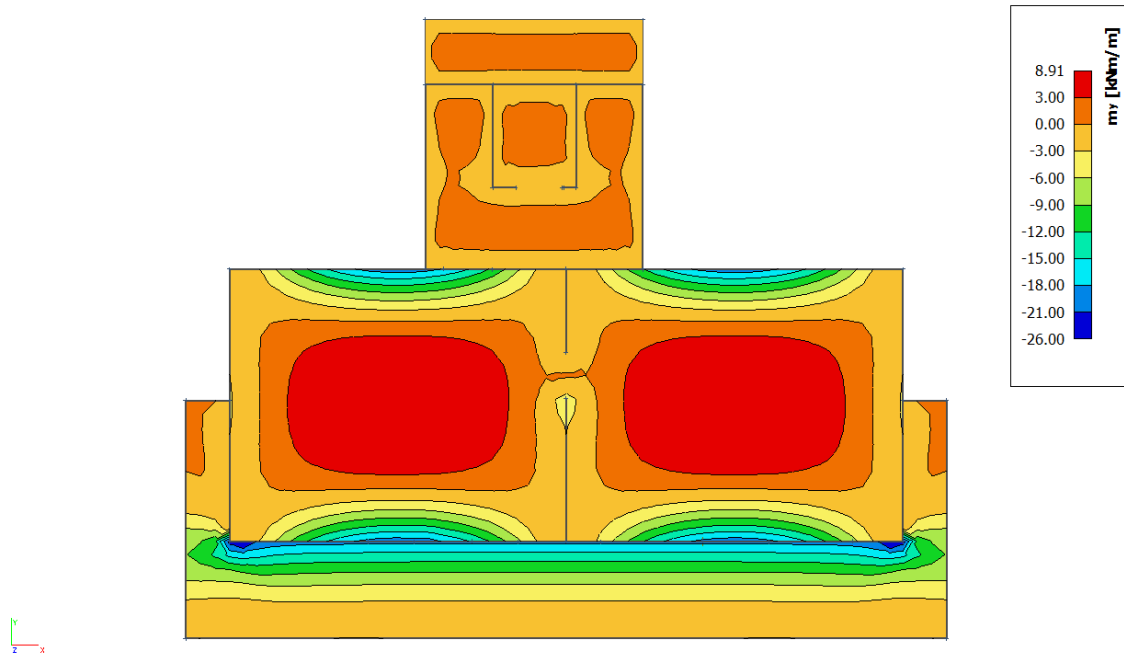
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 900 svugdje na toj poziciji na ležaju je usvojena ista armatura.

### 6.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

#### ➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 8.91 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.6. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

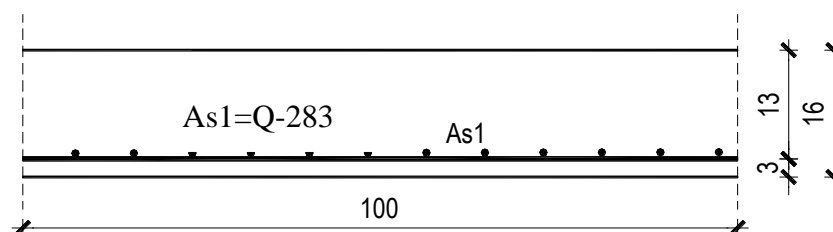
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-283 = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31.0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.003773$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 6 \text{ mm}$  - (Q-283  $\Rightarrow \text{Ø}6/10$ )

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

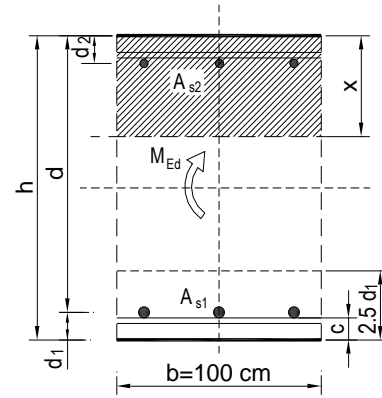
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - 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
$A_{s1} =$	2.83 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
$M_{Ed} =$	8.9 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	255.22 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	1.99 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0038		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	-0.000116 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000766		
$\emptyset =$	6.0 mm	$c =$	2.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	338.32 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.259 mm	<	$w_g$		

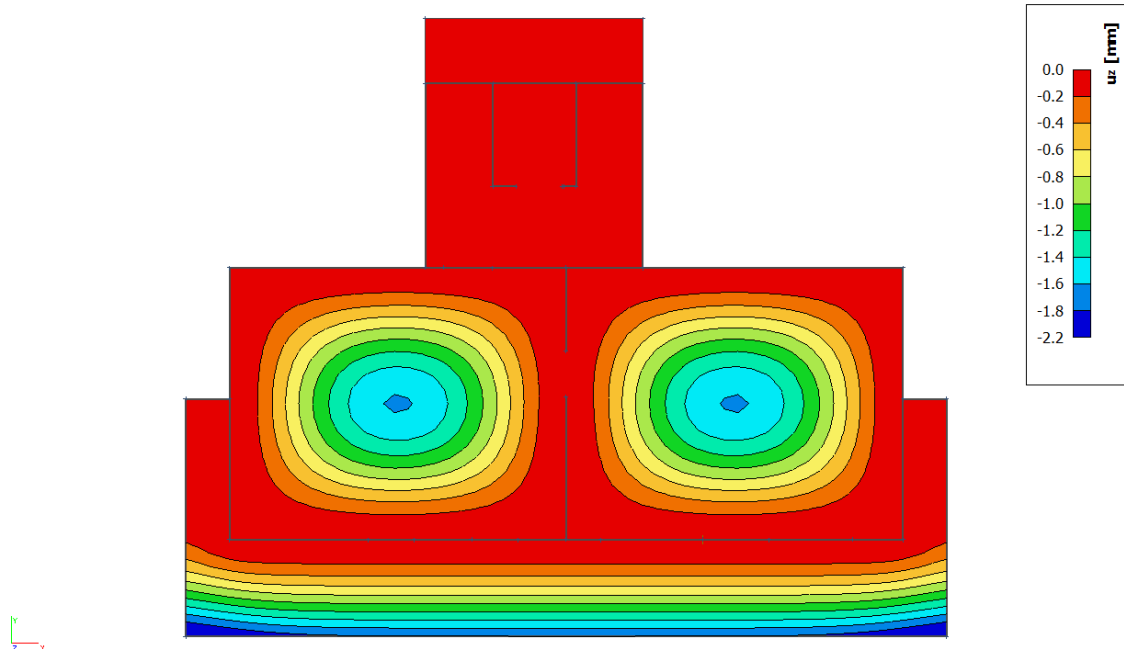


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,259 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.7. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5900}{250} = 23.6 \text{ mm}$$

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

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

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

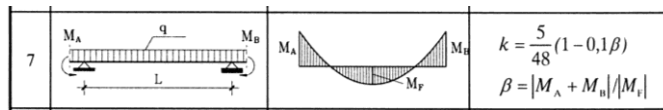
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |19.77 + 19.79| / 8.91 = 4.44$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.44) = 0.058$$



$$A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 16^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 2.83 \cdot \left( \frac{16}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 34133.33 + 456.34 = 34589.67 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{891}{3100 \cdot 34589.67} = 0.0000083 \frac{1}{\text{cm}}$$



Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 2.00^3}{12} + (100 \cdot 2.00) \cdot \left( \frac{2.00}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot [2.83 \cdot (13-2.00)^2 + 0] \\ &= 66.67 + 200 + 2208.67 = 2475.34 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{891}{3100 \cdot 2475.34} = 0.00012 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 255.22 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 10922.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{10922.67}{\left( 13 - \frac{2.00}{3} \right) \cdot 2.83} = 312.94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 312.94 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{312.94}{255.22} \right)^2 = 0.248$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000083 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.00012 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.248) \cdot 0.0000083 + 0.248 \cdot 0.00012 = 0.000036 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.058$$

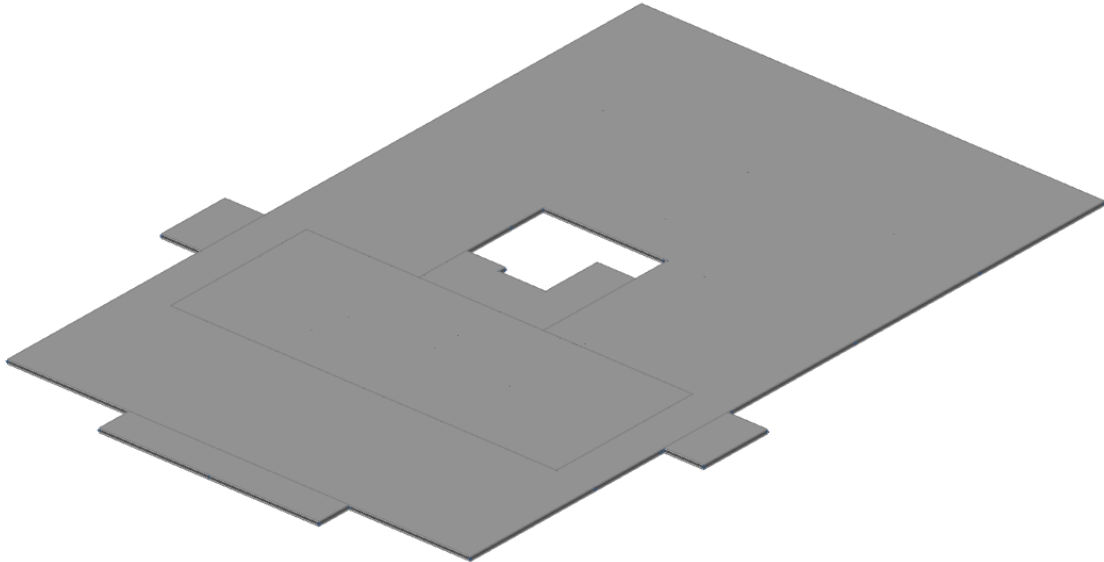
$$L = 590 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.058 \cdot 590^2 \cdot 0.000036 = 0.73 \text{ cm} < v_{lim} = 2.36 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.2. Proračun ploče pozicije 800 $d_{pl}=16$ cm

### 6.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.8. Renderirani prikaz ploče POZ 800

$$\text{Beton: C 25/3; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$

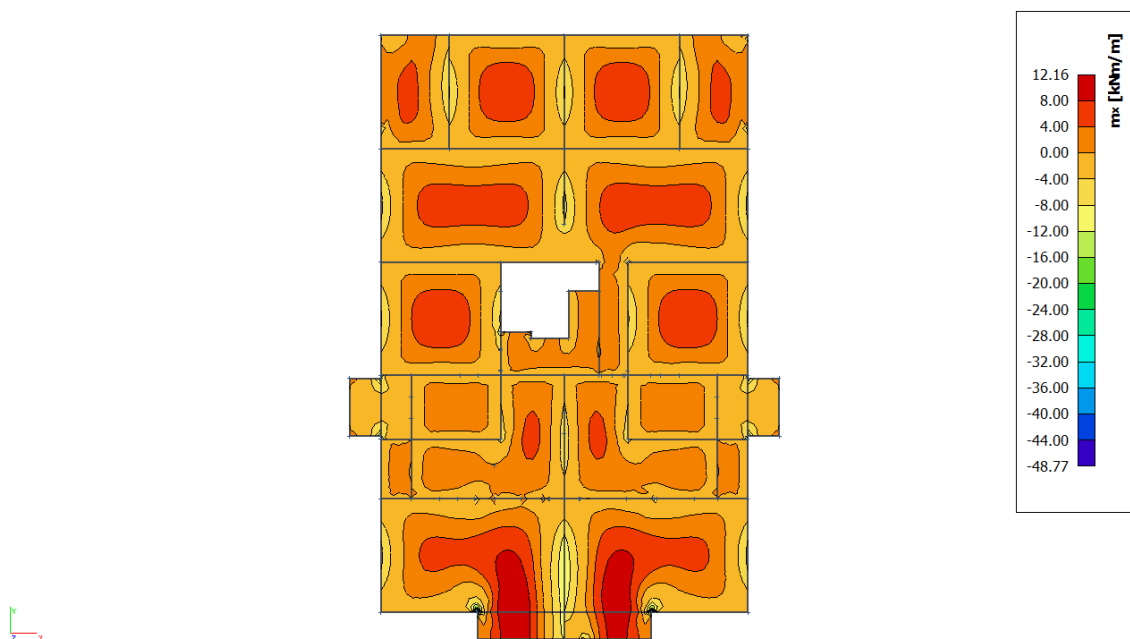
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.1 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 1.6 \text{ cm}^2$$

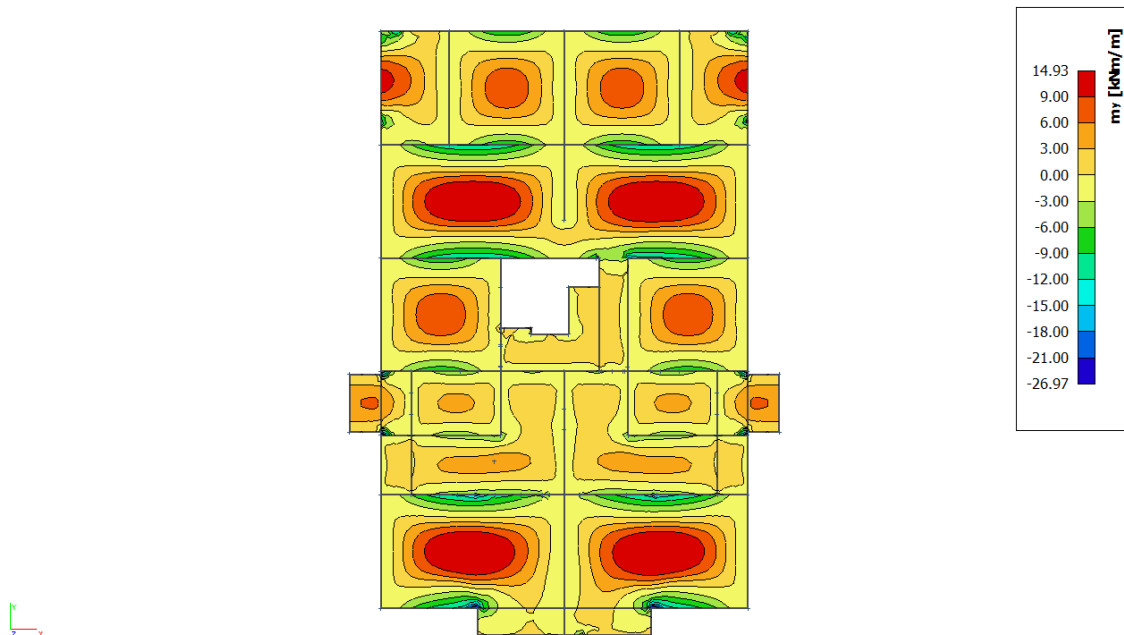
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak	
		$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature	
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	44.88	14.27	0.18
R/Q	-	335	3,35	44.88	16.89	0.21
R/Q	-	385	3,85	44.88	19.41	0.24
R/Q	-	424	4,24	44.88	21.38	0.26
R/Q	-	503	5,03	44.88	25.36	0.31
R/Q	-	524	5,24	44.88	26.42	0.33
R/Q	-	636	6,36	44.88	32.07	0.40
R/Q	-	785	7,85	44.88	39.58	0.49

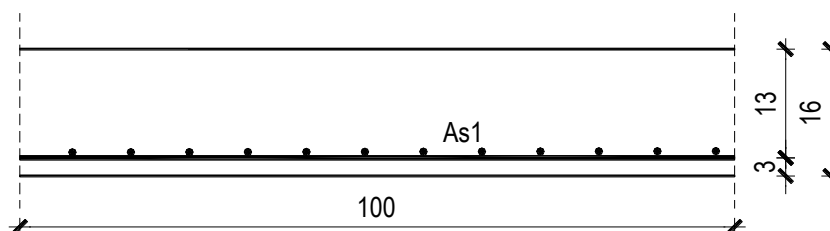
▪ Proračun u polju



Slika 6.9. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.10. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 14.93 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1493}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.053$$

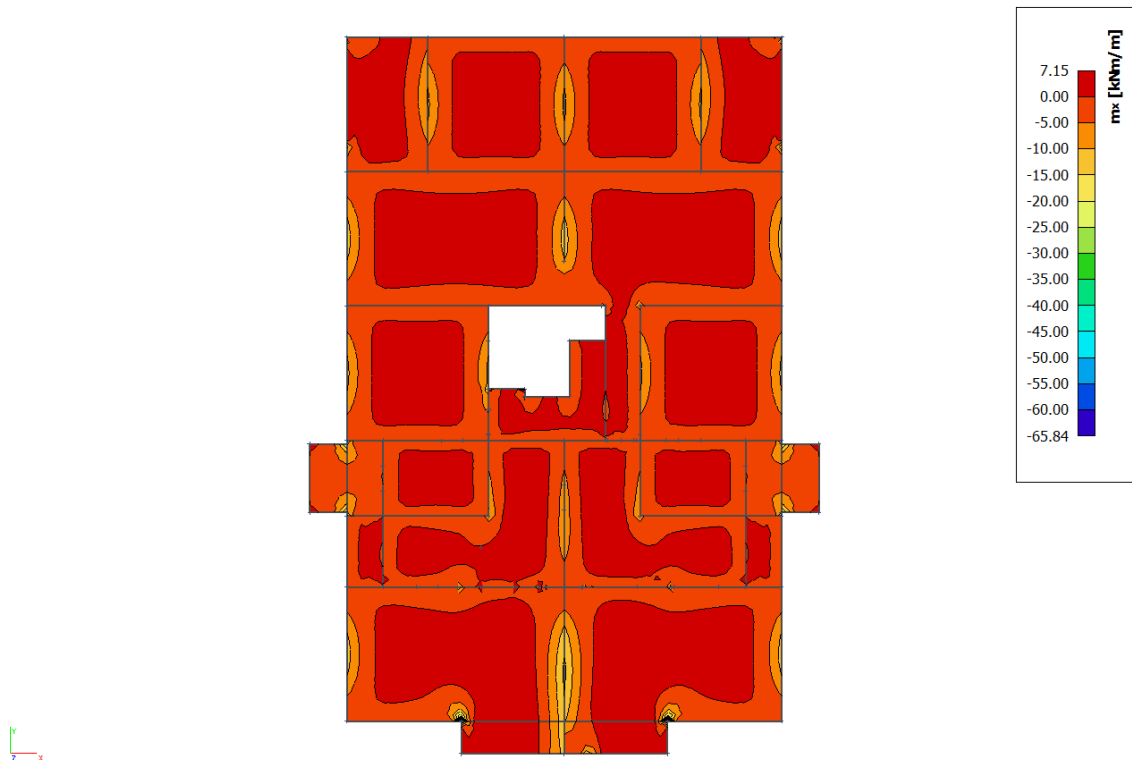
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.4\%$   $\zeta = 0.956$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1493}{0.956 \cdot 13 \cdot 43.48} = 2.76 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

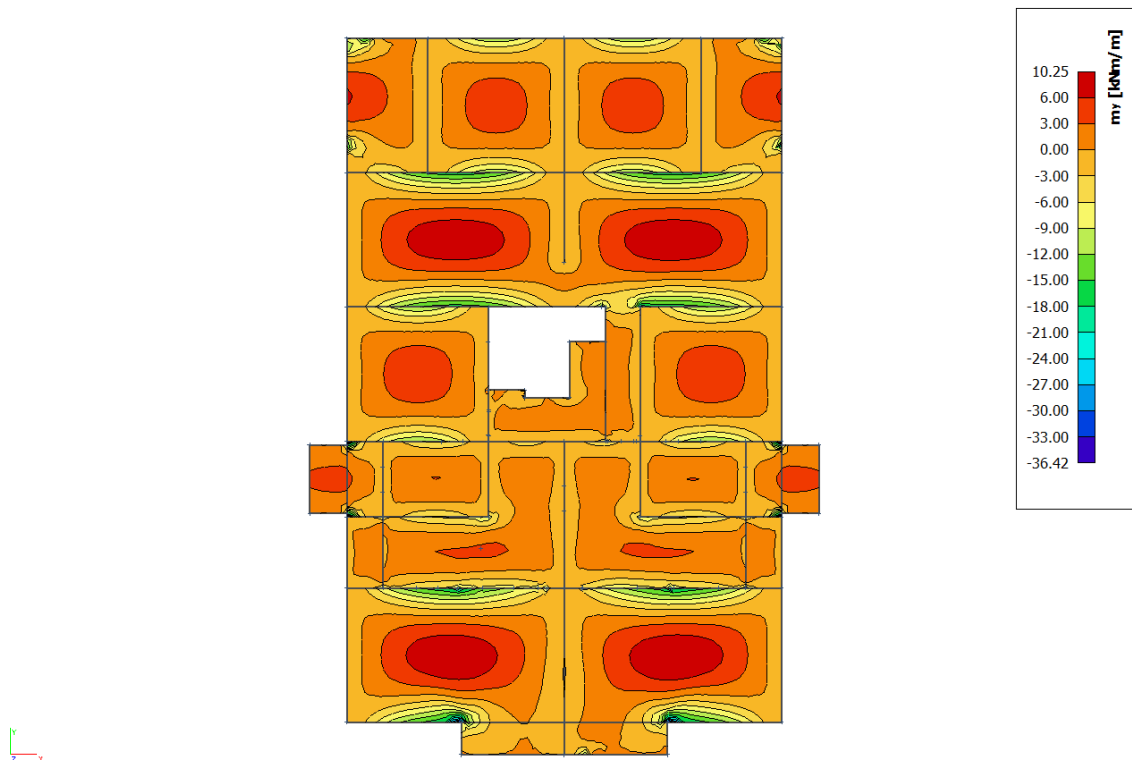
**ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

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

▪ Proračun na ležaju

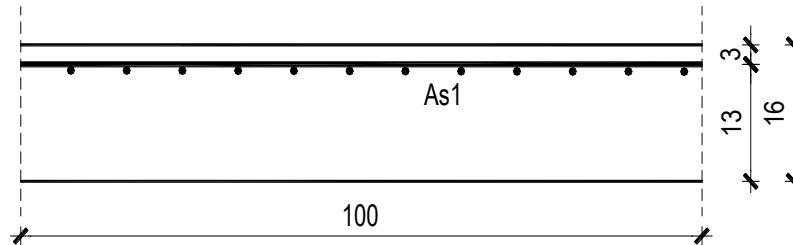


Slika 6.11. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.12. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/3 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.



$$M_{Ed} = 36.42 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3642}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0,129$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3642}{0.920 \cdot 13 \cdot 43.48} = 7.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

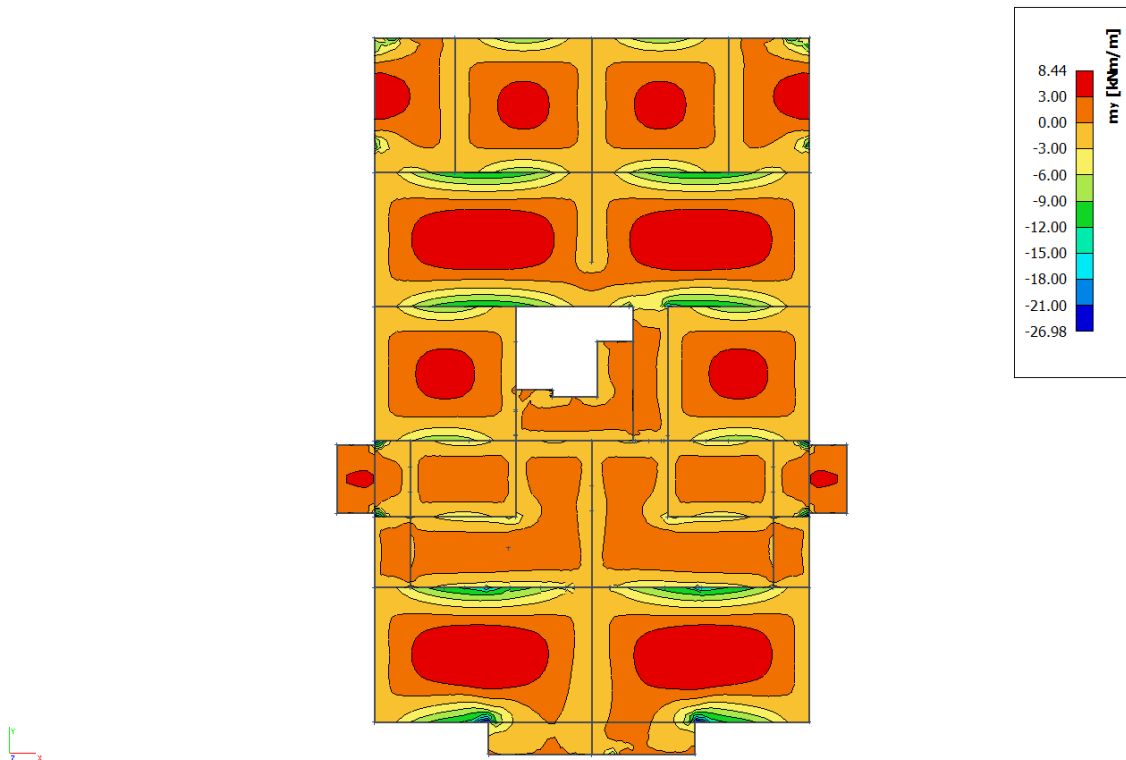
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 900 svugdje na toj poziciji na ležaju je usvojena ista armatura.

### 6.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

#### ➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 8.44 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.13. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

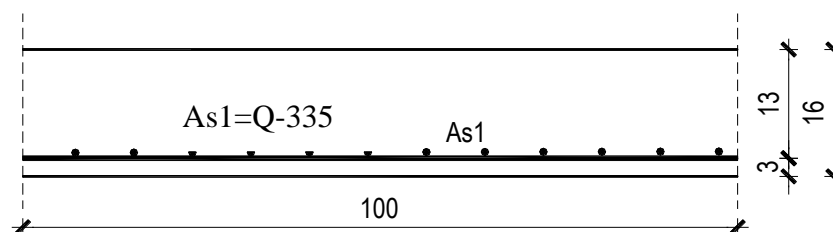
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0045$$

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  $\Rightarrow \text{Ø}8/15$ )

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

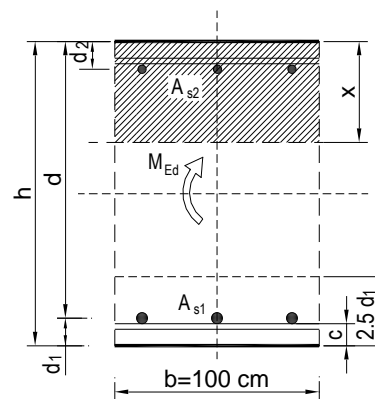
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -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
$M_{Ed} =$	8.3 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	202.44 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.15 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0045		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	-0.000169 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000607		
$\emptyset =$	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				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.226 mm	<	$w_g$		

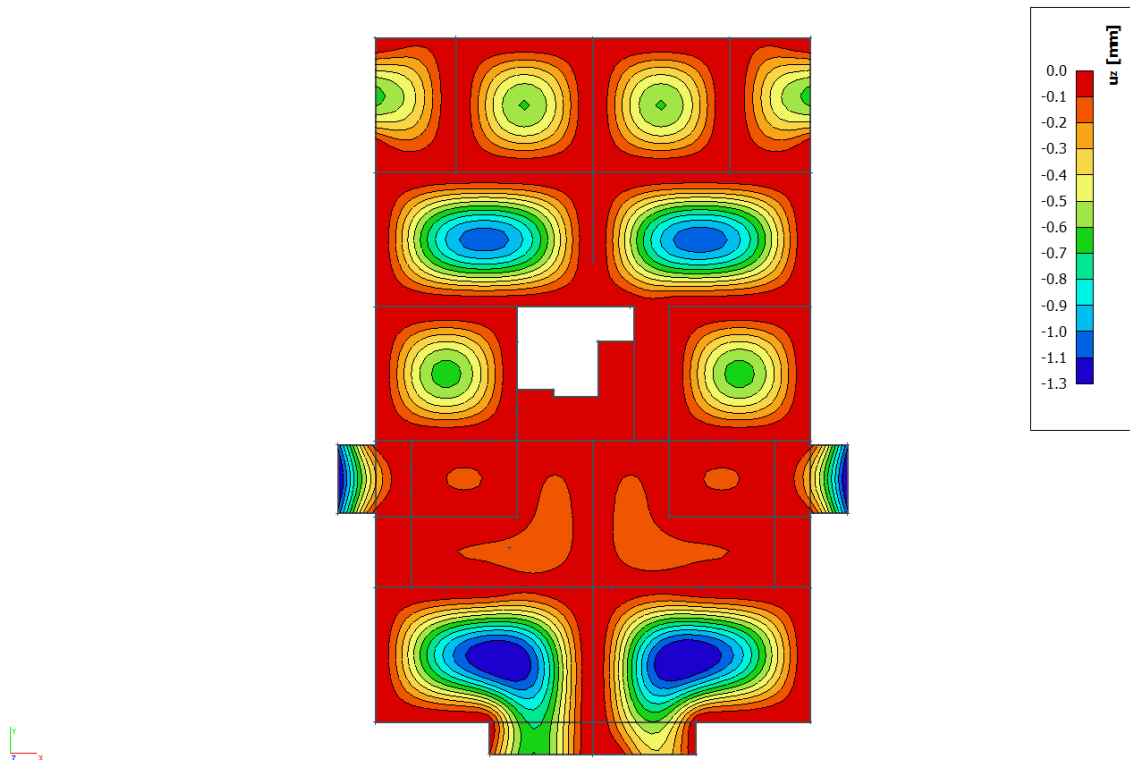


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.23 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.14. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

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;  $f_{ck}=25.0$  MPa

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

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

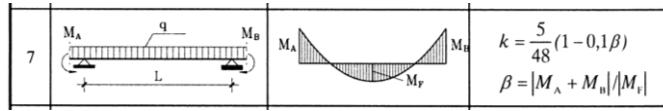
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |26.15 + 8.70| / 8.44 = 4.13$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.13) = 0.061$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{844}{3100 \cdot 34673.52} = 0.0000079 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.16 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.16^3}{12} + (100 \cdot 2.16) \cdot \left( \frac{2.16}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 3.35 \cdot (13 - 2.16)^2 + 0 \right] \\ &= 83.98 + 251.94 + 2539 = 2874.92 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{844}{3100 \cdot 2874.92} = 0.000095 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 202.44 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 10922.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{10922.67}{\left(13 - \frac{2.16}{3}\right) \cdot 3.35} = 265.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 265.51 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{265.51}{202.44}\right)^2 = 0.140$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000079 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000095 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.140) \cdot 0.0000079 + 0.140 \cdot 0.000095 = 0.00002 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.061$$

$$L = 530 \text{ cm}$$

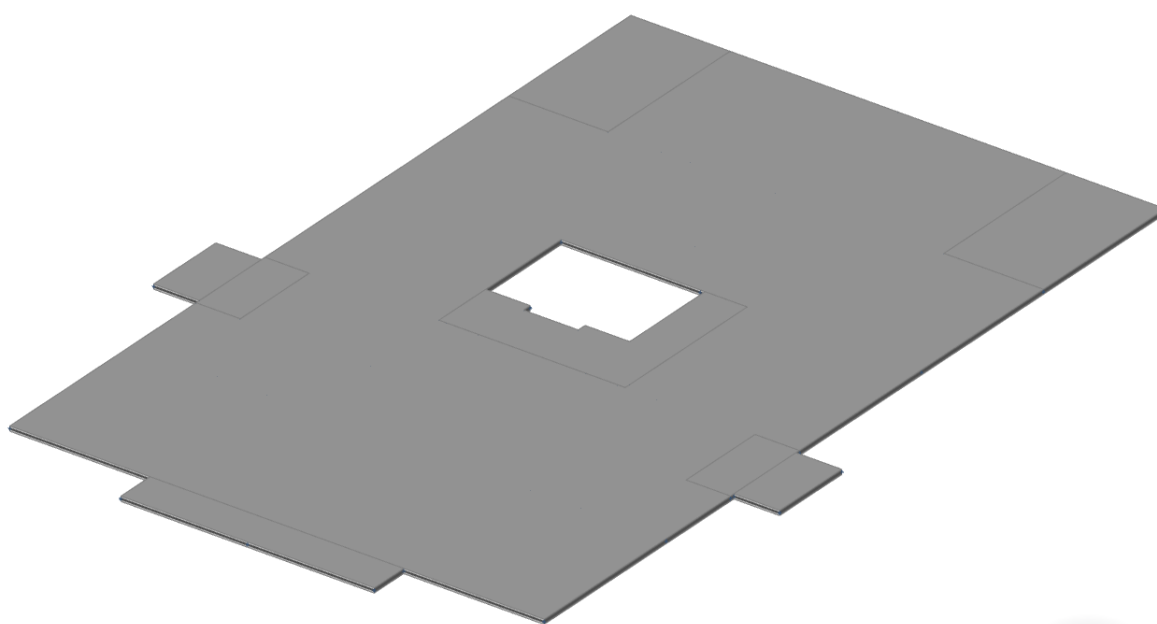
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.061 \cdot 530^2 \cdot 0.00002 = 0.34 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

### 6.3. Proračun ploče pozicije 700 $d_{pl}=16$ cm

**Napomena:** ploče pozicije 700 i 500 dilatacije C su identične. Iz tog razloga su prikazani rezultati za ploču pozicije 700 a dobiveni rezultati vrijede i za ploču pozicije 500.

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



Slika 6.15. Renderirani prikaz ploče POZ 700

$$\text{Beton: C 25/30 ; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$

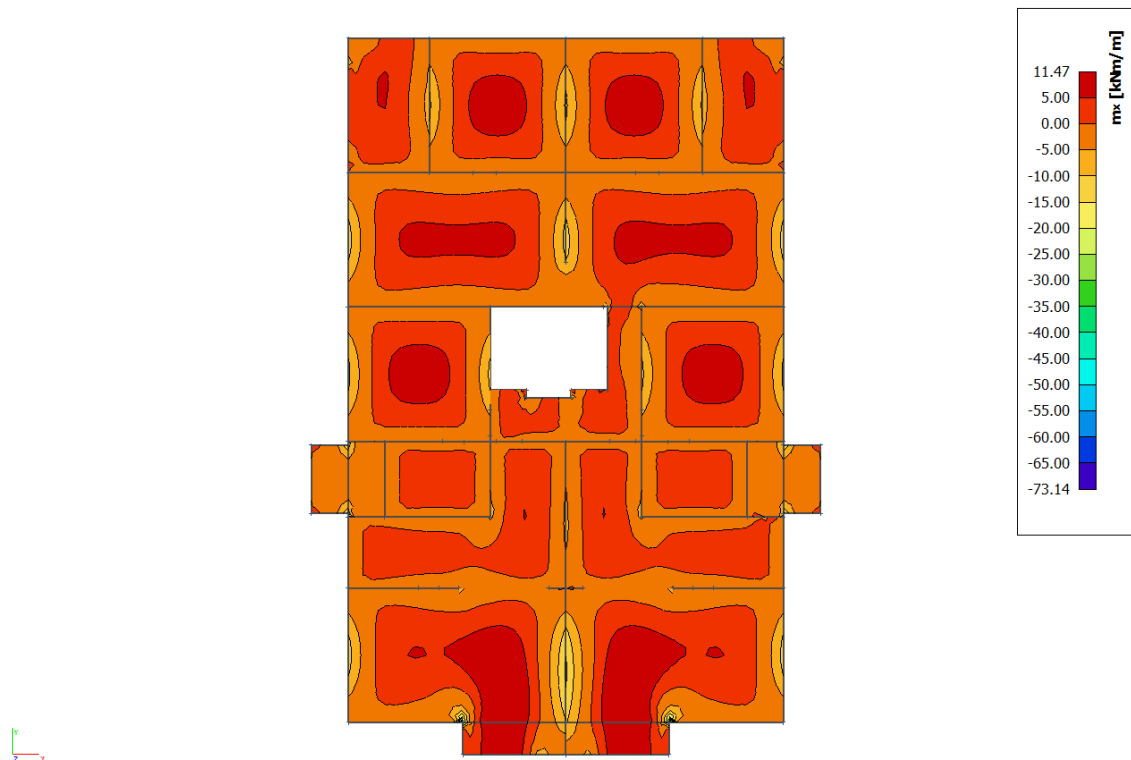
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

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

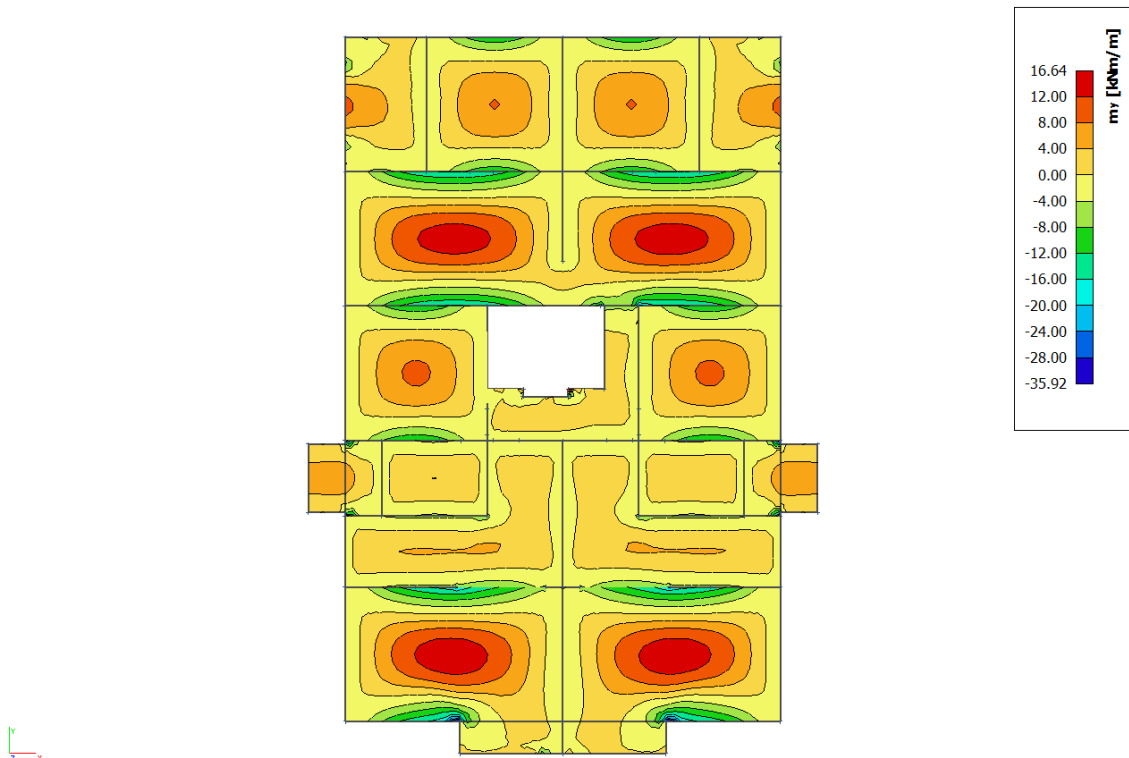
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak	
		$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature	
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	44.88	14.27	0.18
R/Q	-	335	3,35	44.88	16.89	0.21
R/Q	-	385	3,85	44.88	19.41	0.24
R/Q	-	424	4,24	44.88	21.38	0.26
R/Q	-	503	5,03	44.88	25.36	0.31
R/Q	-	524	5,24	44.88	26.42	0.33
R/Q	-	636	6,36	44.88	32.07	0.40
R/Q	-	785	7,85	44.88	39.58	0.49

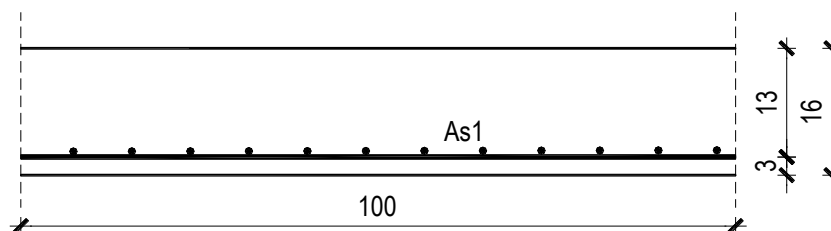
▪ Proračun u polju



Slika 6.16. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.17. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 16.64 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16.64}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.059$$

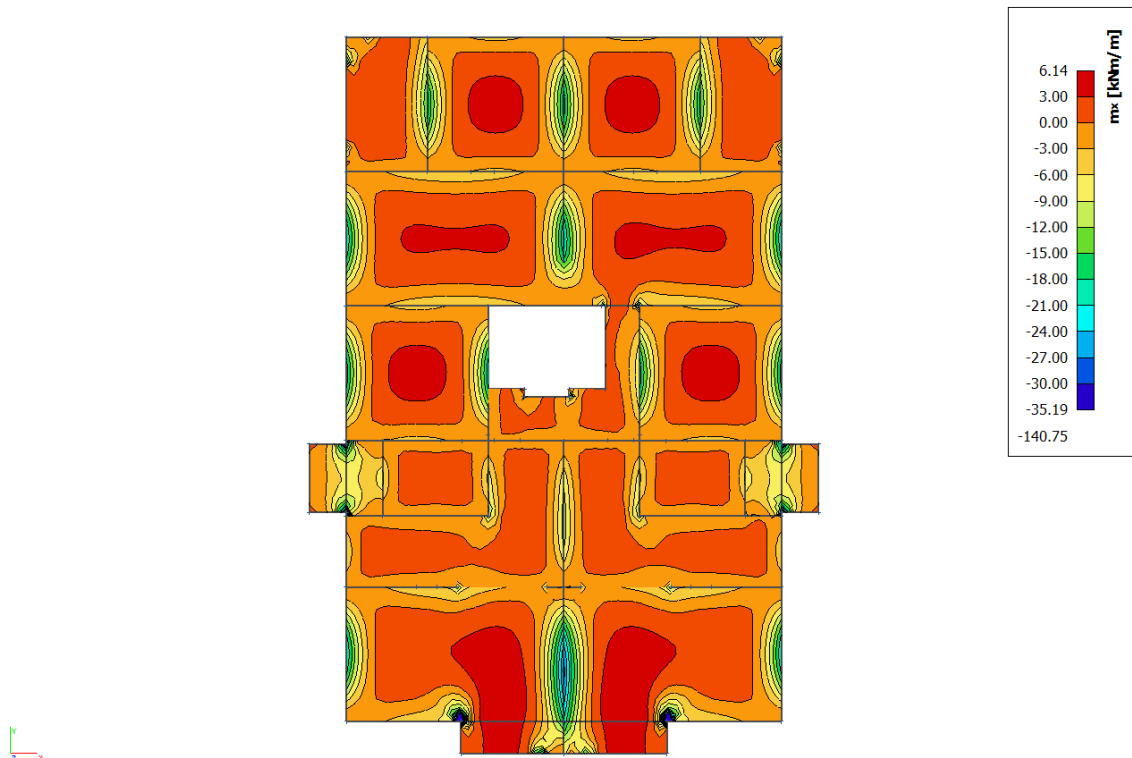
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.6\%$   $\zeta = 0.950$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1664}{0.950 \cdot 13 \cdot 43.48} = 3.10 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

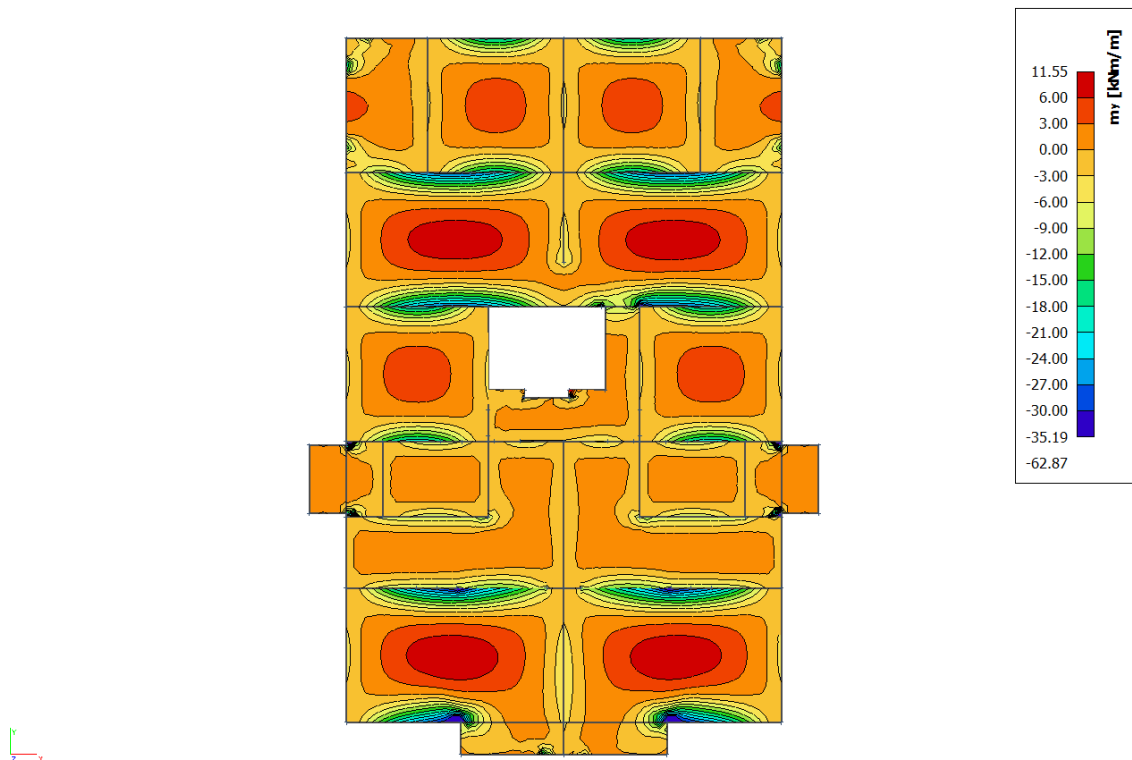
**ODABRANA ARMATURA: Q - 424 ( $A_s = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**



▪ Proračun na ležaju



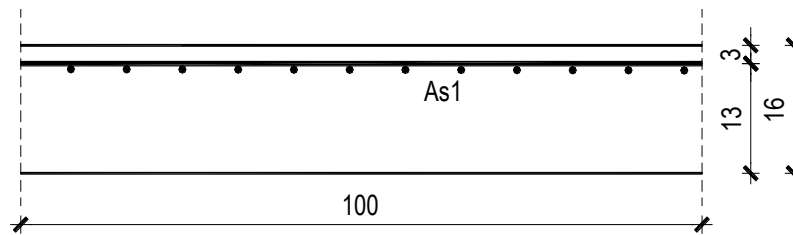
Slika 6.18. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [ $\text{kNm/m}$ ']



Slika 6.19. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [ $\text{kNm/m}$ ']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/3 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

### Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 140.75/3 = 46.91 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4691}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.166$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$

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

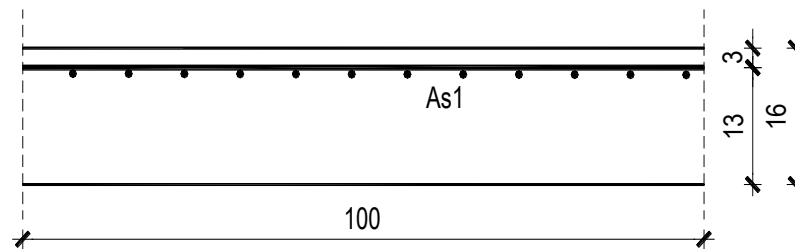
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{4487.46}{0.892 \cdot 13 \cdot 43.48} + \frac{4691 - 4487.46}{(13 - 3) \cdot 43.48} = 9.36 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ14 (A<sub>s</sub> = 11.24 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{4691 - 4487.46}{(13 - 3) \cdot 43.48} = 0.49 \text{ cm}^2$$

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

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



$$M_{Ed} = 35.19 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3519}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.124$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.7\% \quad \zeta = 0.916$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3519}{0.916 \cdot 13 \cdot 43.48} = 6.79 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

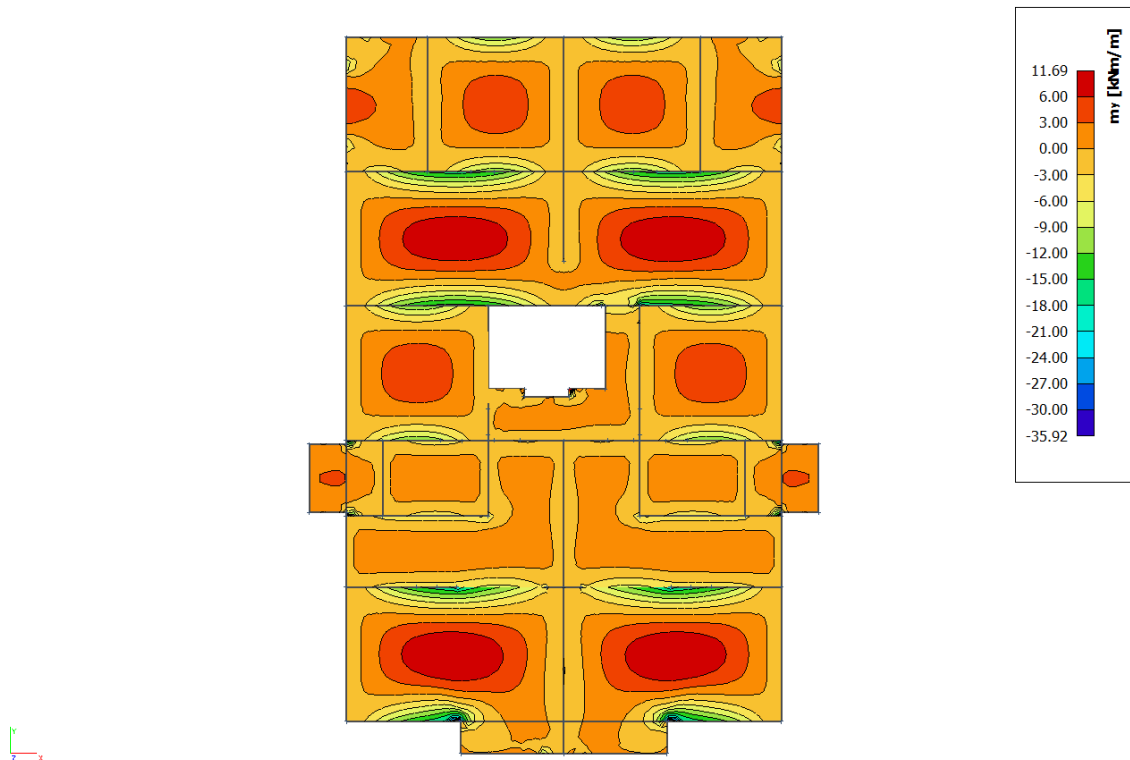
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

6.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti - GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 11.69 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.20. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

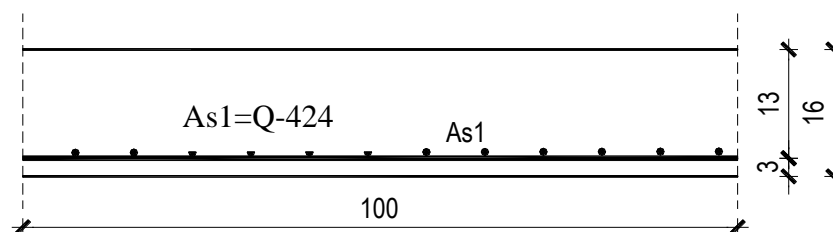
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-424** ( $A_{s1}=4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-424 = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$E_{cm} = 31.0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - 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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.24}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0056$$

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-424  $\Rightarrow \text{Ø}9/150$ )

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

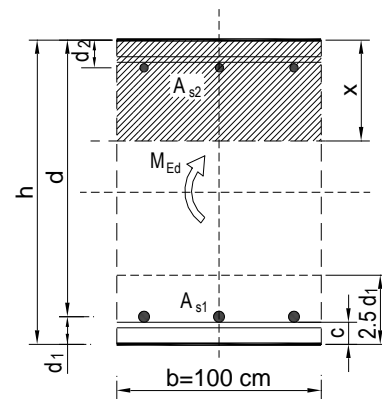
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -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
$A_{s1} =$	4.24 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
$M_{Ed} =$	11.7 kNm	$k_1 =$	0.40		
$\sigma_s =$	225.95 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.39 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0057		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.000190 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000678		
$\varnothing =$	9.0 mm	$c =$	2.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	338.64 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.230 mm	<	$w_g$		

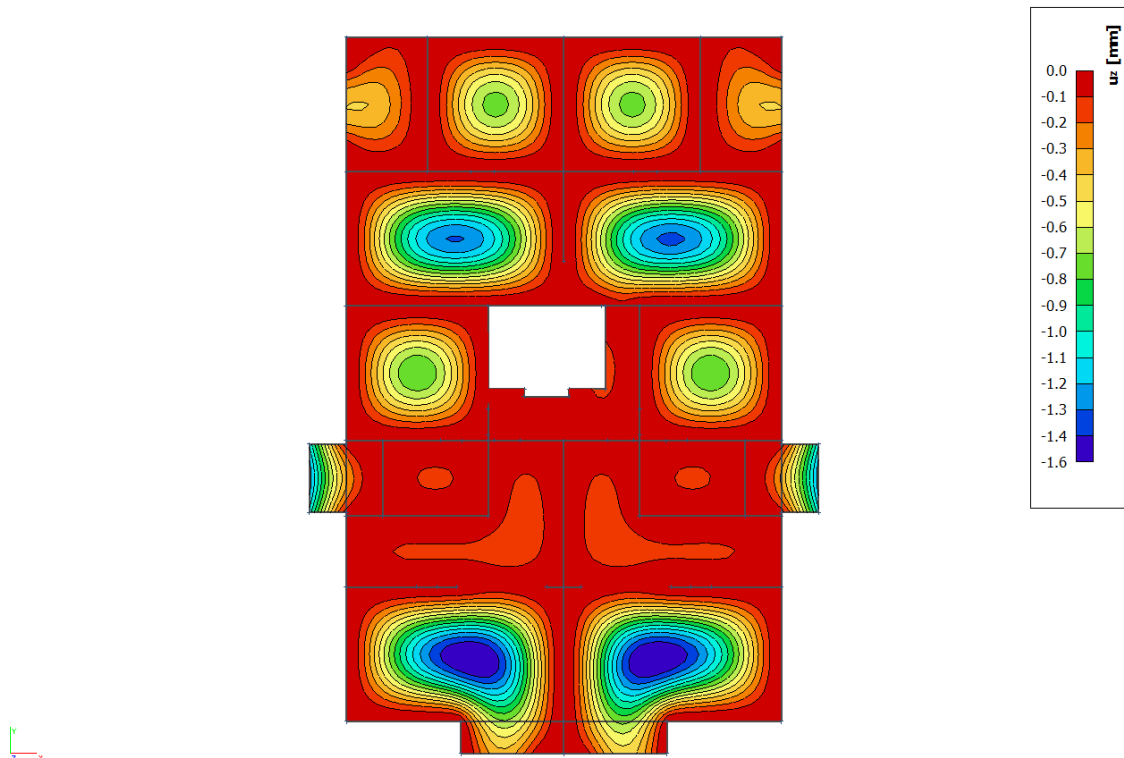


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.23 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.21. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

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;  $f_{ck}=25.0$  MPa

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

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

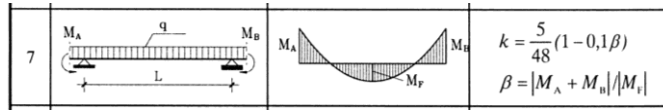
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |21.05 + 35.92| / 11.69 = 4.87$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.87) = 0.053$$



$$A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 16^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 4.24 \cdot \left( \frac{16}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 34133.33 + 683.7 = 34817.03 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1169}{3100 \cdot 34817.03} = 0.000011 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.39 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.39^3}{12} + (100 \cdot 2.39) \cdot \left( \frac{2.39}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 4.24 \cdot (13 - 2.39)^2 + 0 \right] \\ &= 113.77 + 341.30 + 3078.62 = 3533.69 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1169}{3100 \cdot 3533.69} = 0.00011 \frac{1}{\text{cm}}$$



$$\sigma_s = 225.95 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 10922.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{10922.67}{\left(13 - \frac{2.39}{3}\right) \cdot 4.24} = 211.10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 211.10 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{210.10}{225.95}\right)^2 = 0.57$$

$$\frac{1}{r_i} = 0.000011 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.00011 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_i} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.57) \cdot 0.000011 + 0.57 \cdot 0.00011 = 0.000067 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.053$$

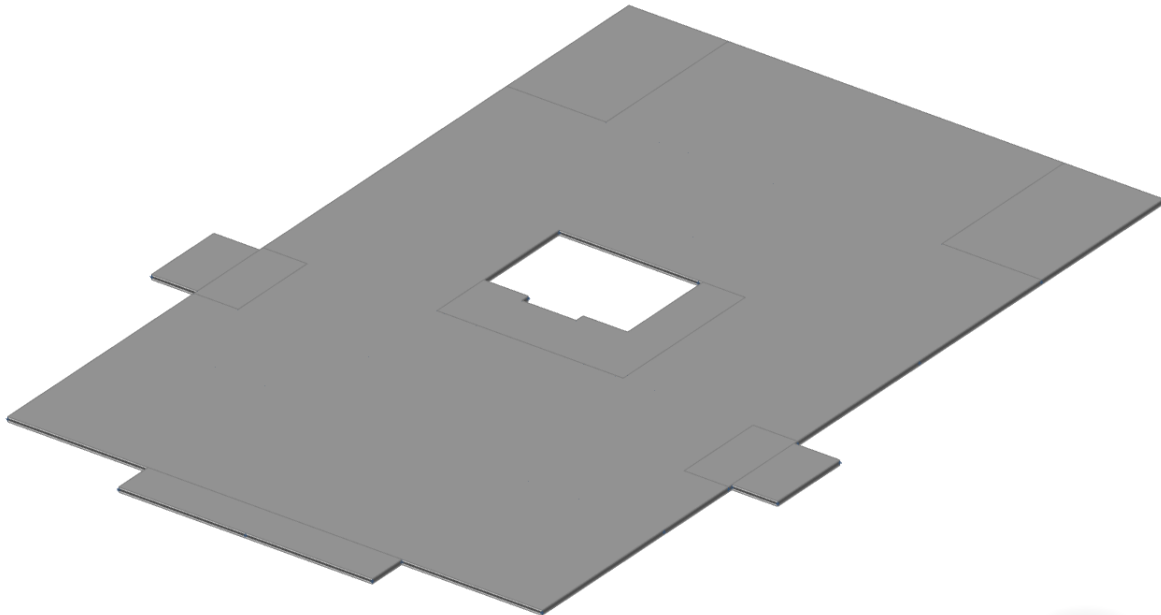
$$L = 530 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.053 \cdot 530^2 \cdot 0.000067 = 0.99 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.4. Proračun ploče pozicije 600 $d_{pl}=16$ cm

### 6.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.23. Renderirani prikaz ploče POZ 600

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$

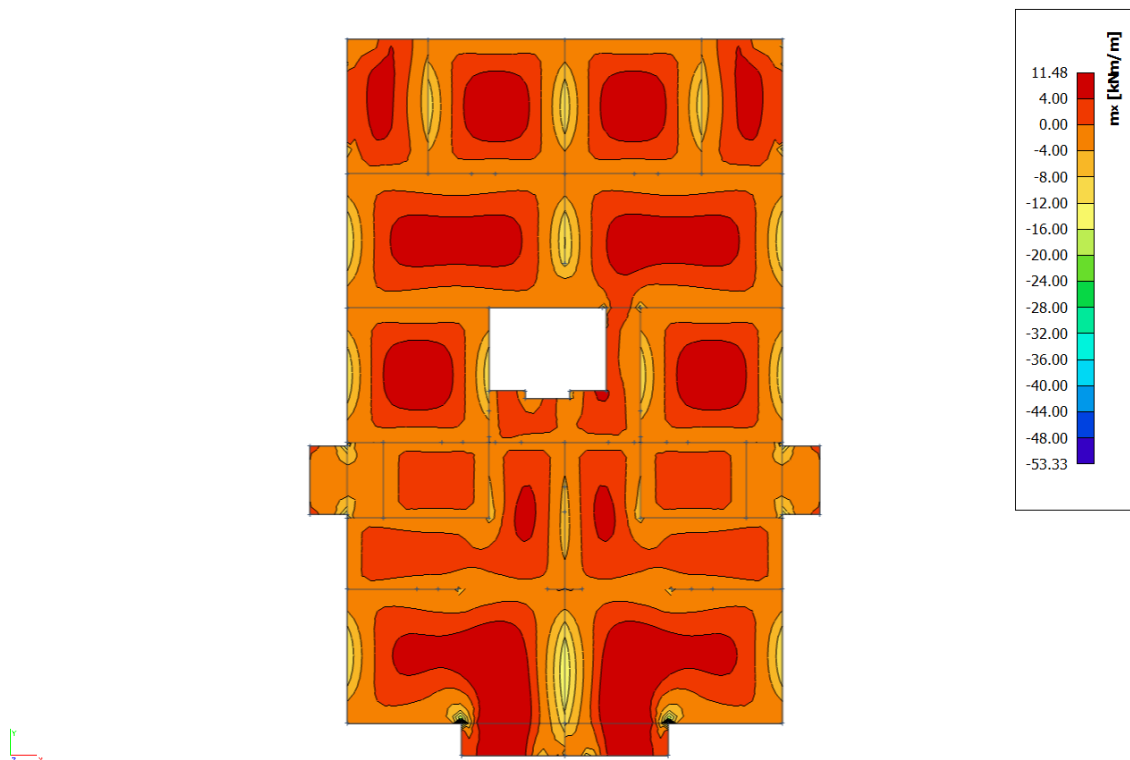
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 13 \cdot 43.48$$

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

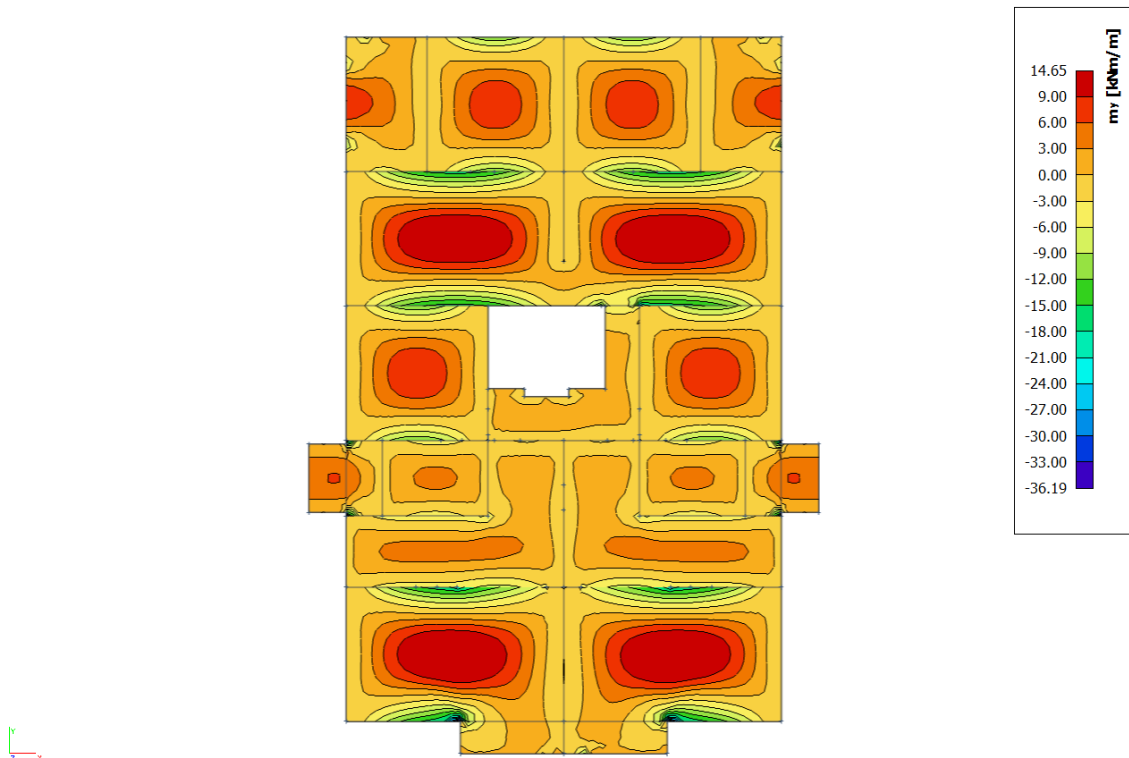
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{16}{100} = 32 \text{ cm}^2$$

<i>Mreža</i>		<i>Površina</i> $A_{sI}$	<i>Moment nosivosti</i> <i>betona</i> $M_{Rd,c,lim}$	<i>Moment nosivosti</i> <i>armature</i> $M_{Rd,s,lim}$	<i>Postotak</i> <i>armature</i>	
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
<i>R/Q</i>	-	283	2,83	44.88	14.27	0.18
<i>R/Q</i>	-	335	3,35	44.88	16.89	0.21
<i>R/Q</i>	-	385	3,85	44.88	19.41	0.24
<i>R/Q</i>	-	424	4,24	44.88	21.38	0.26
<i>R/Q</i>	-	503	5,03	44.88	25.36	0.31
<i>R/Q</i>	-	524	5,24	44.88	26.42	0.33
<i>R/Q</i>	-	636	6,36	44.88	32.07	0.40
<i>R/Q</i>	-	785	7,85	44.88	39.58	0.49

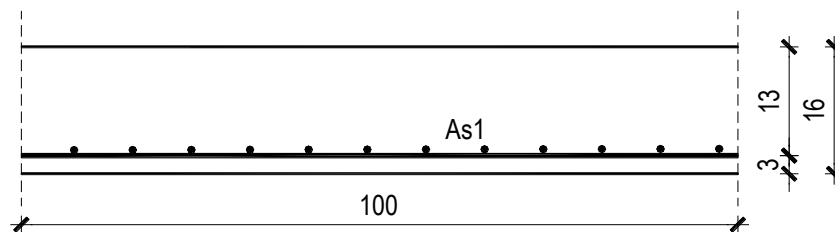
▪ Proračun u polju



Slika 6.24. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.25. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 14.65 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1465}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.052$$

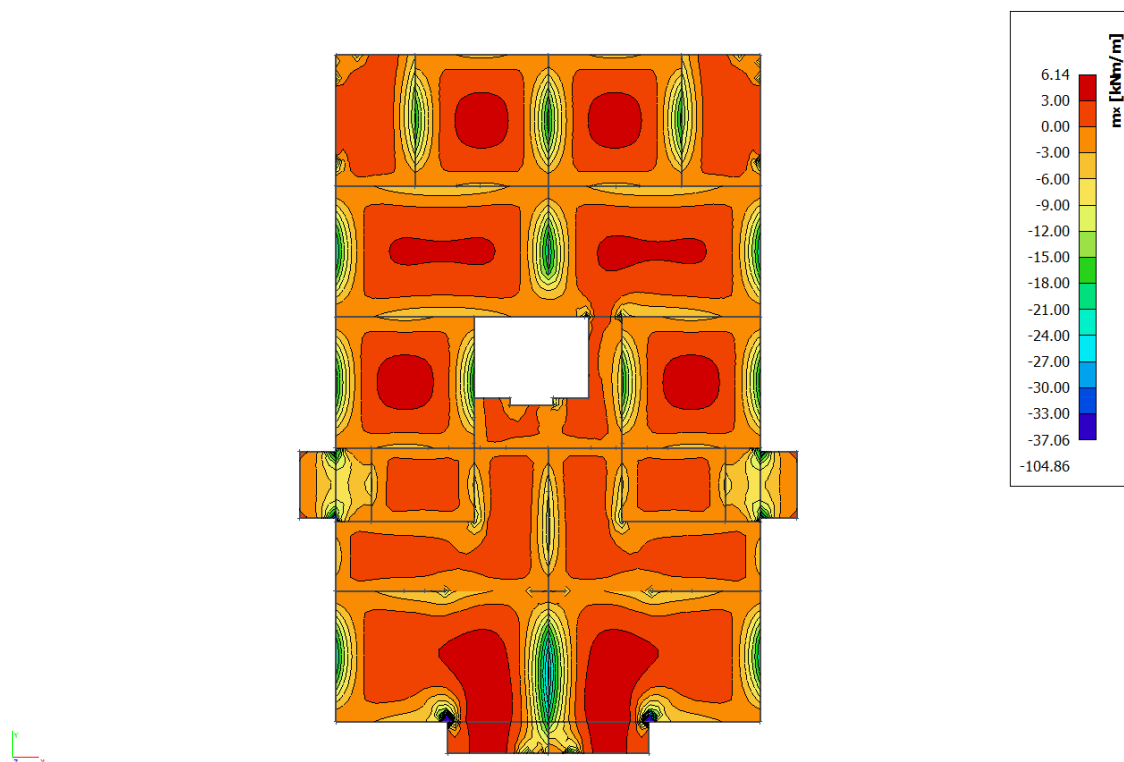
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.4\text{‰} \quad \zeta = 0.956$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1465}{0.956 \cdot 13 \cdot 43.48} = 2.71 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

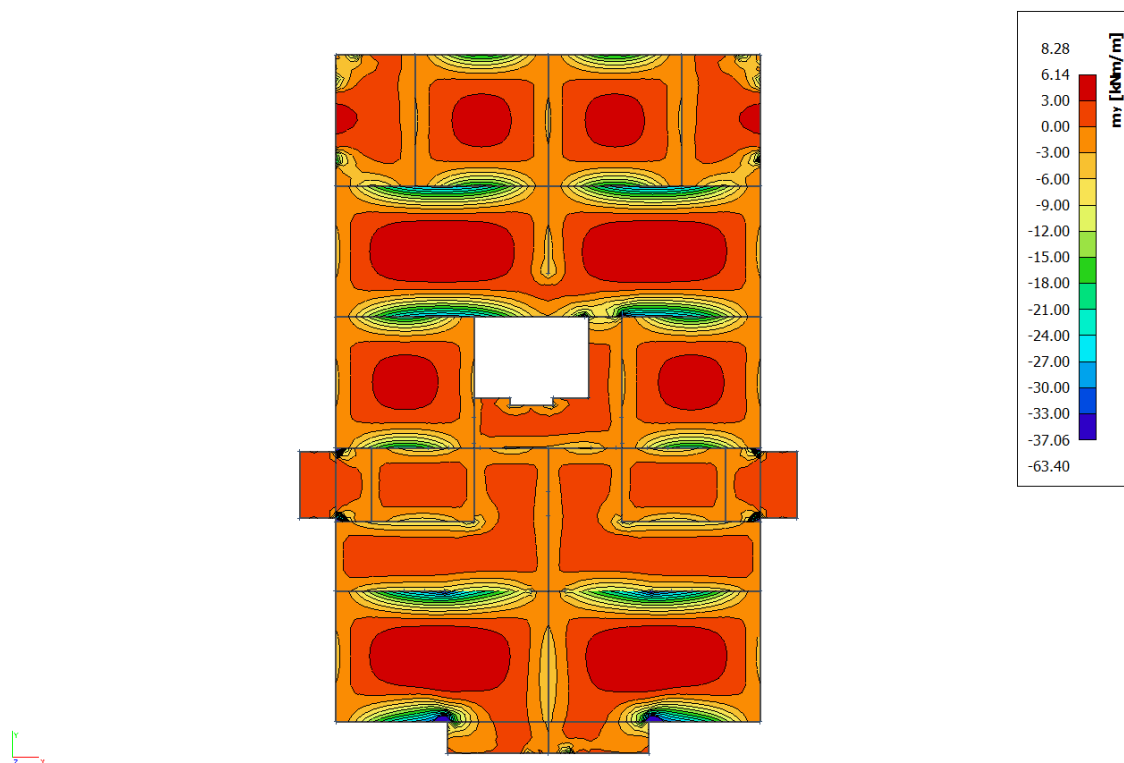
**ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 600 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ Proračun na ležaju



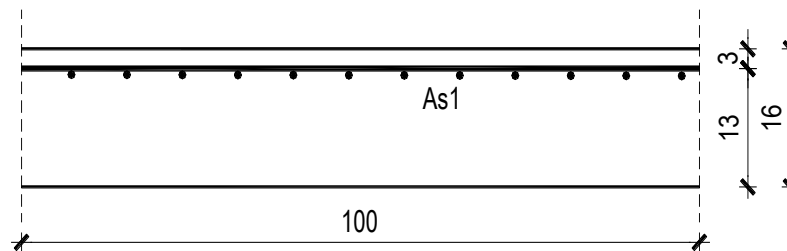
Slika 6.26. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.27. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/2 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

### Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 104.86/2 = 52.43 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5243}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.186$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 13^2 \cdot 1.67 = 44.88 \text{ kNm}$$

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

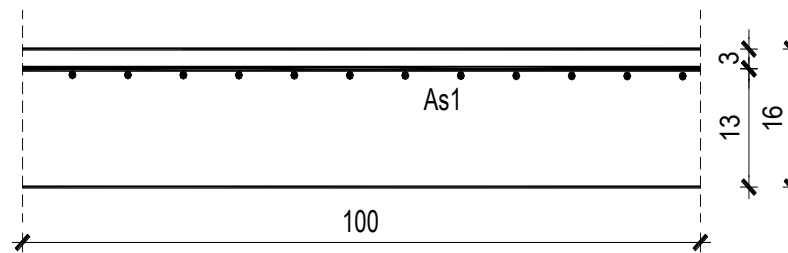
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{4487.46}{0.892 \cdot 13 \cdot 43.48} + \frac{5243 - 4487.46}{(13 - 3) \cdot 43.48} = 10.64 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 11.24 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{5243 - 4487.46}{(13 - 3) \cdot 43.48} = 1.74 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q – 335 iz donje zone**

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



$$M_{Ed} = 37.06 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3706}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.131$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3706}{0.910 \cdot 13 \cdot 43.48} = 7.20 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

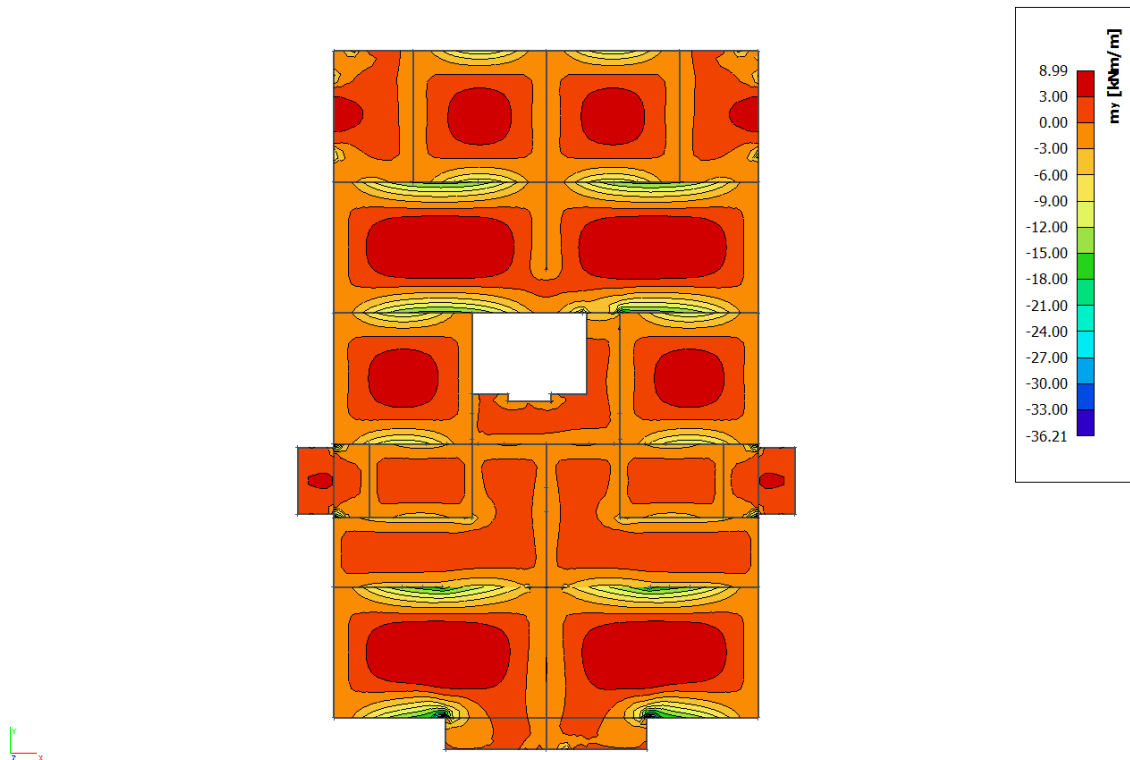
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

6.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti - GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 8.99 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.28. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

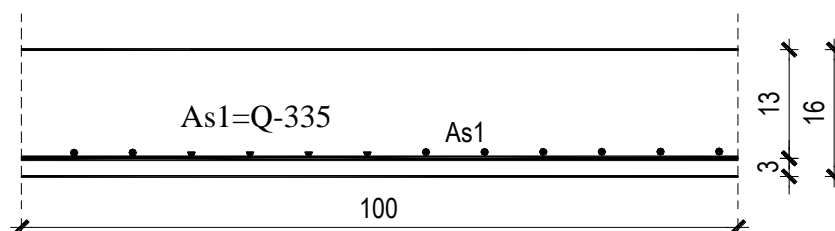
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0045$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

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

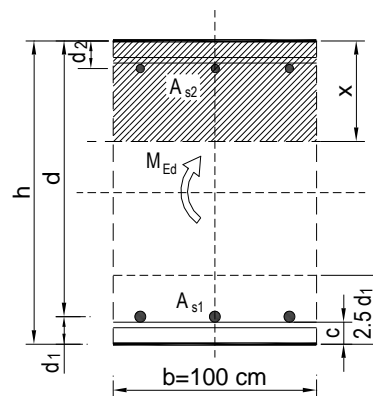
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -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
$M_{Ed} =$	9.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	218.48 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.15 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0045		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	-0.000089 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000655		
$\varnothing =$	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				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.244 mm	<	$w_g$		

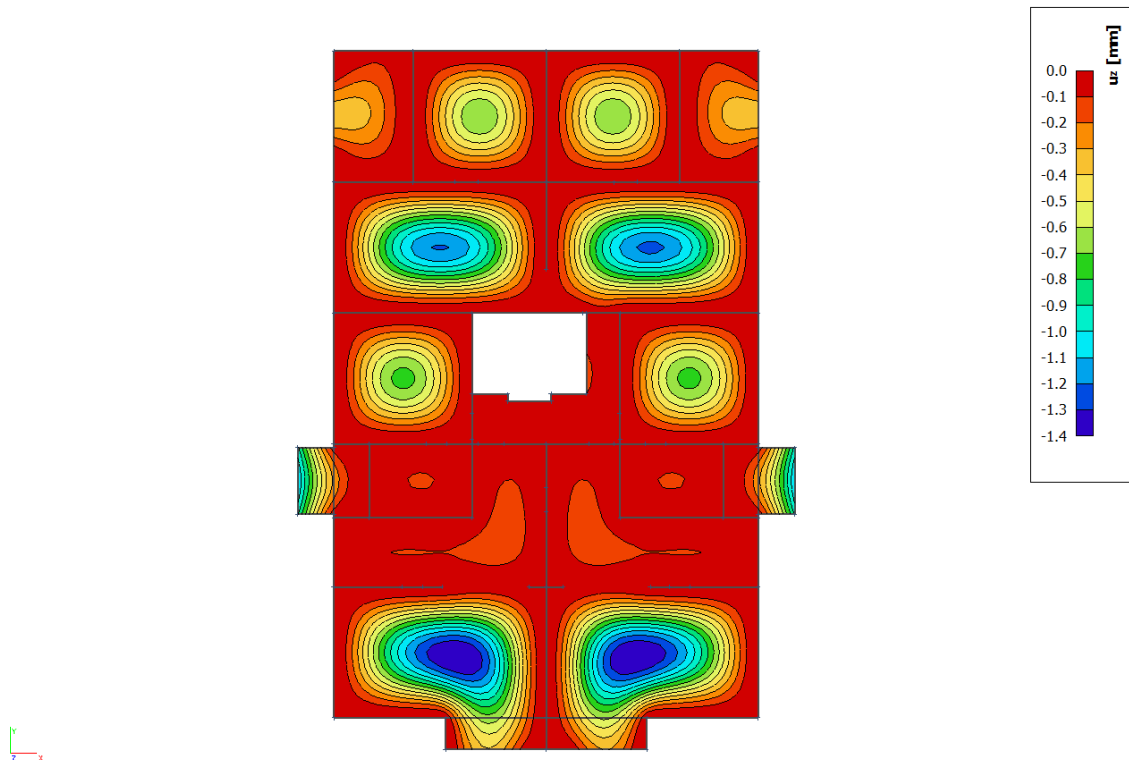


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.244 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.29. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

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

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

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

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

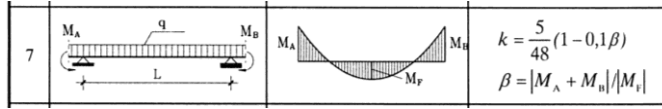
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |21.02 + 36.03| / 8.99 = 6.35$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 6.35) = 0.038$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{899}{3100 \cdot 34673.52} = 0.0000084 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

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

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.15^3}{12} + (100 \cdot 2.15) \cdot \left( \frac{2.15}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 3.35 \cdot (13 - 2.15)^2 + 0 \right] \\
 &= 82.82 + 248.46 + 2543.69 = 2874.87 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{899}{3100 \cdot 2874.87} = 0.0001 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 218.48 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 16^2}{6} = 10922.67$$

$$\sigma_{sr} = \frac{10922.67}{\left(13 - \frac{2.15}{3}\right) \cdot 3.35} = 265.44 \text{ MPa}$$

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

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{265.44}{218.48}\right)^2 = 0.26$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000084 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.0001 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.26) \cdot 0.0000084 + 0.26 \cdot 0.0001 = 0.000032 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.045$$

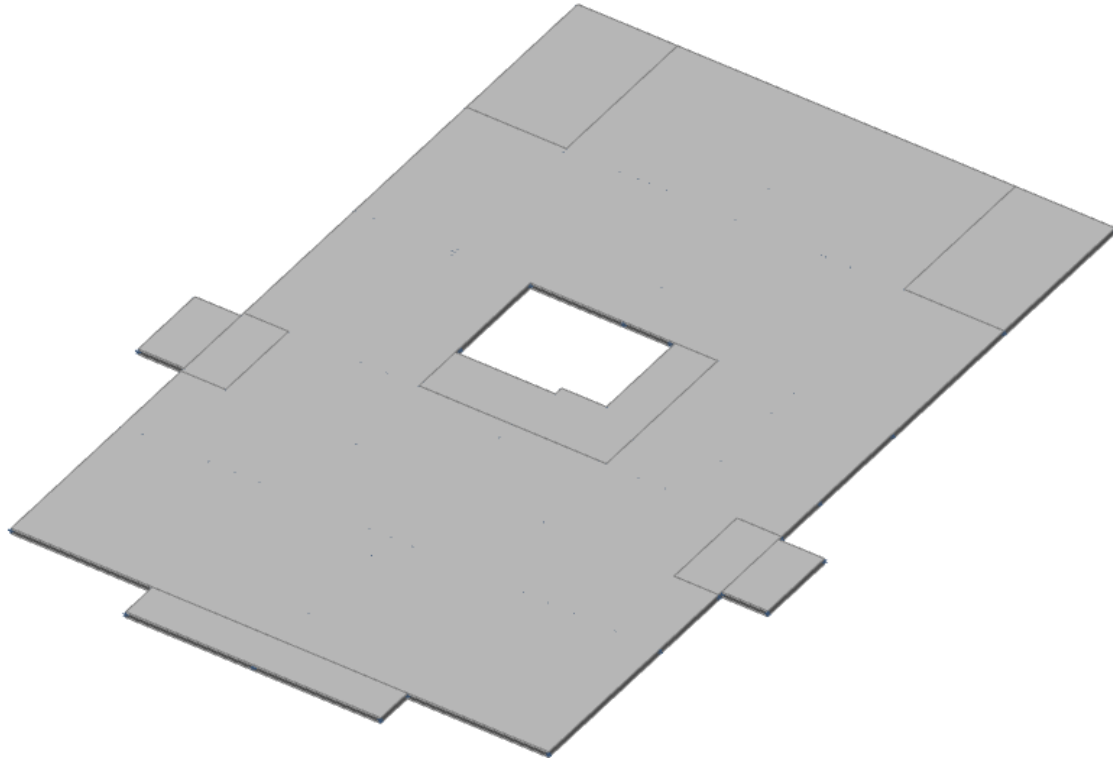
$$L = 530 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.045 \cdot 530^2 \cdot 0.000032 = 0.40 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.5. Proračun ploče pozicije 400 $d_{pl}=20$ cm

### 6.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.30. Renderirani prikaz ploče POZ 400

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.74 \text{ kNm}$$

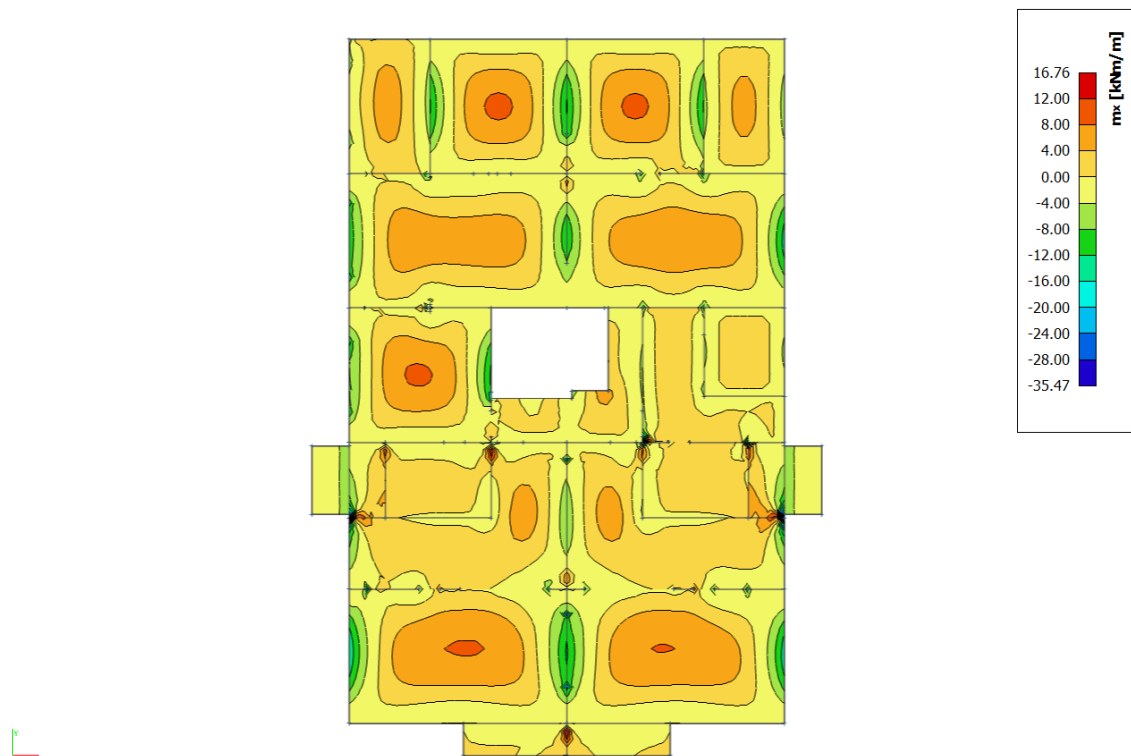
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

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

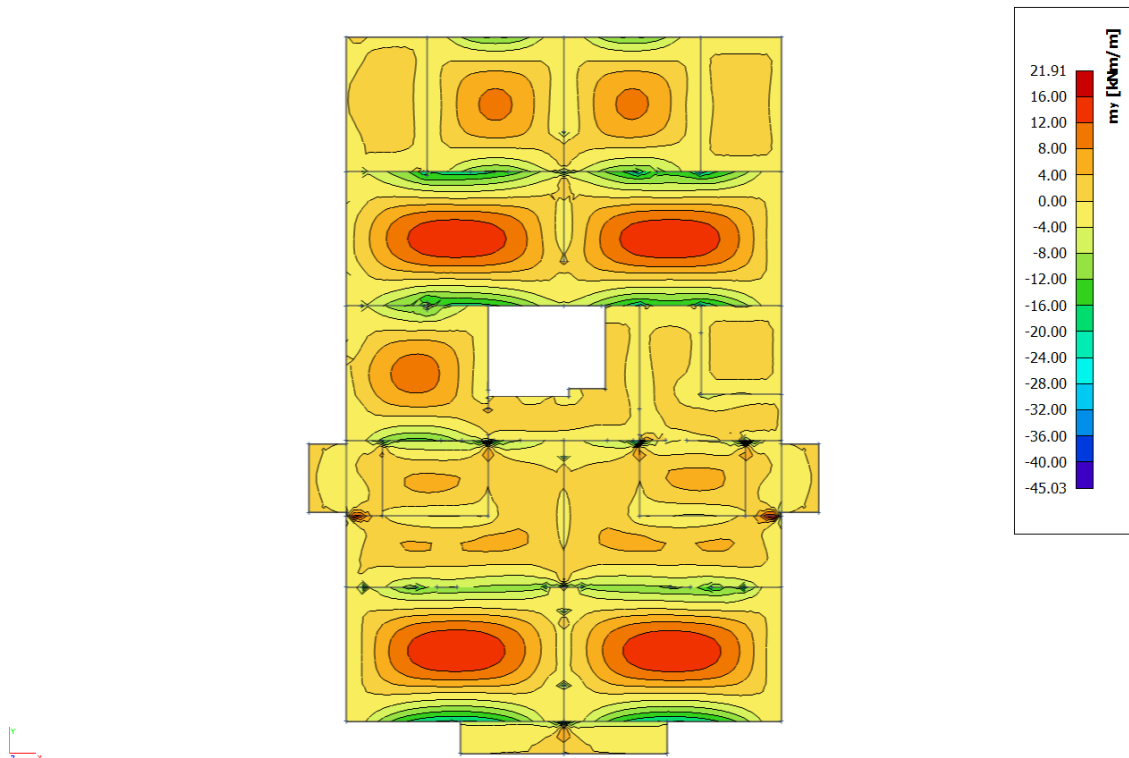
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina		Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak
		$A_{s1}$	$A_{s2}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature
		[cm <sup>2</sup> /m <sup>1</sup> ]		[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	283	2,83	76.74	18.66	0.14
R/Q	-	335	3,35	76.74	22.09	0.17
R/Q	-	385	3,85	76.74	25.38	0.19
R/Q	-	424	4,24	76.74	27.96	0.21
R/Q	-	503	5,03	76.74	33.16	0.25
R/Q	-	524	5,24	76.74	34.55	0.26
R/Q	-	636	6,36	76.74	41.93	0.32
R/Q	-	785	7,85	76.74	51.76	0.39

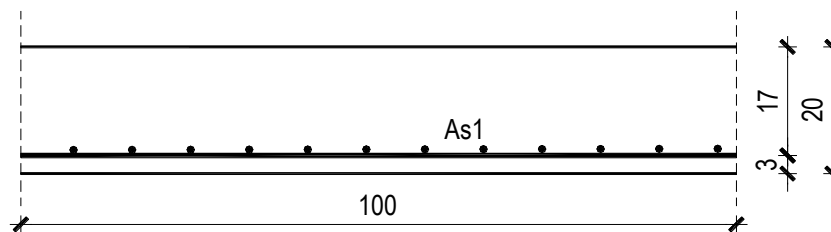
▪ Proračun u polju



Slika 6.31. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.32. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 21.91 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2191}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.045$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.3 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.959$$

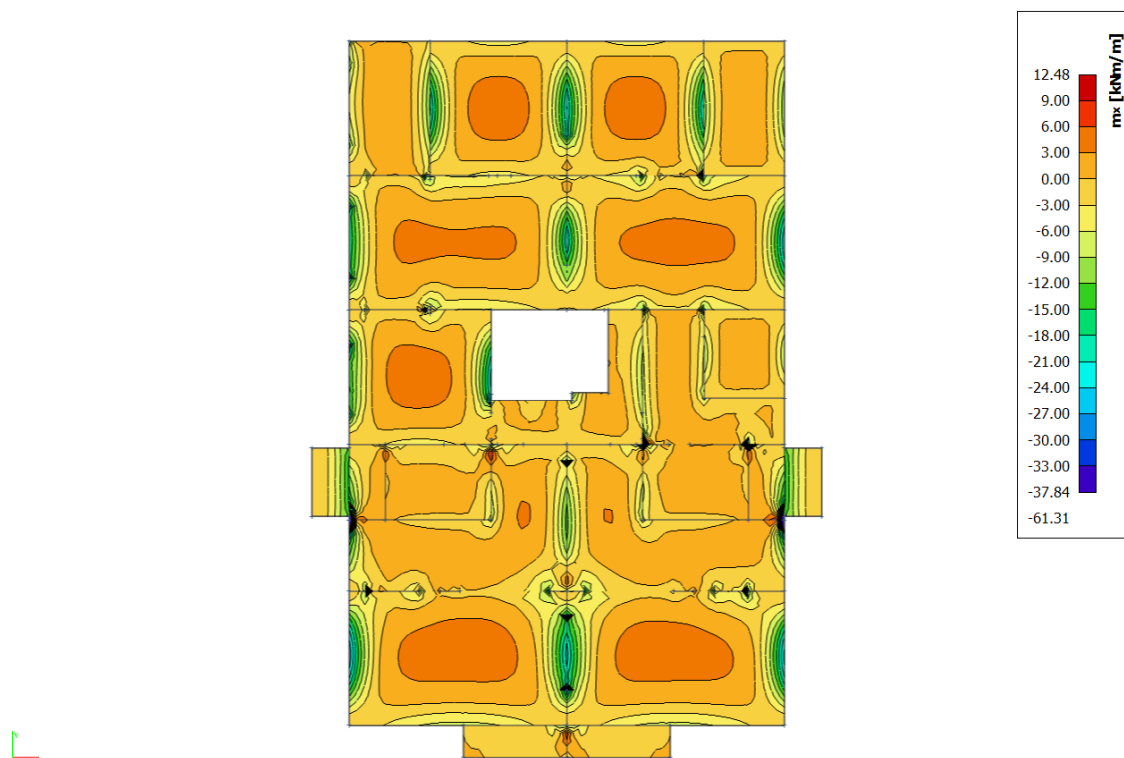
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2191}{0.959 \cdot 17 \cdot 43.48} = 3.09 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

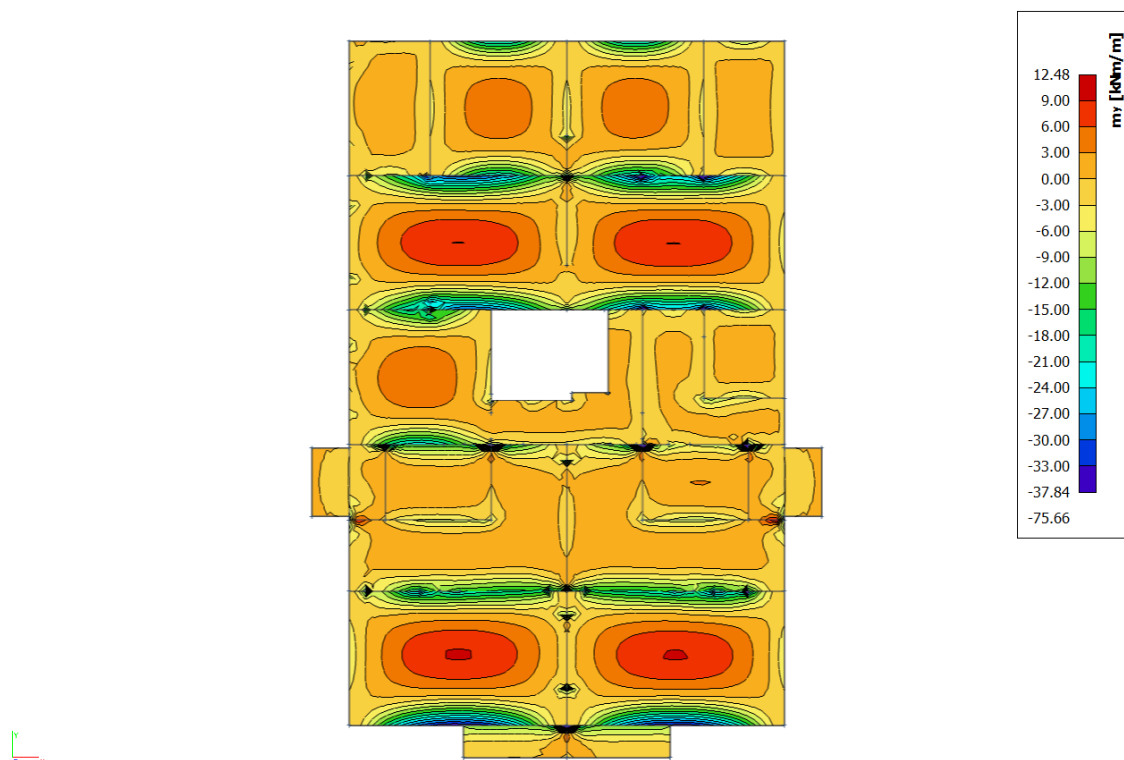
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 400 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.



▪ Proračun na ležaju



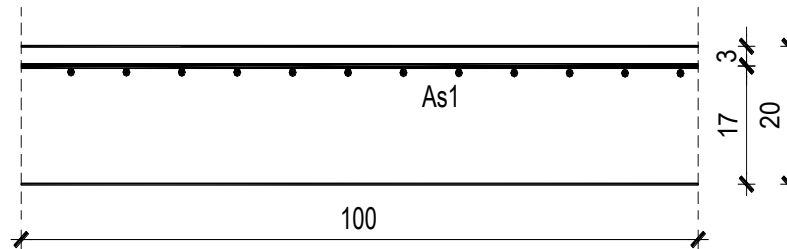
Slika 6.33. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.34. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

### Proračun u kritičnom presjeku:



$$M_{Ed} = 75.66 \text{ kNm/m}$$

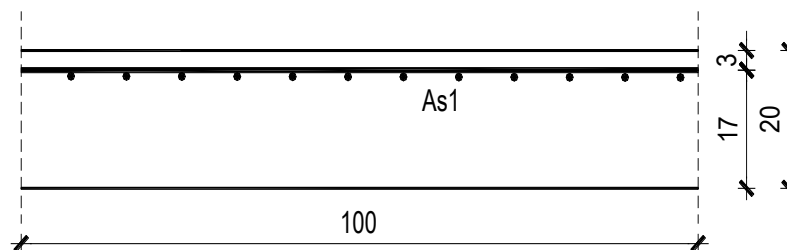
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7566}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.157$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3.5\text{‰} \quad \zeta = 0.892$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7566}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} = 11.48 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 3φ14 (A<sub>s</sub> = 12.47 cm<sup>2</sup>/m')**

### Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju :



$$M_{Ed} = 37.84 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3784}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.078$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.9\text{‰} \quad \zeta = 0.941$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3784}{0.941 \cdot 17 \cdot 43.48} = 5.44 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

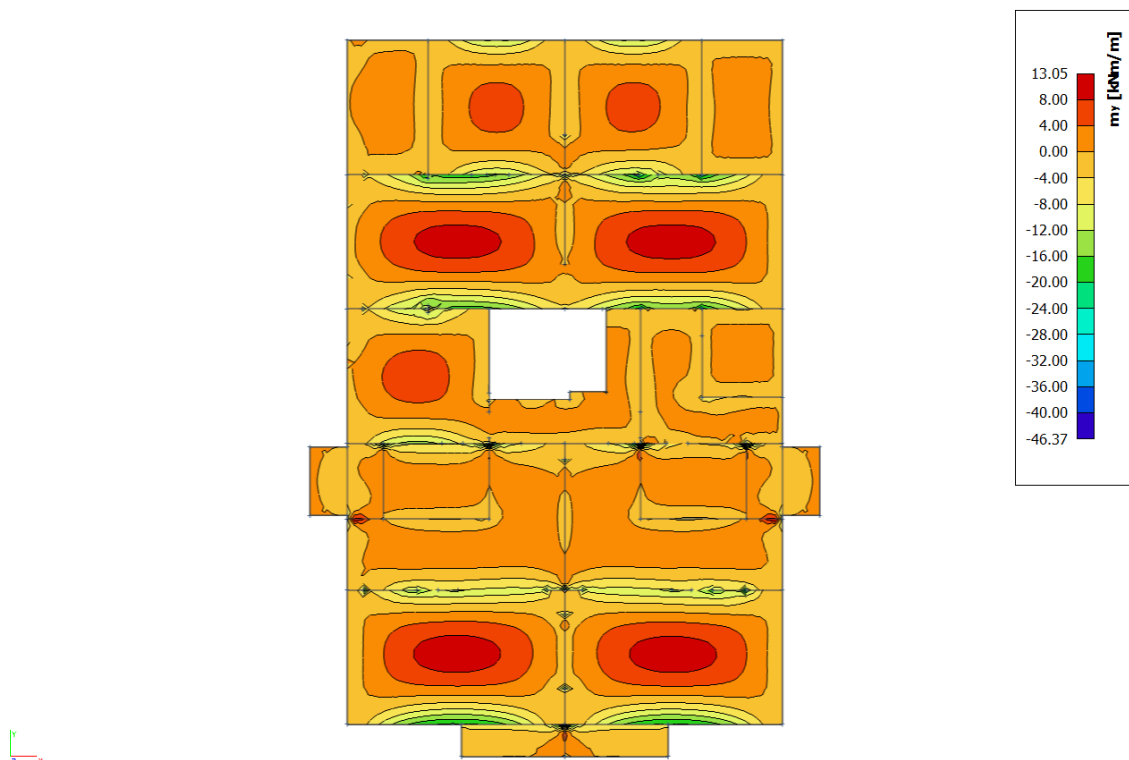
ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 6.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

#### ➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 13.05 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.35. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

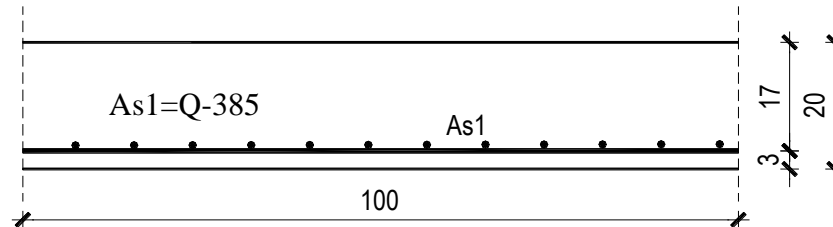
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-385** ( $A_{s1}=3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

$A_s = \text{Q-385} = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31.0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - 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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0051$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 7 \text{ mm} - (\text{Q-385} \Rightarrow \text{Ø7/100})$$

c=20 mm- Zaštitni sloj uzdužne armature

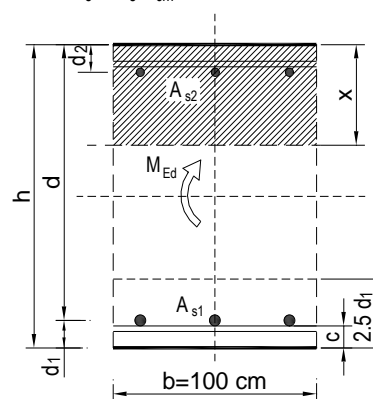
k<sub>1</sub>=0.8 -Rebrasta armatura

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> =	3.85 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> =	13.1 kNm	k <sub>t</sub> =	0.40		
σ <sub>s</sub> =	210.33 MN/m <sup>2</sup>				
x =	2.65 cm	ρ <sub>p,eff</sub> =	0.0051		
(ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub> ) =	0.000020 <	0.6 · σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0.000631		
Ø =	7.0 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> =	299.82 mm				
w <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub> ) =	0.189 mm	<	w <sub>g</sub>		

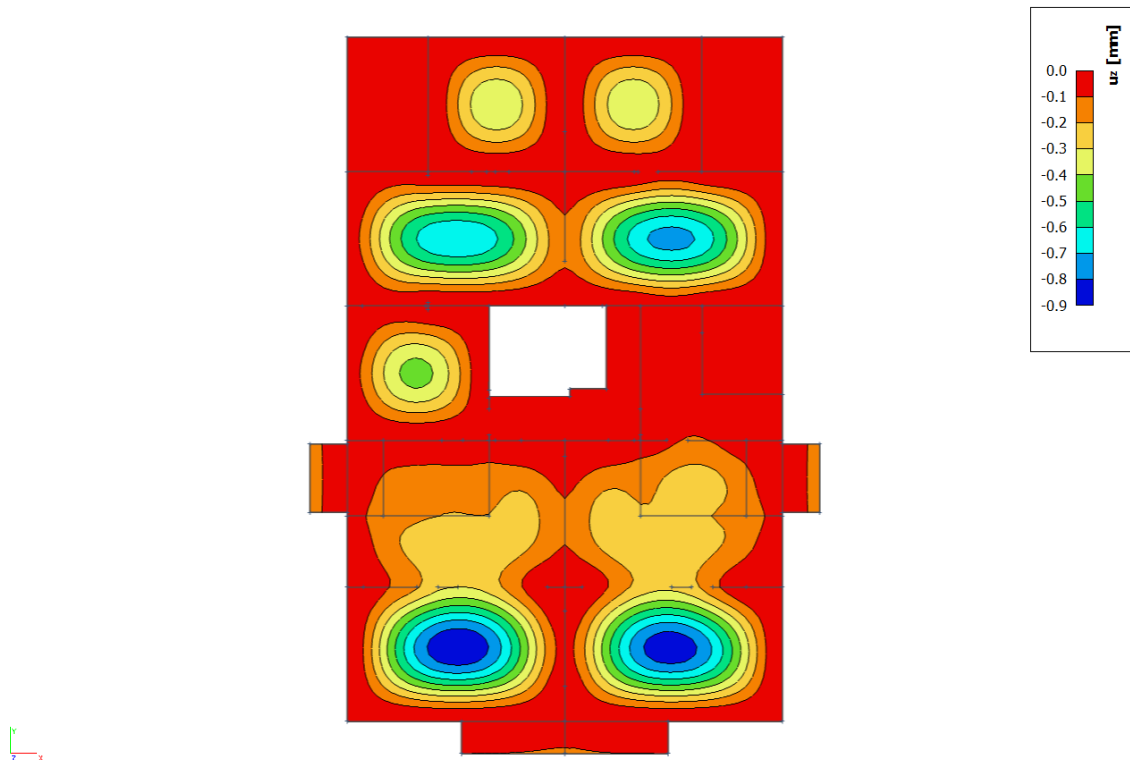


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.189 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.36. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

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;  $f_{ck}=25.0 \text{ MPa}$

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

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

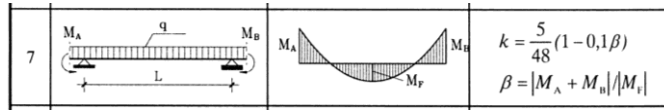
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |20.72 + 23.23| / 13.05 = 3.37$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.37) = 0.069$$



$$A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 1216.79 = 67883.46 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1305}{3100 \cdot 67883.46} = 0.0000062 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.65^3}{12} + (100 \cdot 2.65) \cdot \left( \frac{2.65}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 3.85 \cdot (17 - 2.65)^2 + 0 \right] \\
 &= 155.08 + 465.24 + 5113.57 = 5733.89 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1305}{3100 \cdot 5733.89} = 0.000073 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 210.33 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{2.65}{3}\right) \cdot 3.85} = 275.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 275.05 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{275.05}{210.33}\right)^2 = 0.14$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000062 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000073 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.14) \cdot 0.0000062 + 0.14 \cdot 0.000073 = 0.000016 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.069$$

$$L = 530 \text{ cm}$$

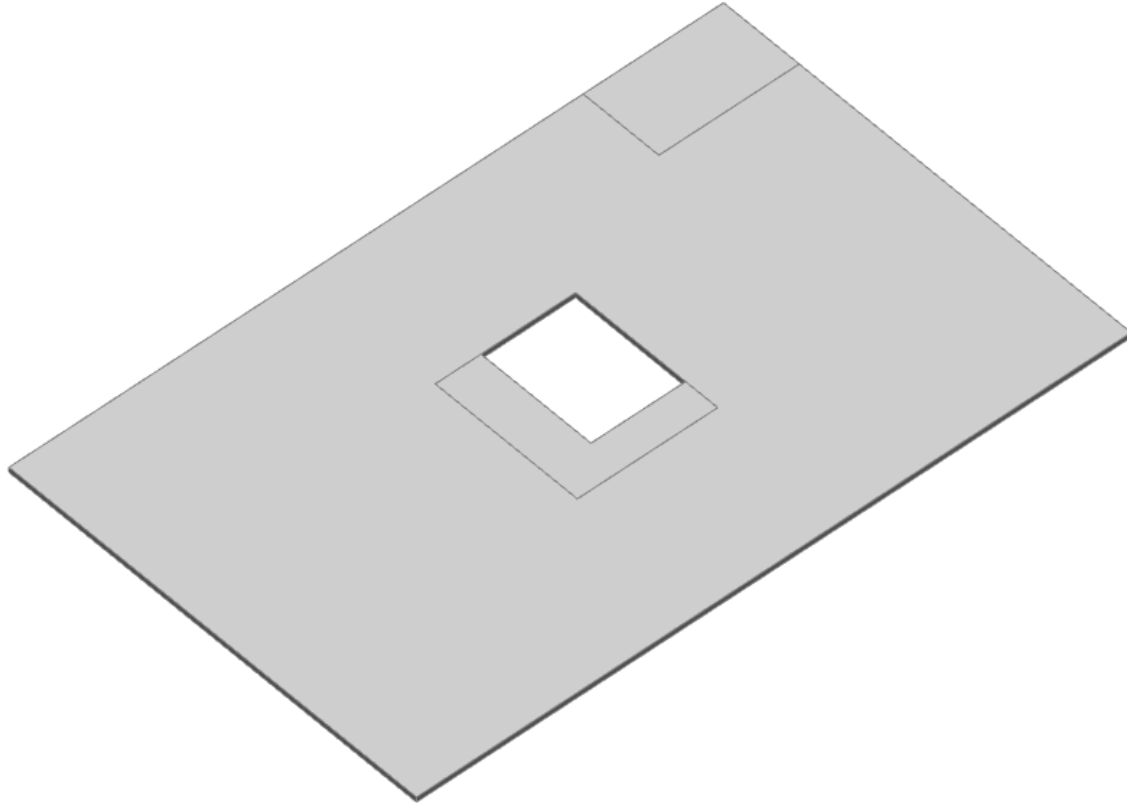
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.069 \cdot 530^2 \cdot 0.000016 = 0.31 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**



## 6.6. Proračun ploče pozicije 300 C d<sub>pl</sub>=20 cm

### 6.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.37. Renderirani prikaz ploče POZ 300

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.74 \text{ kNm}$$

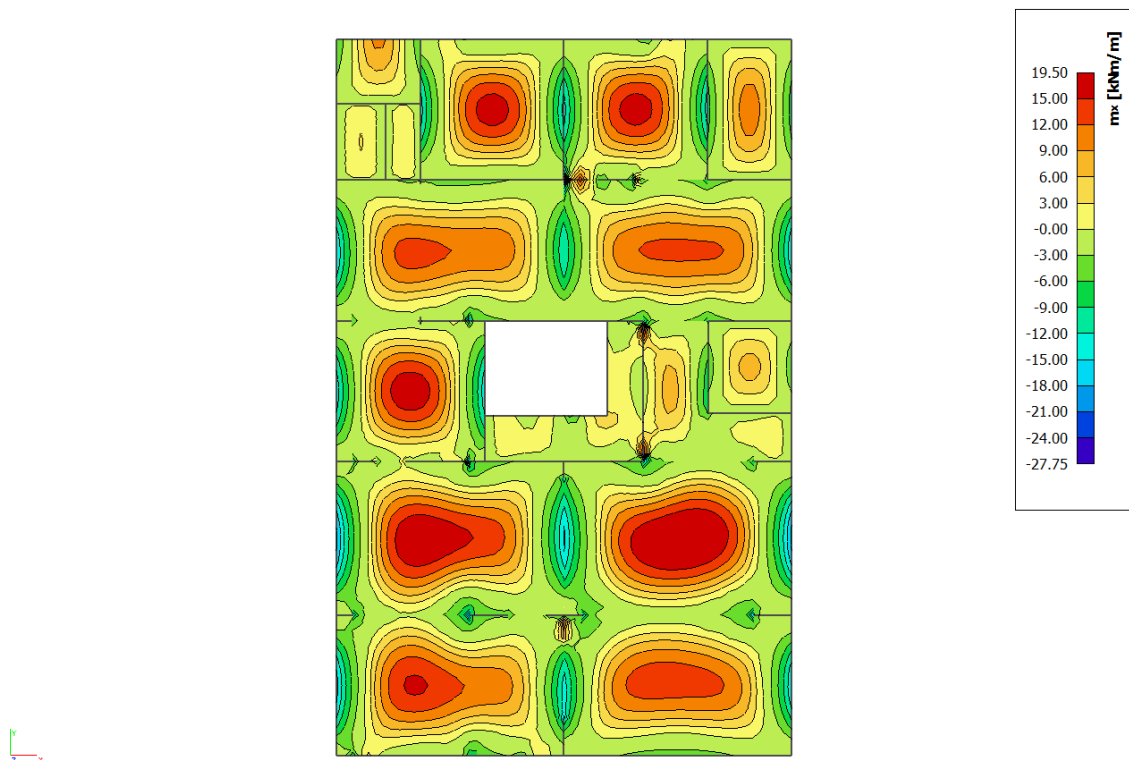
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

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

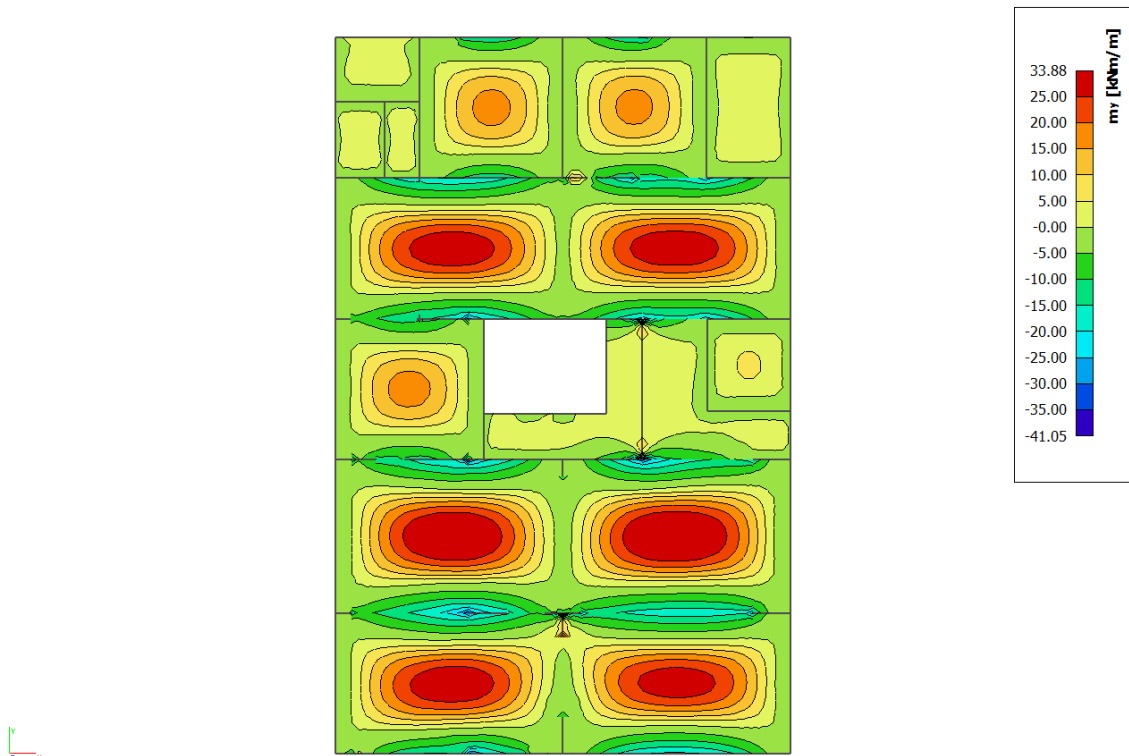
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina		Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak
		$A_{sI}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $MRd,s,lim$	armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	- 283	2,83	76.74	18.66	0.14
R/Q	- 335	3,35	76.74	22.09	0.17
R/Q	- 385	3,85	76.74	25.38	0.19
R/Q	- 424	4,24	76.74	27.96	0.21
R/Q	- 503	5,03	76.74	33.16	0.25
R/Q	- 524	5,24	76.74	34.55	0.26
R/Q	- 636	6,36	76.74	41.93	0.32
R/Q	- 785	7,85	76.74	51.76	0.39

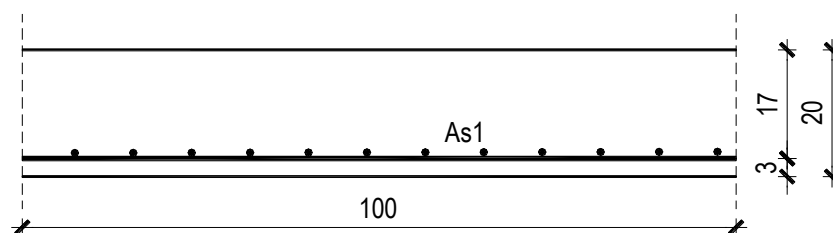
▪ Proračun u polju



Slika 6.38. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.39. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 33.88 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3388}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.070$$

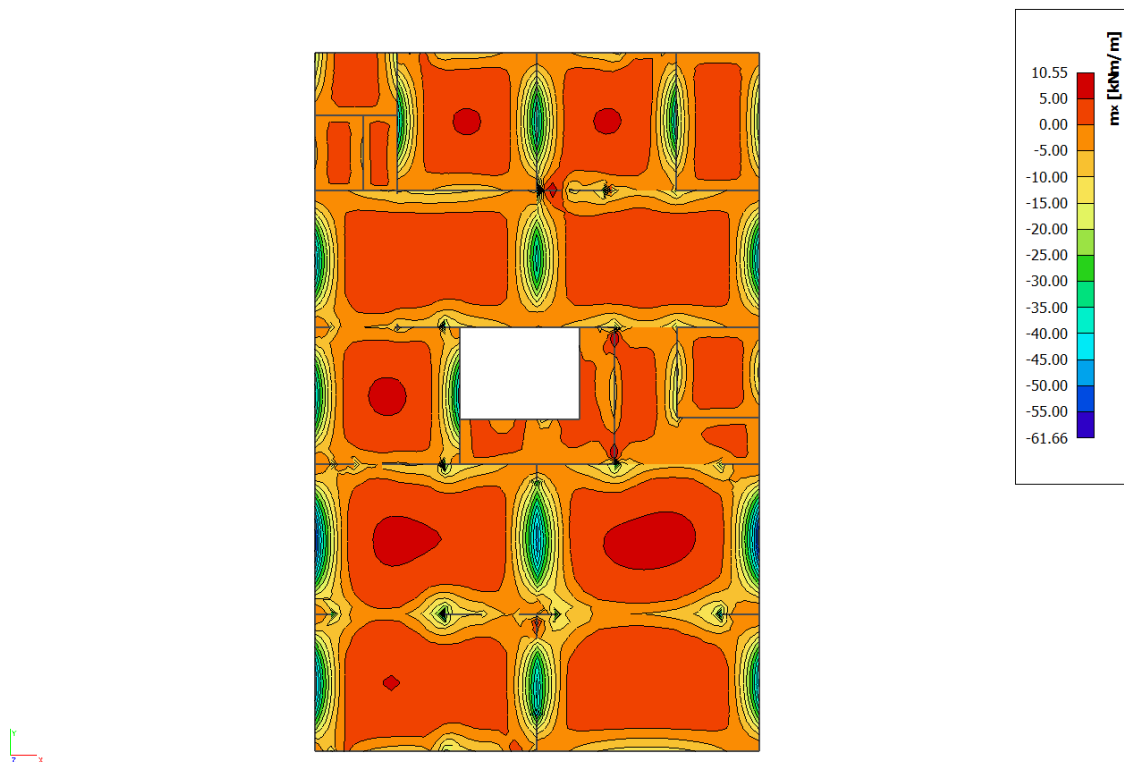
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.7\%$   $\zeta = 0.947$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3388}{0.947 \cdot 17 \cdot 43.48} = 4.84 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

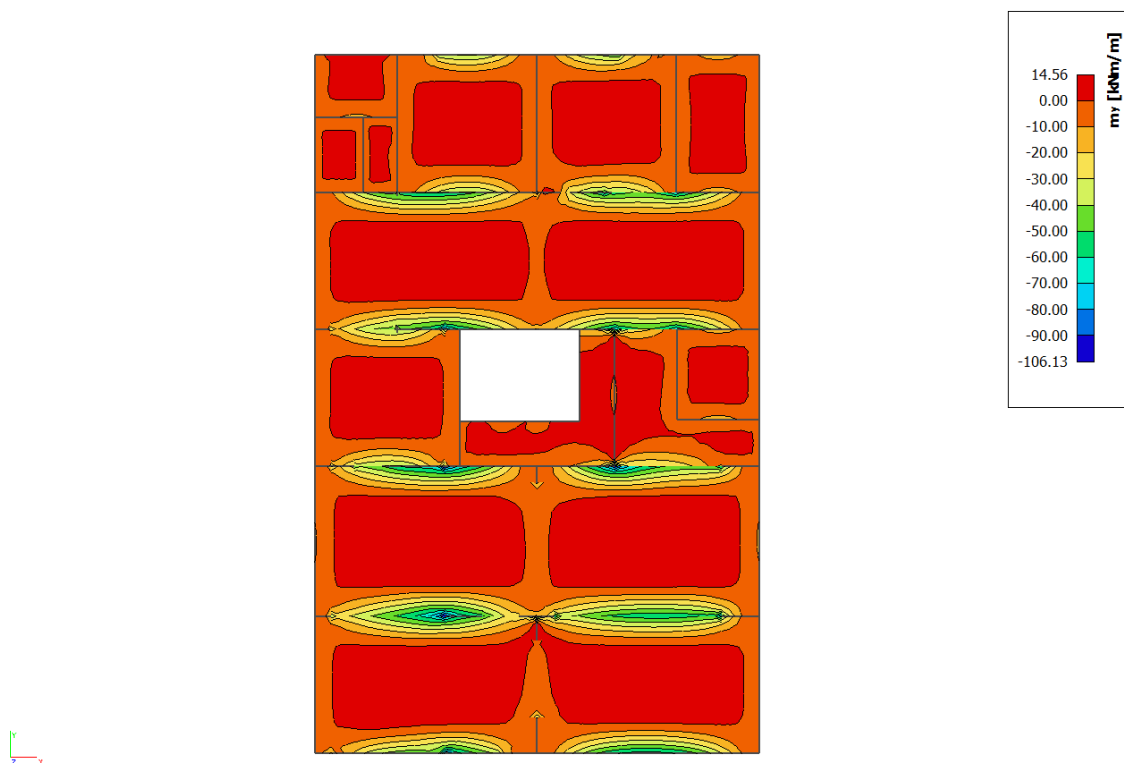
**ODABRANA ARMATURA:**  $Q - 503$  ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ Proračun na ležaju



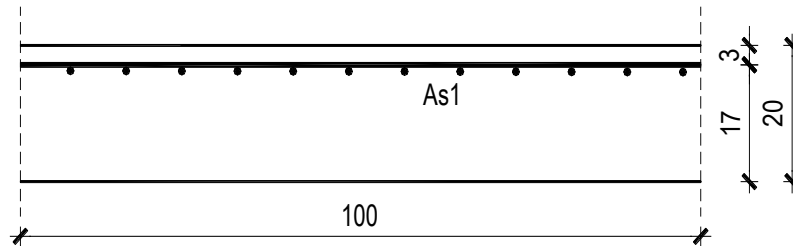
Slika 6.40. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [ $\text{kNm/m}$ ']



Slika 6.41. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [ $\text{kNm/m}$ ']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

**Proračun u kritičnom presjeku:**



$$M_{Ed} = 106.13 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{106.13}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.219$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.73 \text{ kNm}$$

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

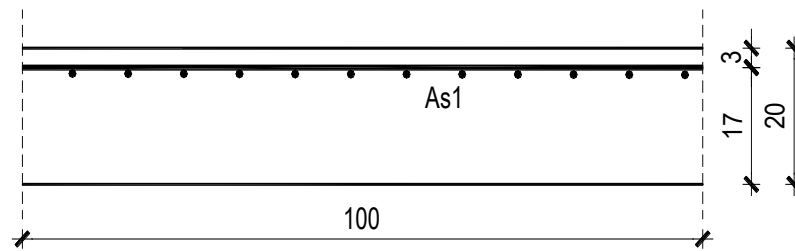
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7673}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{10613 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 16.46 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 6φ14 (A<sub>s</sub> = 17.09 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{10613 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 4.83 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q – 503 iz donje zone**

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



$$M_{Ed} = 61.66 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6166}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.127$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.8\% \quad \zeta = 0.913$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6166}{0.913 \cdot 17 \cdot 43.48} = 9.14 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

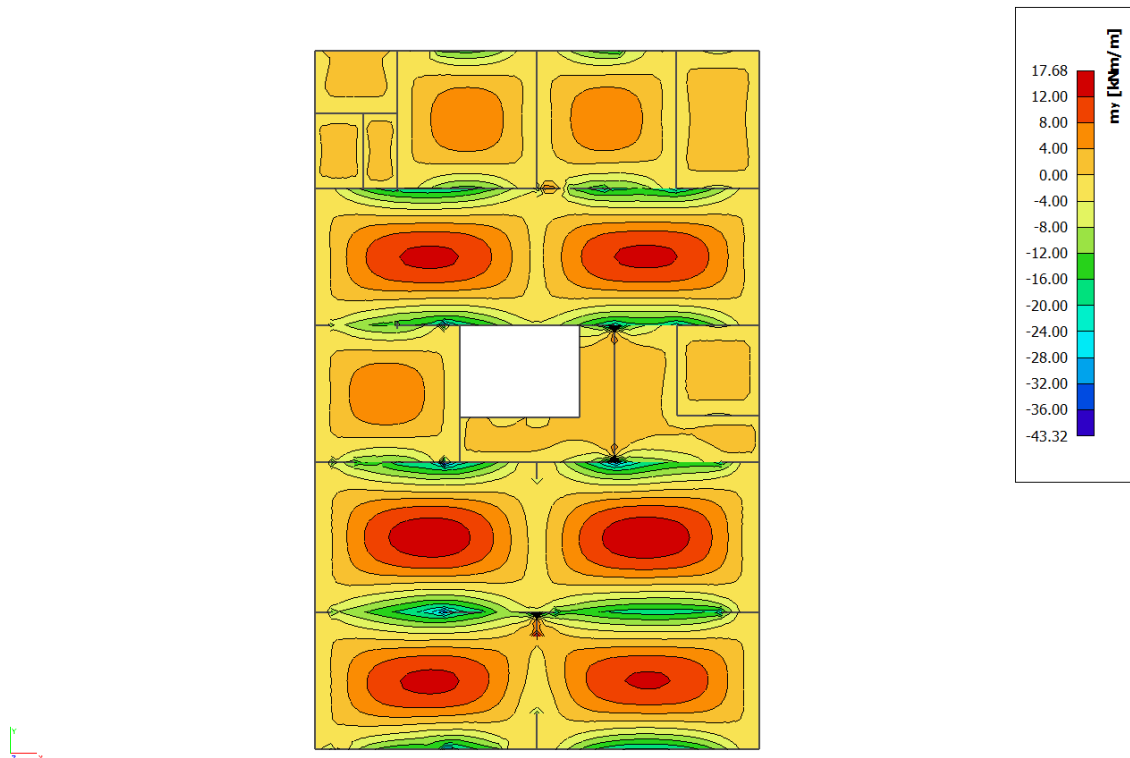
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 ( $A_s = 10.93 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

6.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti - GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 17.68 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.42. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

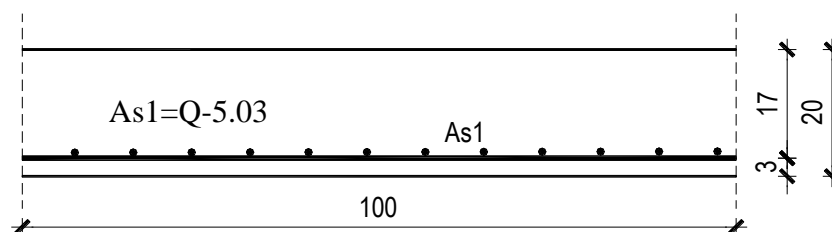
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ( $A_{s1}=5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-503 = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31.0 GPa = 31000 MPa$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 GPa = 200000 MPa$  - 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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5.03}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0067$$

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-503  $\Rightarrow \text{Ø}8/100$ )

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



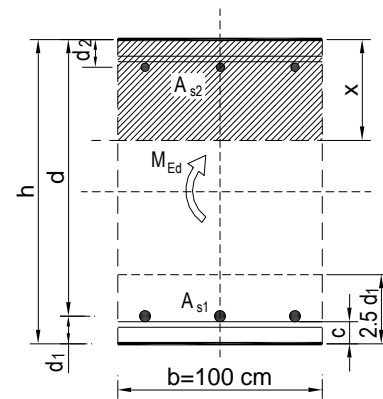
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100.0 cm	$d =$	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
$A_{s1} =$	5.03 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
$M_{Ed} =$	17.7 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	219.66 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3.00 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0067		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.000301 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000659		
$\varnothing =$	8.0 mm	$c =$	2.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	270.78 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.178 mm	<	$w_g$		

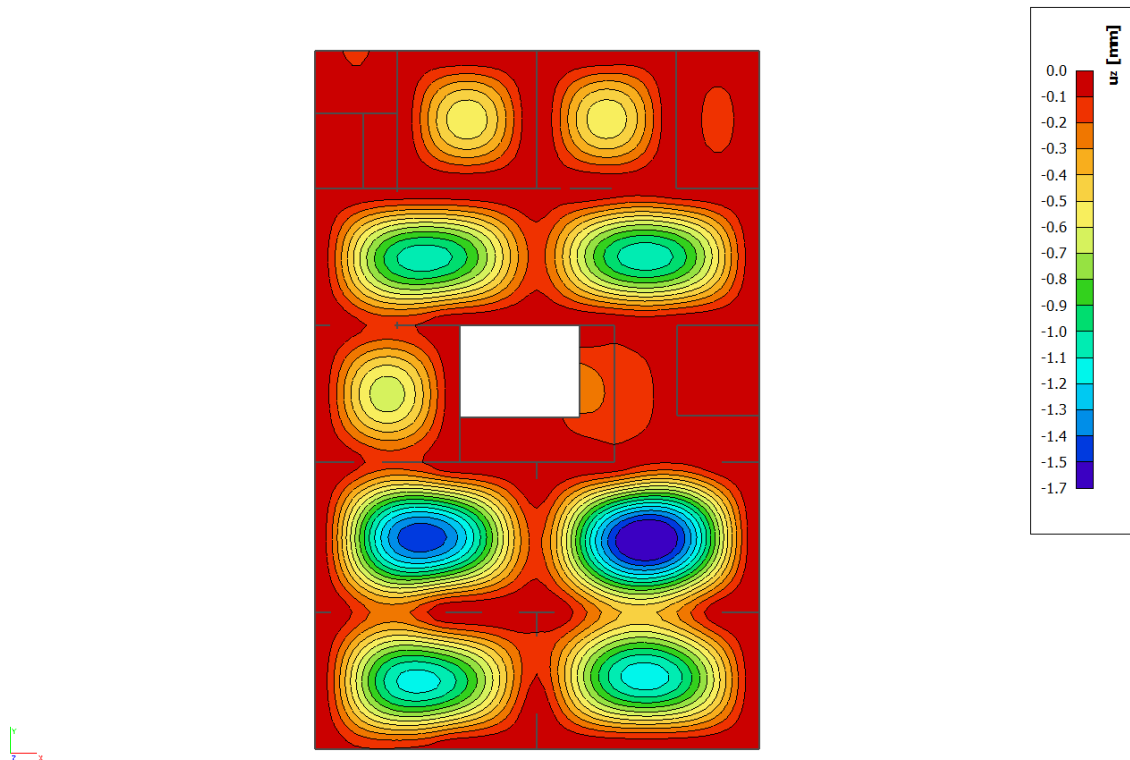


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.178 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.43. Prikaz progiba \$U\_z\$ [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5900}{250} = 23.6 \text{ mm}$$

Beton: C 25/30; \$f\_{ck}=25.0\$ MPa

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

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

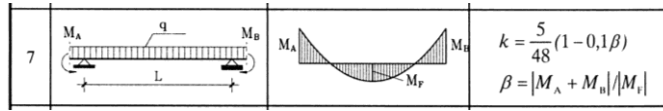
Čelik: B500B; \$E\_s=200.0\$ GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |43.32 + 34.65| / 17.68 = 4.41$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.41) = 0.058$$



$$A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 5.03 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 1589.73 = 68256.4 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1768}{3100 \cdot 68256.4} = 0.0000084 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 3.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 3.00^3}{12} + (100 \cdot 3.00) \cdot \left( \frac{3.00}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 5.03 \cdot (17 - 3.00)^2 + 0 \right] \\ &= 225 + 675 + 6358.93 = 7258.93 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1768}{3100 \cdot 7258.93} = 0.000079 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 219.66 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.00}{3}\right) \cdot 5.03} = 212.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 212.06 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{212.06}{219.66}\right)^2 = 0.53$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000084 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000079 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.53) \cdot 0.0000084 + 0.53 \cdot 0.000079 = 0.000046 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.058$$

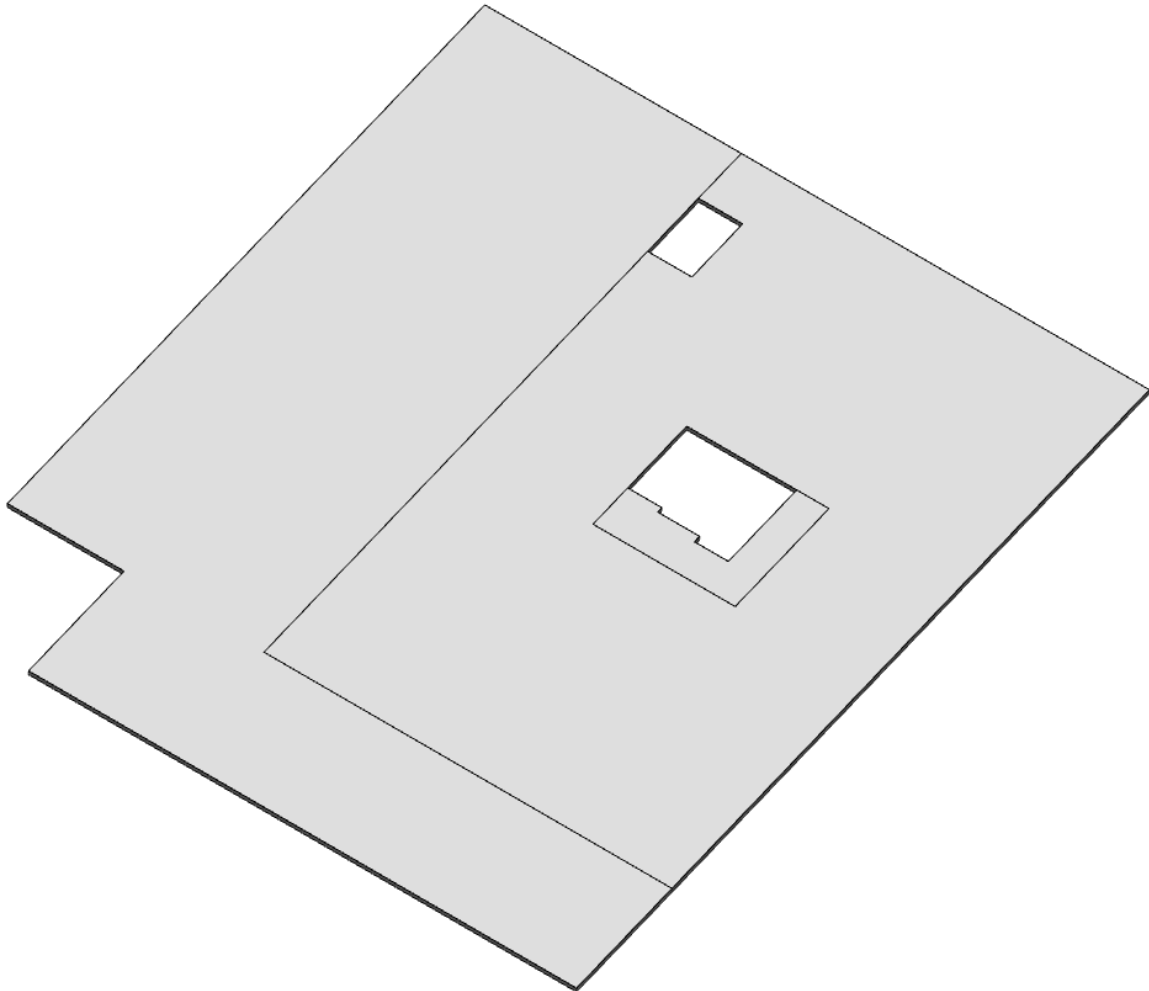
$$L = 590 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.058 \cdot 590^2 \cdot 0.000046 = 0.92 \text{ cm} < v_{lim} = 2.36 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.7. Proračun ploče pozicije 200 C $d_{pl}=20$ cm

### 6.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.44. Renderirani prikaz ploče POZ 200 C

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.74 \text{ kNm}$$

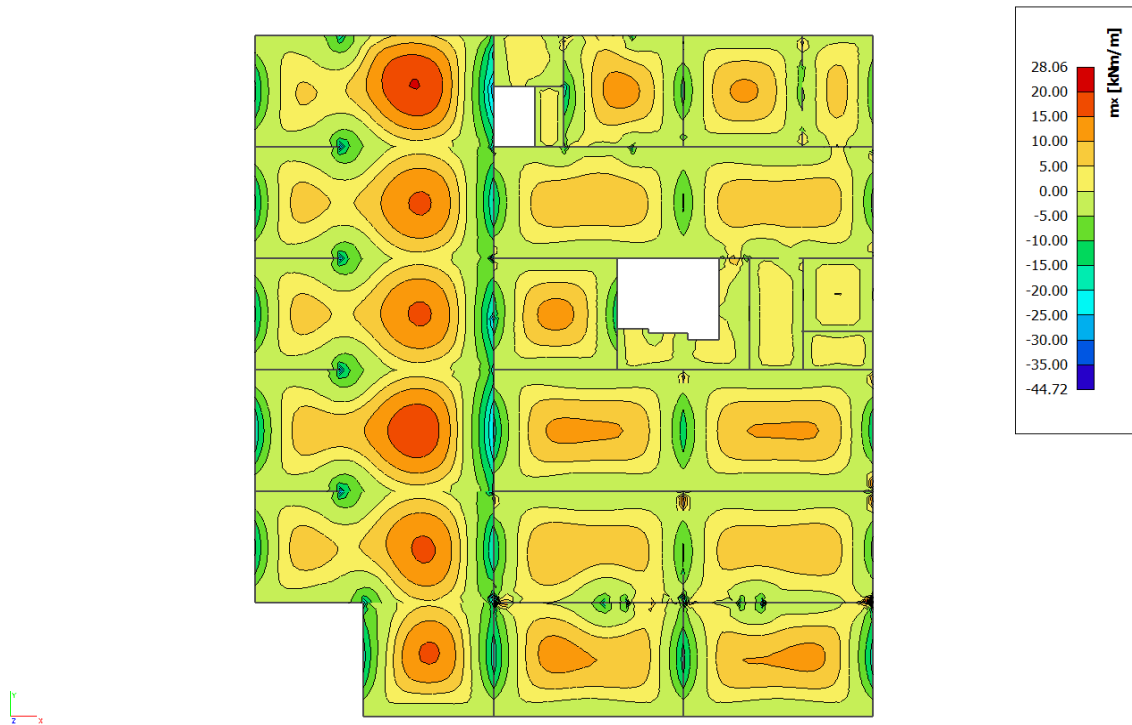
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

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

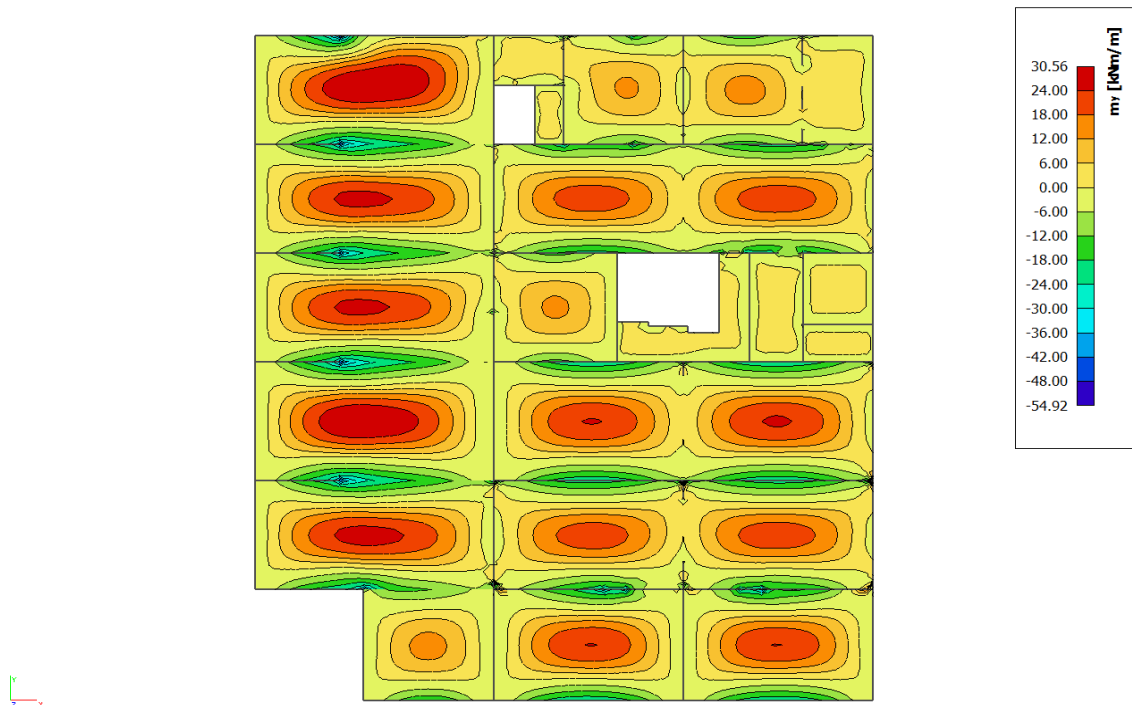
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina		Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak
		$A_{sI}$		betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature
		[cm <sup>2</sup> /m']		[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	283	2,83	76.74	18.66	0.14
R/Q	-	335	3,35	76.74	22.09	0.17
R/Q	-	385	3,85	76.74	25.38	0.19
R/Q	-	424	4,24	76.74	27.96	0.21
R/Q	-	503	5,03	76.74	33.16	0.25
R/Q	-	524	5,24	76.74	34.55	0.26
R/Q	-	636	6,36	76.74	41.93	0.32
R/Q	-	785	7,85	76.74	51.76	0.39

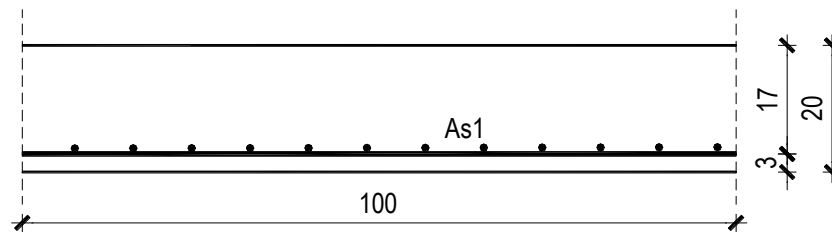
▪ Proračun u polju



Slika 6.45. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.46. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 30.56 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3056}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.063$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.6\text{‰} \quad \zeta = 0.950$$

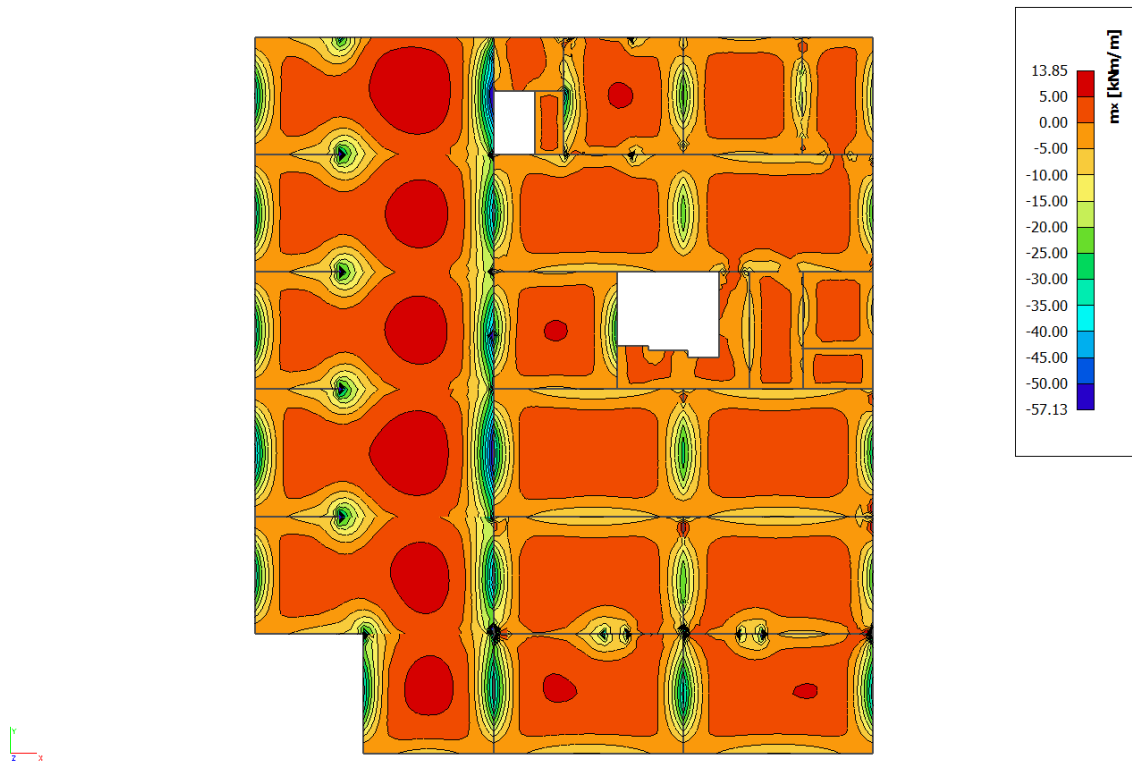
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3056}{0.950 \cdot 17 \cdot 43.48} = 4.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

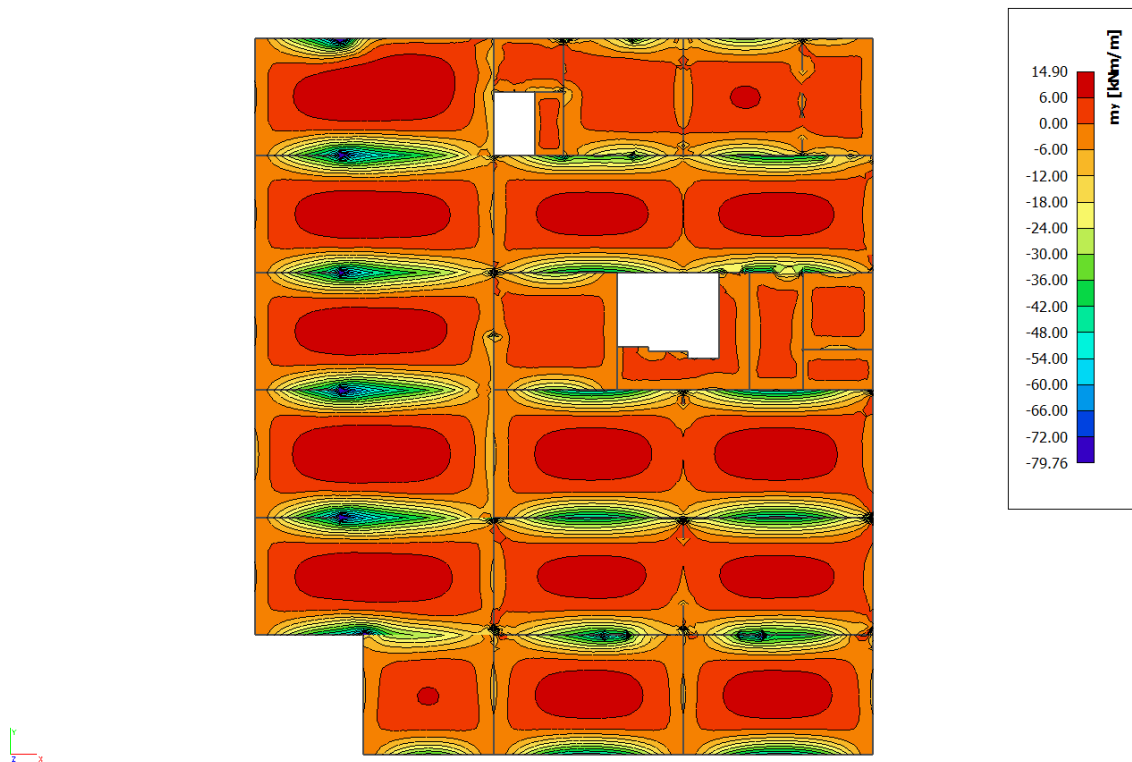
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.



▪ Proračun na ležaju



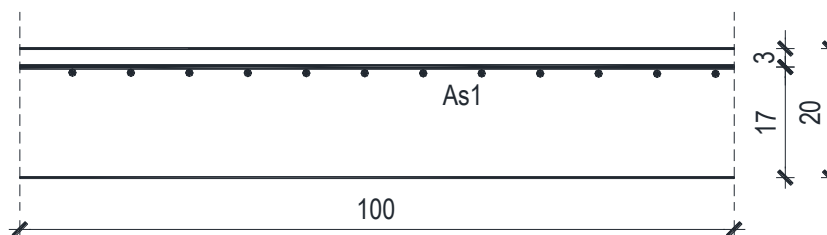
Slika 6.47. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.48. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

**Proračun u kritičnom presjeku:**



$$M_{Ed} = 79.76 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7976}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.165$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.73 \text{ kNm}$$

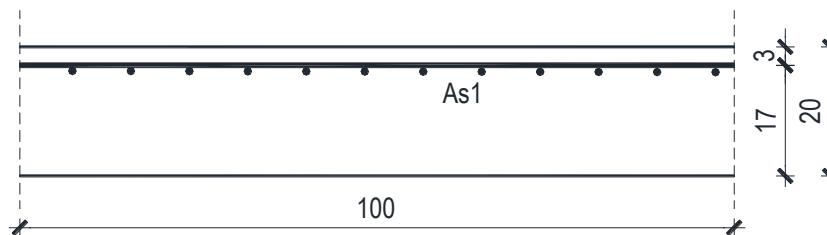
$$M_{Rd,lim} < M_{Ed} \text{ - dvostruko armiranje}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7673}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{7976 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 12.14 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7976 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 0.49 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q – 503 iz donje zone**

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

$$M_{Ed} = 57.13 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5713}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.118$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.6\% \quad \zeta = 0.919$$

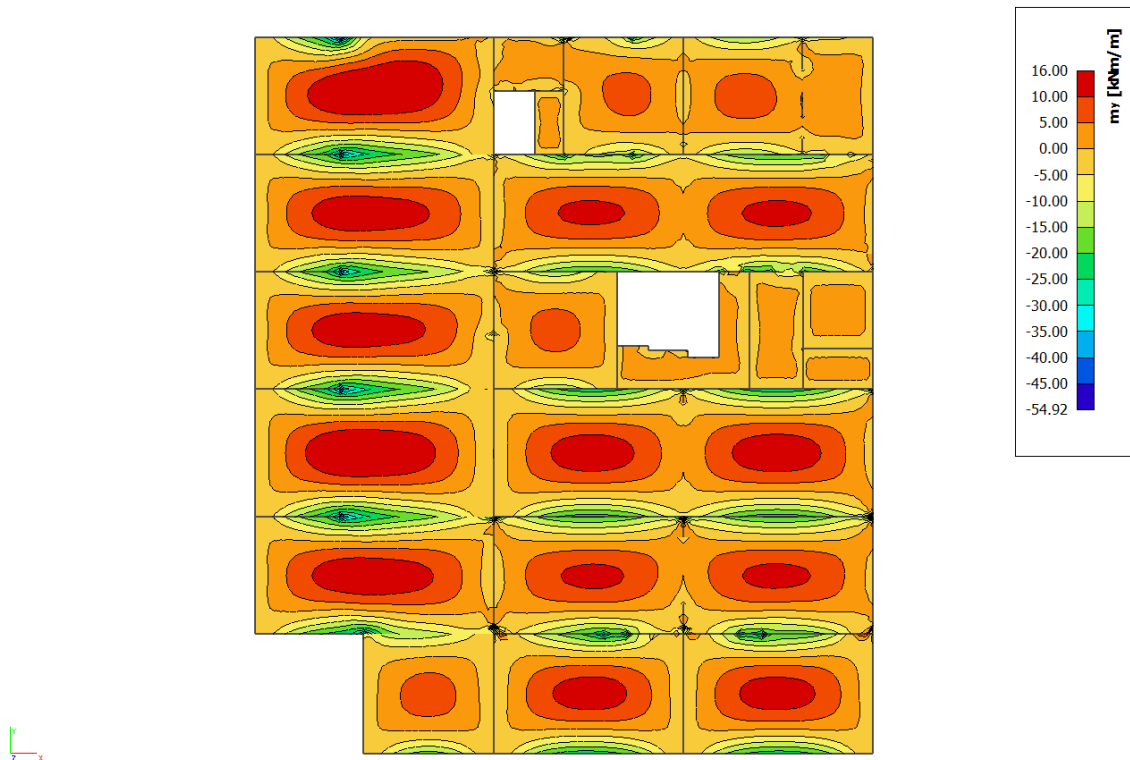
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5713}{0.919 \cdot 17 \cdot 43.48} = 8.41 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10.93 cm<sup>2</sup>/m')**

6.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 16.00 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.49. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

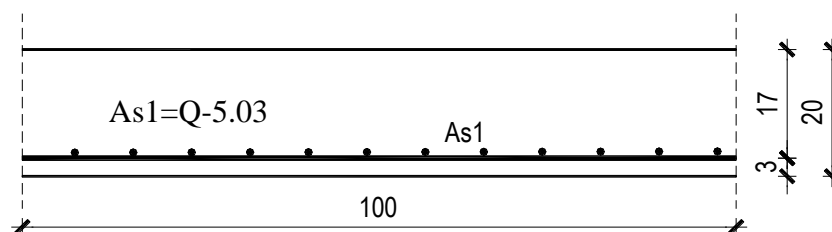
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ( $A_{s1}=5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-503 = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31.0 GPa = 31000 MPa$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 GPa = 200000 MPa$  - 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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5.03}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0067$$

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-503  $\Rightarrow \text{Ø}8/100$ )

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

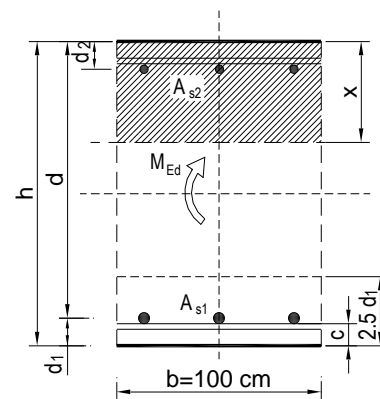
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100.0 cm	$d =$	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
$A_{s1} =$	5.03 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
$M_{Ed} =$	16.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	198.79 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3.00 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0067		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.000196 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000596		
$\emptyset =$	8.0 mm	$c =$	2.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	270.78 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.161 mm	<	$w_g$		

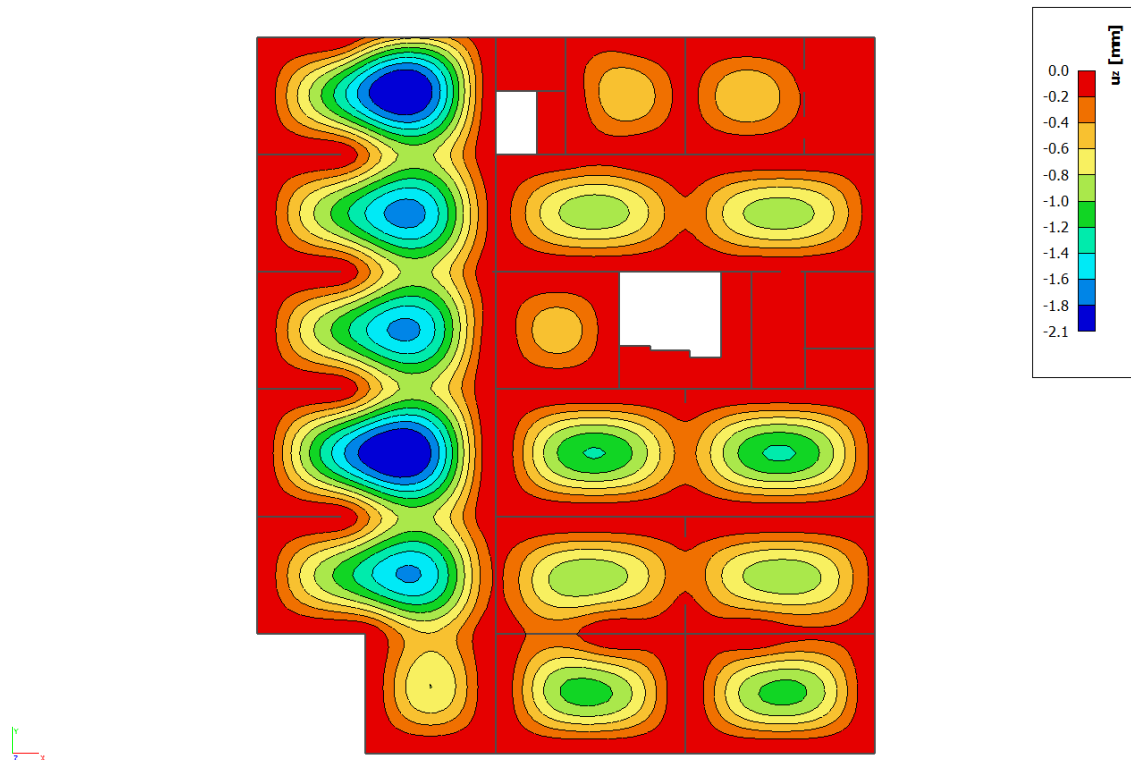


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.161 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.50. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5900}{250} = 23.6 \text{ mm}$$

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

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

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

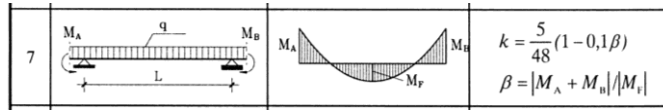
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |50.46 + 50.89| / 16.00 = 6.33$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 6.33) = 0.038$$



$$A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 5.03 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 1589.73 = 68256.4 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1600}{3100 \cdot 68256.4} = 0.0000076 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 3.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 3.00^3}{12} + (100 \cdot 3.00) \cdot \left( \frac{3.00}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 5.03 \cdot (17 - 3.00)^2 + 0 \right] \\ &= 225 + 675 + 6358.93 = 7258.93 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1600}{3100 \cdot 7258.93} = 0.000071 \frac{1}{\text{cm}}$$



$$\sigma_s = 198.79 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.00}{3}\right) \cdot 5.03} = 212.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 212.06 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{212.06}{198.79}\right)^2 = 0.43$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000076 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000071 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.43) \cdot 0.0000076 + 0.43 \cdot 0.000071 = 0.000035 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.058$$

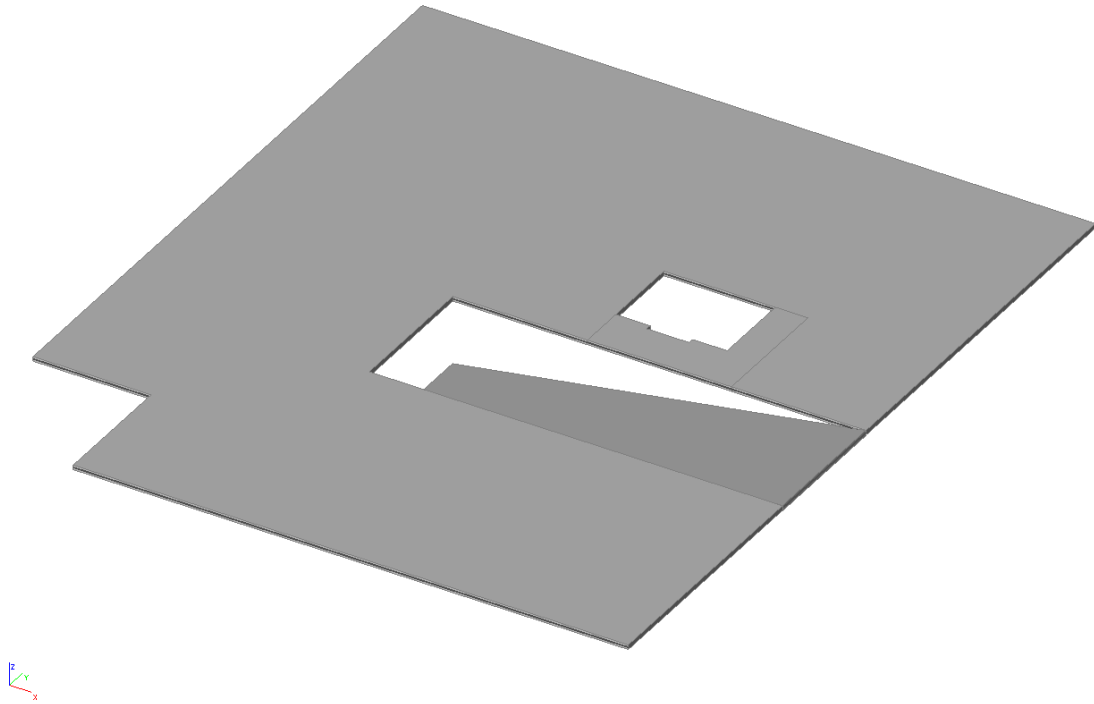
$$L = 590 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.038 \cdot 590^2 \cdot 0.000035 = 0.46 \text{ cm} < v_{lim} = 2.36 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.8. Proračun ploče pozicije 100 C $d_{pl}=20$ cm

### 6.8.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.51. Renderirani prikaz ploče POZ 100 C

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.74 \text{ kNm}$$

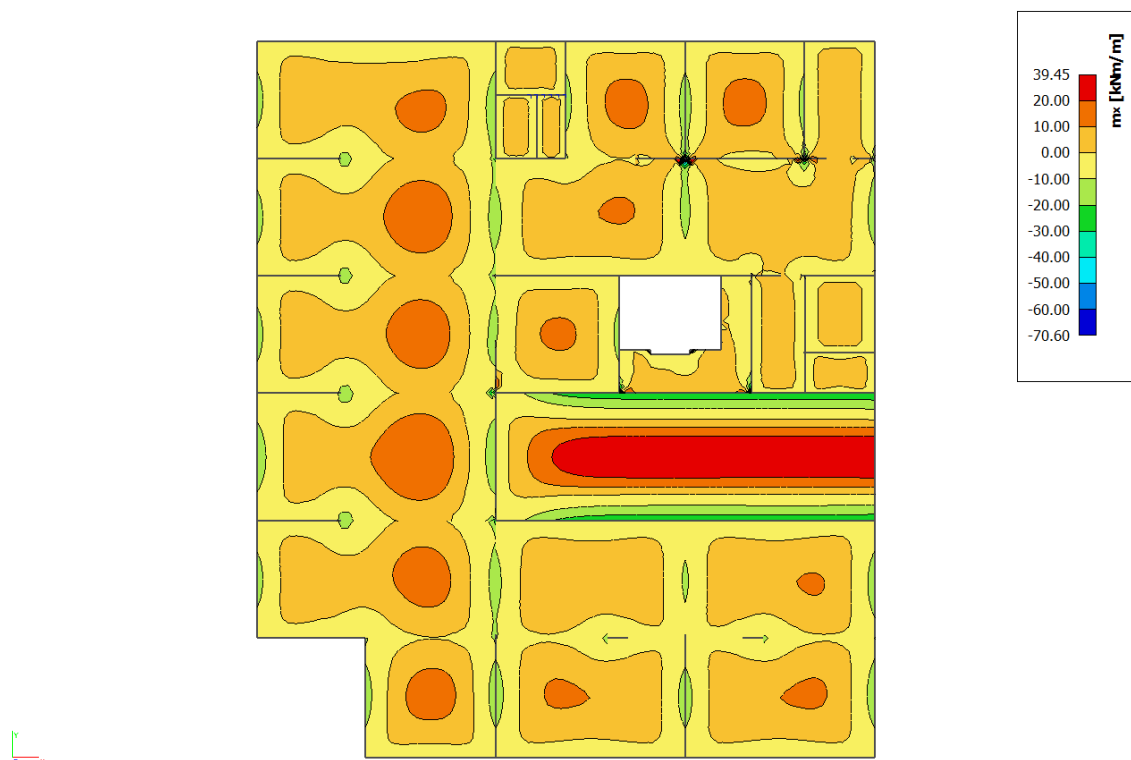
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

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

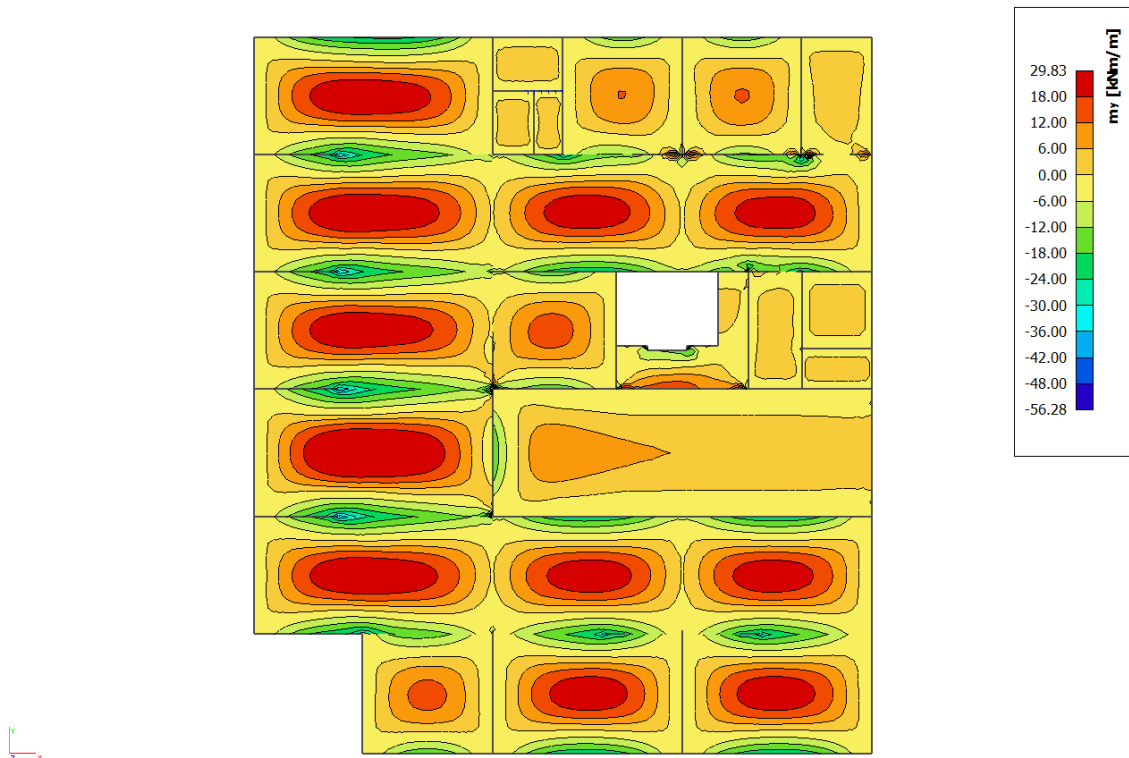
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak armature	
		$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$		
		[cm <sup>2</sup> /m <sup>1</sup> ]	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	76.74	18.66	0.14
R/Q	-	335	3,35	76.74	22.09	0.17
R/Q	-	385	3,85	76.74	25.38	0.19
R/Q	-	424	4,24	76.74	27.96	0.21
R/Q	-	503	5,03	76.74	33.16	0.25
R/Q	-	524	5,24	76.74	34.55	0.26
R/Q	-	636	6,36	76.74	41.93	0.32
R/Q	-	785	7,85	76.74	51.76	0.39

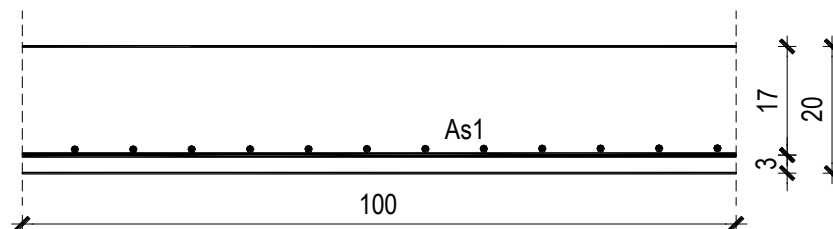
▪ Proračun u polju



Slika 6.52. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.53. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 39.45 \text{ kNm/m}$$

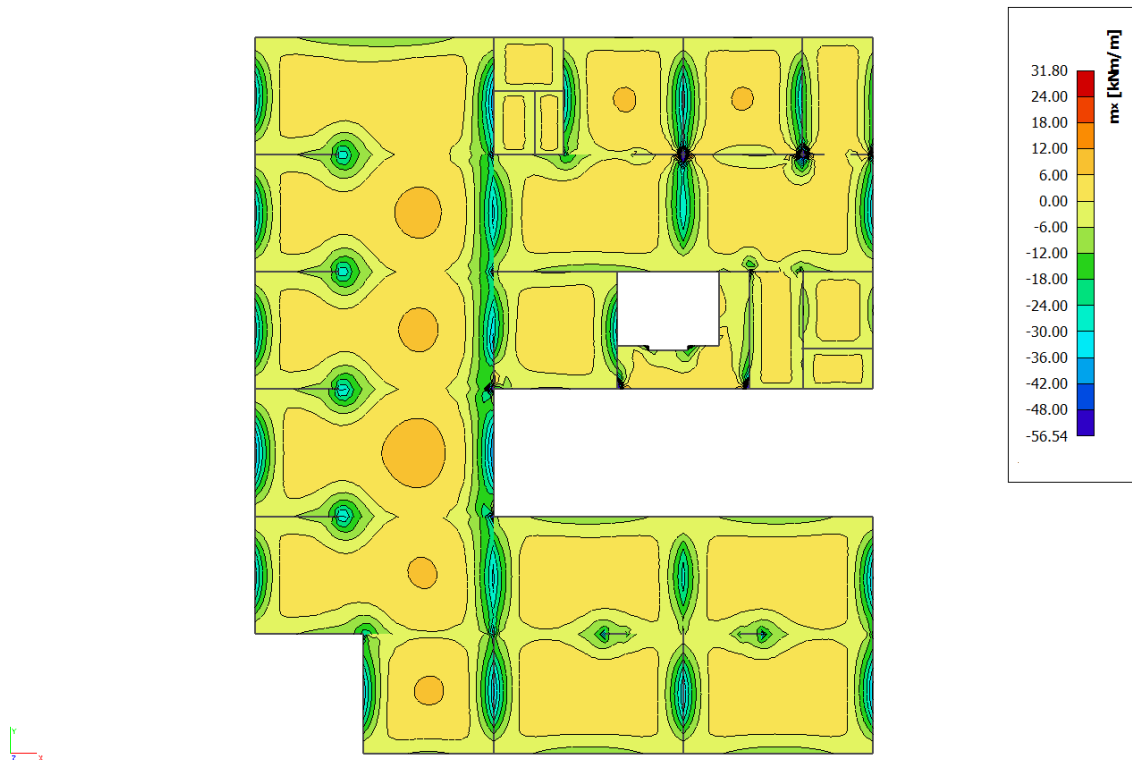
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3945}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.082$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.9\%$   $\zeta = 0.941$

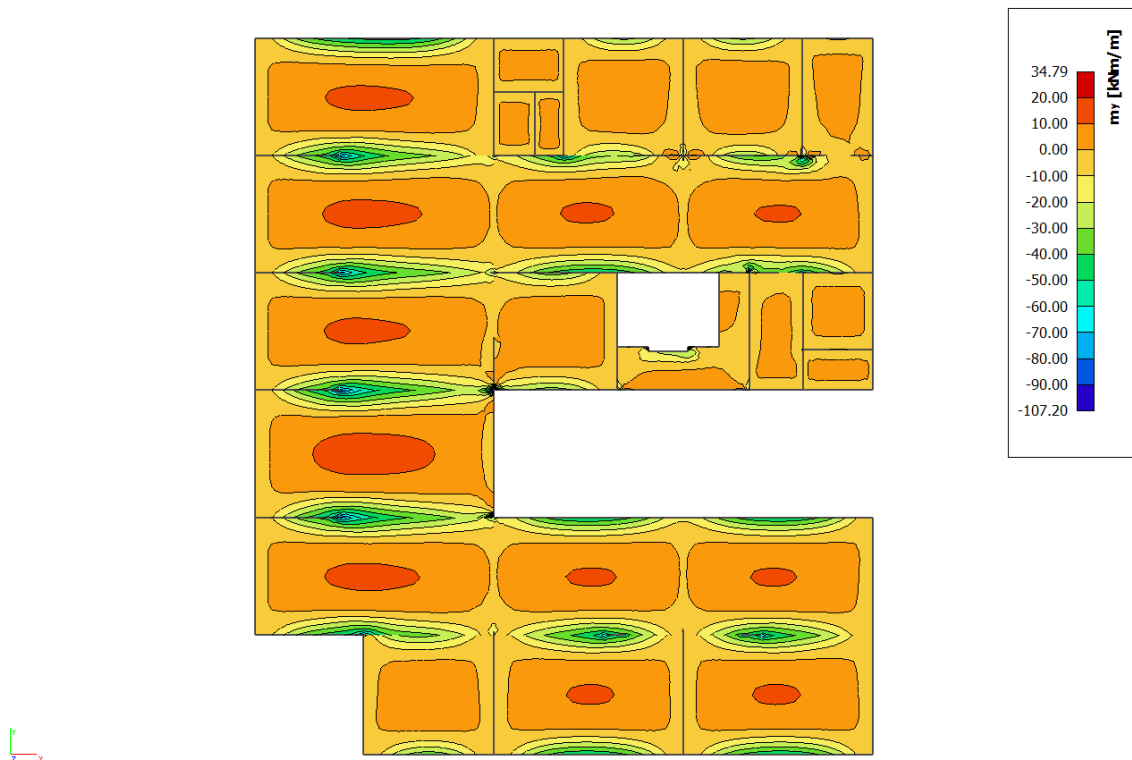
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3945}{0.941 \cdot 17 \cdot 43.48} = 5.67 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 636 ( $A_s = 6.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

▪ Proračun na ležaju



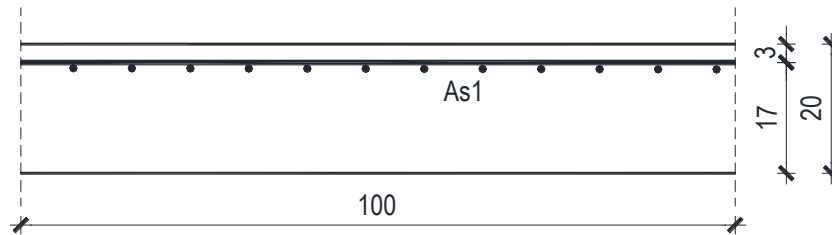
Slika 6.54. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [ $\text{kNm/m}$ ']



Slika 6.55. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [ $\text{kNm/m}$ ']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloј točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

**Proračun u kritičnom presjeku:**



$$M_{Ed} = 107.20 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10720}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.222$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.73 \text{ kNm}$$

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

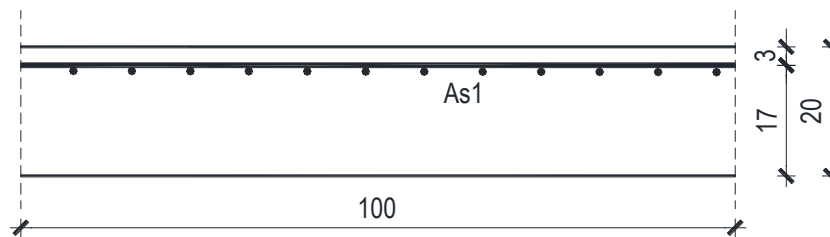
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7673}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{10722 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 16.64 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 6φ14 (A<sub>s</sub> = 17.09 cm<sup>2</sup>/m')**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{10722 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 5.01 \text{ cm}^2$$

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

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



$$M_{Ed} = 55.54 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5654}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.117$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 2.6\%$   $\zeta = 0.919$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5654}{0.919 \cdot 17 \cdot 43.48} = 8.32 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

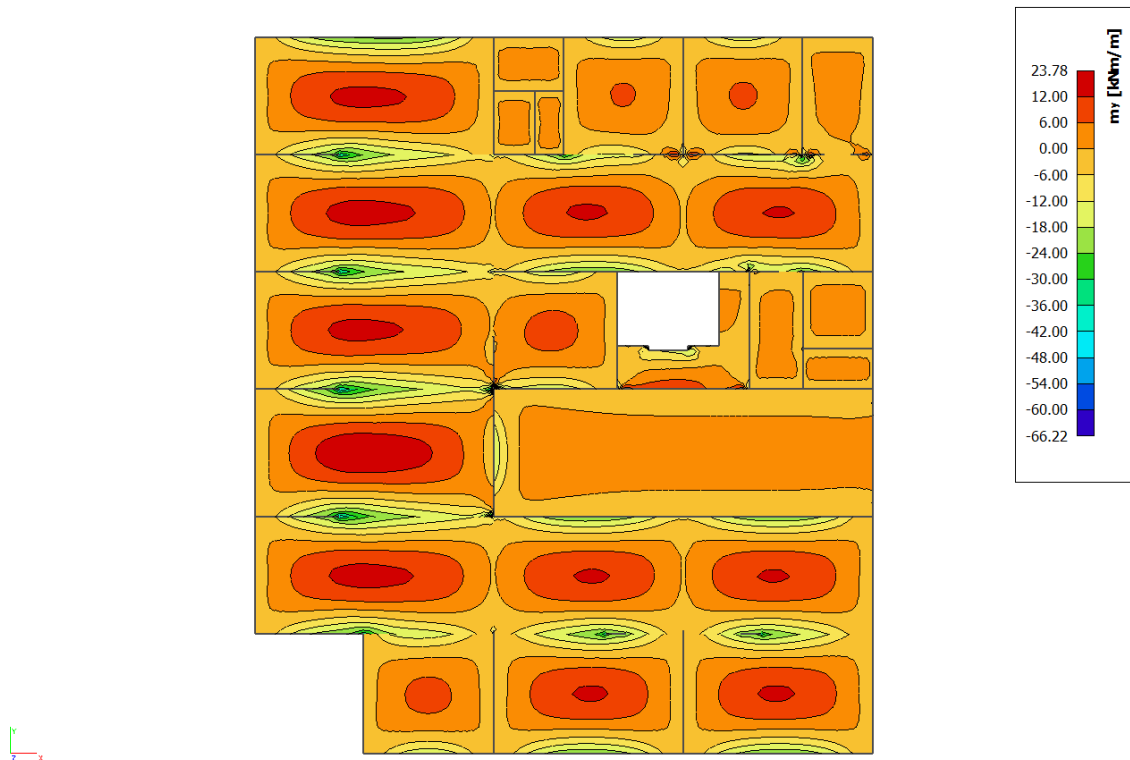
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10.93 cm<sup>2</sup>/m')**

6.8.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 23.78 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.56. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

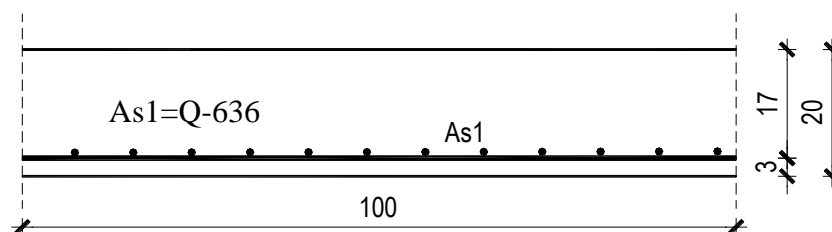
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6.36}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0088$$

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

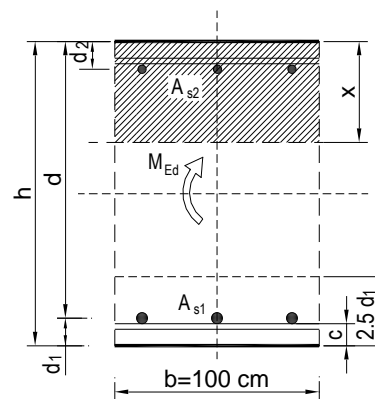
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -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
$M_{Ed} =$	23.8 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	235.30 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3.33 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0085		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.000539 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000706		
$\varnothing =$	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				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.175 mm	<	$w_g$		

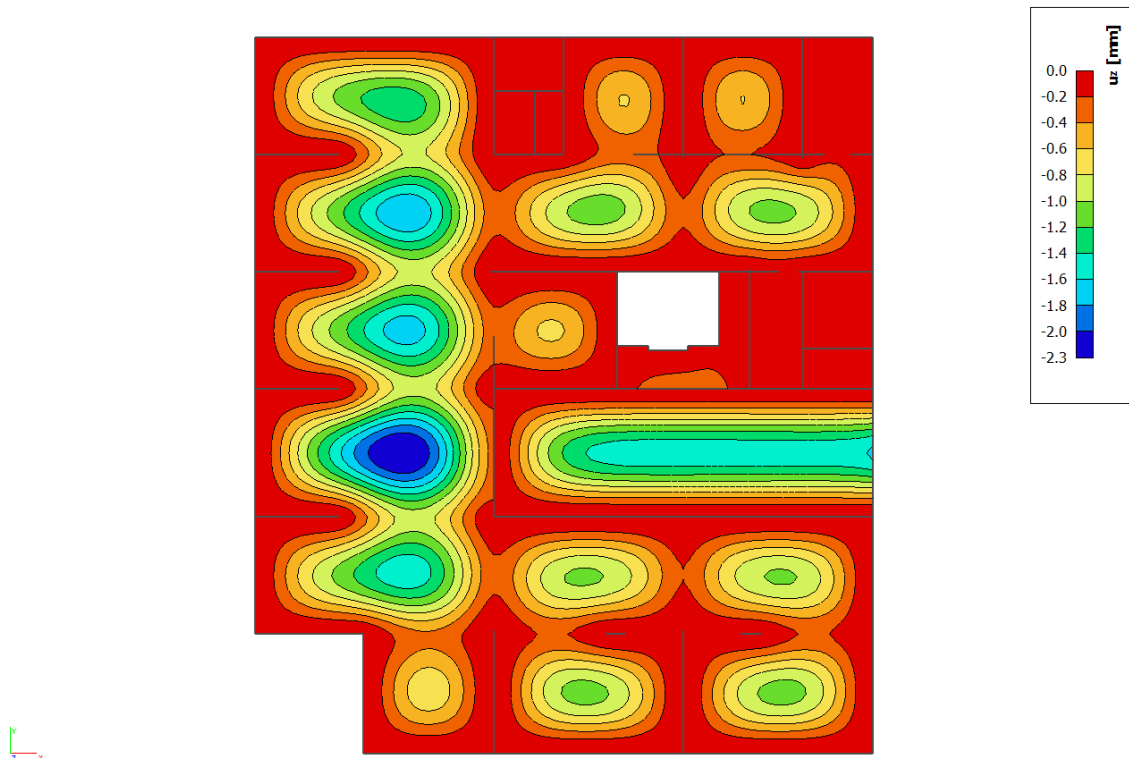


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.175 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.57. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5900}{250} = 23.6 \text{ mm}$$

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

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

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

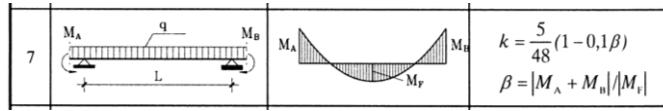
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |42.53 + 42.41| / 23.78 = 3.57$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.57) = 0.067$$



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

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

$$\begin{aligned}
 I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 6.36 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\
 &= 66666.67 + 2010.09 = 68676.76 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{2378}{3100 \cdot 68676.76} = 0.000011 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

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

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

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{2378}{3100 \cdot 8896.61} = 0.000086 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 235.30 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{3.33}{3}\right) \cdot 6.36} = 168.88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 168.88 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{168.88}{235.30}\right)^2 = 0.74$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.000011 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000086 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.74) \cdot 0.000011 + 0.74 \cdot 0.000086 = 0.000067 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.067$$

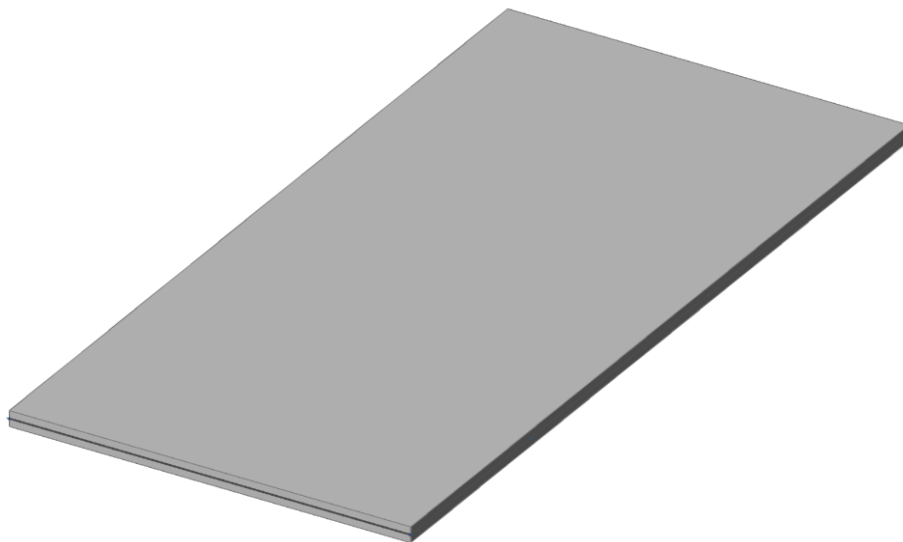
$$L = 590 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.067 \cdot 590^2 \cdot 0.000067 = 1.56 \text{ cm} < v_{lim} = 2.36 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 6.9. Proračun ploče pozicije 300 D $d_{pl}=15$ cm

### 6.9.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.58. Renderirani prikaz ploče POZ 300 D

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 15 \text{ cm}$$

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

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 12 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 12^2 \cdot 1.67 = 38.23 \text{ kNm}$$

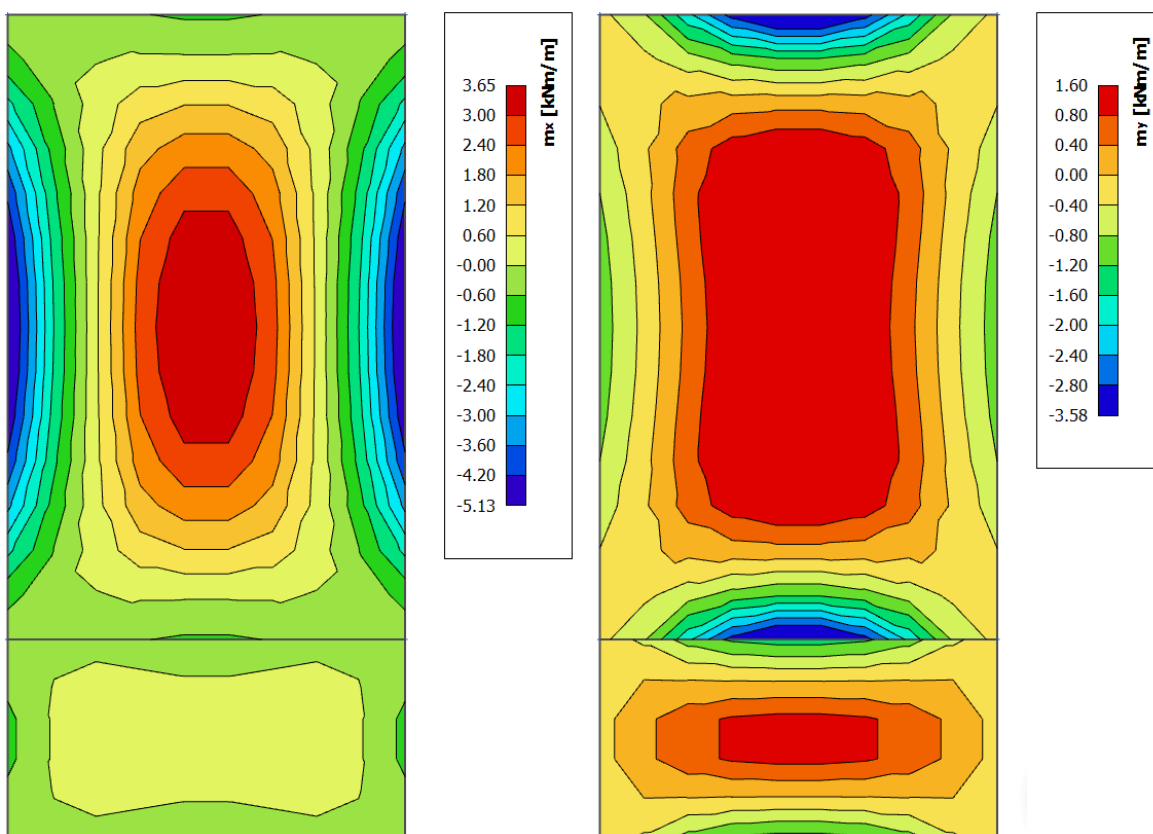
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 12 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{15}{100} = 1.5 \text{ cm}^2$$

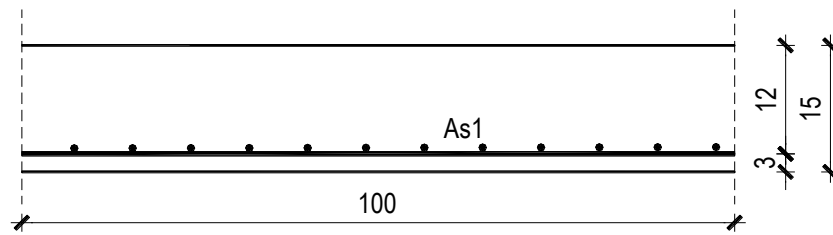
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{15}{100} = 30 \text{ cm}^2$$

<i>Mreža</i>		<i>Površina</i>		<i>Moment nosivosti</i>	<i>Moment nosivosti</i>	<i>Postotak</i>
		<i>Asl</i>		<i>betona <math>M_{Rd,c,lim}</math></i>	<i>armature <math>M_{Rd,s,lim}</math></i>	<i>armature</i>
		[cm <sup>2</sup> /m']		[kNm]	[kNm]	%
<i>R/Q</i>	-	283	2,83	38.23	13.17	0.19
<i>R/Q</i>	-	335	3,35	38.23	15.59	0.22
<i>R/Q</i>	-	385	3,85	38.23	17.92	0.26
<i>R/Q</i>	-	424	4,24	38.23	19.73	0.28
<i>R/Q</i>	-	503	5,03	38.23	23.41	0.34
<i>R/Q</i>	-	524	5,24	38.23	24.39	0.35
<i>R/Q</i>	-	636	6,36	38.23	29.60	0.42
<i>R/Q</i>	-	785	7,85	38.23	36.53	0.52

▪ Proračun u polju



Slika 6.59. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  i  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 3.65 \text{ kNm/m}$$

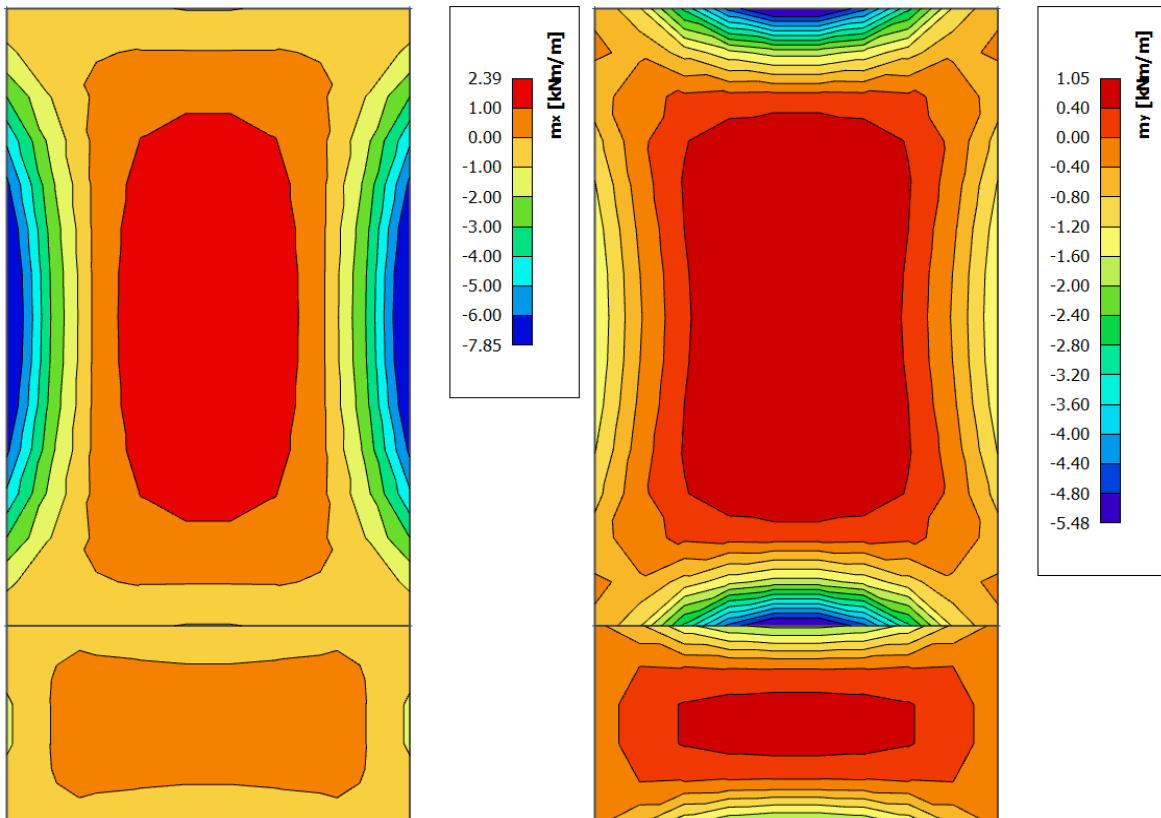
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{365}{100 \cdot 12^2 \cdot 1.67} = 0.015$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 0.7\%$   $\zeta = 0.977$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{365}{0.977 \cdot 12 \cdot 43.48} = 0.72 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

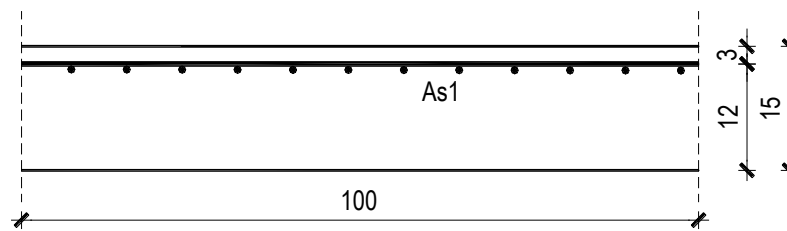
**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

▪ Proračun na ležaju



Slika 6.60. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']





$$M_{Ed} = 7.85 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{785}{100 \cdot 12^2 \cdot 1.67} = 0.033$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.1\text{‰} \quad \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{785}{0.965 \cdot 12 \cdot 43.48} = 1.56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

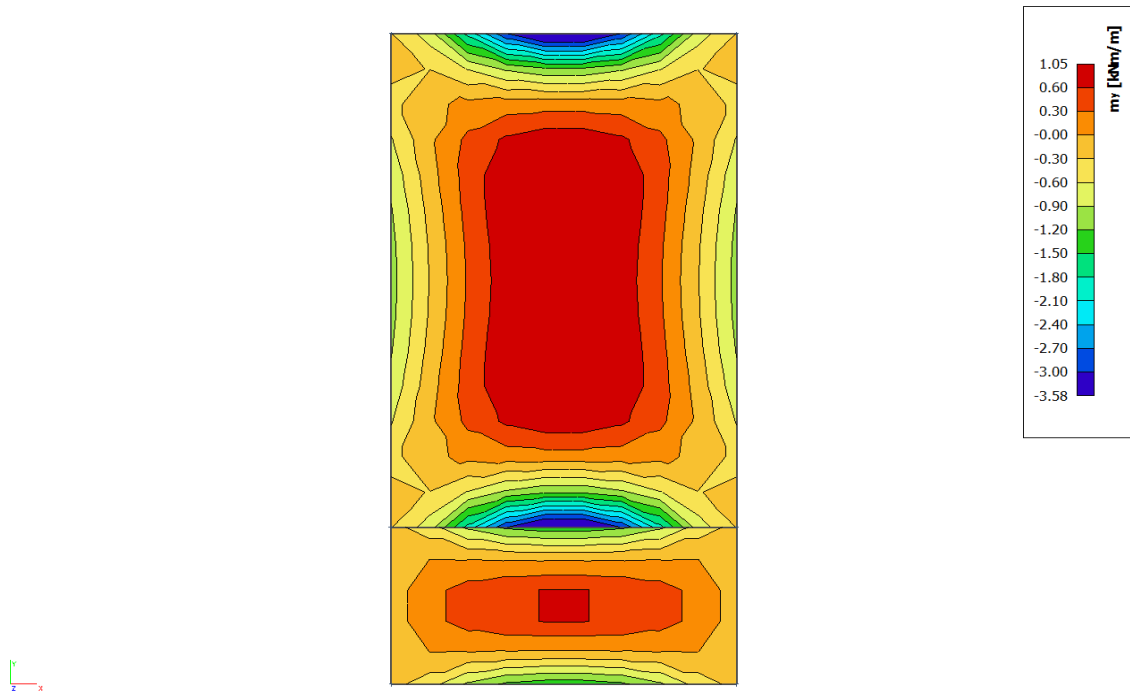
**ODABRANA ARMATURA: R – 283 ( $A_s = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

#### 6.9.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

##### ➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 1.05 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.61. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

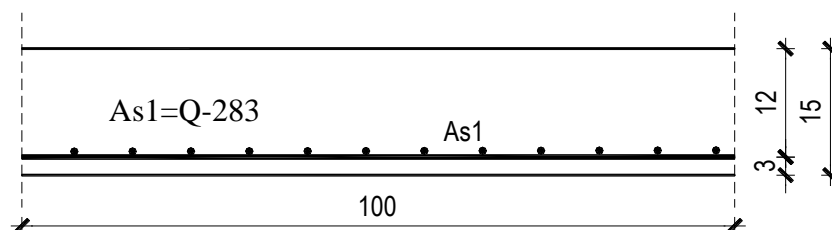
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ( $A_{s1}=2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-283 = 2.83 \text{ cm}^2/m$

$E_{cm} = 31.0 GPa = 31000 MPa$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 GPa = 200000 MPa$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0038$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 6 \text{ mm}$  - (Q-283  $\Rightarrow \text{Ø}6/100$ )

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

$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

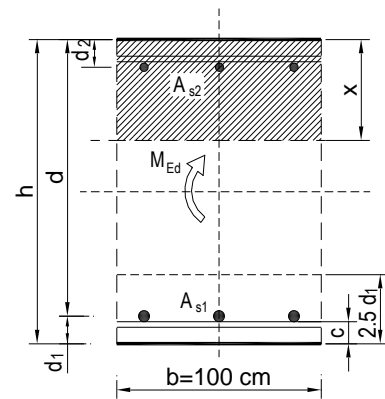
$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

<p><math>b = 100.0 \text{ cm}</math></p> <p><math>f_{ck} = 25.0 \text{ MN/m}^2</math></p> <p><math>A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2</math></p> <p><math>E_s = 200.00 \text{ GN/m}^2</math></p> <p><math>M_{Ed} = 1.1 \text{ kNm}</math></p> <p><math>\sigma_s = 32.65 \text{ MN/m}^2</math></p> <p><math>x = 1.91 \text{ cm}</math></p> <p><math>(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = -0.001229 &lt;</math></p> <p><math>\emptyset = 6.0 \text{ mm}</math></p> <p><math>k_1 = 0.8</math></p> <p><math>k_3 = 3.4</math></p> <p><math>S_{r,max} = 338.32 \text{ mm}</math></p>	<p><math>d = 12.0 \text{ cm}</math></p> <p><math>f_{ctm} = 2.56 \text{ MN/m}^2</math></p> <p><math>A_{s2} = 0.00 \text{ cm}^2</math></p> <p><math>E_{cm} = 31.40 \text{ GN/m}^2</math></p> <p><math>k_t = 0.40</math></p> <p><math>\rho_{p,eff} = 0.0038</math></p> <p><math>0.6 \cdot \sigma_s / E_s = 0.000098</math></p> <p><math>c = 2.00 \text{ cm}</math></p> <p><math>k_2 = 0.50</math></p> <p><math>k_4 = 0.43</math></p>	<p><math>h = 15.0 \text{ cm}</math></p> <p><math>w_g = 0.30 \text{ mm}</math></p> <p><math>d_1 = d_2 = 3.0 \text{ cm}</math></p> <p><math>\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6.37</math></p>
---	---	---

$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.033 mm	$< w_g$
---	----------	---------



Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.175 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

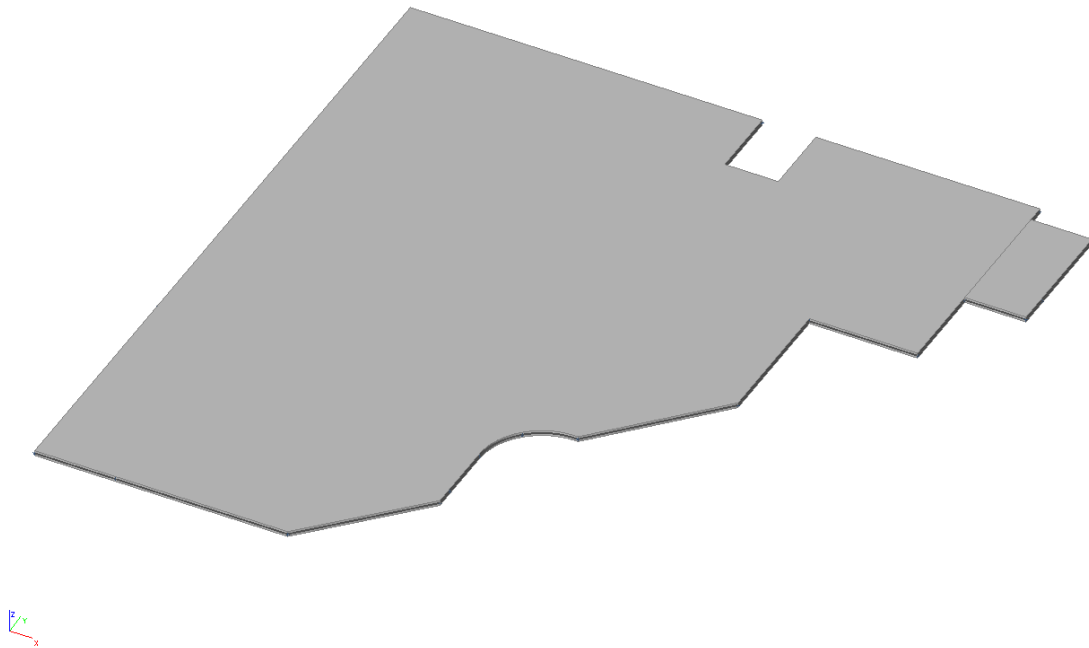
**Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi

**Napomena:** Zbog manjih dimenzija ploče i malih momenata u polju progibi nisu prikazani jer se podrazumijeva da ploča zadovoljava GSU po pitanju progiba.

## 6.10. Proračun ploče pozicije 200 D $d_{pl}=30$ cm

### 6.10.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.62. Renderirani prikaz ploče POZ 200 D

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 30 \text{ cm}$$

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

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1.67 = 193.57 \text{ kNm}$$

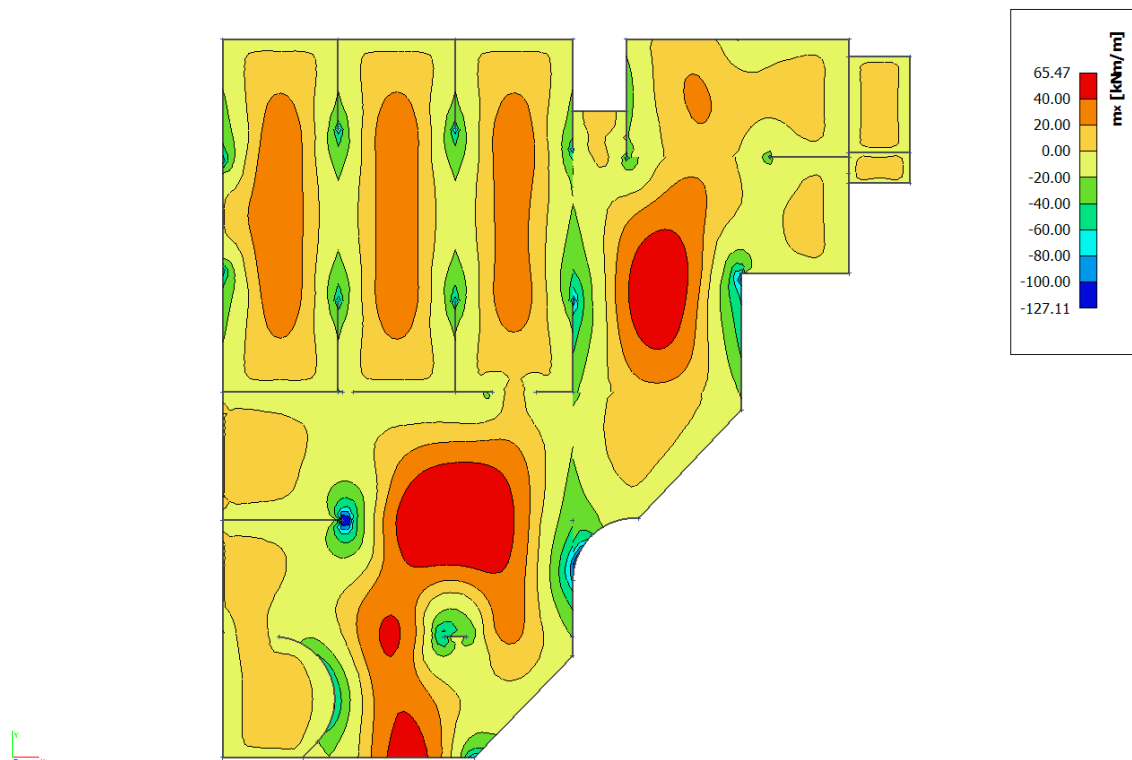
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 27 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{30}{100} = 3,0 \text{ cm}^2$$

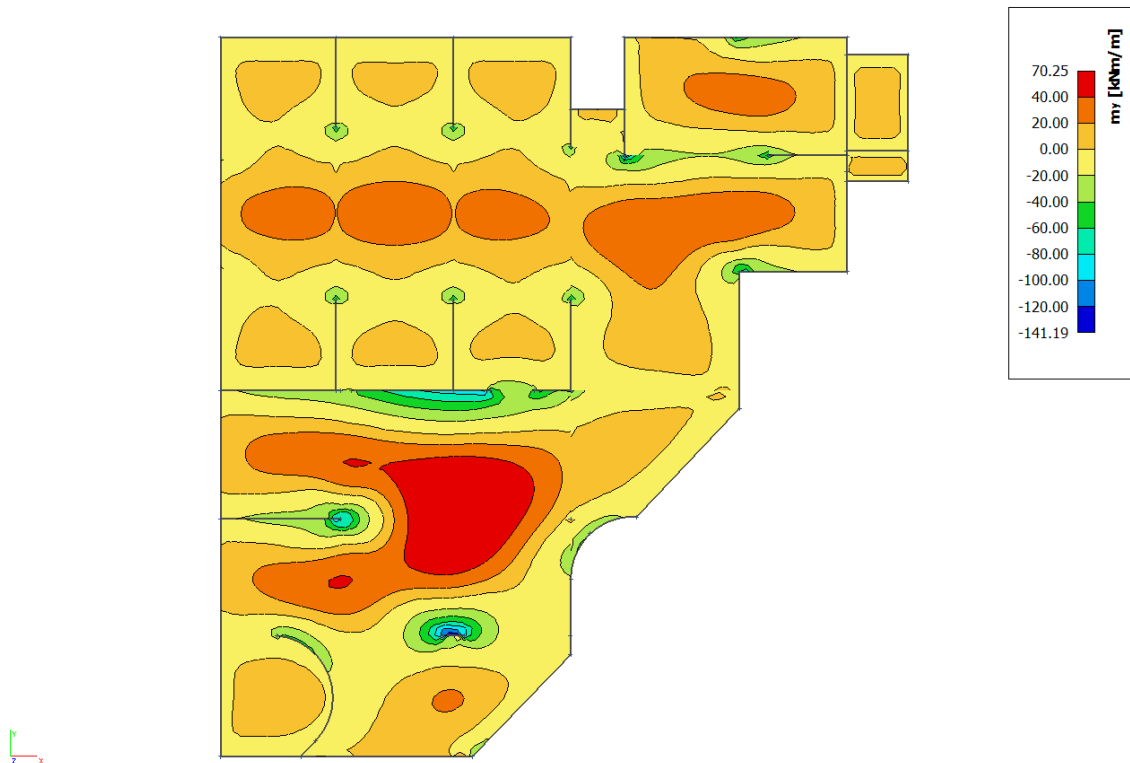
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{30}{100} = 60 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina		Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak
		$A_{s1}$	$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	283	2,83	193.57	29.64	0.09
R/Q	-	335	3,35	193.57	35.08	0.11
R/Q	-	385	3,85	193.57	40.32	0.13
R/Q	-	424	4,24	193.57	44.40	0.14
R/Q	-	503	5,03	193.57	52.67	0.17
R/Q	-	524	5,24	193.57	54.87	0.18
R/Q	-	636	6,36	193.57	66.60	0.21
R/Q	-	785	7,85	193.57	82.20	0.26

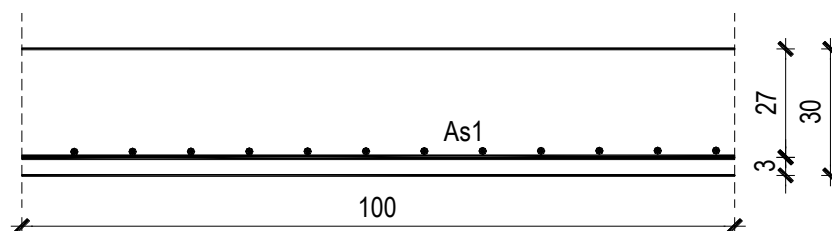
▪ Proračun u polju



Slika 6.63. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.64. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 70.25 \text{ kNm/m}$$

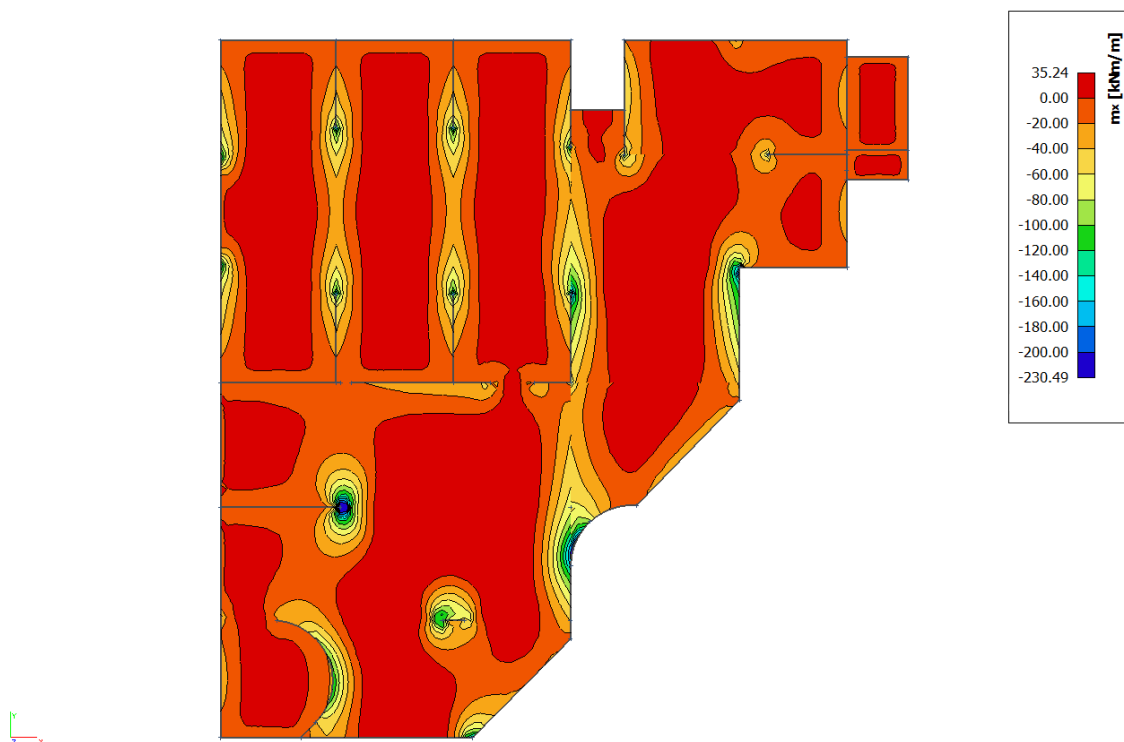
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7025}{100 \cdot 27^2 \cdot 1.67} = 0.057$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.5\text{‰} \quad \zeta = 0.953$$

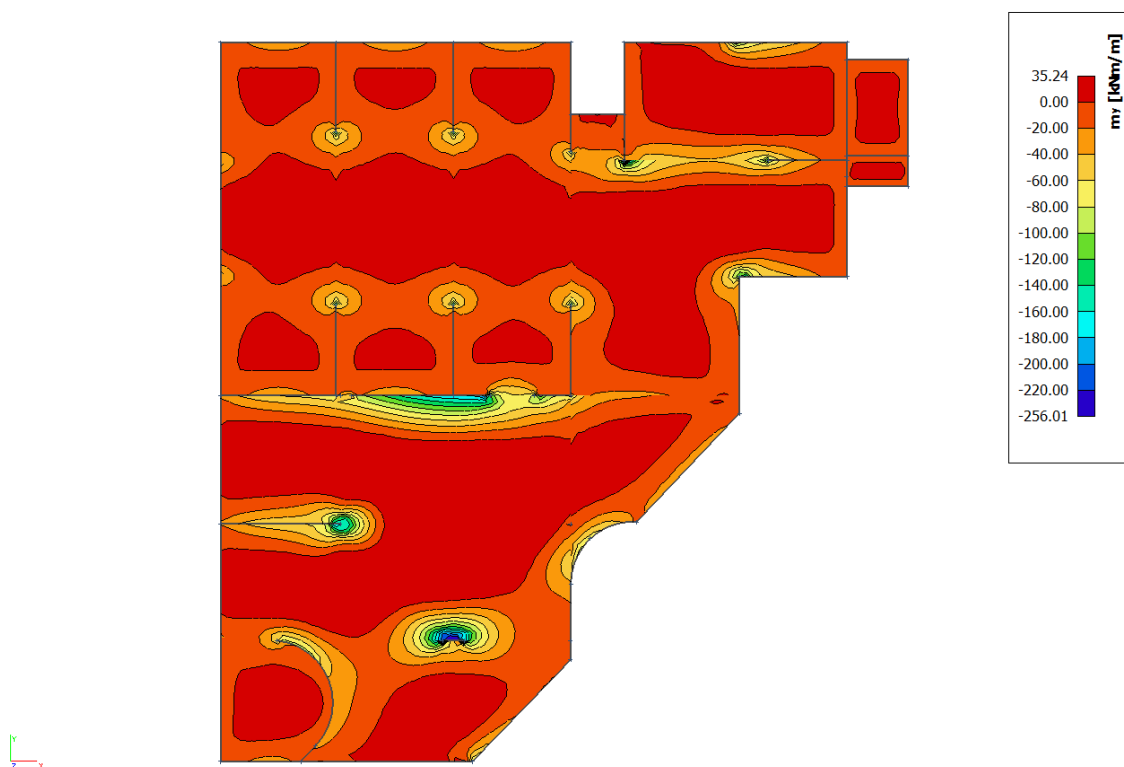
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7025}{0.953 \cdot 27 \cdot 43.48} = 6.27 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

▪ Proračun na ležaju



Slika 6.65. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [ $\text{kNm/m}$ ']

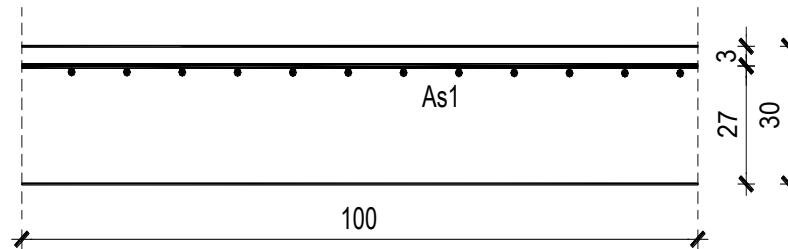


Slika 6.66. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [ $\text{kNm/m}$ ']



**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

**Proračun u kritičnom presjeku:**



$$M_{Ed} = 256.01 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{256.01}{100 \cdot 27^2 \cdot 1.67} = 0.210$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1.67 = 193.57 \text{ kNm}$$

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

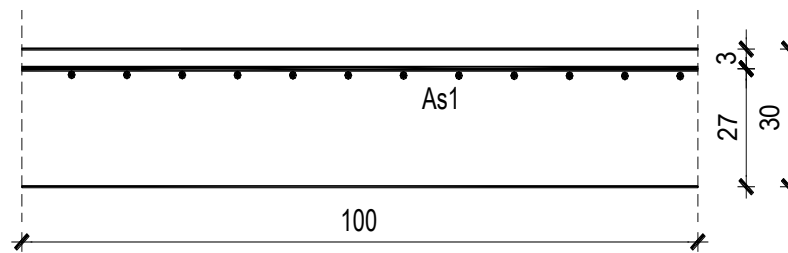
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{19357}{0.892 \cdot 27 \cdot 43.48} + \frac{25601 - 19357}{(27 - 3) \cdot 43.48} = 24.46 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 6φ20 ( $A_s = 26.7 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{25601 - 19357}{(27 - 3) \cdot 43.48} = 5.98 \text{ cm}^2$$

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

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



$$M_{Ed} = 141.19 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{141.19}{100 \cdot 27^2 \cdot 1.67} = 0.115$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 2.6 \text{ ‰}$   $\zeta = 0.919$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14119}{0.919 \cdot 27 \cdot 43.48} = 13.08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

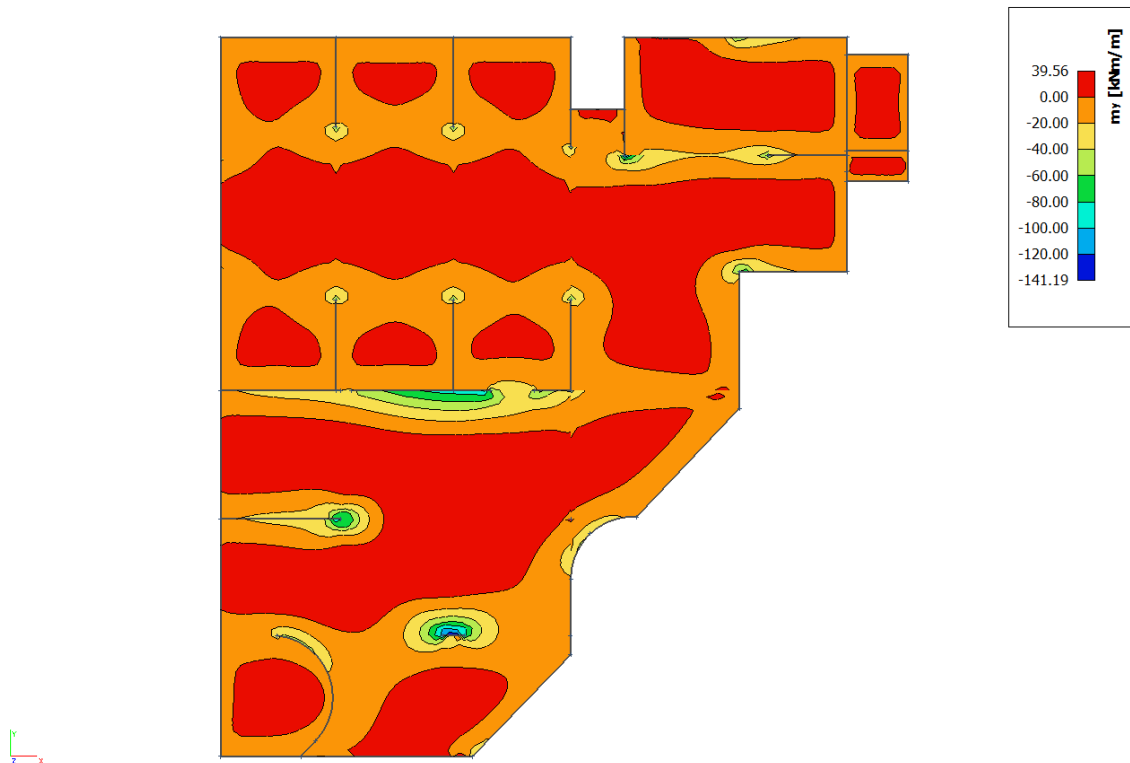
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ20 ( $A_s = 14.13 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

6.10.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 39.56 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.67. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

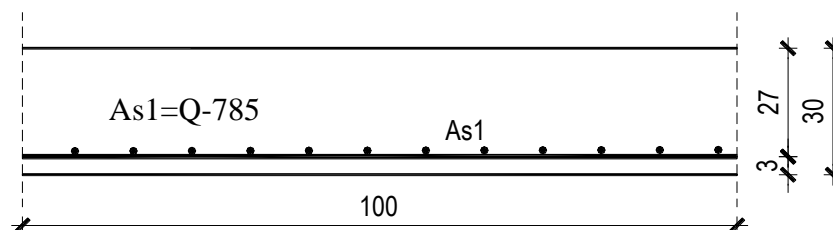
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0104$$

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

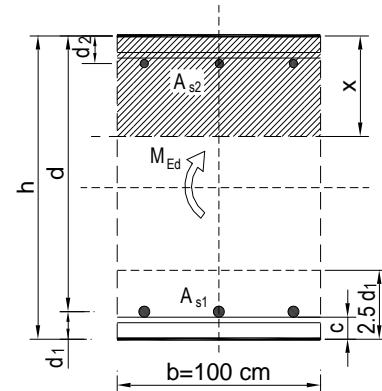
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100.0 cm	$d =$	27.0 cm	$h =$	30.0 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
$M_{Ed} =$	39.6 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	198.20 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4.72 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0105		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.000468 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000595		
$\varnothing =$	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				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.137 mm	<	$w_g$		

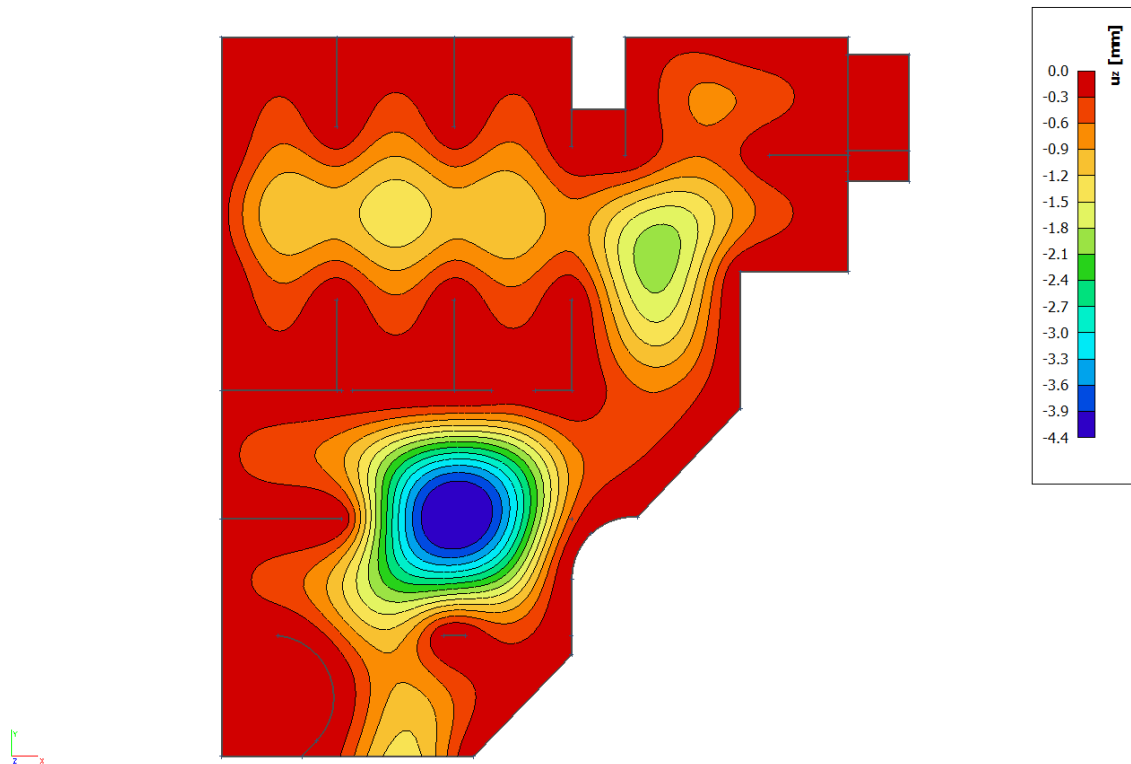


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.137 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.68. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{11250}{250} = 45 \text{ mm}$$

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

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

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

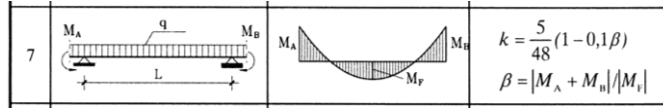
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |141.19 + 61.73| / 39.56 = 5.13$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 5.13) = 0.051$$



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

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 30^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot \left( \frac{30}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 225000 + 7291.08 = 232291.08 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{3956}{3100 \cdot 232291.08} = 0.0000055 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 4.72 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 4.72^3}{12} + (100 \cdot 4.72) \cdot \left( \frac{4.72}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 7.85 \cdot (27 - 4.72)^2 + 0 \right] \\ &= 876.28 + 2628.85 + 25133.89 = 28639.02 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{3956}{3100 \cdot 28639.02} = 0.000045 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 198.20 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.56 \cdot \frac{100 \cdot 30^2}{6} = 38400$$

$$\sigma_{sr} = \frac{38400}{\left(27 - \frac{4.72}{3}\right) \cdot 7.85} = 192.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 192.39 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{192.39}{192.20}\right)^2 = 0.50$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000055 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000045 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.50) \cdot 0.0000055 + 0.50 \cdot 0.000045 = 0.000025 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.051$$

$$L = 1125 \text{ cm}$$

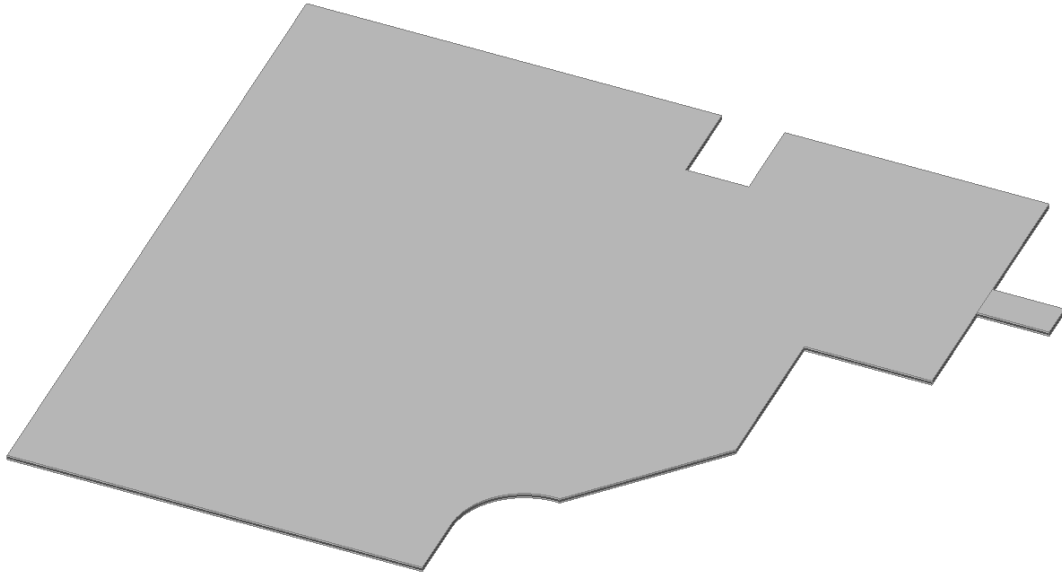
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.051 \cdot 1125^2 \cdot 0.000025 = 1.61 \text{ cm} < v_{lim} = 4.5 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**



## 6.11. Proračun ploče pozicije 100 D $d_{pl}=20$ cm

### 6.11.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 6.69. Renderirani prikaz ploče POZ 100 D

$$\text{Beton: C 25/30; } f_{ck}=25.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.74 \text{ kNm}$$

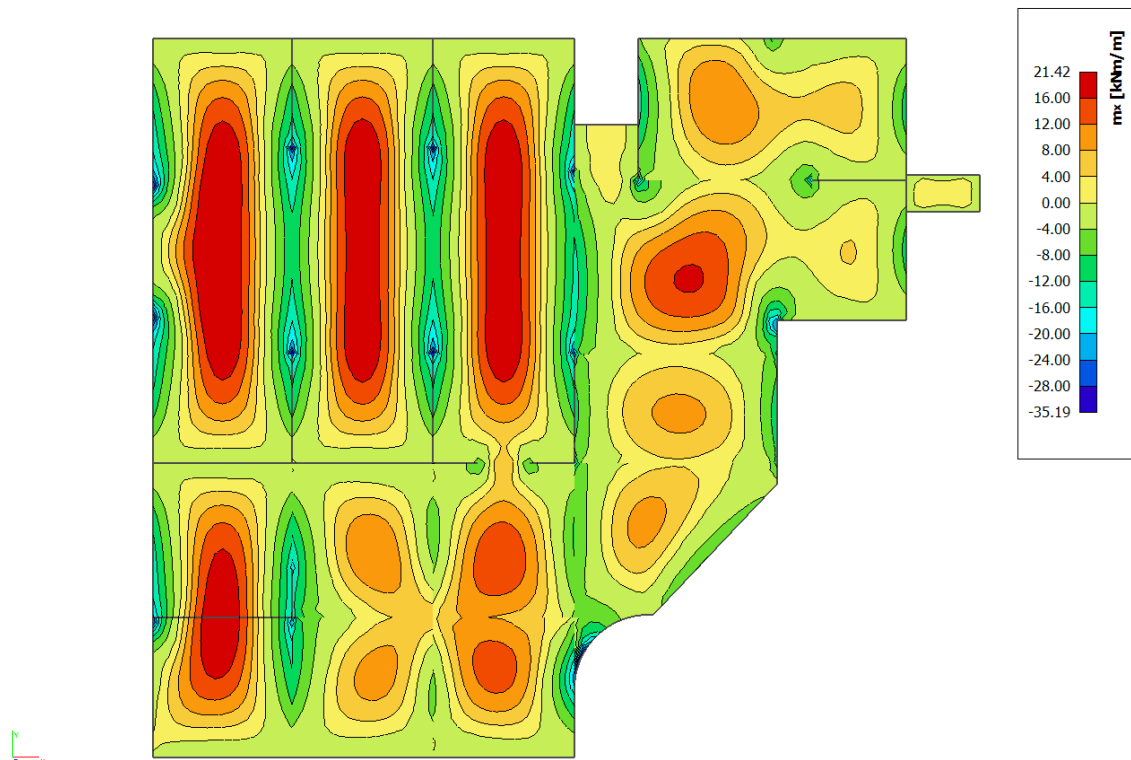
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

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

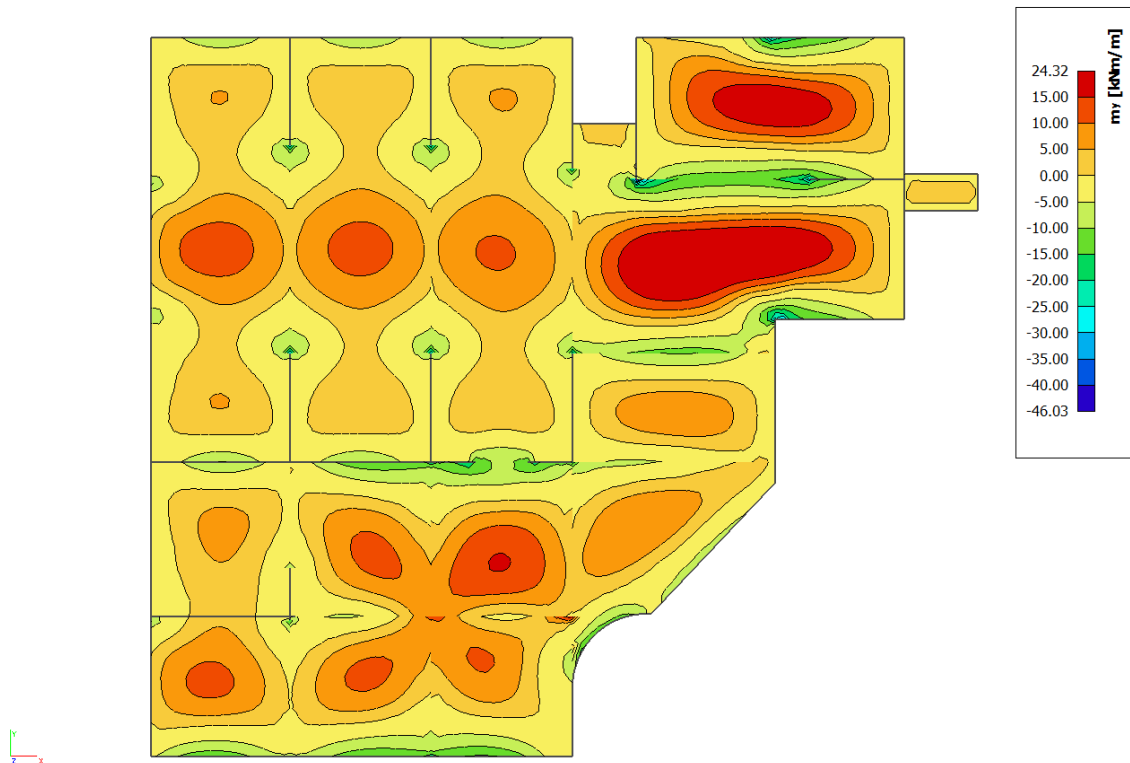
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak armature	
		$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$		
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	76.74	18.66	0.14
R/Q	-	335	3,35	76.74	22.09	0.17
R/Q	-	385	3,85	76.74	25.38	0.19
R/Q	-	424	4,24	76.74	27.96	0.21
R/Q	-	503	5,03	76.74	33.16	0.25
R/Q	-	524	5,24	76.74	34.55	0.26
R/Q	-	636	6,36	76.74	41.93	0.32
R/Q	-	785	7,85	76.74	51.76	0.39

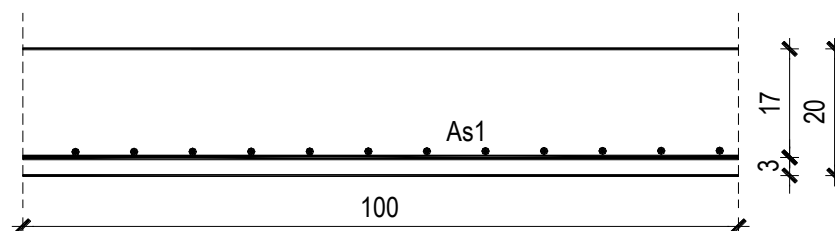
▪ Proračun u polju



Slika 6.70. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.71. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



$$M_{Ed} = 24.32 \text{ kNm/m}$$

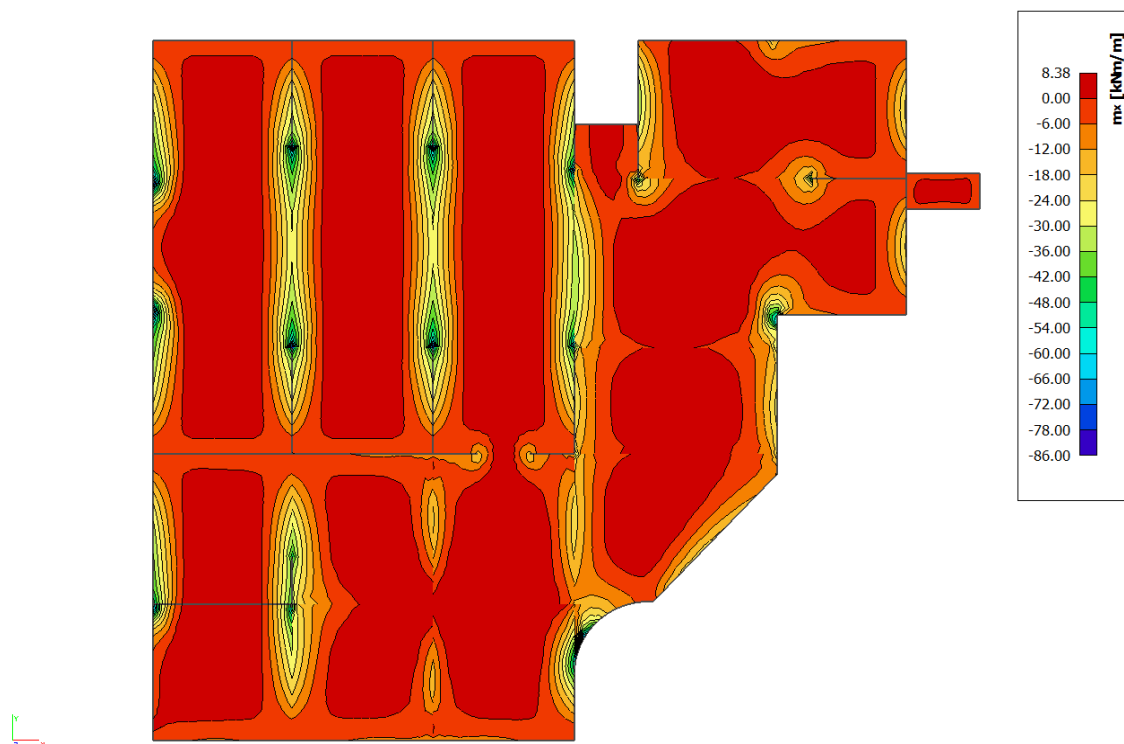
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2432}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.050$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.4\text{‰} \quad \zeta = 0.956$$

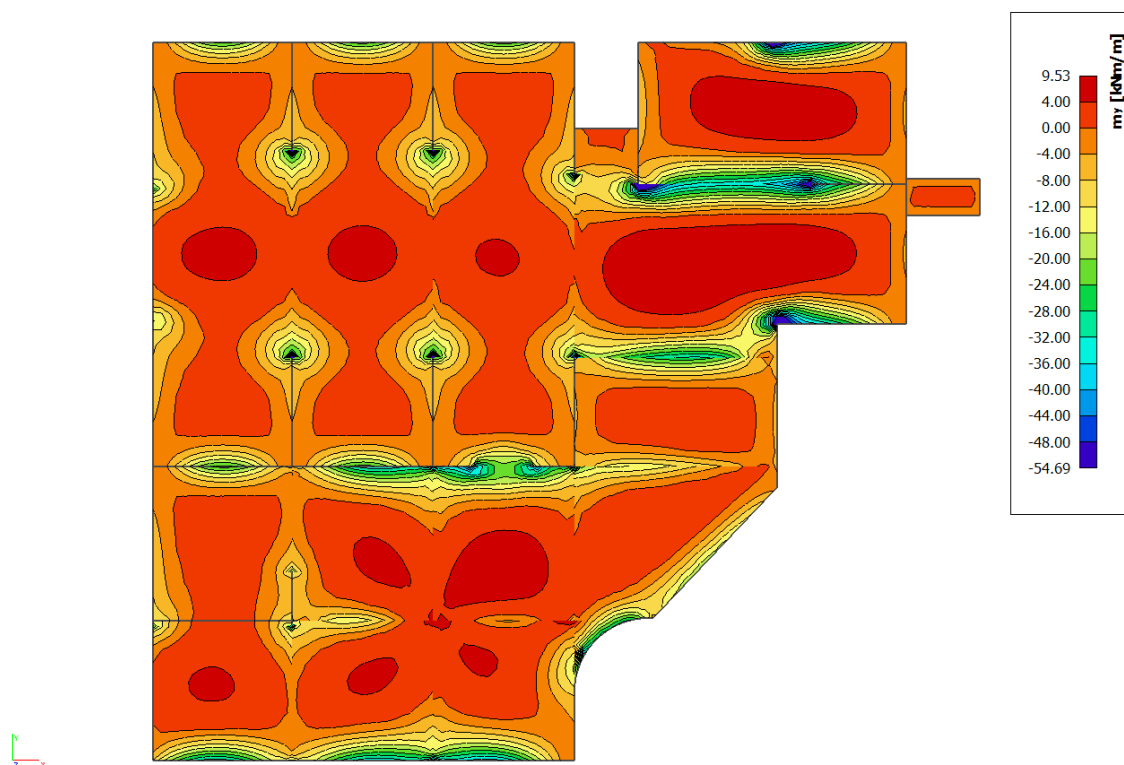
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2432}{0.956 \cdot 17 \cdot 43.48} = 3.44 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 424 ( $A_s = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

▪ Proračun na ležaju



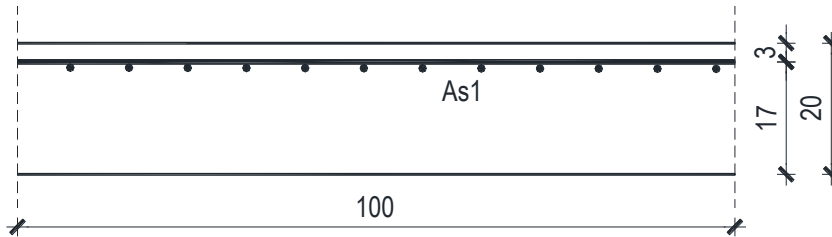
Slika 6.72. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 6.73. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Napomena:** Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je znatno manja od najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

**Proračun u kritičnom presjeku:**



$$M_{Ed} = 86.00 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8600}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.178$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3.5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.892 \quad \mu_{Rd,lim} = 0.159$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1.67 = 76.73 \text{ kNm}$$

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

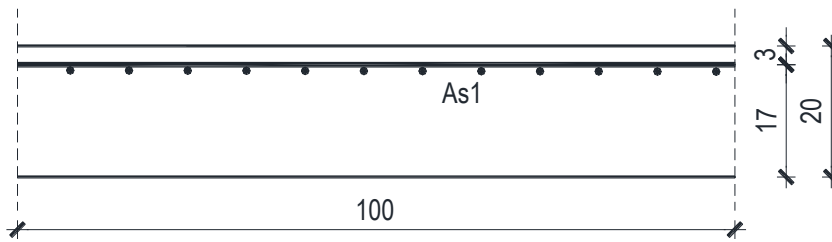
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{7673}{0.892 \cdot 17 \cdot 43.48} + \frac{8600 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 13.16 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 4φ14 ( $A_s = 14.01 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{8600 - 7673}{(17 - 3) \cdot 43.48} = 1.52 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: zadovoljava armatura Q – 424 iz donje zone**

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



$$M_{Ed} = 54.69 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5469}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.113$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2.5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5469}{0.922 \cdot 17 \cdot 43.48} = 8.02 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

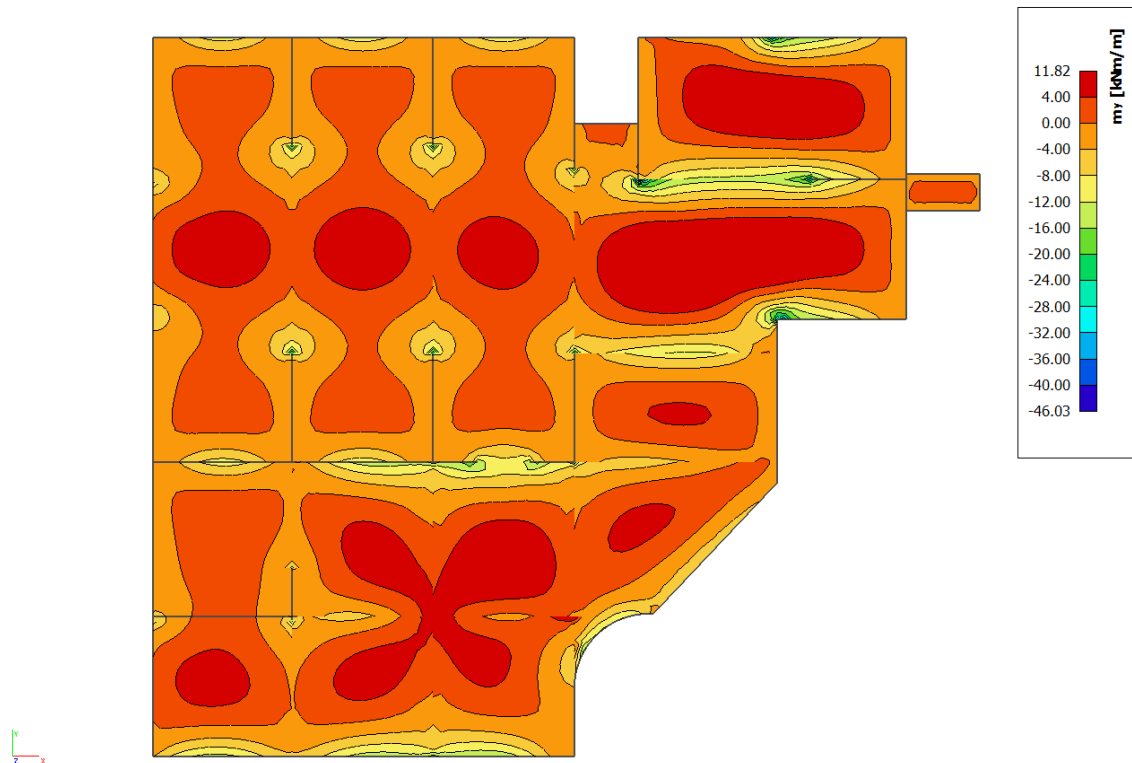
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10.93 cm<sup>2</sup>/m')**

6.11.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

➤ Pukotine

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

$$M_{Ed} = 11.82 \text{ kNm/m}$$



Slika 6.74. Dijagram momenata savijanja  $M$  [kNm/m']

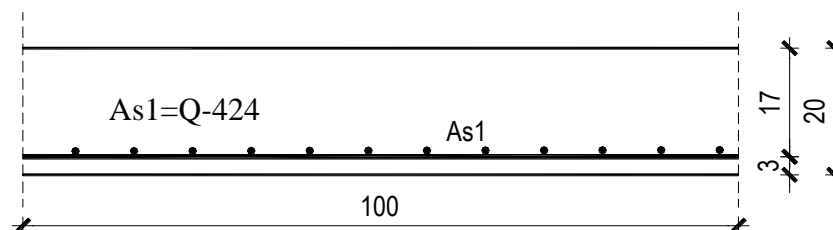
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-424** ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 MPa$

$A_s = Q-424 = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 31.0 \text{ GPa} = 31000 \text{ MPa}$  - 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:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.24}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0057$$

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-424  $\Rightarrow \text{Ø}9/150$ )

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



$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

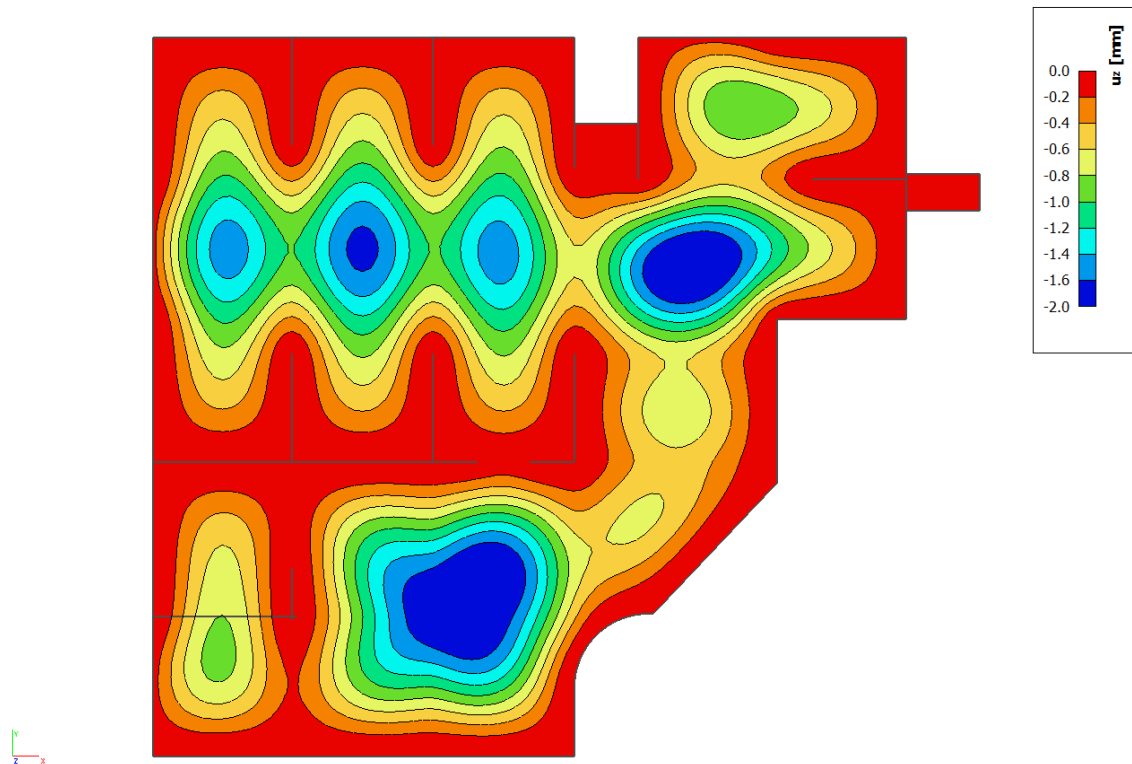
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	31.40 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6.37
$M_{Ed} =$	11.8 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	173.41 MN/m <sup>2</sup>	$\rho_{p,eff} =$	0.0057		
$x =$	2.77 cm	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0.000520		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	-0.000073	$c =$	2.00 cm		
$\emptyset =$	9.0 mm	$k_2 =$	0.50		
$k_1 =$	0.8	$k_4 =$	0.43		
$k_3 =$	3.4				
$s_{r,max} =$	338.64 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0.176 mm	$<$	$w_g$		
$C_x = 0.139$	$C_c = 17.951$	$C_{s1} = 586.837$	$C_{s2} = 9.40$		

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.176 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi



Slika 6.75. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{11250}{250} = 45 \text{ mm}$$

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

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

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

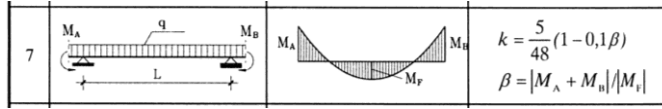
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |29.89 + 30.50| / 11.82 = 5.11$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 5.11) = 0.051$$



$$A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2$$

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

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

$$= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.45 \cdot \left[ 4.24 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] =$$

$$= 66666.67 + 1340.05 = 68006.72 \text{ cm}^4$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1182}{3100 \cdot 68006.72} = 0.0000056 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.77 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{100 \cdot 2.77^3}{12} + (100 \cdot 2.77) \cdot \left( \frac{2.77}{2} \right)^2 + 6.45 \cdot \left[ 4.24 \cdot (17 - 2.77)^2 + 0 \right]$$

$$= 177.11 + 531.35 + 5537.78 = 6246.24 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1182}{3100 \cdot 6246.24} = 0.000061 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 173.41 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{17066.67}{\left(17 - \frac{2.77}{3}\right) \cdot 4.24} = 211.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 211.05 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{211.05}{173.41}\right)^2 = 0.26$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000056 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000061 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.26) \cdot 0.0000056 + 0.26 \cdot 0.000061 = 0.00002 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.051$$

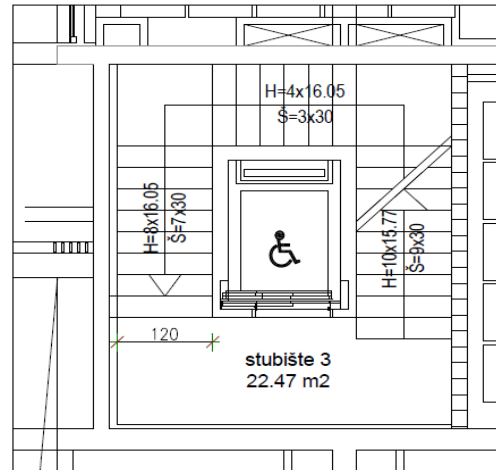
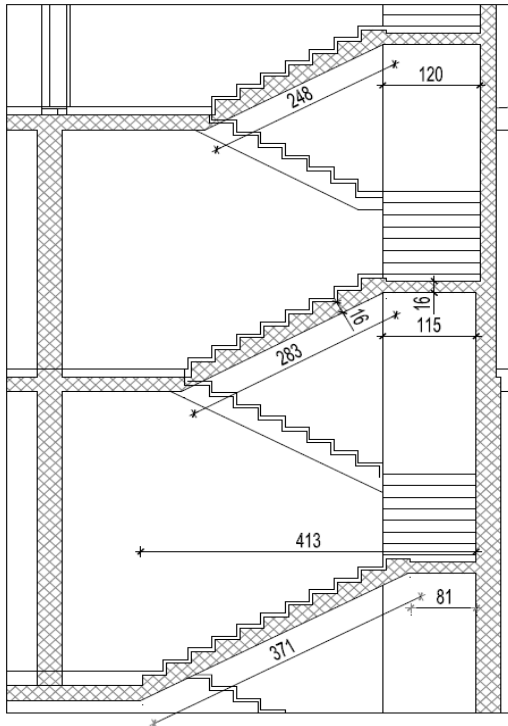
$$L = 1125 \text{ cm}$$

$$v_{tot, t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.051 \cdot 11250^2 \cdot 0.00002 = 1.29 \text{ cm} < v_{lim} = 4.5 \text{ cm}$$

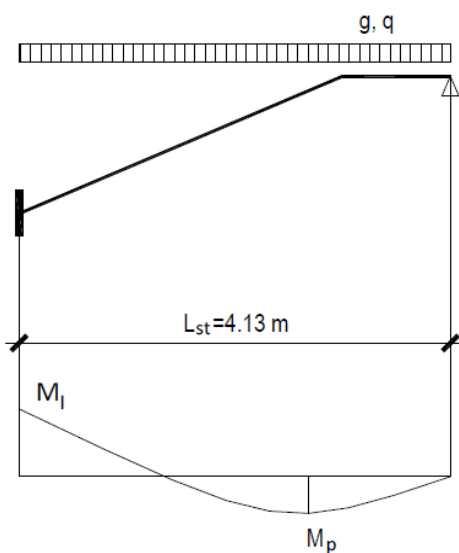
**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 7. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

### 7.1. Dimenzioniranje stubišta C



Debljina ploče stubišnog kraka i međupodesta:  $h=16$  cm



$$g = 0.16 \cdot 25 \cdot 1.2 + 1.46 = 4.8 \text{ kN/m (stalno opt.)}$$

$$q = 3.00 \text{ kN/m (uporabno opt.)}$$

$$M_{g,p} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{4.8 \cdot 4.13^2}{14} = 5.85 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,p} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{3.0 \cdot 4.13^2}{14} = 3.66 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,p} = \gamma_g \cdot M_{g,p} + \gamma_q \cdot M_{q,p}$$

$$M_{Ed,p} = 1.35 \cdot 5.85 + 1.50 \cdot 3.66 = 13.4 \text{ kNm/m}$$

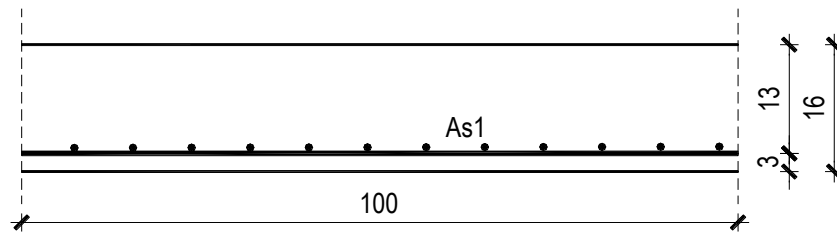
$$M_{g,l} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{4.8 \cdot 4.13^2}{8} = 10.23 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,l} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{3.0 \cdot 4.13^2}{8} = 6.40 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,l} = \gamma_g \cdot M_{g,l} + \gamma_q \cdot M_{q,l}$$

$$M_{Ed,l} = 1.35 \cdot 10.23 + 1.50 \cdot 6.40 = 23.4 \text{ kNm/m}$$

➤ Proračun u polju



$$M_{Ed} = 13.40 \text{ kNm/m}$$

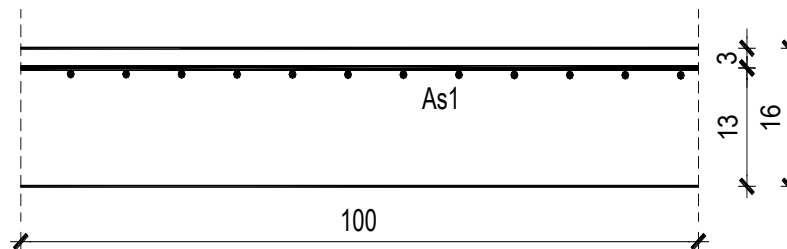
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1340}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0,047$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1,3\%$   $\zeta = 0.959$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1340}{0,959 \cdot 13 \cdot 43.48} = 2.47 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 335 ( $A_s = 3.35 \text{ cm}^2$ )

➤ Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)



$$M_{Ed} = 23.40 \text{ kNm/m}$$

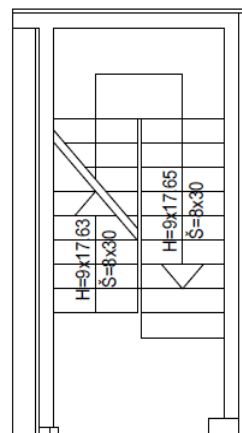
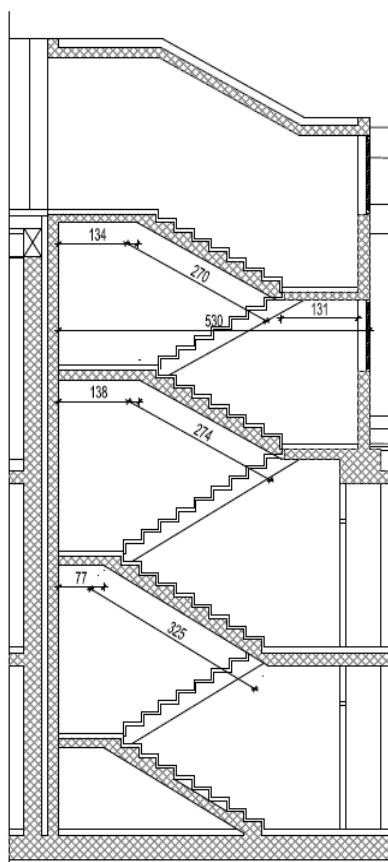
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2340}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.082$$

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

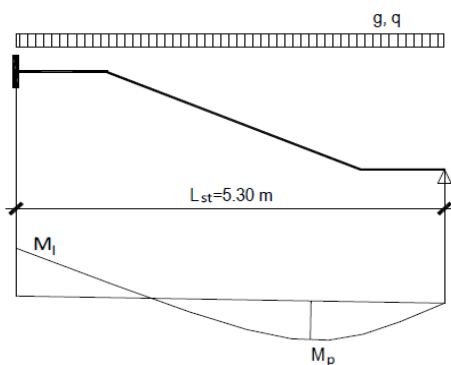
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2340}{0,941 \cdot 13 \cdot 43.48} = 4.40 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2$ )

## 7.2. Dimenzioniranje stubišta D



Debljina ploče stubišnih krakova i međupodesta:  $h=16$  cm



$$g = 0.16 \cdot 25 \cdot 1.2 + 1.46 = 4.8 \text{ kN/m (stalno opt.)}$$

$$q = 3.00 \text{ kN/m (uporabno opt.)}$$

$$M_{g,p} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{4.8 \cdot 5.30^2}{14} = 9.63 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,p} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{3.0 \cdot 5.30^2}{14} = 5.78 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,p} = \gamma_g \cdot M_{g,p} + \gamma_q \cdot M_{q,p}$$

$$M_{Ed,p} = 1.35 \cdot 9.63 + 1.50 \cdot 5.78 = 21.69 \text{ kNm/m}$$

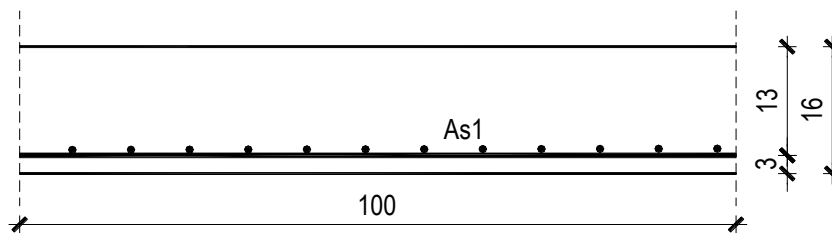
$$M_{g,l} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{4.8 \cdot 5.30^2}{8} = 16.85 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,l} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{3.0 \cdot 5.30^2}{8} = 10.53 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,l} = \gamma_g \cdot M_{g,l} + \gamma_q \cdot M_{q,l}$$

$$M_{Ed,l} = 1.35 \cdot 16.85 + 1.50 \cdot 10.53 = 38.54 \text{ kNm/m}$$

➤ Proračun u polju



$$M_{Ed} = 21.69 \text{ kNm/m}$$

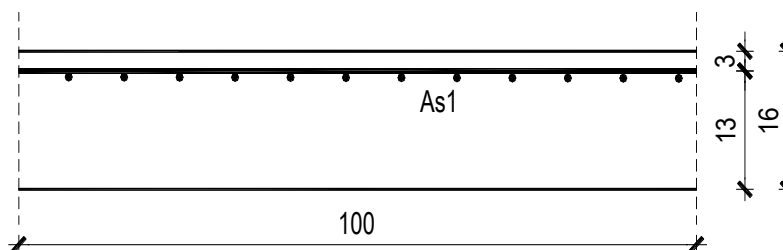
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2169}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.077$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1.9\%$   $\zeta = 0.941$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2169}{0.941 \cdot 13 \cdot 43.48} = 4.08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2$ )**

➤ Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)



$$M_{Ed} = 38.54 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3854}{100 \cdot 13^2 \cdot 1.67} = 0.136$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 3.0\%$   $\zeta = 0.907$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3854}{0.907 \cdot 13 \cdot 43.48} = 7.51 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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



## 8. PRORAČUN ZIDOVA

### 8.1. Proračun zida u x smjeru

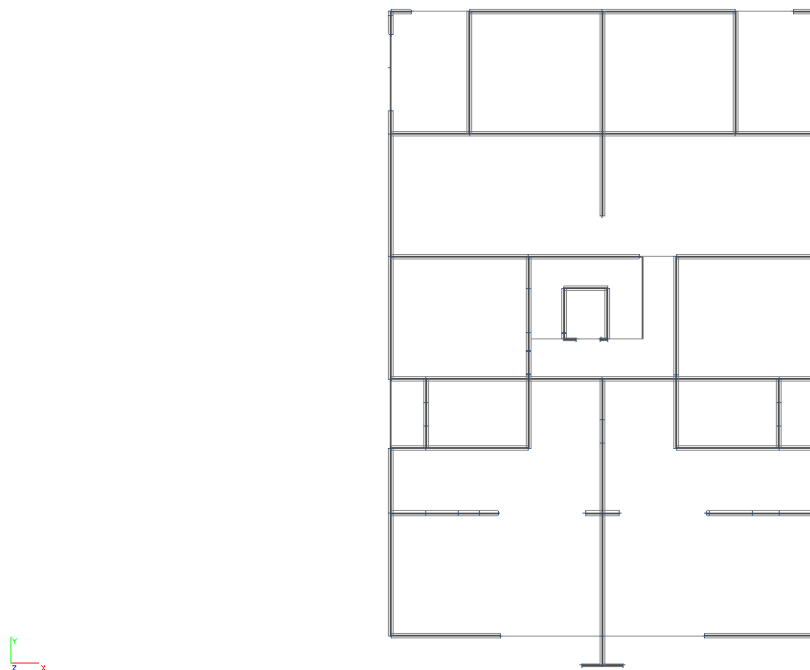
Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa).

Proračun je proveden za dva karakteristična zida, jedan u smjeru X, a drugi u smjeru Y.

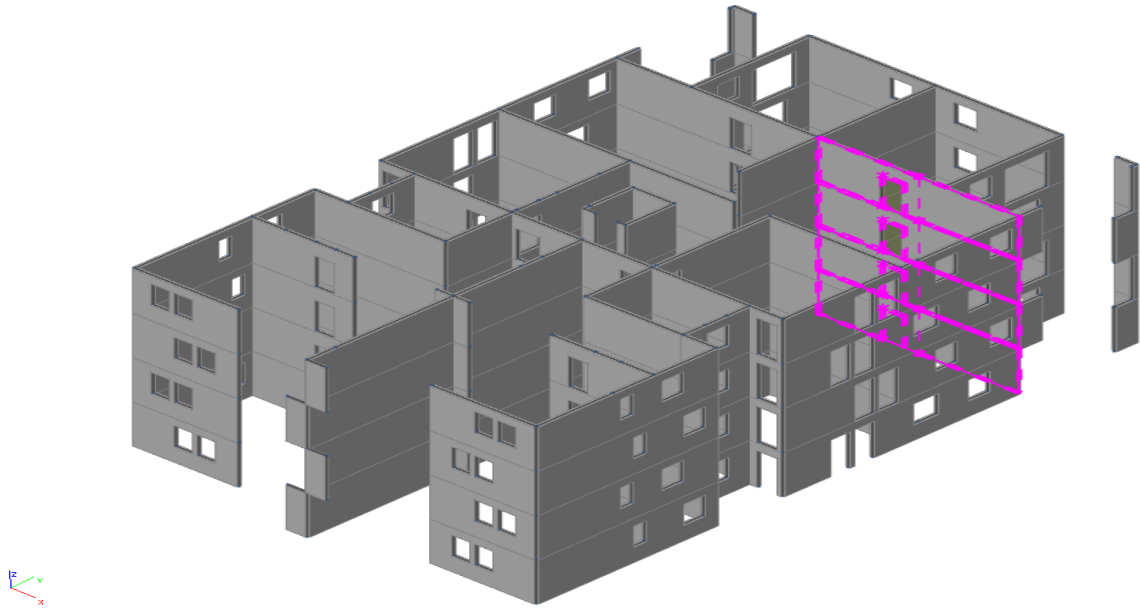
Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 20 cm od betona C25/30, armirani sa B500B te debljinom zaštitnog sloja iznosa 2 cm.

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.



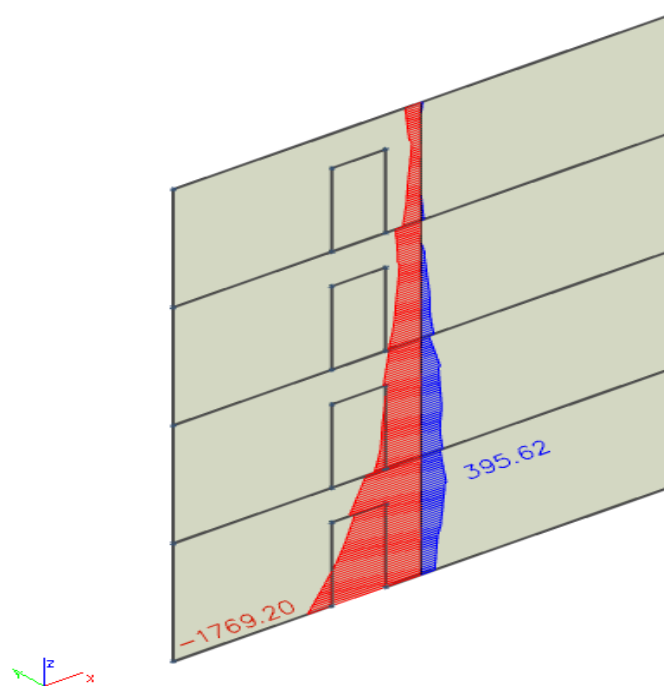
Slika 8.1. Polozaj proračunatog zida u x smjeru ( 2D )



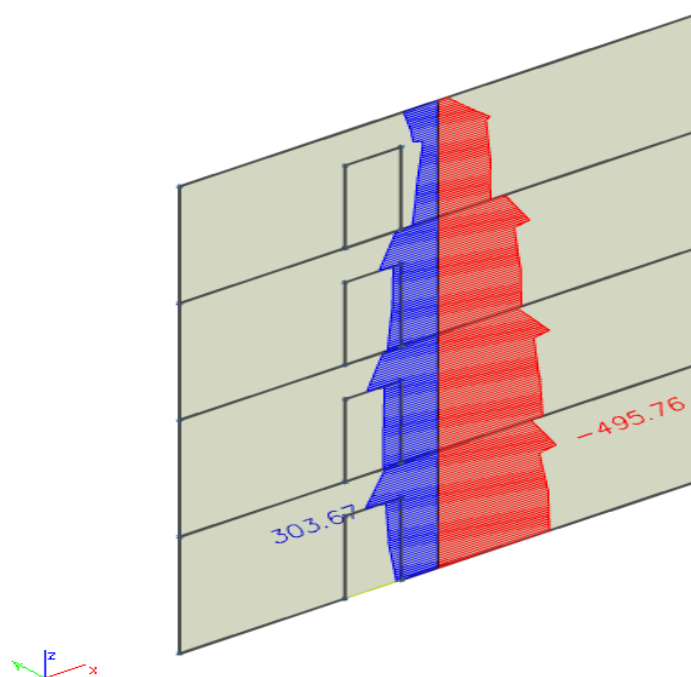
*Slika 8.2. Položaj proračunatog zida u x smjeru ( 3D )*

### **Rezultati proračuna karakterističnog zida**

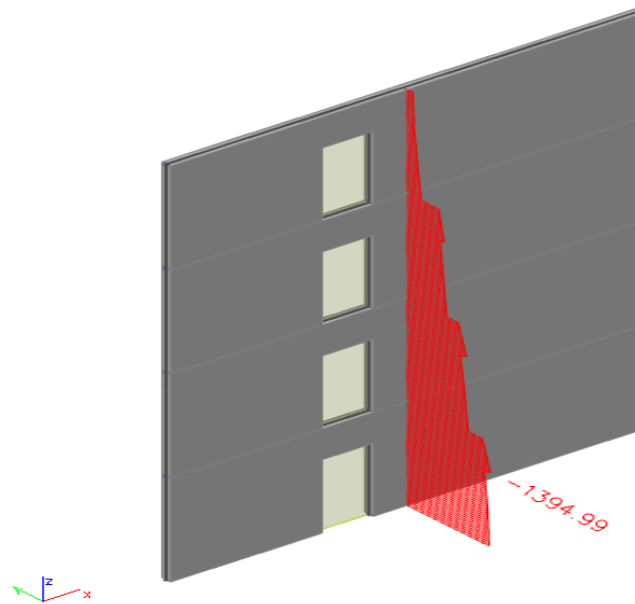
Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore stupovi i zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju seizmičku kombinaciju u smjeru zida. Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 19.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 8.3.  $M$

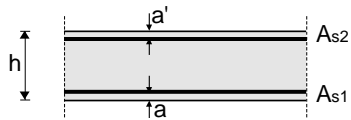


Slika 8.4.  $V$



Slika 8.5. N

Poprečni presjek zida:



$$h=20.0 \text{ cm}$$

$$a=a'=3.0 \text{ cm}$$

**BETON:**

C25/30

$$f_{ck}=25.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=25.0/1.5=16.67 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=1.67 \text{ kN/cm}^2$$

**ARMATURA:**

B500B

$$f_{yk}=500.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=500.0/1.15=434.78 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=43.48 \text{ kN/cm}^2$$

Karakteristike proračunatog zida	
<b>h<sub>s</sub>-visina etaže</b>	290 cm
<b>b<sub>w</sub>-debljina zida</b>	20 cm
<b>l<sub>w</sub>-duljina zida</b>	875 cm
<b>h<sub>w</sub>-visina zida</b>	1160 cm
<b>n-broj etaža</b>	4
<b>d<sub>1</sub>-zaštitni sloj</b>	3 cm
<b>d</b>	287 cm
<b>Duktilnost</b>	DCM-srednja duktilnost

### PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{131.25 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} \rightarrow$   
 $l_{c0} = 30 \text{ cm}$

Vitkost zida:  $H_w/l_w = (4 \cdot 290)/8750 = 1.33 < 2 \rightarrow$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{875 \text{ cm}; 193.33 \text{ cm}\} \rightarrow 875 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:  $b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{131.25 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} \rightarrow$   
 $b_{w0} = 30 \text{ cm}$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 1769.20 + 1394.99 \cdot \left(8.69 - \frac{2.90}{2}\right) = 11868.92 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 20 \cdot 869^2 \cdot 1.67 = 4010358.01 \text{ kNcm} = 40103.53 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11868.92 \cdot 100}{20 \cdot 869^2 \cdot 1.67} = 0.047$$

Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.063$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.3 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.959$  ;  $\xi=0.115$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{11868.92 \cdot 100}{0.959 \cdot 869 \cdot 43.48} - \frac{1394.99}{43.48} = 0.67 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 20 \cdot 869 = 26.07 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: **26Ø12** ( $A_{s1} = 29.4 \text{ cm}^2$ )

### PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 4 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0$  → za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0$  → nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 875 = 700 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 30 \cdot 700 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 9468.9 \text{ kN} > 495.76 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1769.20}{495.76 \cdot 8.75} = 0.40$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{495.76}{30 \cdot (0.8 \cdot 875) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.000872$$

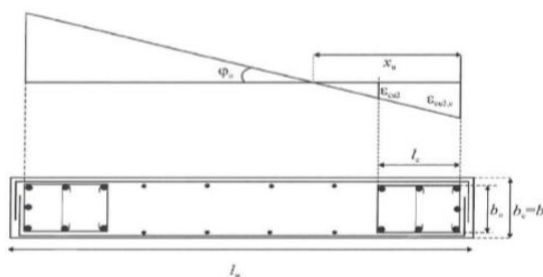
$$\rho_{h,min} > \max(0.000872; 0.25 \cdot \rho_v = 0.00096)$$

$$\rho_{h,min} > 0.0096$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 2.88 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

## DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

- 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



Slika 8.6. Shema potresne armature

$$b_0 = 20 - 2 \cdot (2 + 0.5) = 15 \text{ cm}$$

$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0.00385$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.1$$

→ mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.430; T_c=0.4 ; q_0=3$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \leftrightarrow \text{ako je } T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot 3 - 1 = 5$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 5 \cdot (0.160 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{20}{15} - 0.035 = 0.078$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0113$$

$$x_u = (0.160 + 0.1) \cdot \frac{875 \cdot 20}{15} = 303.33 \text{ cm}$$

$$h_0 = 303.33 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0113}\right) = 209.38 \text{ cm}$$



$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$
$$\rightarrow \{131.25 \text{ cm}; 30 \text{ cm}; 209.38 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 209.38 \text{ cm}$$

Odabrana debljina rubnog elementa: 250cm

Odabrana armatura:  $8\emptyset 22$  ( $A_{s1} = 30.41 \text{ cm}^2$ )

$\rightarrow$  odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 20.94 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 167.50 \text{ cm}^2$$

$\rightarrow$  odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

### IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: **26 $\emptyset$ 12 , Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona:  $S_w = 10 \text{ cm}$

$$H_{kr} = 290 \text{ cm}$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.078$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.544$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.651$$

$$\alpha = 0.35$$

$$0.35 \cdot \omega_{wd} = 0.078 \rightarrow \omega_{wd} = 0.223 > 0.08$$

$\rightarrow$  Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

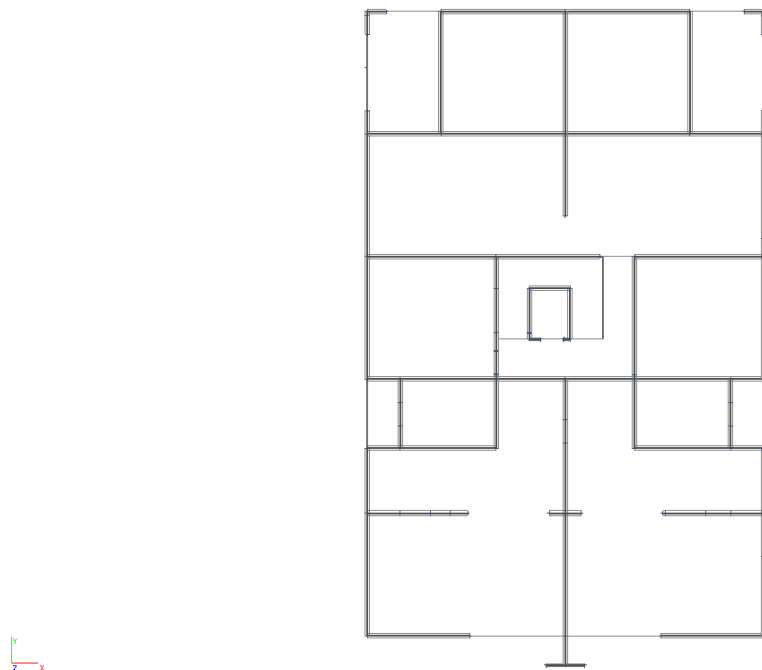
$$\text{Vanjskih } L_v = 2 \cdot 15 + 2 \cdot 40 = 110 \text{ cm}$$

$$\text{Unutarnjih } L_u = 15 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 16.1 = 77.2 \text{ cm}$$

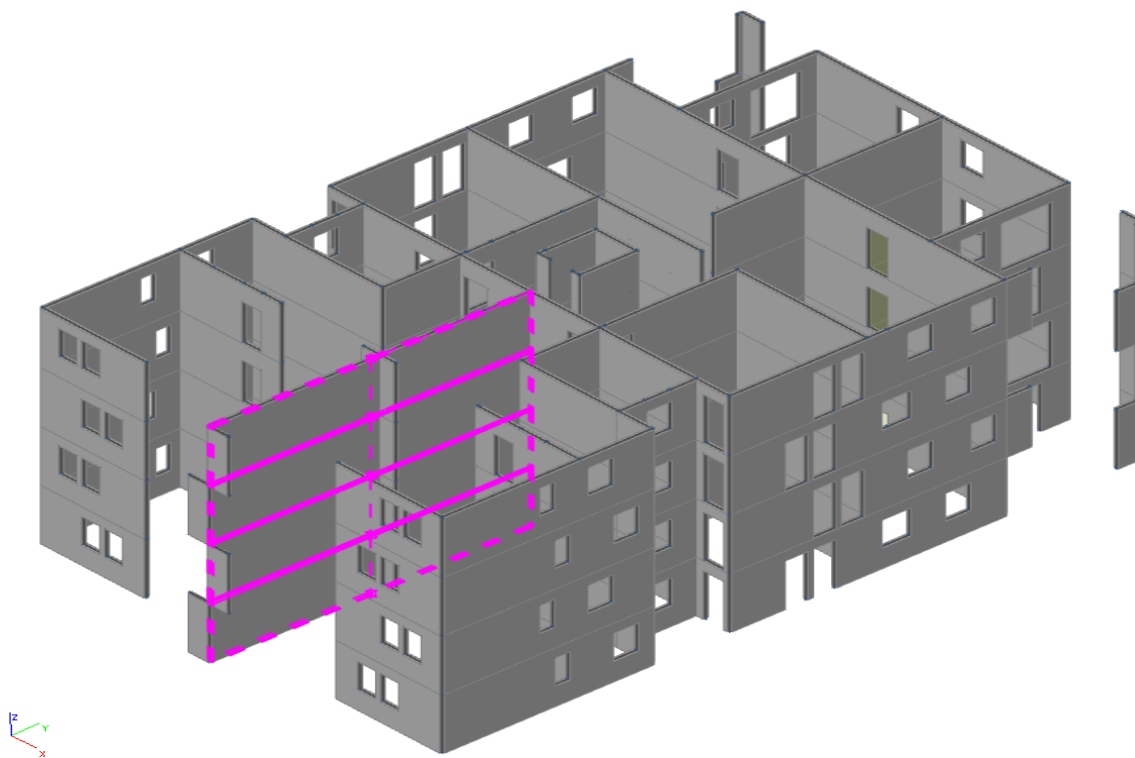
$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (106 + 73.2) \cdot \frac{100}{10}}{15 \cdot 30 \cdot 100} \cdot \frac{43.48}{1.67} = 0.813 > 0.223$$

→ *Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan*

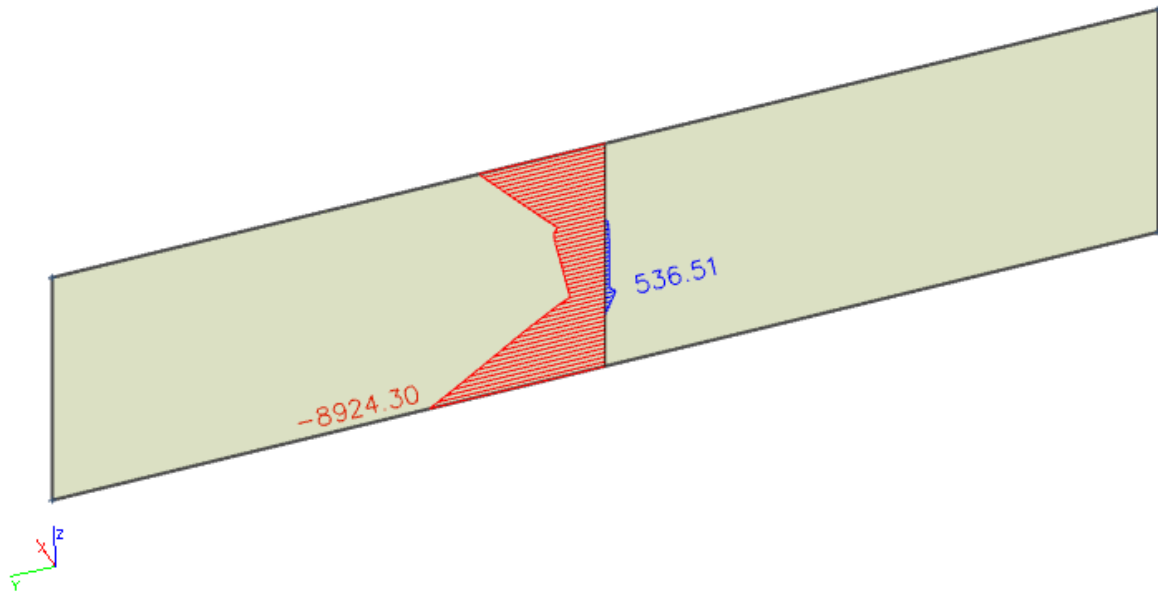
## 8.2. Proračun zida u y smjeru



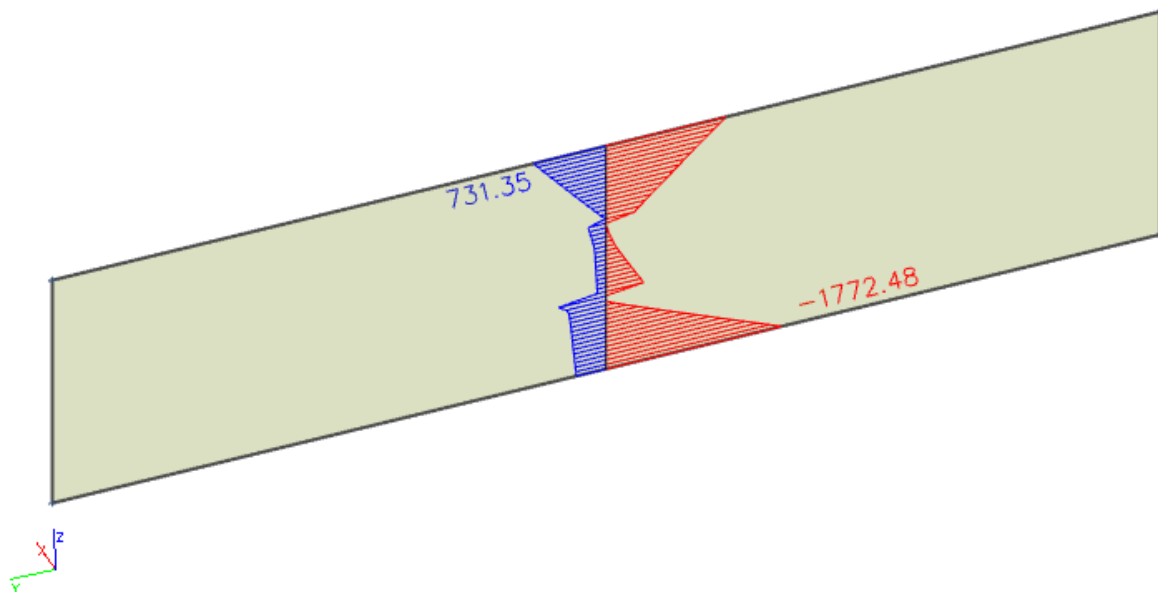
*Slika 8.7. Položaj proračunatog zida u y smjeru ( 2D )*



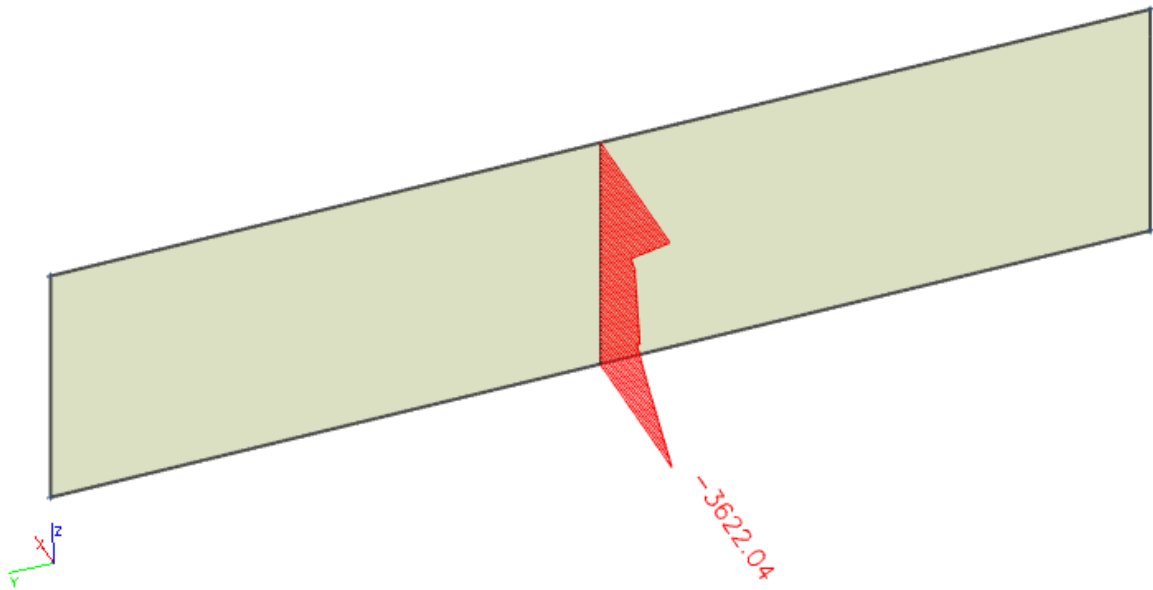
*Slika 8.8. Položaj proračunatog zida u y smjeru ( 3D )*



*Slika 8.9. M*

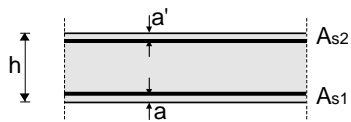


*Slika 8.10. V*



Slika 8.11. N

Poprečni presjek zida:



$h=20.0$  cm  
 $d=15.0$  cm  
 $a=a'=2.0$ cm

**BETON:**

C25/30

$f_{ck}=25.0$  Mpa

$f_{cd}=25.0/1.5=16.67$  Mpa

$f_{cd}=1.67$  kN/cm<sup>2</sup>

**ARMATURA:**

B500B

$f_{yk}=500.0$  Mpa

$f_{yd}=500.0/1.15=434.78$  Mpa

$f_{yd}=43.48$  kN/cm<sup>2</sup>

Karakteristike proračunatog zida	
<b>h<sub>s</sub>-visina etaže</b>	290 cm
<b>b<sub>w</sub>-debljina zida</b>	20 cm
<b>l<sub>w</sub>-duljina zida</b>	1260 cm
<b>h<sub>w</sub>-visina zida</b>	1160 cm
<b>n-broj etaža</b>	4
<b>d<sub>1</sub>-zaštiti sloj</b>	2 cm
<b>d</b>	287 cm
<b>Duktilnost</b>	DCM-srednja duktilnost

### PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{189 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} \rightarrow$   
 $l_{c0} = 30 \text{ cm}$

Vitkost zida:  $H_w/l_w = (4 \cdot 290)/1260 = 0.92 < 2 \rightarrow$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{1260 \text{ cm}; 193.33 \text{ cm}\} \rightarrow 1260 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:  $b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{189 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} =$   
 $30 \text{ cm}$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 8924.30 + 3622.04 \cdot \left(12.54 - \frac{2.90}{2}\right) = 49092.72 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 20 \cdot 1254^2 \cdot 1.67 = 8\,351\,003.47 \text{ kNcm} = 83510.03 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{49092.72 \cdot 100}{20 \cdot 1254^2 \cdot 1.67} = 0.093$$

Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.059$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0\%$ ;  $\varepsilon_{c2}=2.1\%$ ;  $\zeta=0.934$  ;  $\xi=0.174$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{49092.72 \cdot 100}{0.934 \cdot 1254 \cdot 43.48} - \frac{3622.04}{43.38} = 12.90 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 20 \cdot 1254 = 37.62 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: **26Ø16** ( $A_{s1} = 52.28 \text{ cm}^2$ )

## PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 4 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0$  → za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0$  → nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 1260 = 1008 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 30 \cdot 1008 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 13635.22 \text{ kN} > 1772.48 \text{ kN}$$

→ uvjet zadovoljava

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{8924.3}{1772.48 \cdot 12.54} = 0.401$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{1772.48}{30 \cdot (0.8 \cdot 1254) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.00135$$

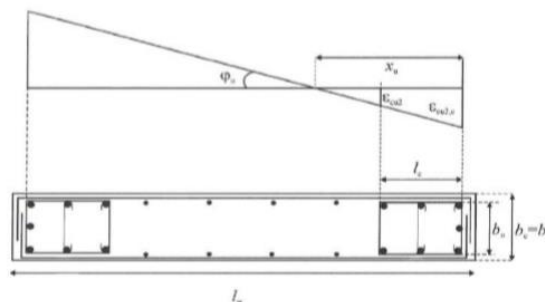
$$\rho_{h,min} > \max(0.00135; 0.25 \cdot \rho_v)$$

$$\rho_{h,min} > 0.00135$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 4.05 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

#### DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

- 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



Slika 8.12. Shema potresne armature



$$b_0 = 20 - 2 \cdot (2 + 0.5) = 15 \text{ cm}$$

$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0.00385$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.1$$

→ mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.430; T_c=0.4 ; q_0=3$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \leftrightarrow \text{ako je } T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot 3 - 1 = 5$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.0021734$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 5 \cdot (0.253 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{20}{15} - 0.035 = 0.118$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0153$$

$$x_u = (0.253 + 0.1) \cdot \frac{1260 \cdot 20}{15} = 593.04 \text{ cm}$$

$$h_0 = 593.04 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0153}\right) = 457.38 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$
$$\rightarrow \{189 \text{ cm}; 30 \text{ cm}; 457.38 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 457.38 \text{ cm}$$

Odabrana debljina rubnog elementa: 500 cm

Odabrana armatura: 26Ø16 ( $A_{s1} = 52.58 \text{ cm}^2$ ) →

odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 45.74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 365.90 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

### IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: **26Ø16 , Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona:  $S_w = 10 \text{ cm}$

$$H_{kr} = 290 \text{ cm}$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.118$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.544$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.651$$

$$\alpha = 0.24$$

$$0.24 \cdot \omega_{wd} = 0.118 \rightarrow \omega_{wd} = 0.491 > 0.08$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_v = 2 \cdot 15 + 2 \cdot 40 = 110 \text{ cm}$$

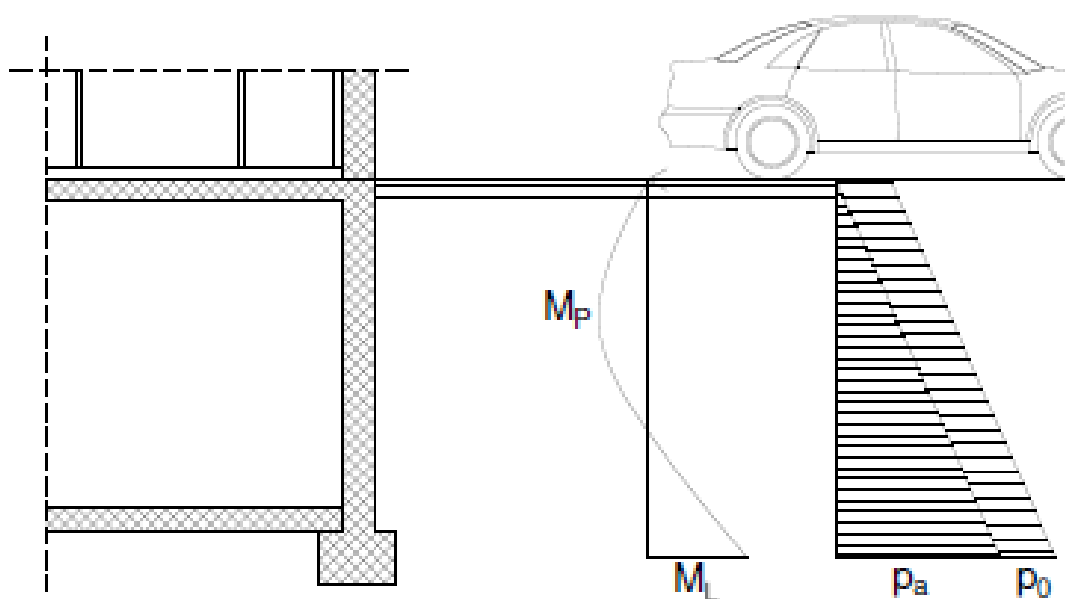
$$\text{Unutarnjih } L_u = 15 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 16.1 = 77.2 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (106 + 73.2) \cdot \frac{100}{10}}{15 \cdot 30 \cdot 100} \cdot \frac{43.48}{1.67} = 0.813 > 0.223$$

→ *Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan*

## 9. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE

Obodni zidovi garaže (podruma 2 i podruma 1) opterećeni su dodatno i aktivnim tlakom tla. Uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji imaju i ulogu potpornog zida koji omeđuje cijelu građevinu na podzemnoj etaži. Dodatni tlak vode se ne uzima u obzir budući da je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 9.1. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tlom računamo kao :  $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

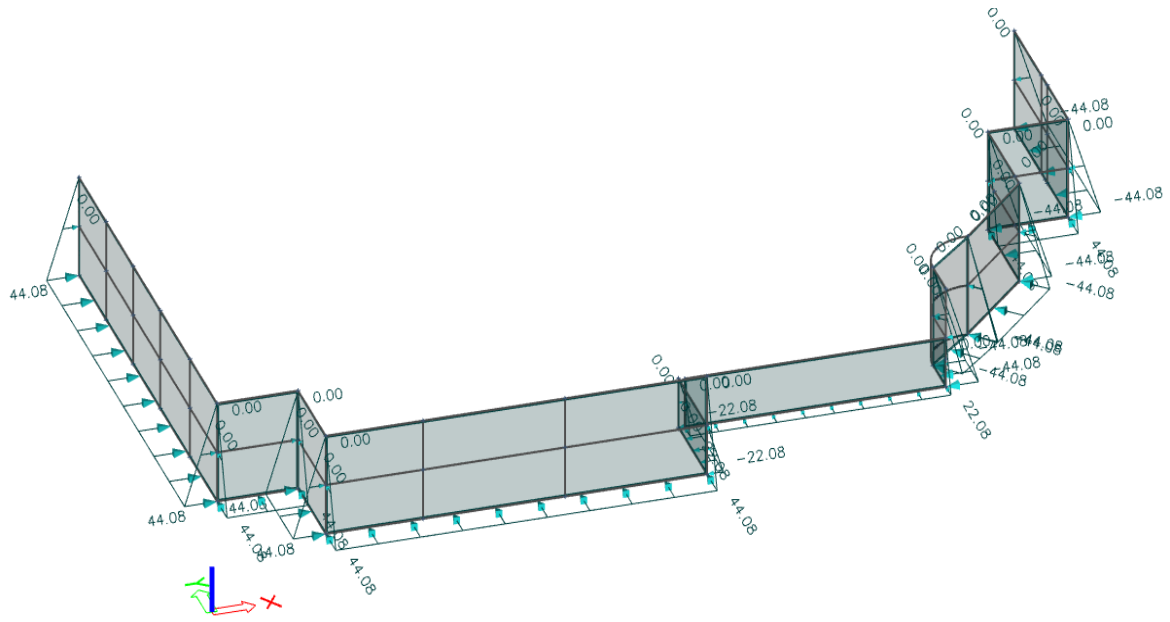
$$K_0 = 0,4 - \text{koeficijent tlaka mirovanja}$$

$$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H - \text{vertikalno naprezanje u tlu}$$

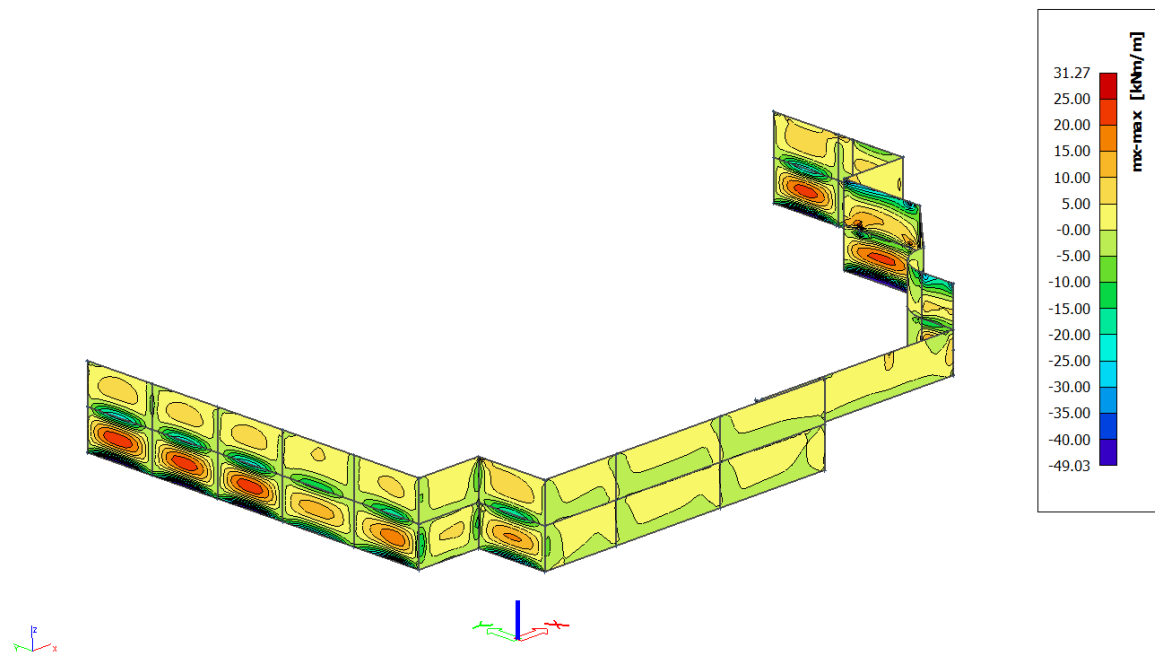
$$\gamma_{tla} = 19 \frac{kN}{m^3} - \text{jedinična težina tla za slojeve lapora slične vapnencu}$$

$$H = 5.8 \text{ m} - \text{visina zida ispod tla}$$

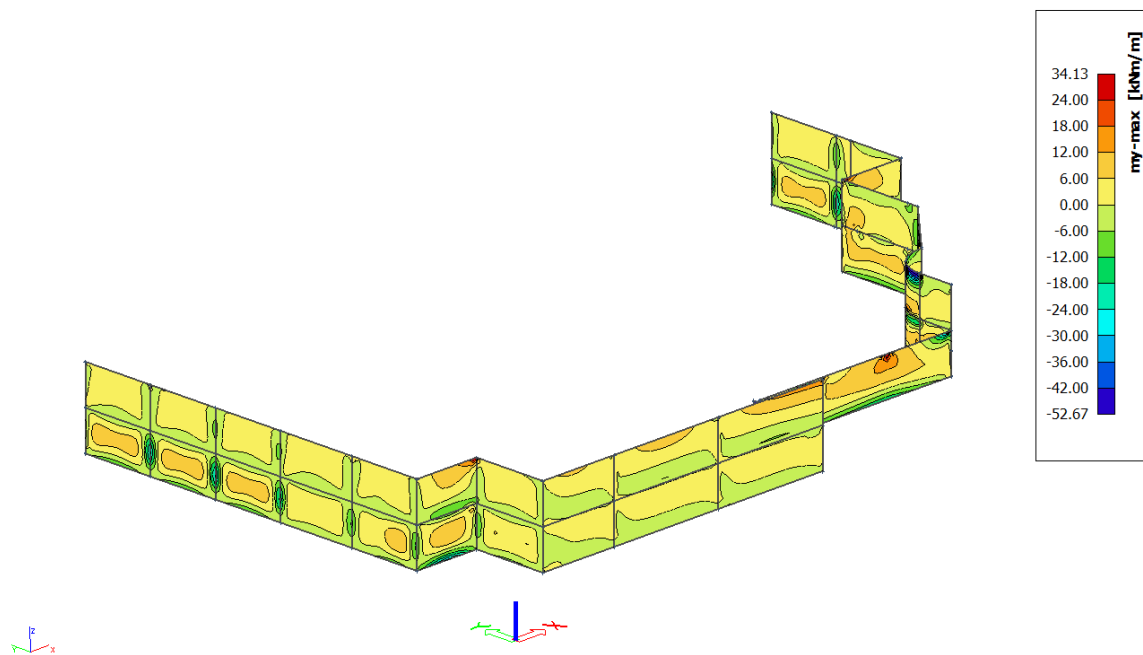
$$p_a = 19 \cdot 5.8 \cdot 0,4 = 44.08 \frac{kN}{m^2}$$



Slika 9.2. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže u modelu



Slika 9.3.  $M_x$



Slika 9.4.  $M_y$

Proračun armature za unutarnju stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 1.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 34 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 34.13 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3413}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,059$$

$$Očitano: \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 16 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.950$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3413}{0,950 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4.86 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

Proračun armature za vanjsku stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91.90 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 1.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 24 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 52.67 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{52.67}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,091$$

$$Očitano: \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.1 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.934$$

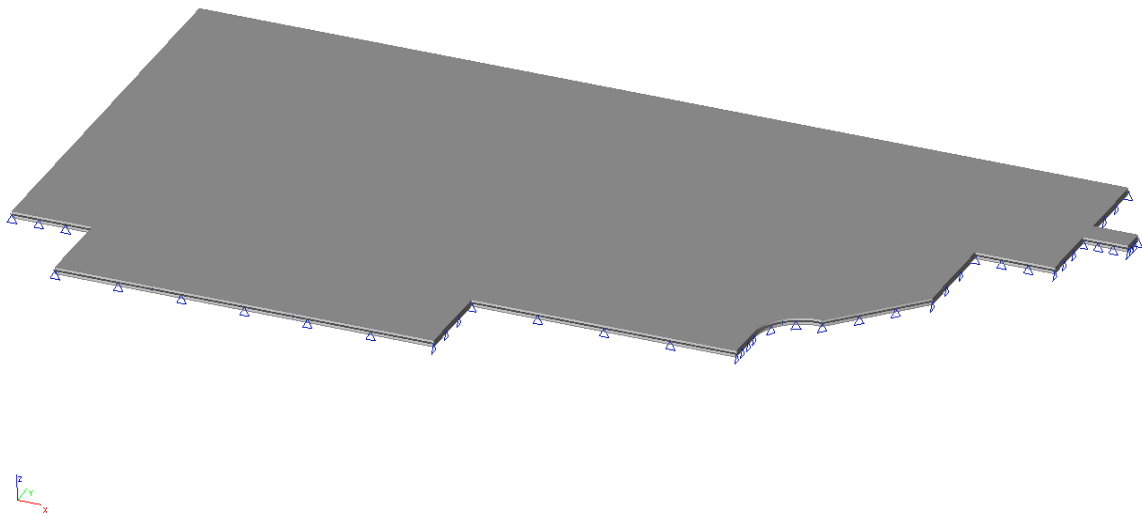
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5267}{0,934 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7.63 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

## 10. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE

### 10.1. Proračun temeljne ploče $d_{pl}=40$ cm

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



Slika 10.1. Renderirani prikaz temeljne ploče

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 40 \text{ cm}$$

$$d_1 = 8 \text{ cm } d = 32 \text{ cm}$$

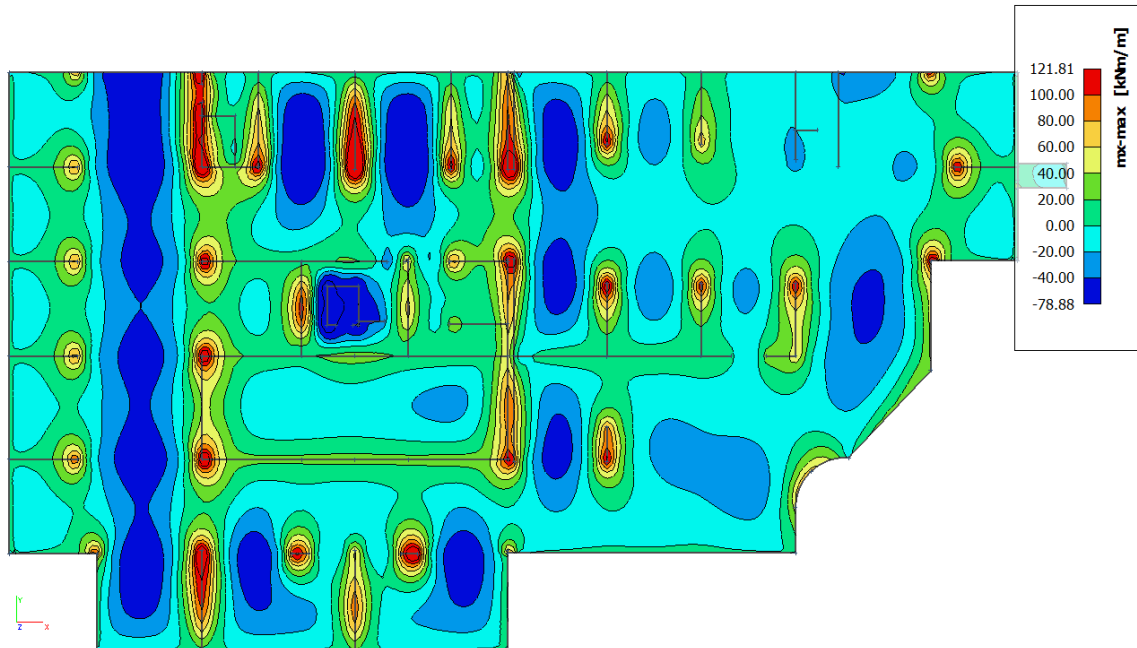
$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 32^2 \cdot 2.0 = 325.63 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 32 \cdot 43.48$$

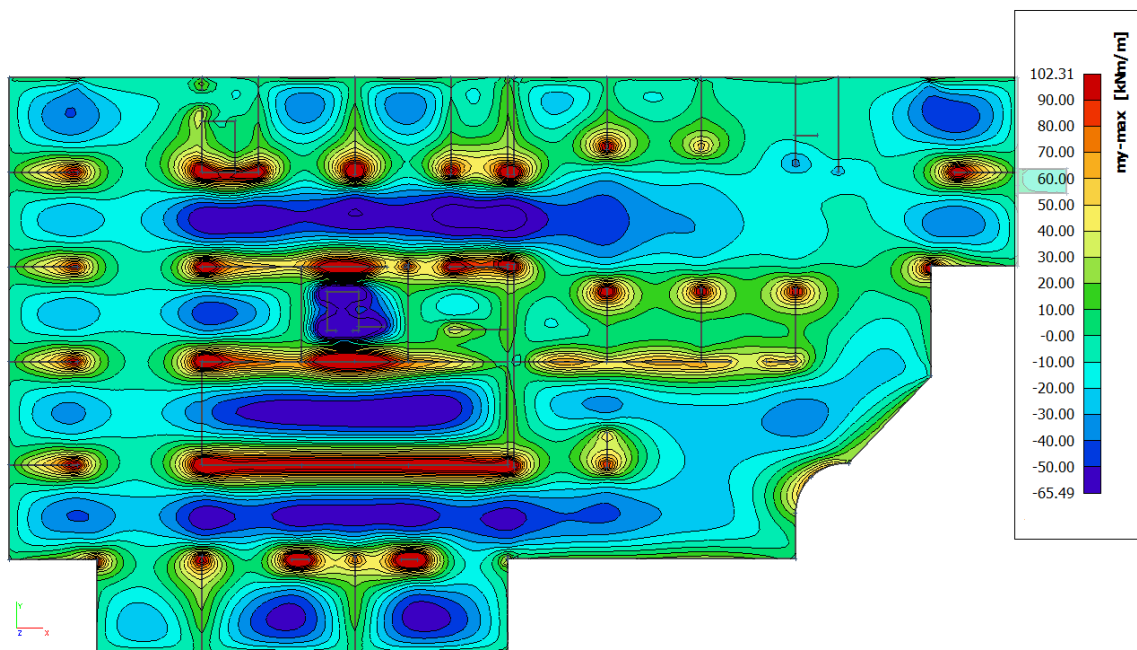


$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{40}{100} = 4.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{40}{100} = 80 \text{ cm}^2$$

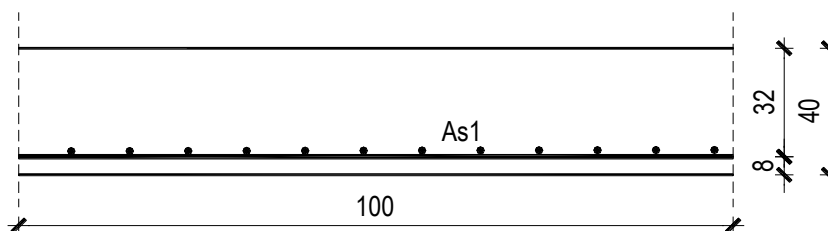


Slika 10.2. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.3. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

**Dimenzioniranje donje zone-ležaj**



$$M_{Ed} = 121.81 \text{ kNm/m}$$

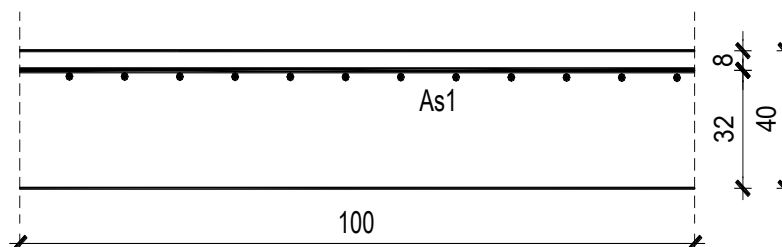
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12181}{100 \cdot 32^2 \cdot 2.0} = 0.059$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12181}{0.953 \cdot 32 \cdot 43.48} = 9.18 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 70 cm ( $A_s = 10.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Dimenzioniranje gornje zone-polje**



$$M_{Ed} = 78.88 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7888}{100 \cdot 32^2 \cdot 2.0} = 0.039$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1.2 \text{ ‰}$   $\zeta = 0.962$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7888}{0.962 \cdot 32 \cdot 43.48} = 5.89 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

## 11. GRAFIČKI PRILOZI

1. Tlocrt podruma 2 - plan pozicija 100 C/D	M1:250
2. Tlocrt podruma 1 - plan pozicija 200 C/D	M1:250
3. Tlocrt suterena - plan pozicija 300 C/D	M1:250
4. Tlocrt prizemlja - plan pozicija 400 C/D	M1:250
5. Tlocrt 1-4. kat - plan pozicija 500-800 C/D	M1:250
6. Tlocrt nadgrađa - plan pozicija 900 C/D	M1:250
7. Presjek 1-1	M1:200
8. Presjek 2-2	M1:200
9. Južno pročelje	M1:250
10. Zapadno pročelje	M1:250
11. Istočno pročelje	M1:250
12. Armatura ploče pozicije 100 C/D - donja zona	M1:200
13. Armatura ploče pozicije 100 C/D - gornja zona	M1:200
14. Armatura ploče pozicije 200 C/D- donja zona	M1:200
15. Armatura ploče pozicije 200 C/D- gornja zona	M1:200
16. Armatura ploče pozicije 300 C	M1:200
17. Armatura ploče pozicije 400 C	M1:200
18. Armatura ploče pozicije 500 C I 700 C	M1:200
19. Armatura ploče pozicije 600 C	M1:200
20. Armatura ploče pozicije 800 C	M1:200
21. Armatura ploče pozicije 900 C	M1:200
22. Armatura stubišta C	M1:20
23. Armatura stubišta D	M1:20
24. Plan pozicija i armatura zidova	M1:20
25. Armatura temeljne ploče	M1:400

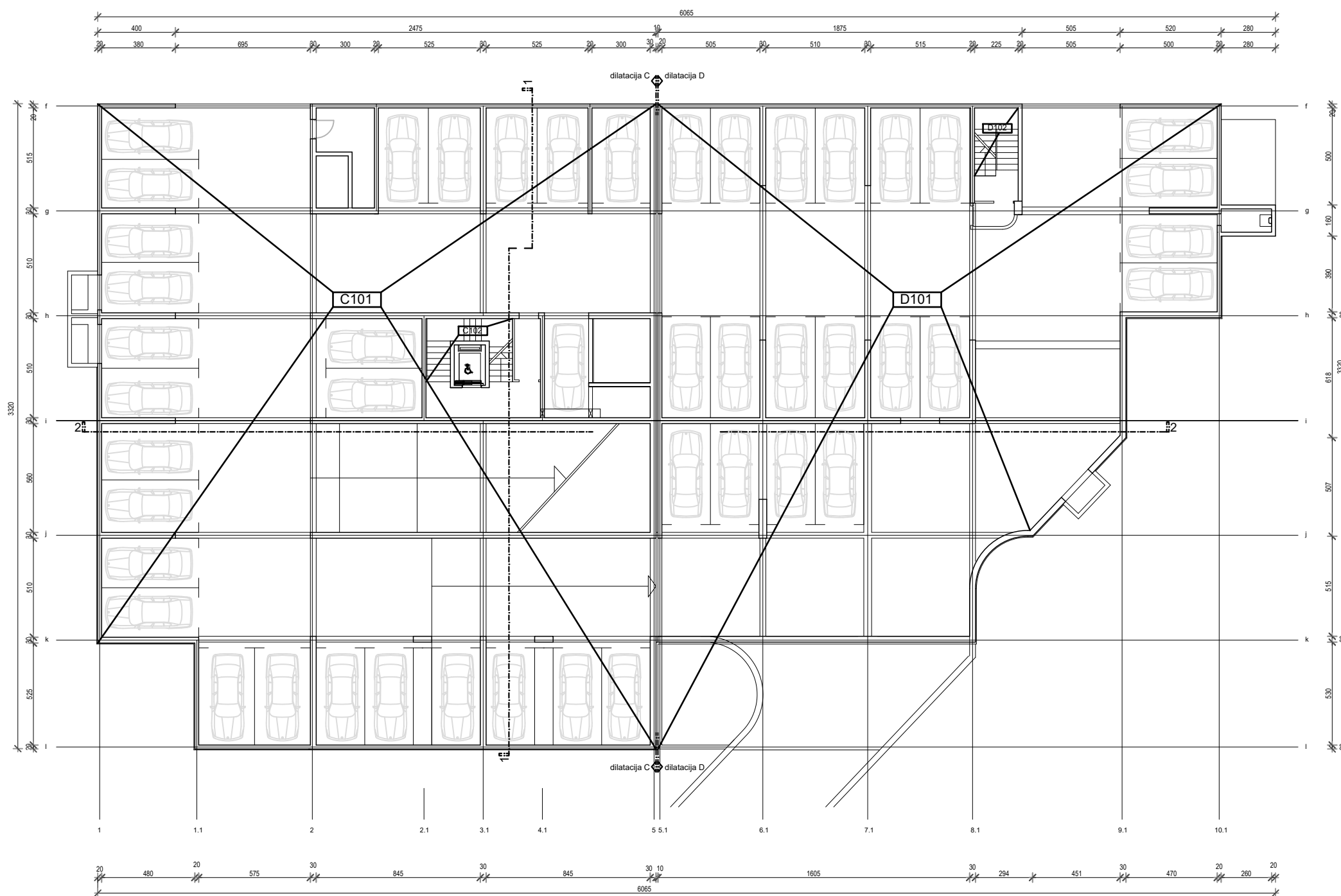
## 12. LITERATURA


- (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*

Korišteni računalni programi:

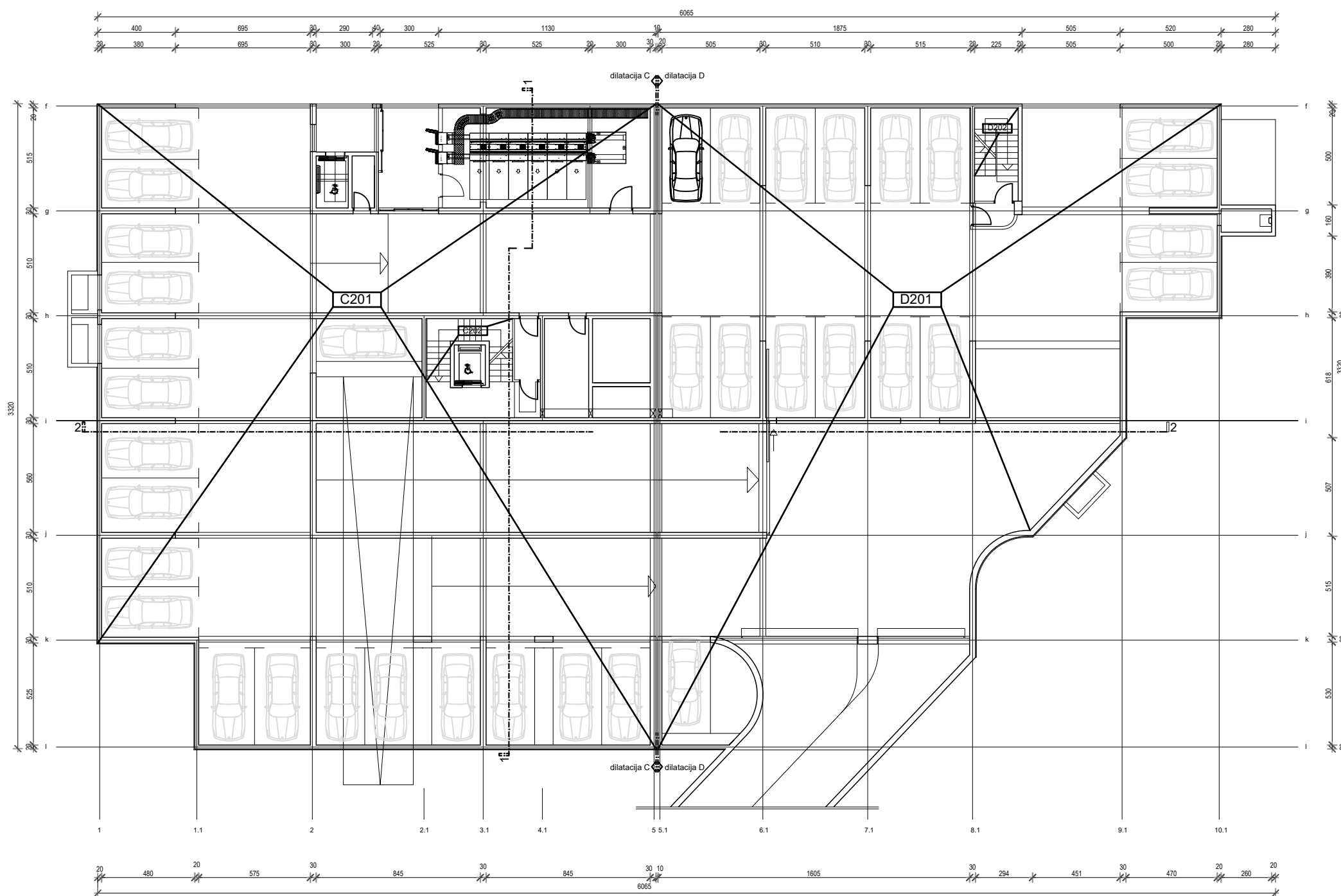
1. AutoCad 2018.
2. Scia Engineer 19.1
3. Microsoft word
4. Microsoft excel


# Tlocrt podruma 2- plan pozicija 100 C / D M 1:250



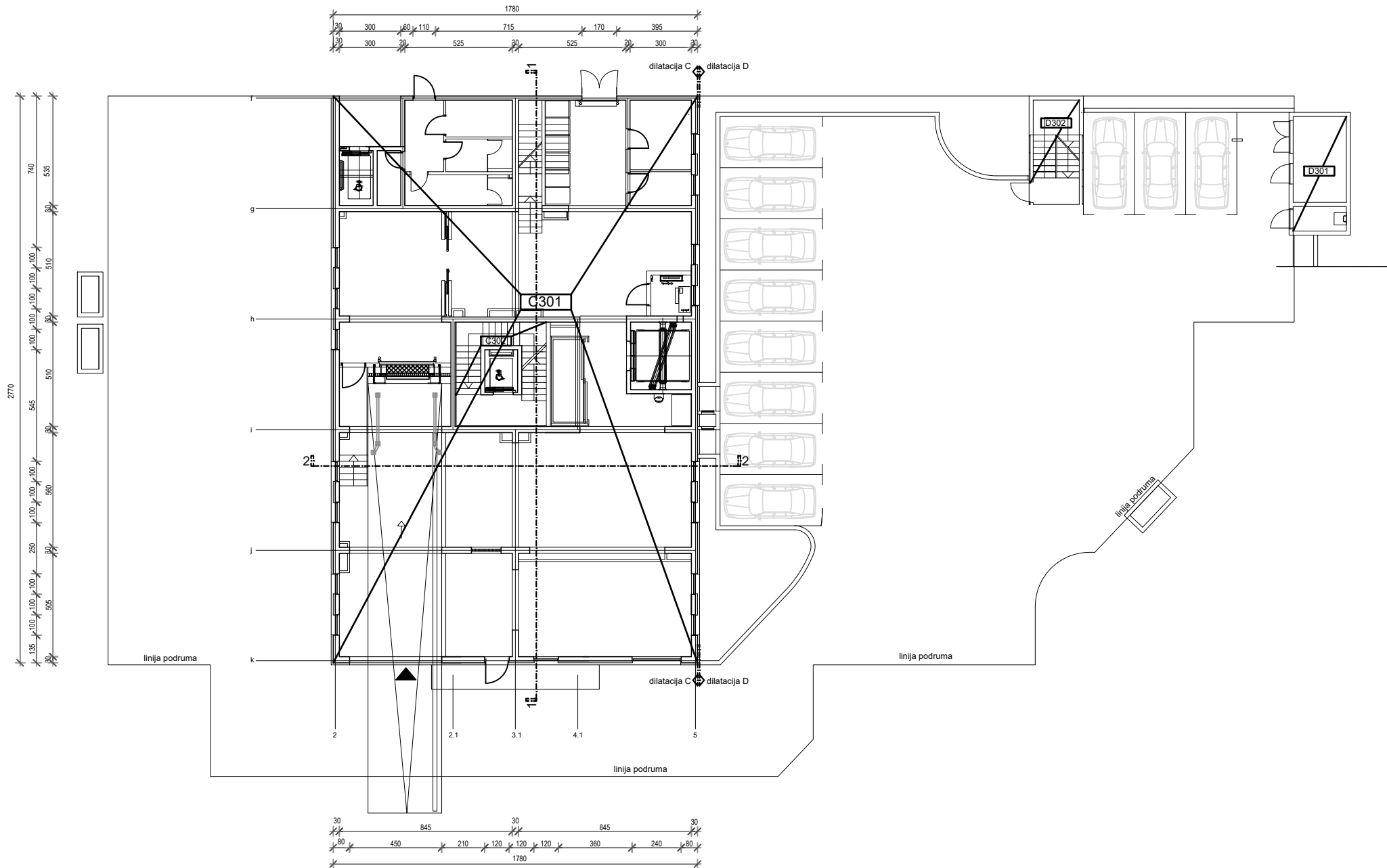
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Tlocrt podruma 2 i plan pozicija	BROJ PRILOGA: 1


# Tlocrt podruma 1- plan pozicija 200 C / D M 1:250



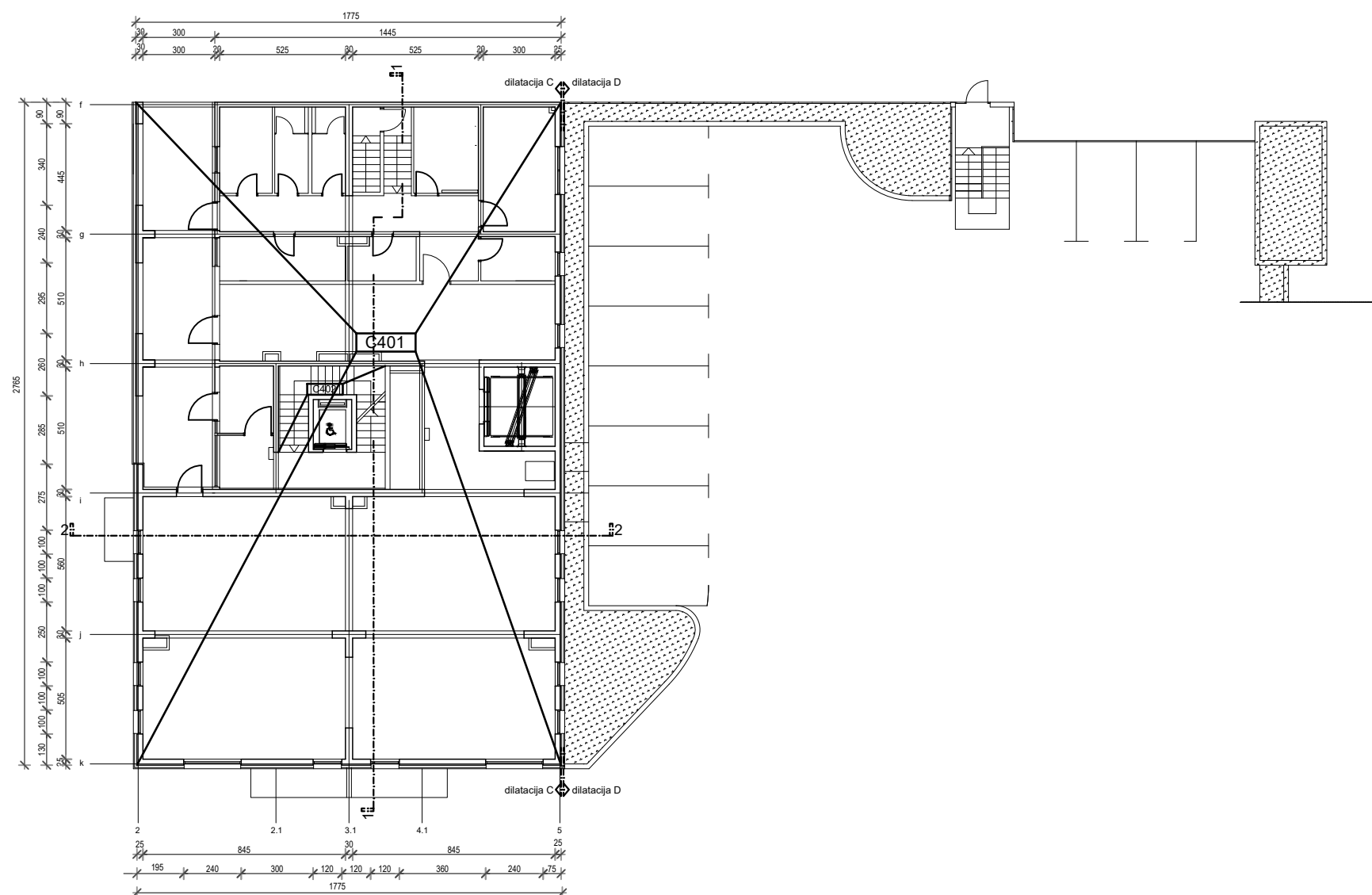
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Tlocrt podruma 1 i plan pozicija	BROJ PRILOGA: 2


# Tlocrt sutereana- plan pozicija 300 C / D M 1:250



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Tlocrt sutereana i plan pozicija	BROJ PRILOGA: 3

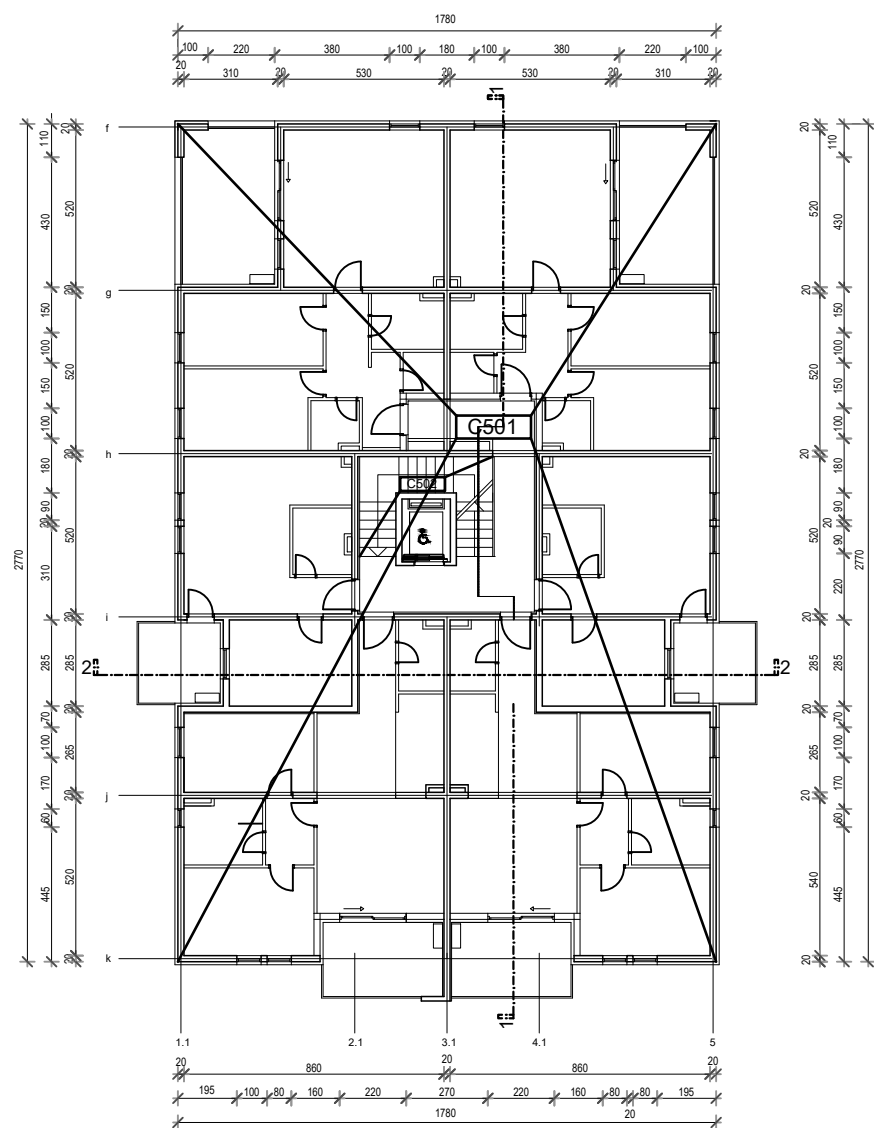
Tlocrt prizemlja- plan  
pozicija 400 C  
M 1:250



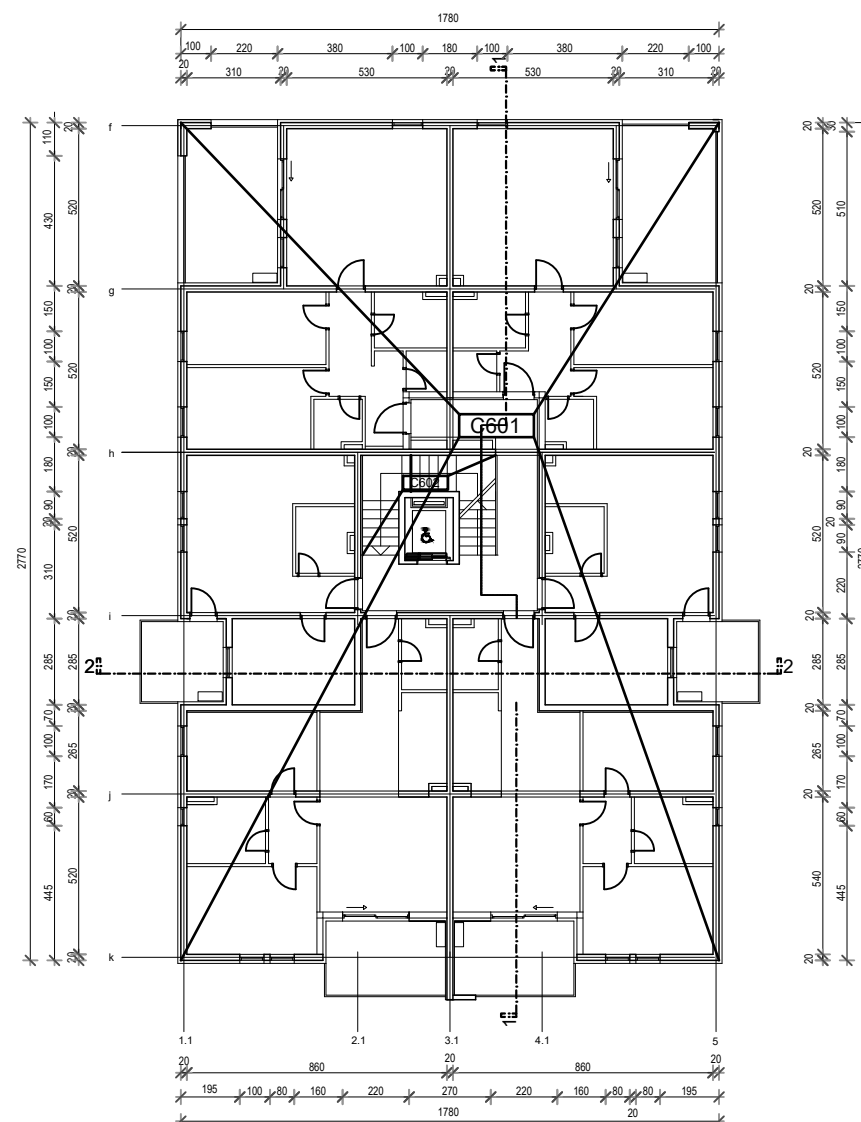
 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel + 385 (0)21 303333, fax + 385 (0)21 465117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Tlocrt prizemlja i plan pozicija	BROJ PRILOGA: 4




Plan pozicija 500 C  
Plan pozicija 700 C  
M 1:250



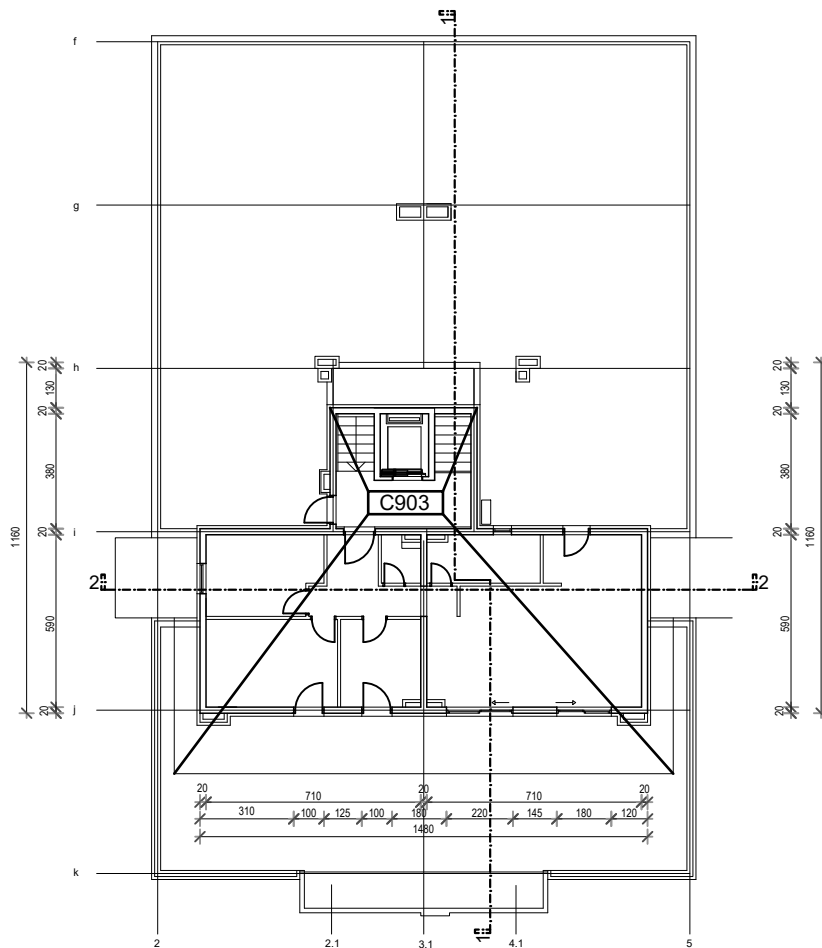
Plan pozicija 600 C  
Plan pozicija 800 C  
M 1:250




 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Tlocrt katova 500-800 i plan pozicija	BROJ PRILOGA: 5

# Plan pozicija 900 C

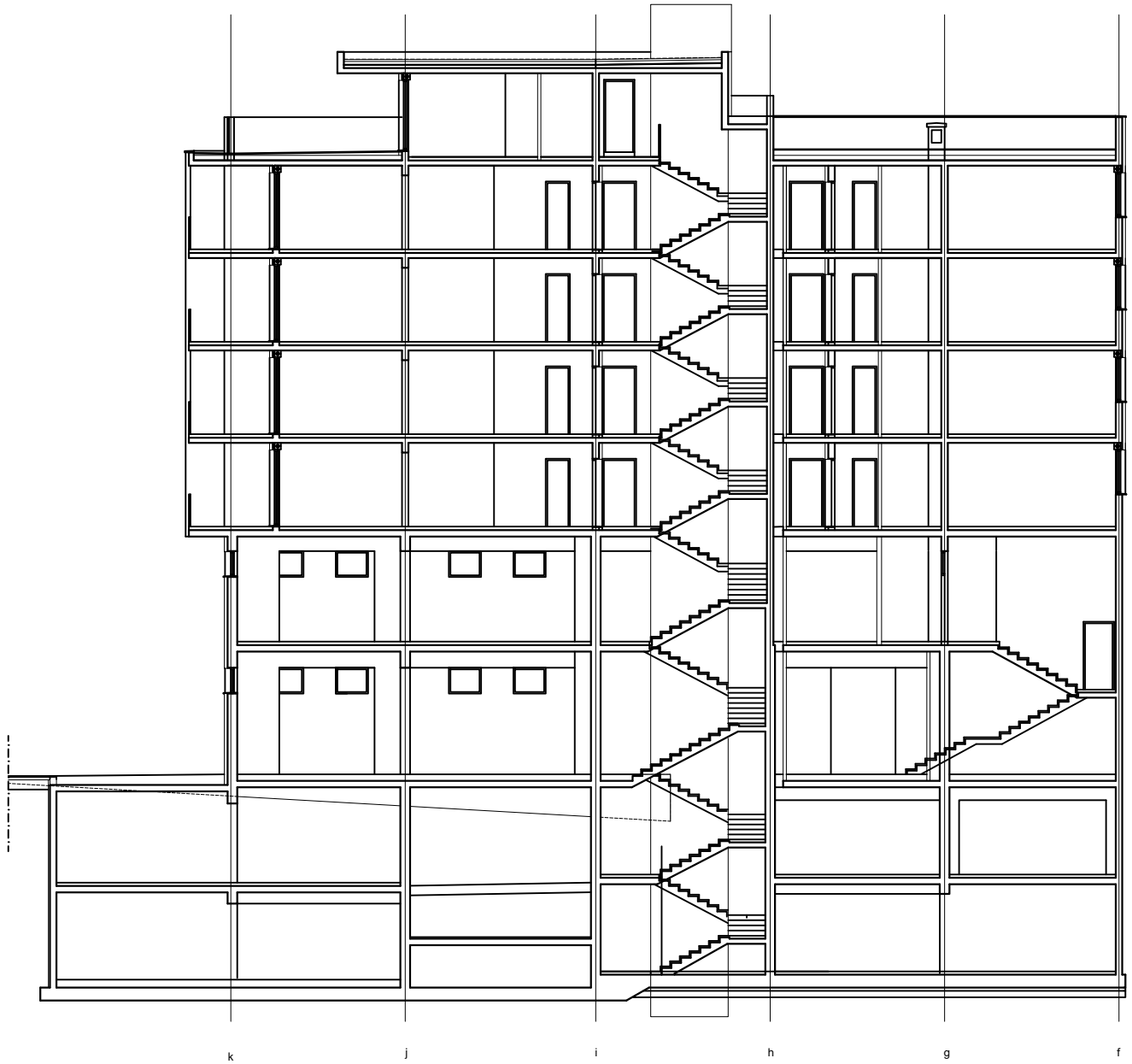
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel. + 385 (0)21 303333, fax. + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ:	MJERILO:
	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	1:250
	GRADEVINA:	DATUM:
	Poslovno-stambena zgrada u Splitu	rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA:	BROJ PROJEKTA:
	Projekt konstrukcije	340/19-A
RAZINA PROJEKTA:	PROJEKTANT:	
GLAVNI PROJEKT	Alen Babić	
SADRŽAJ:	BROJ PRILOGA:	
Tlocrt nadgrađa i plan pozicija	6	

# Presjek 1-1

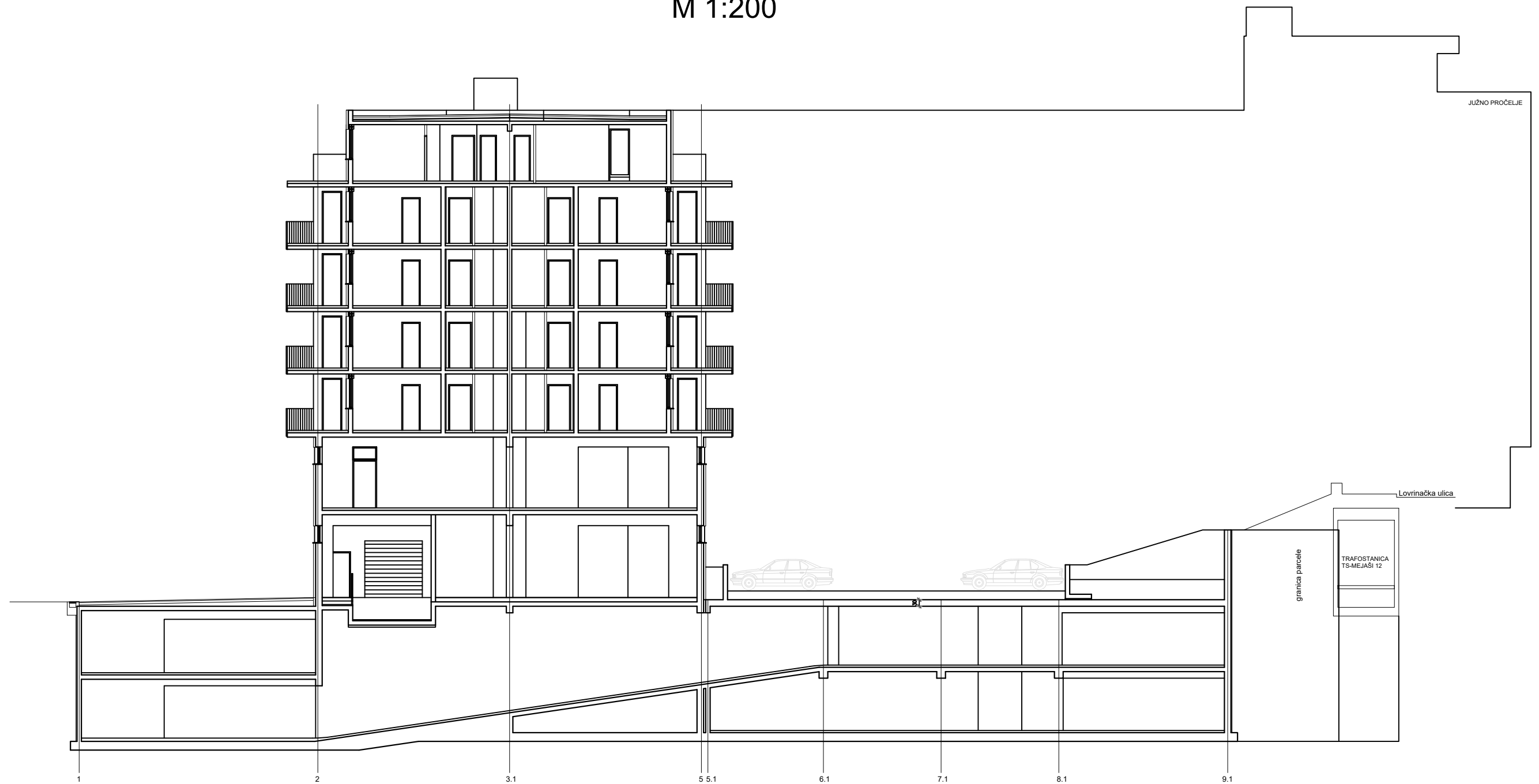
M 1:200




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 405117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Presjek 1-1	BROJ PRILOGA: 7

# Presjek 2-2

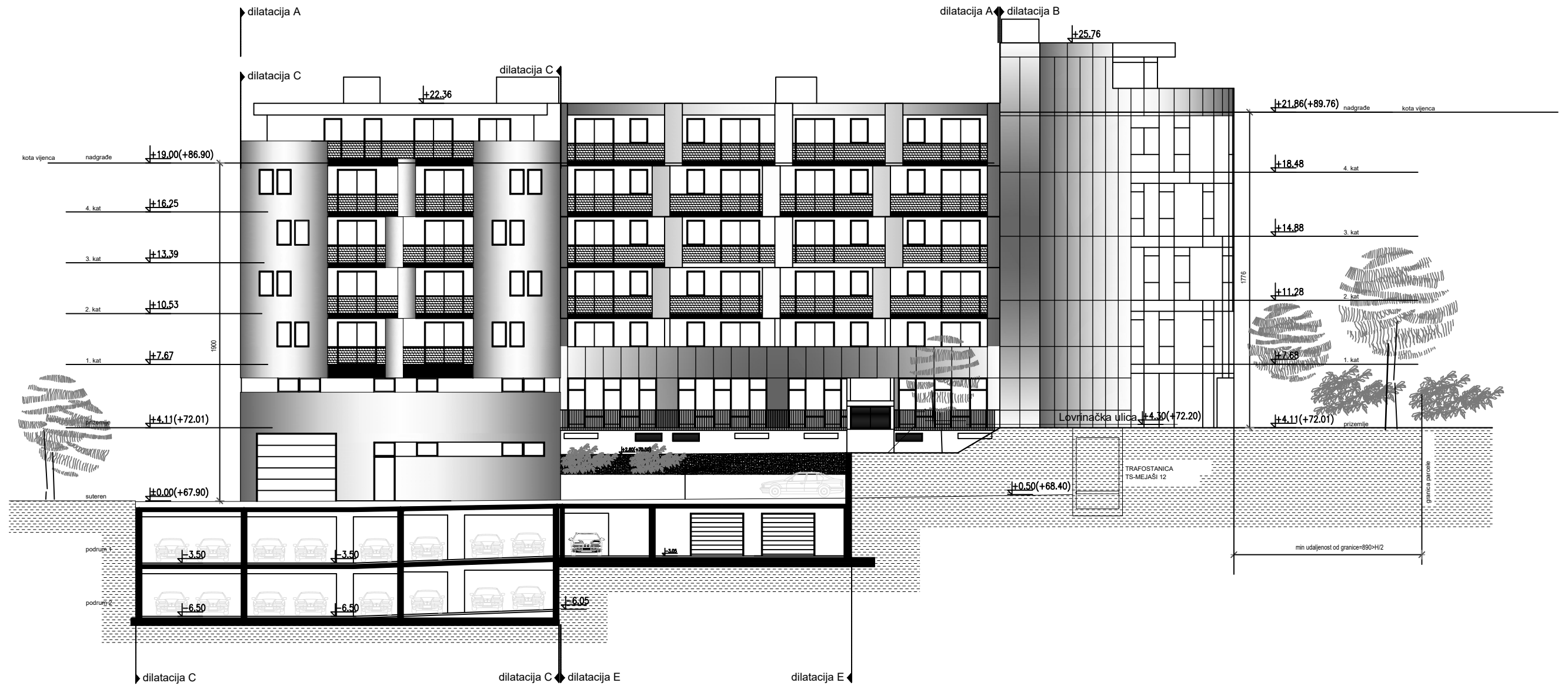
M 1:200



 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Presjek 2-2	BROJ PRILOGA: 8

# Južno pročelje


## M 1:250



# Zapadno pročelje

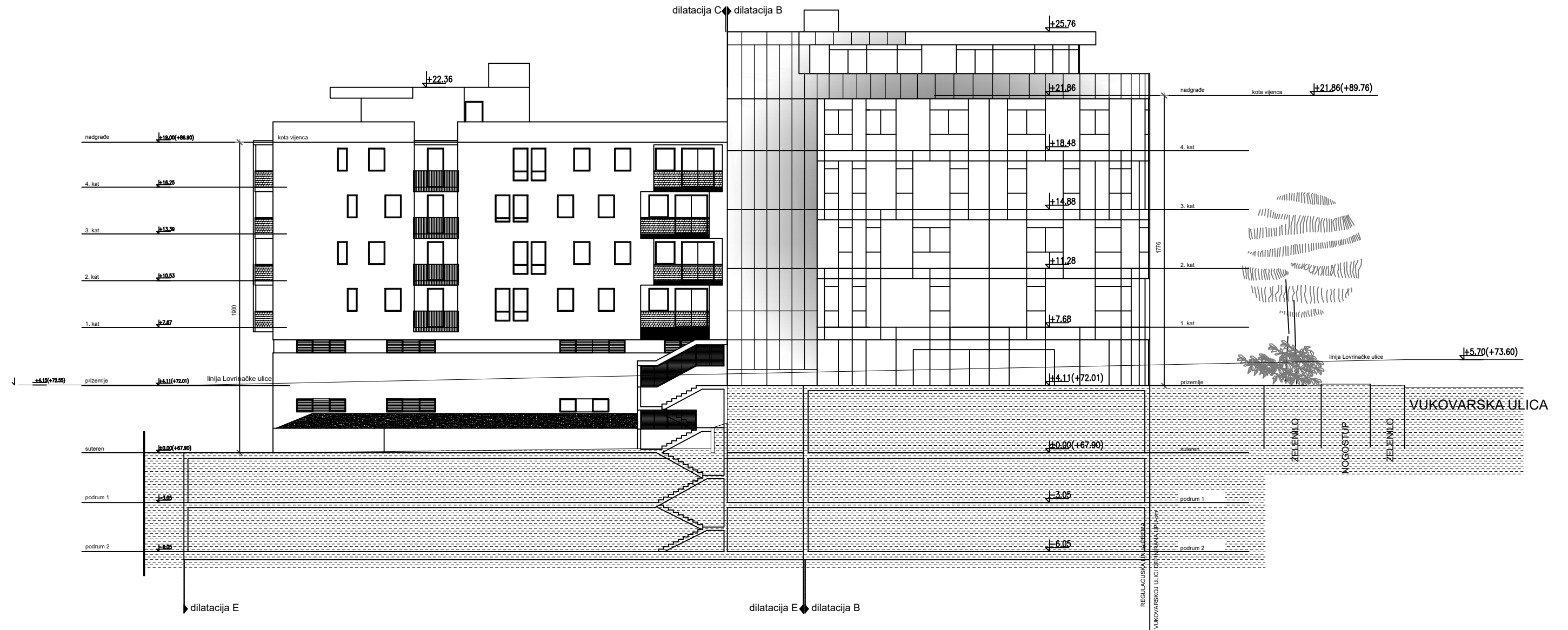
## M 1:250




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Zapadno pročelje	BROJ PRILOGA: 10

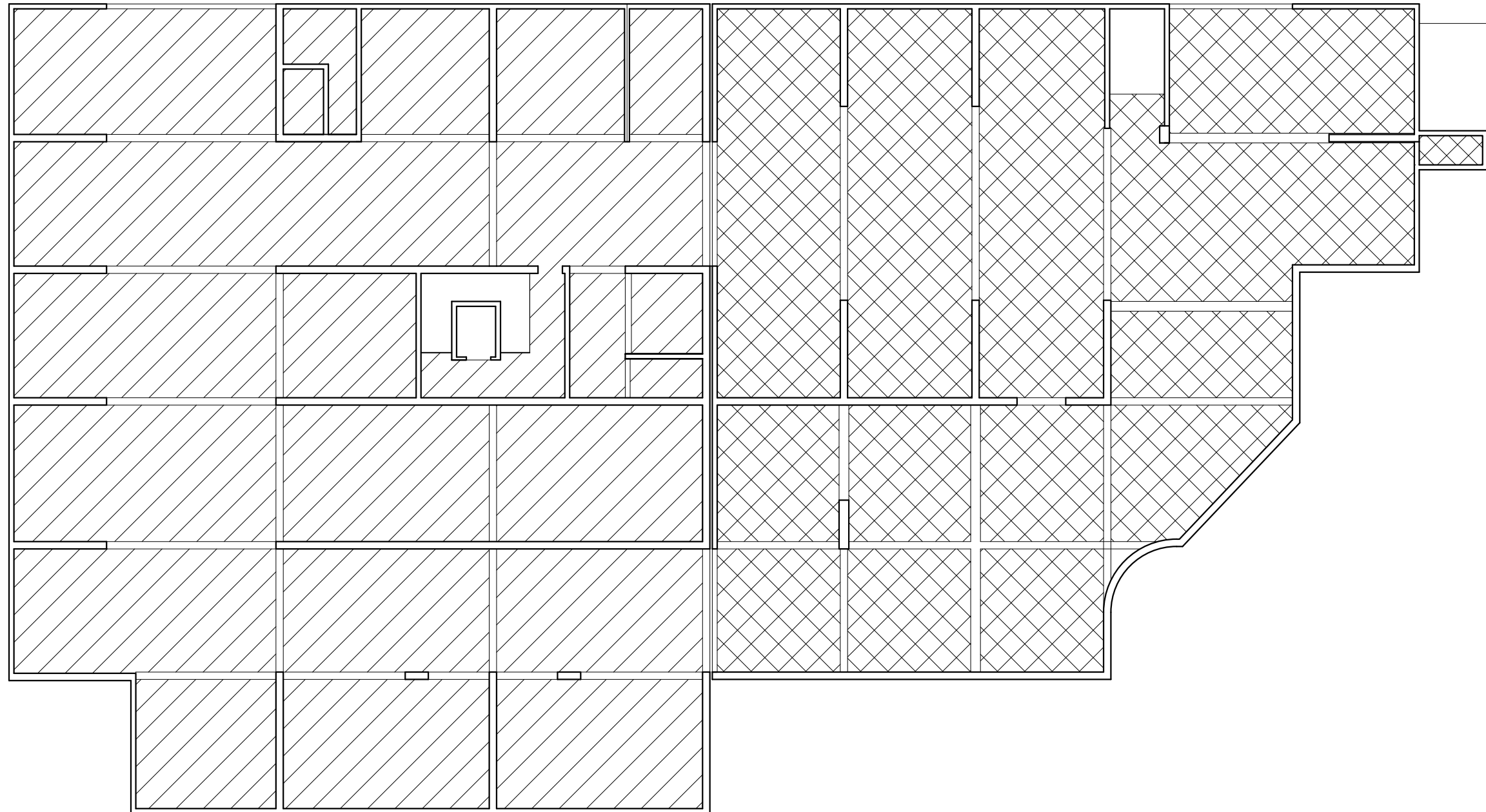
# Istočno pročelje

## M 1:250



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Istočno pročelje	BROJ PRILOGA: 11

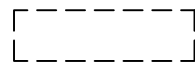
Armatura ploče pozicije  
100 C / D - donja zona  
M 1:200



Q-785

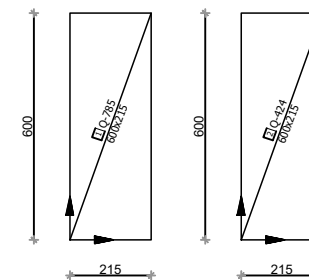


Q-424



otvor u ploči

Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

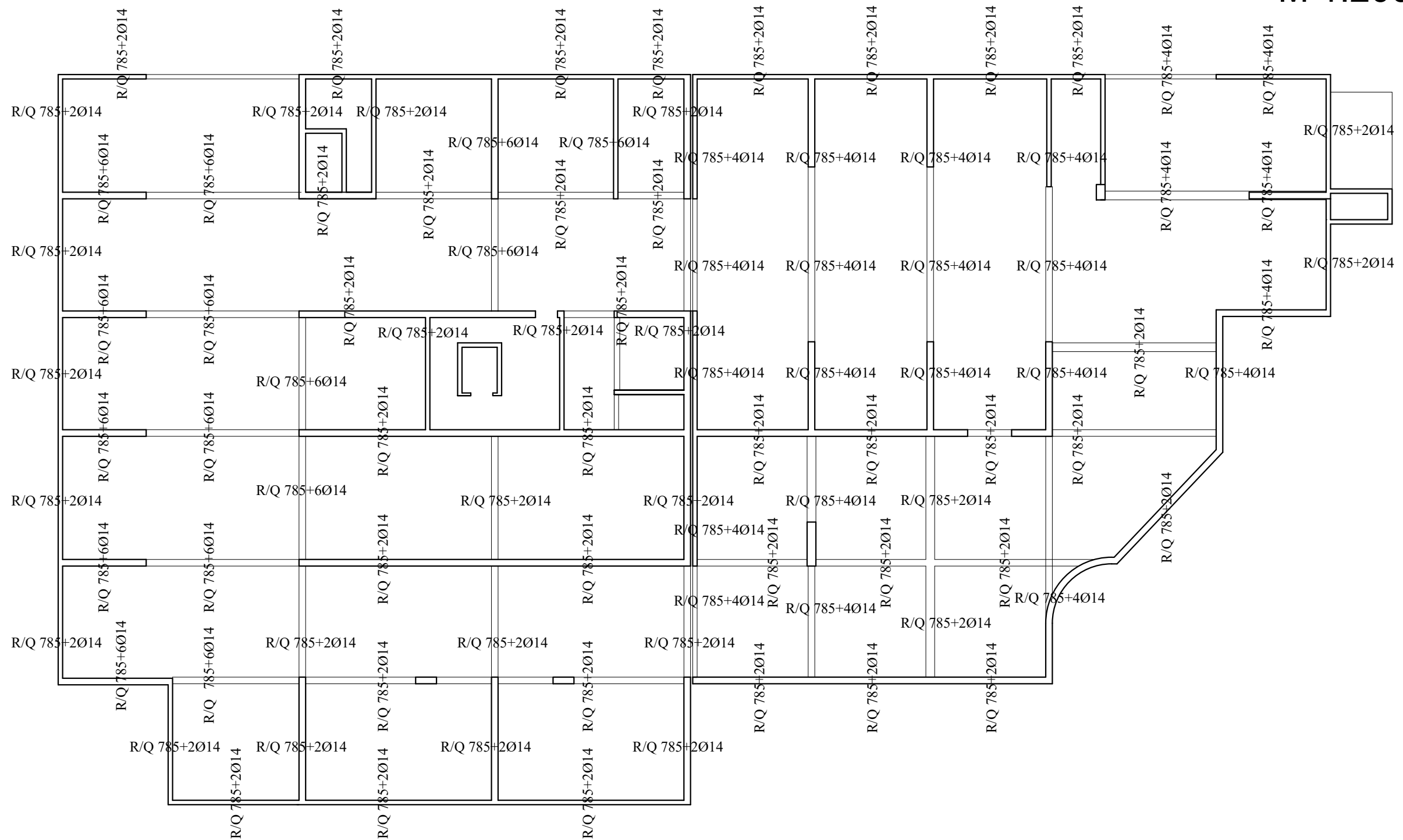


Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 100 C/D - gornja zona	BROJ PRILOGA: 12



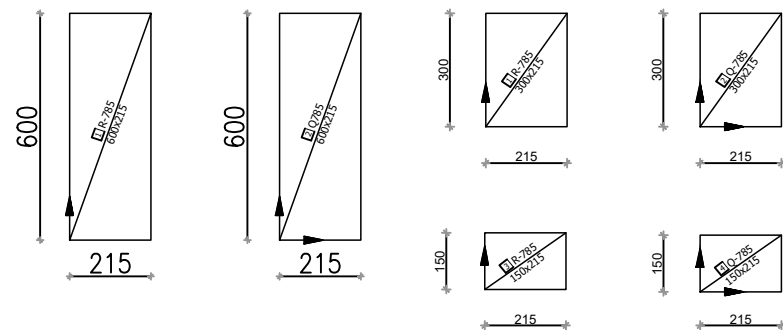
# Armatura ploče pozicije 100 C / D - gornja zona M 1:200




**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

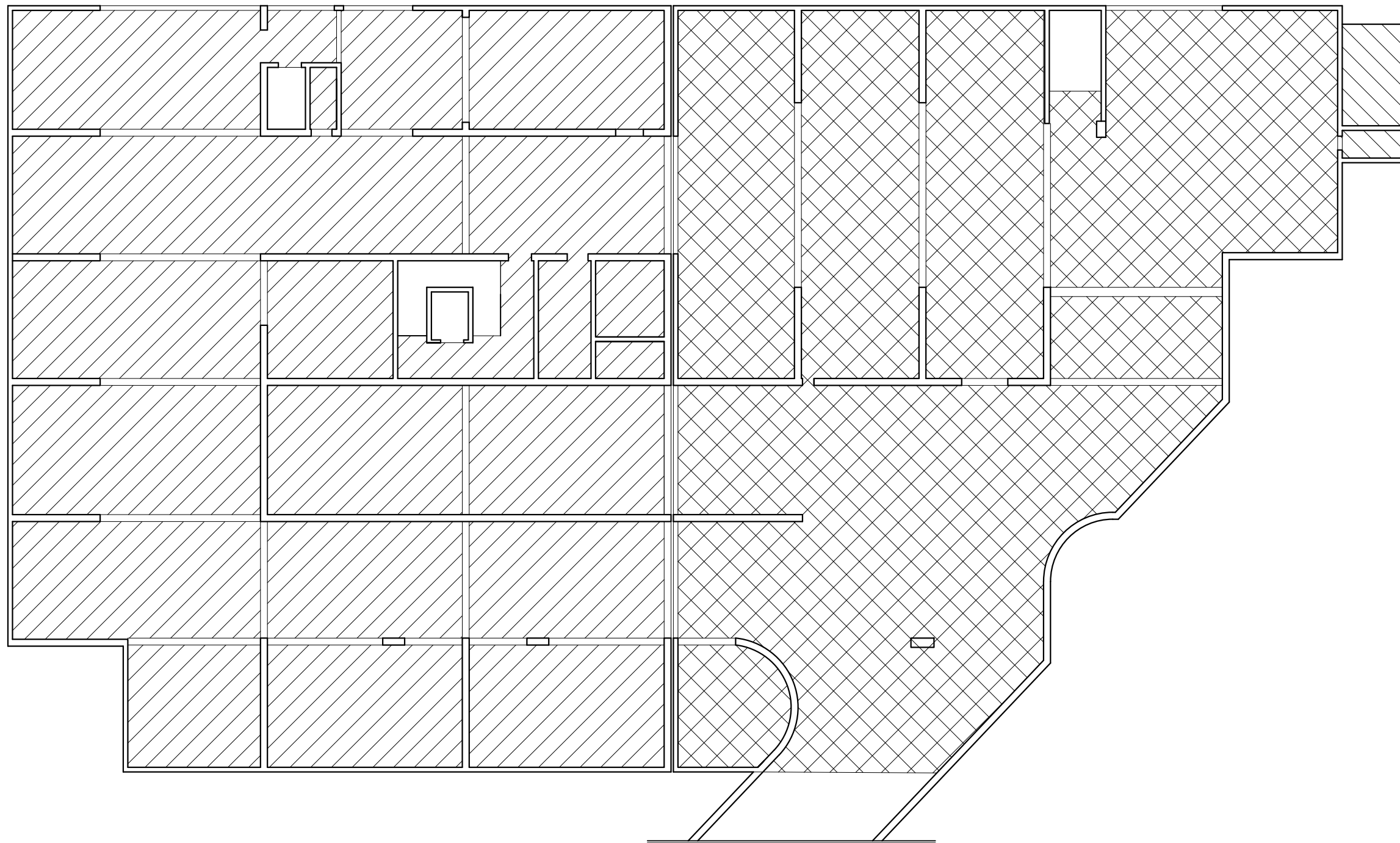
-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 100 C/D - gornja zona	BROJ PRILOGA: 13

Armatura ploče pozicije  
200 C / D - donja zona  
M 1:200



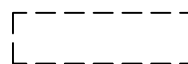
Q-503



Q-785

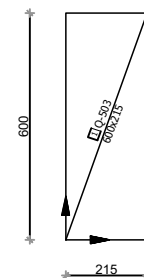


Q-283 armatura ploče trafostanice pozicija 300D



otvor u ploči

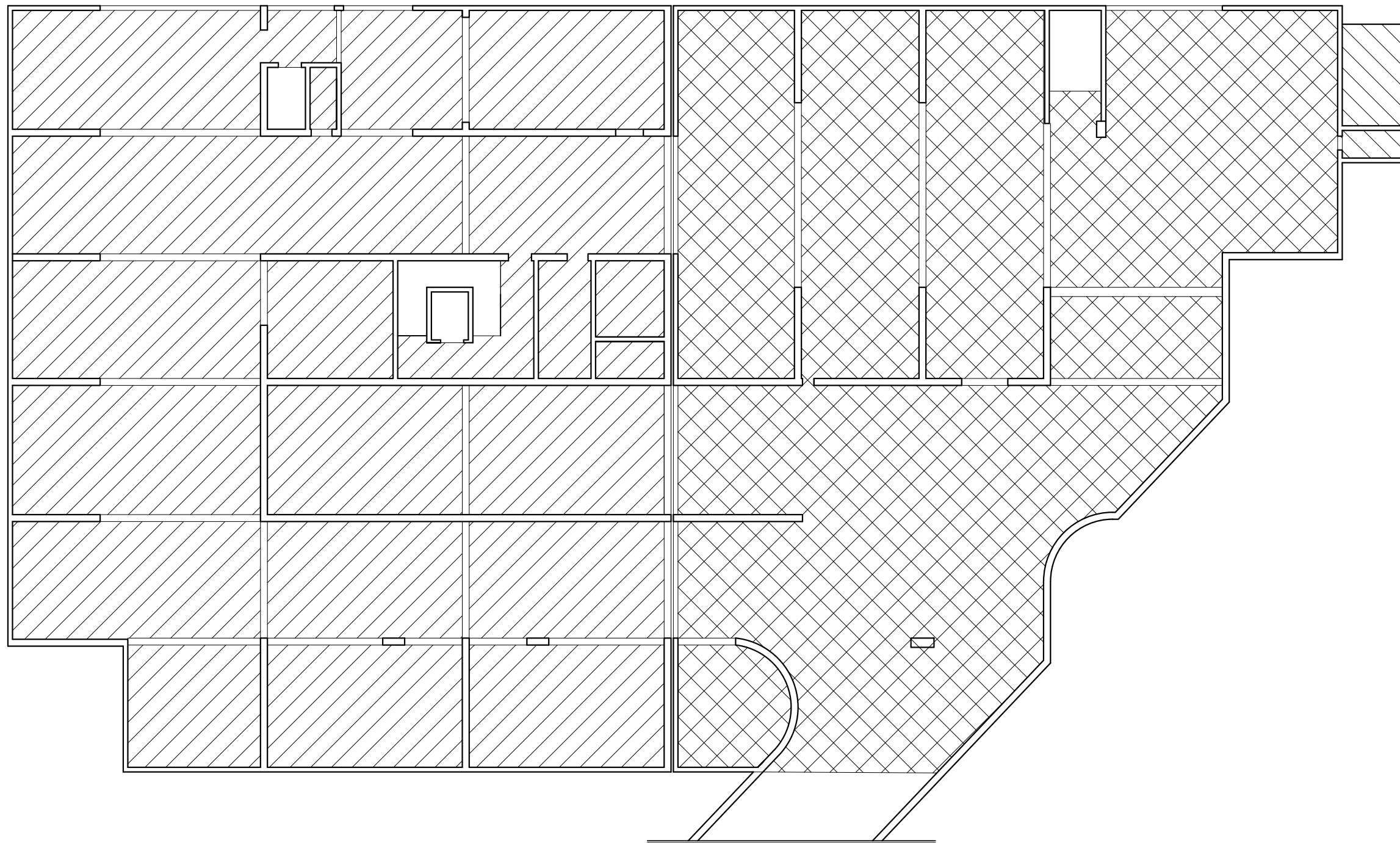
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 455117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200 C/D - donja zona	BROJ PRILOGA: 14

Armatura ploče pozicije  
200 C / D - donja zona  
M 1:200



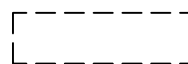
Q-503



Q-785

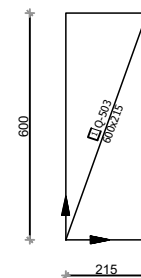


Q-283 armatura ploče trafostanice pozicija 300D



otvor u ploči

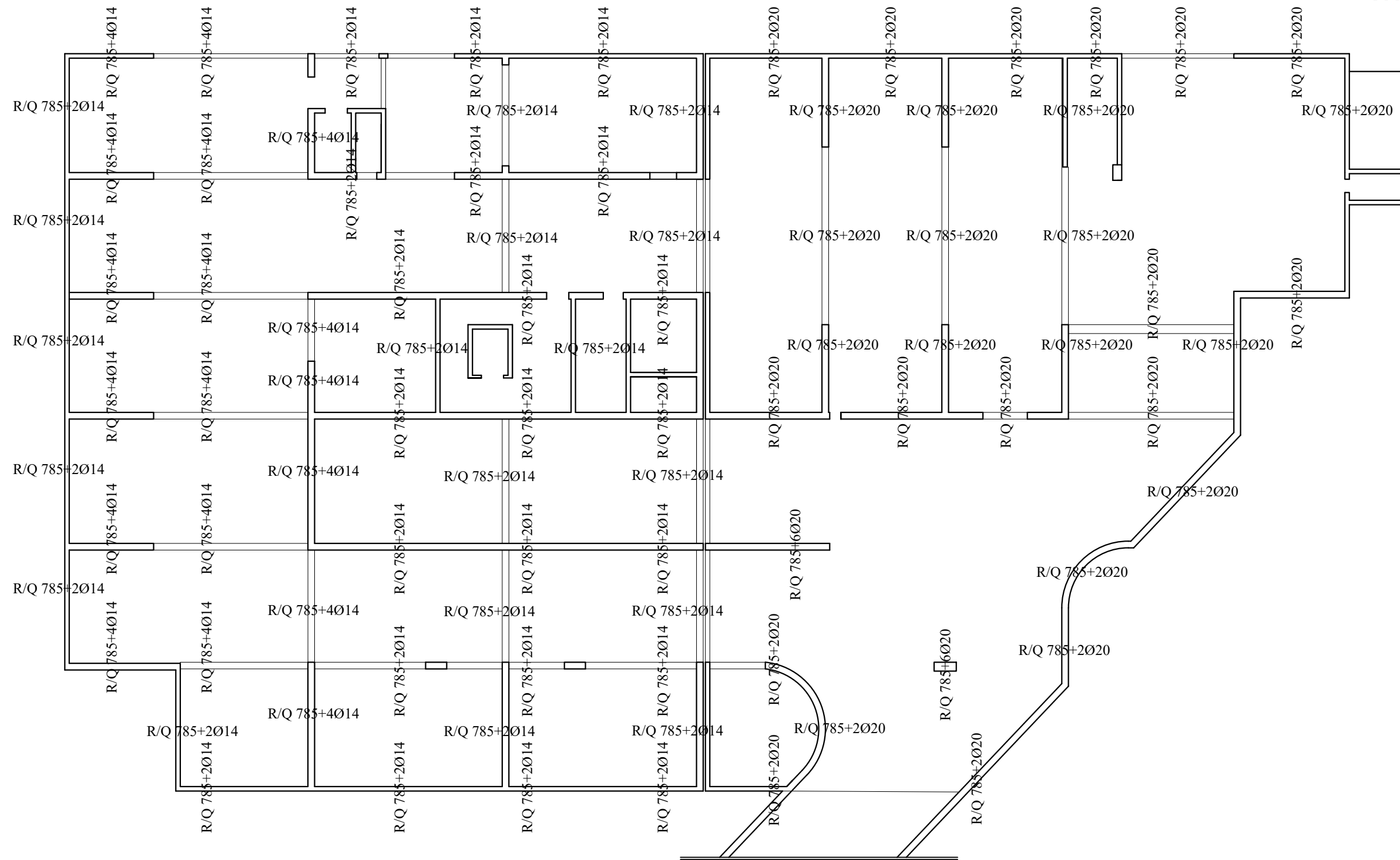
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



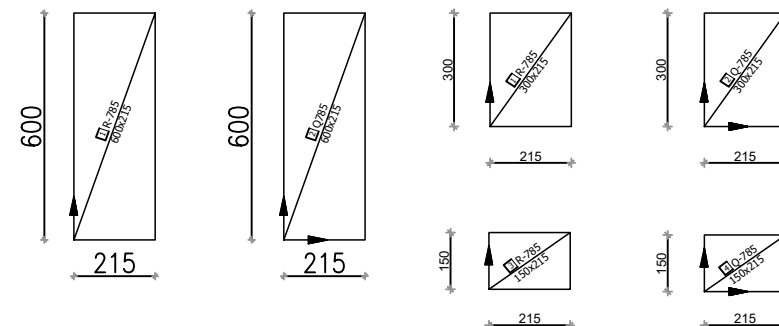
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 455117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200 C/D - donja zona	BROJ PRILOGA: 14


# Armatura ploče pozicije 200 C / D - gornja zona M 1:200



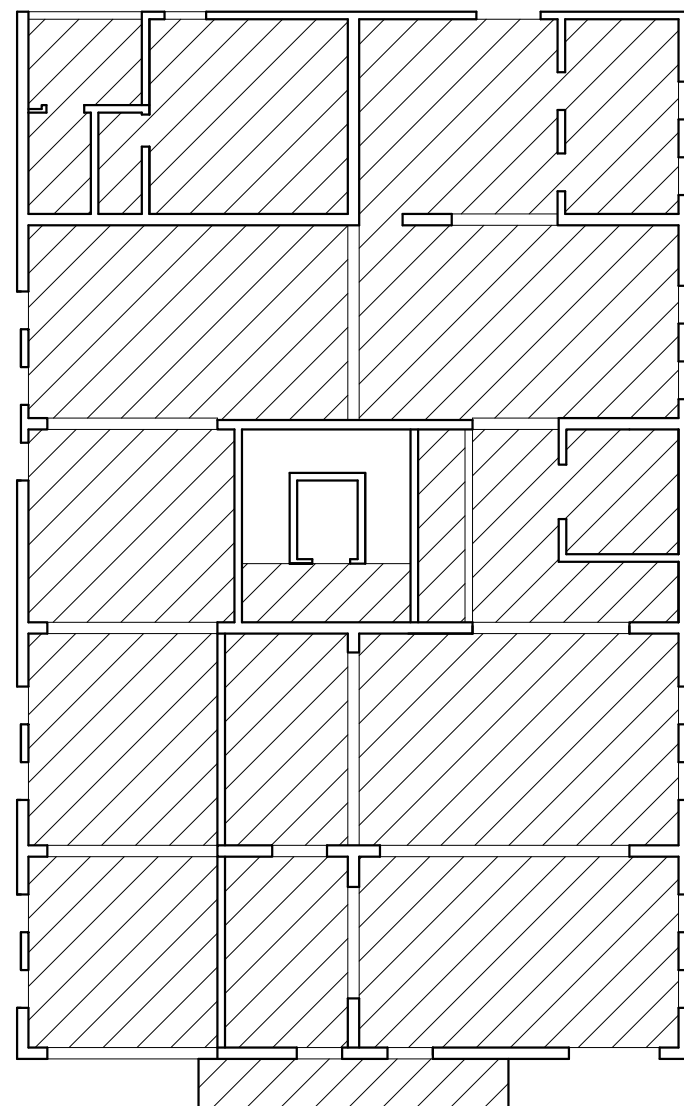
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785
  - Armatura gornje zone ploče trafostanice je R-283



Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149483; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200 C/D - gornja zona	BROJ PRILOGA: 15

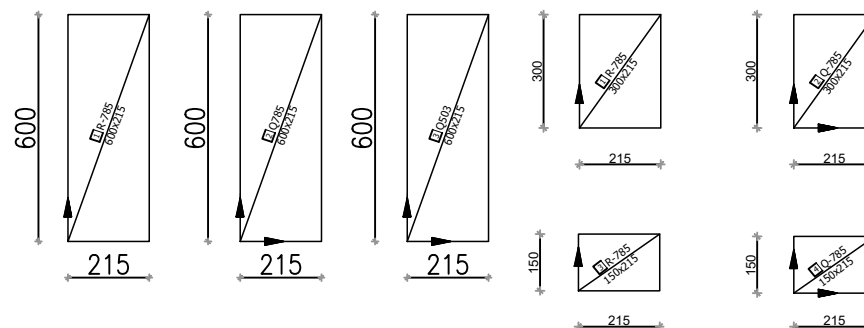
Armatura ploče pozicije  
300 C - donja zona  
M 1:200



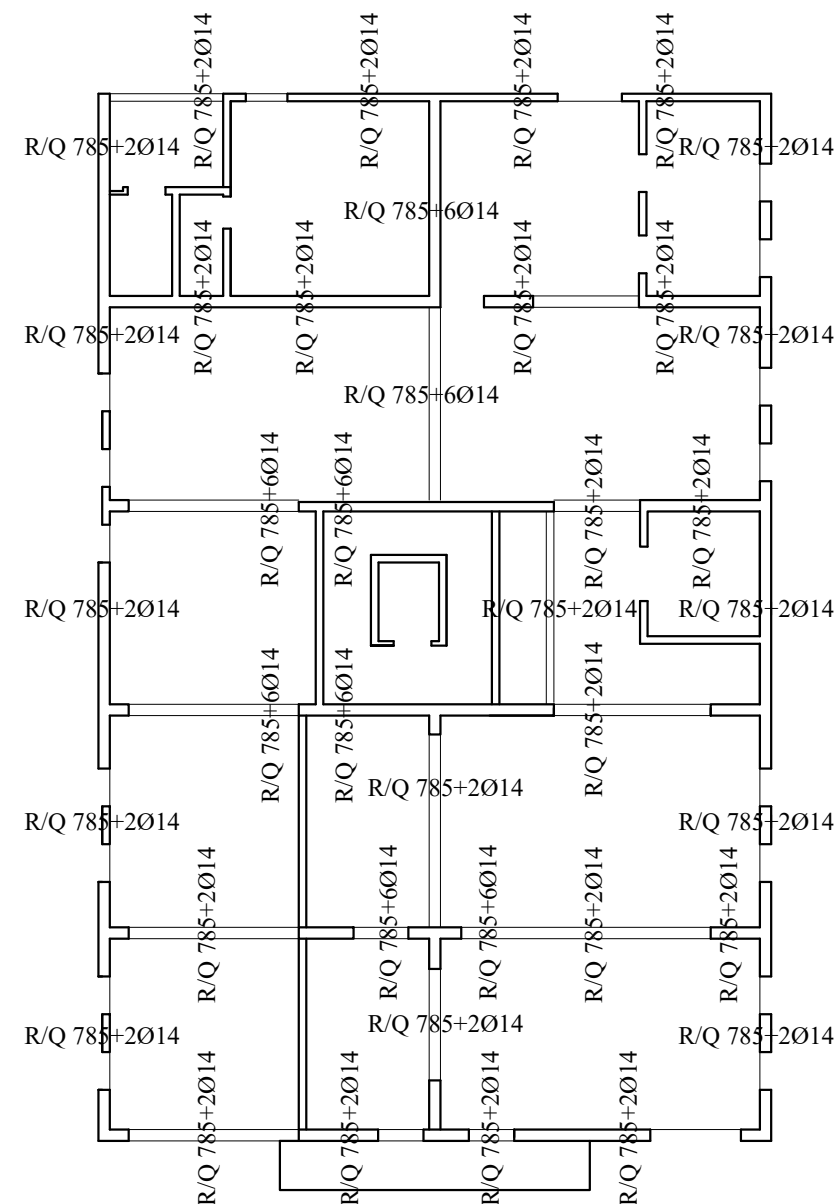
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

 Q-503

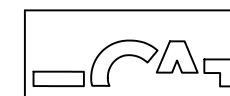
Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B



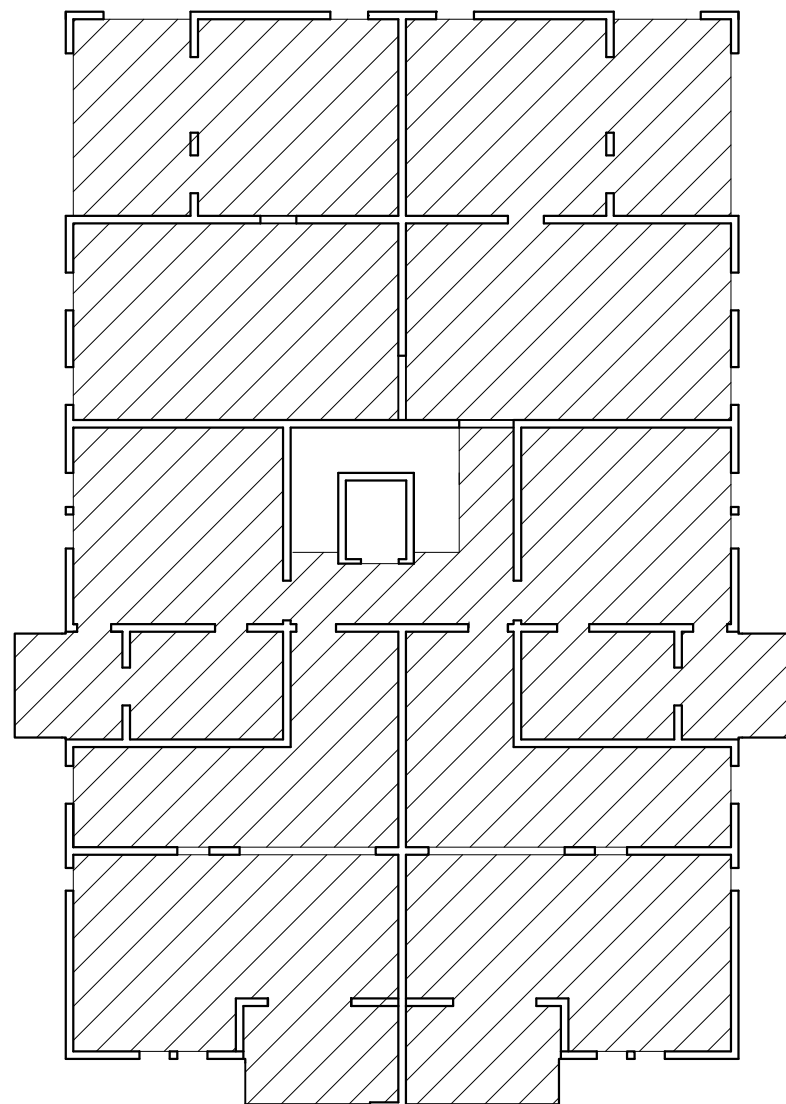
Armatura ploče pozicije  
300 C- gornja zona  
M 1:200



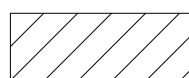
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149403; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 300	BROJ PRILOGA: 16

Armatura ploča pozicije  
500 i 700 C - donja zona  
M 1:200

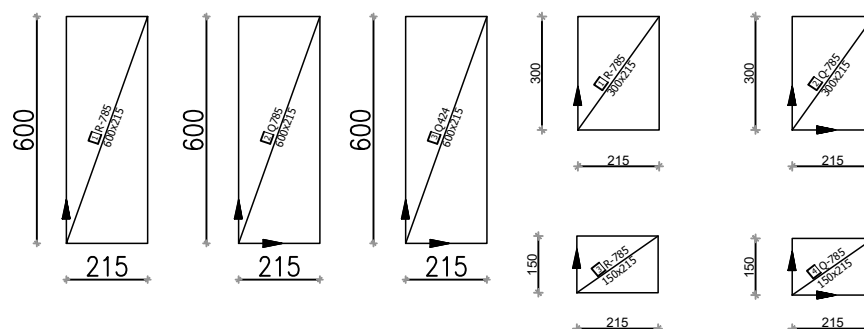


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

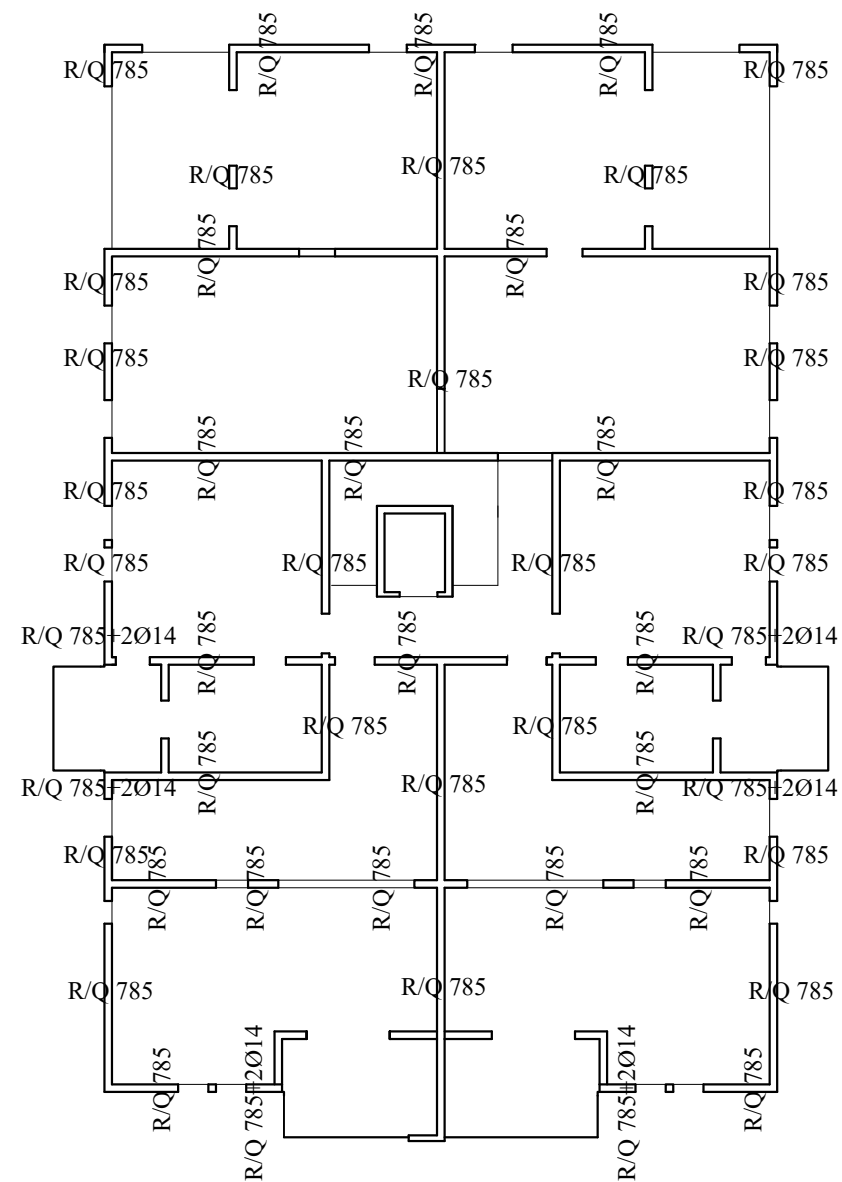


Q-424

Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B



Armatura ploča pozicije  
500 i 700 C - gornja zona  
M 1:200



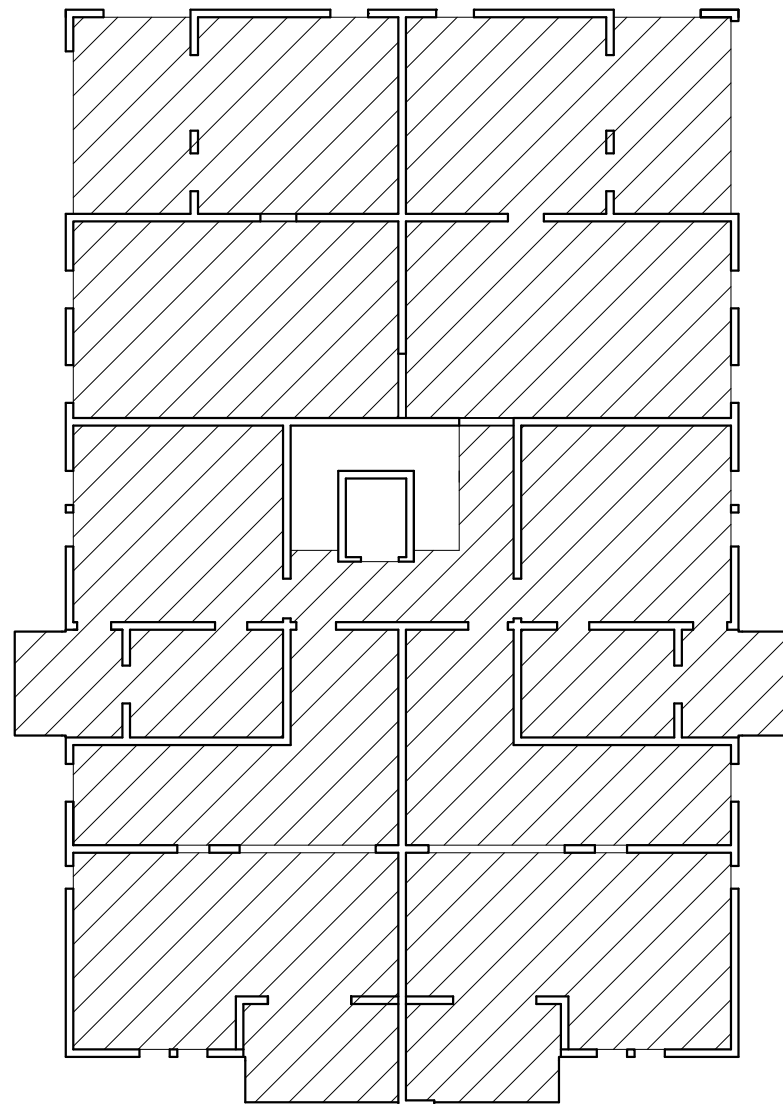
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu

-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

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149403; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 500 i 700	BROJ PRILOGA: 18

Armatura ploča pozicije  
600 C - donja zona  
M 1:200

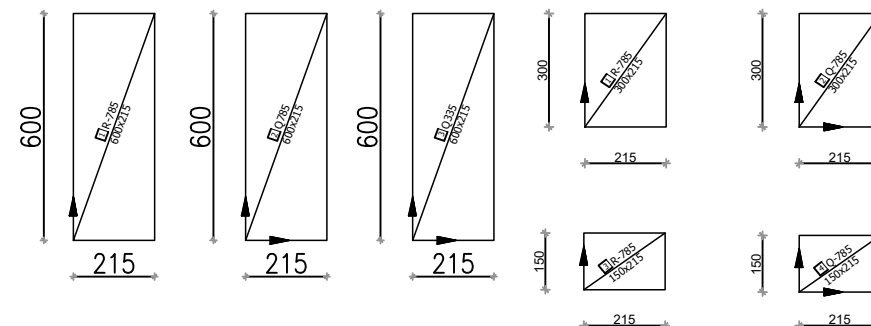


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

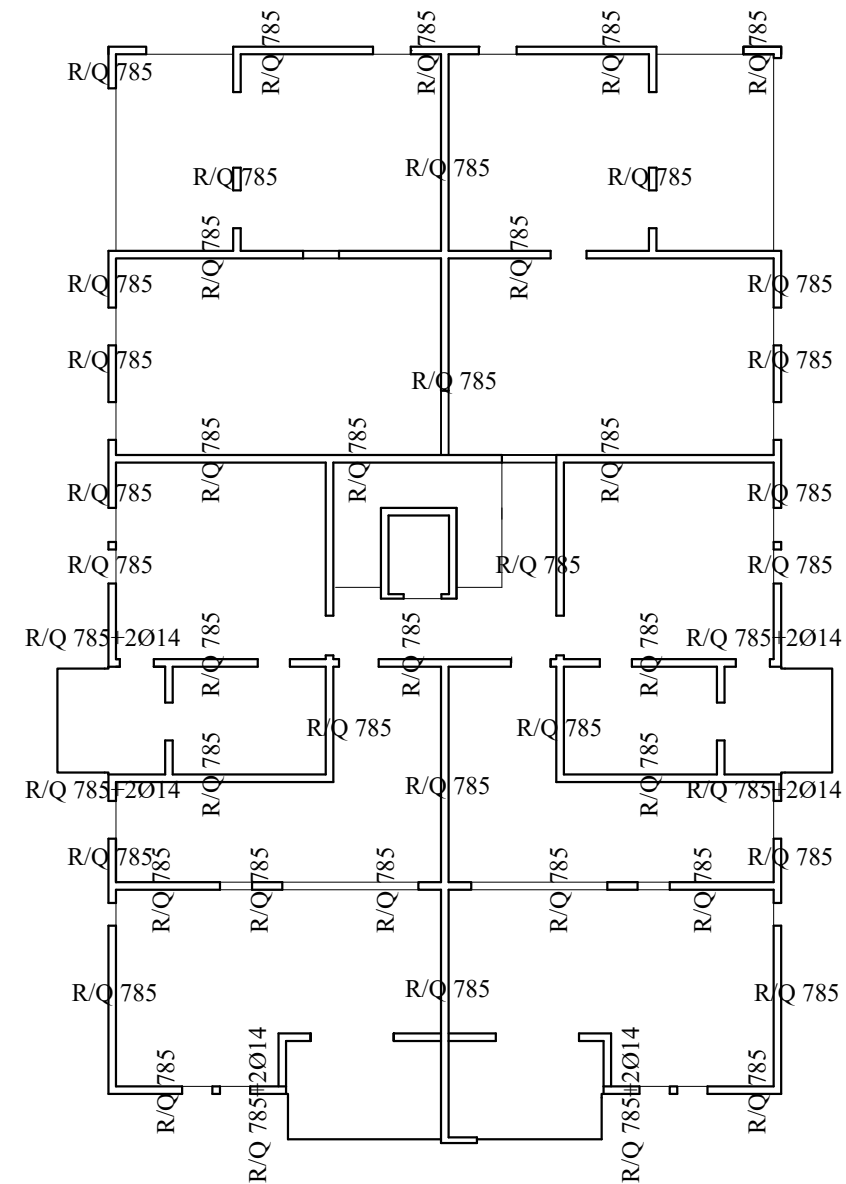


Q-335

Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B



Armatura ploča pozicije  
600 C - donja zona  
M 1:200



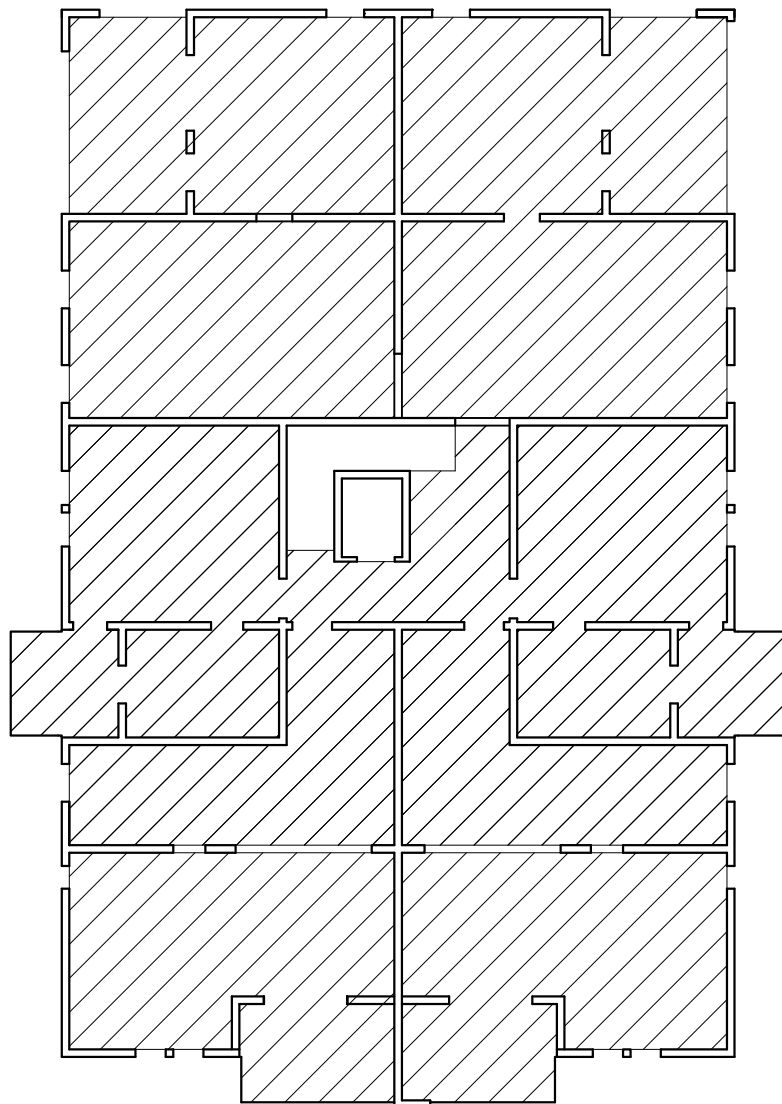
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta

-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149403; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 600	BROJ PRILOGA: 19

Armatura ploča pozicije  
800 C - donja zona  
M 1:200

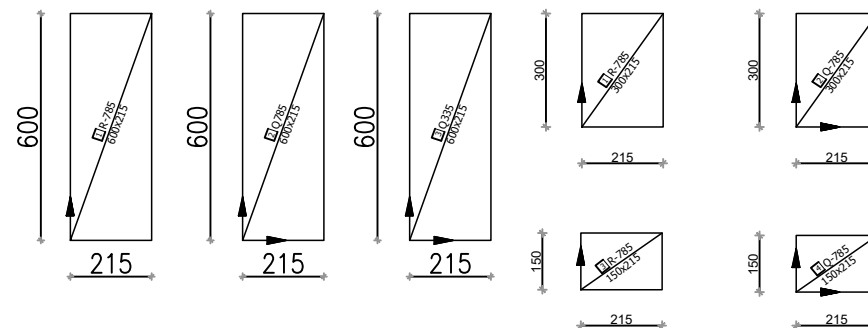


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

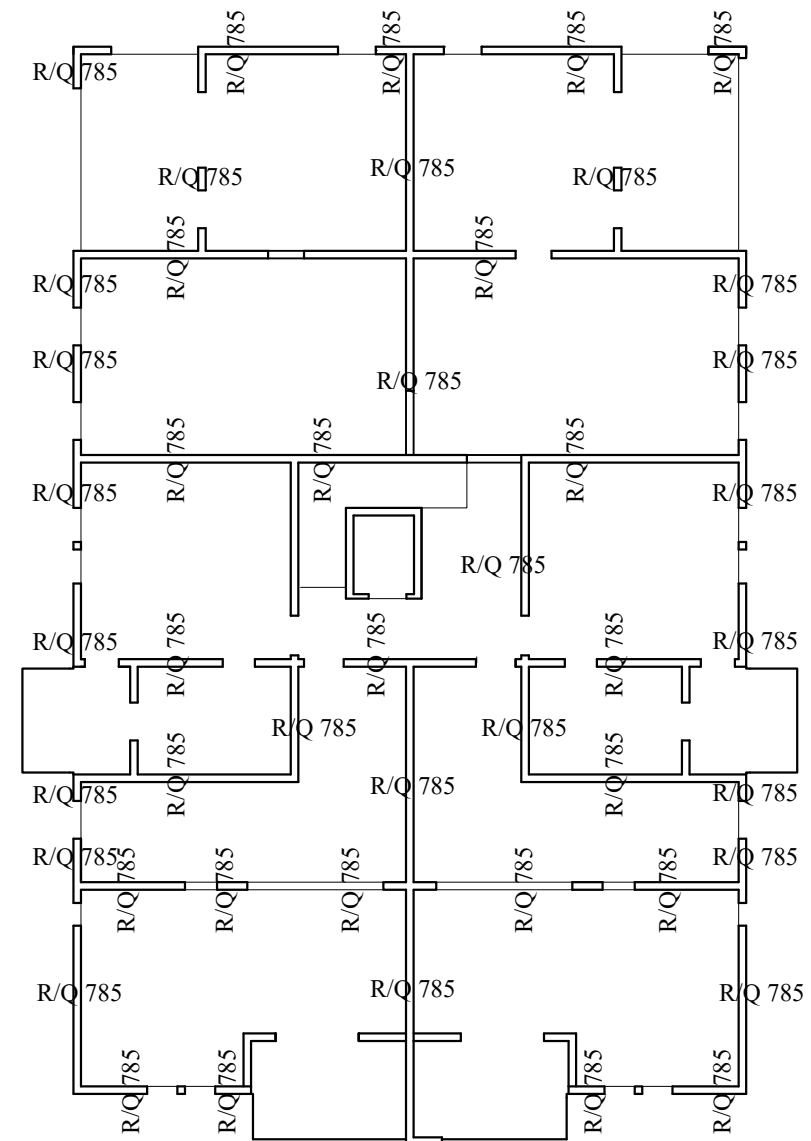


Q-335

Beton: C 25/30  
Armatura: B 500B



Armatura ploča pozicije  
800 C - donja zona  
M 1:200



Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjestu

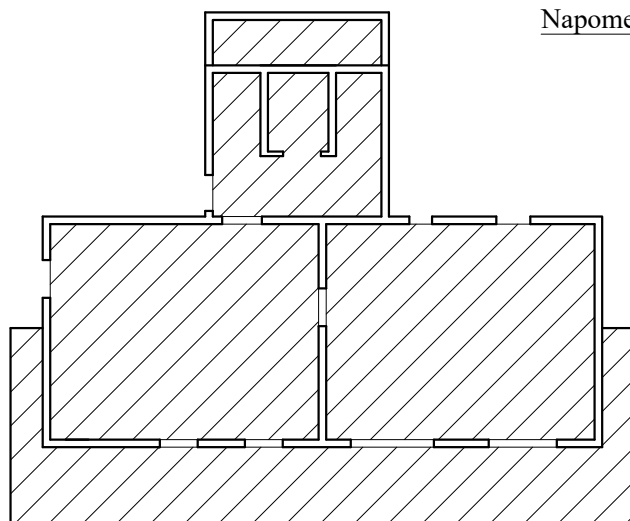
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 0149403; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 800	BROJ PRILOGA: 20



Armatura ploča pozicije  
900 C - donja zona  
M 1:200

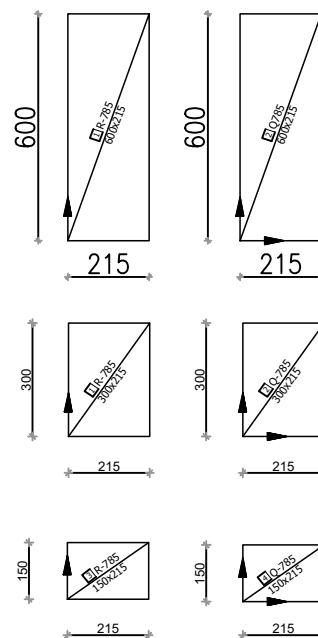
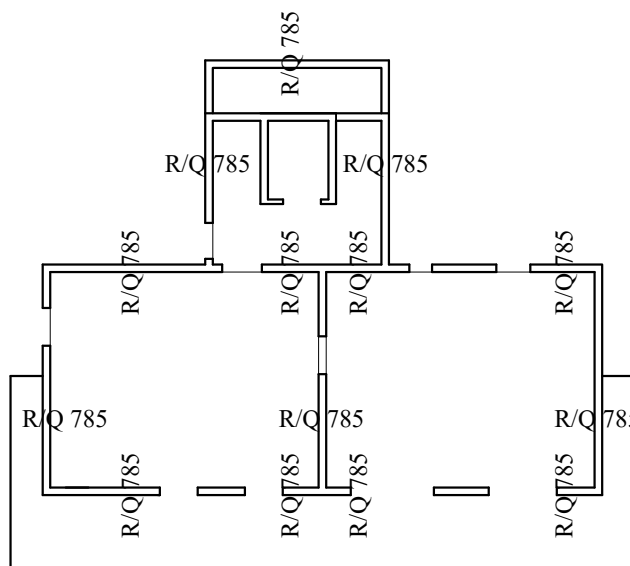


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta

-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



Armatura ploča pozicije  
900 C - donja zona  
M 1:200



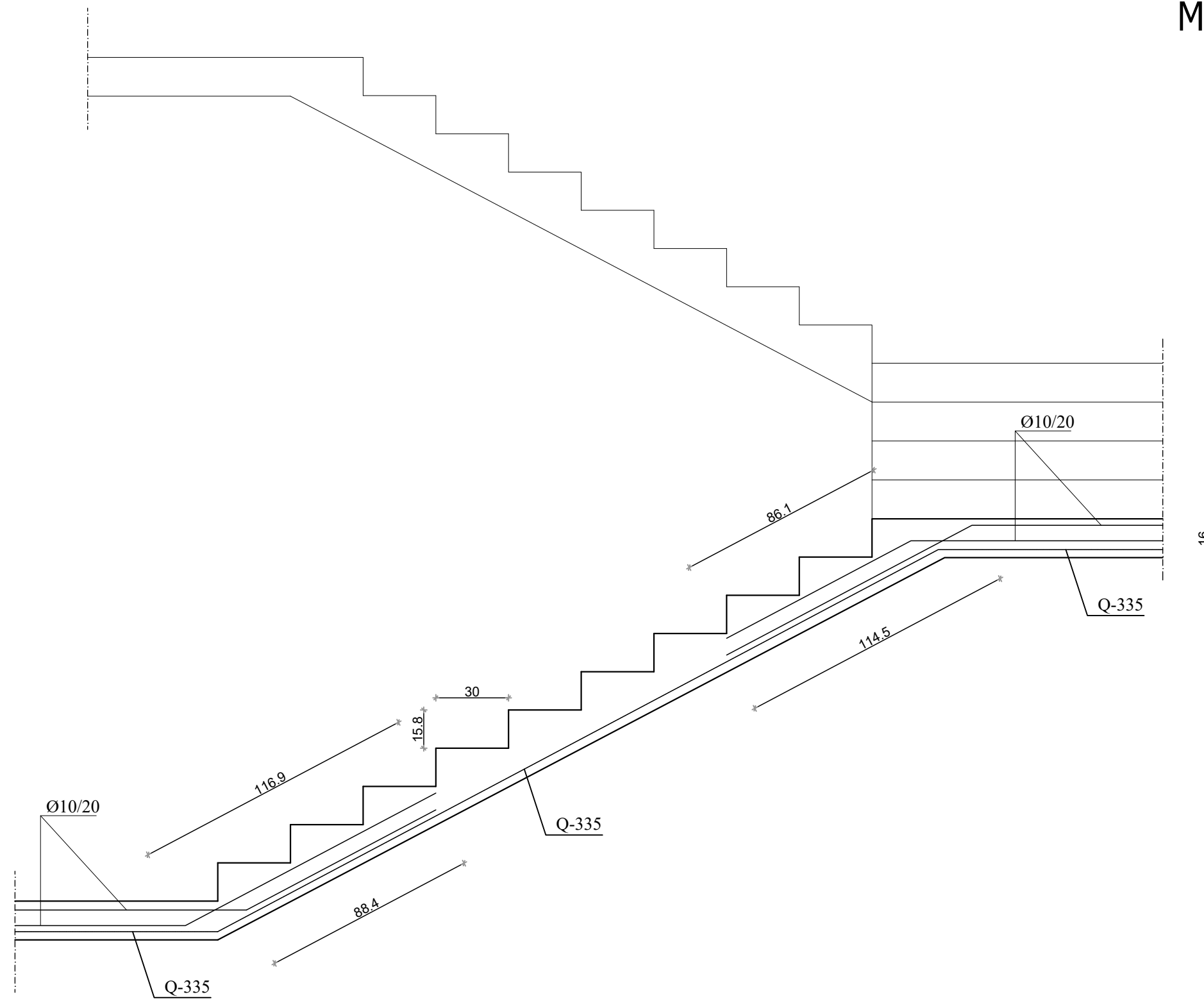
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta


-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

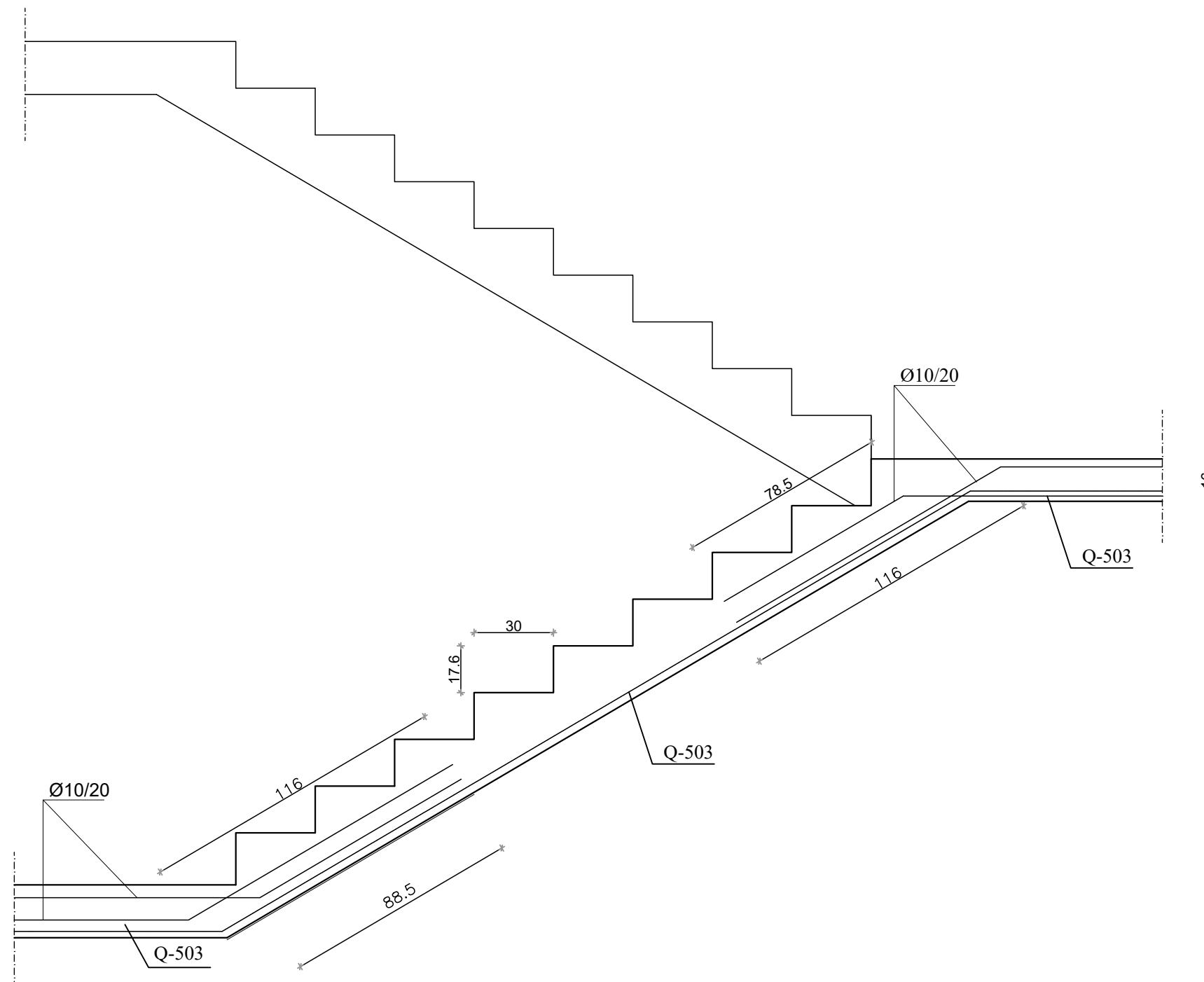
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODETIKE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 900	BROJ PRILOGA: 21


# Armatura stubišta S1 M 1:20



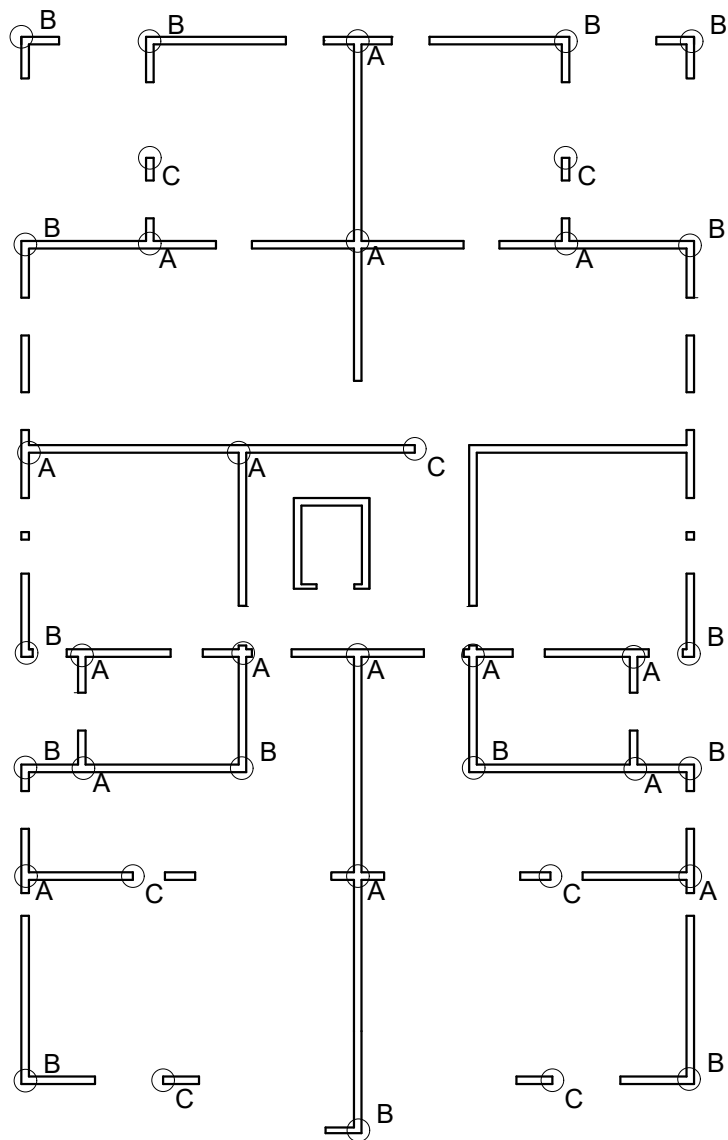
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 3033333, fax: +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Stubiste C	BROJ PRILOGA: 22

# Armatura stubišta S2 M 1:20

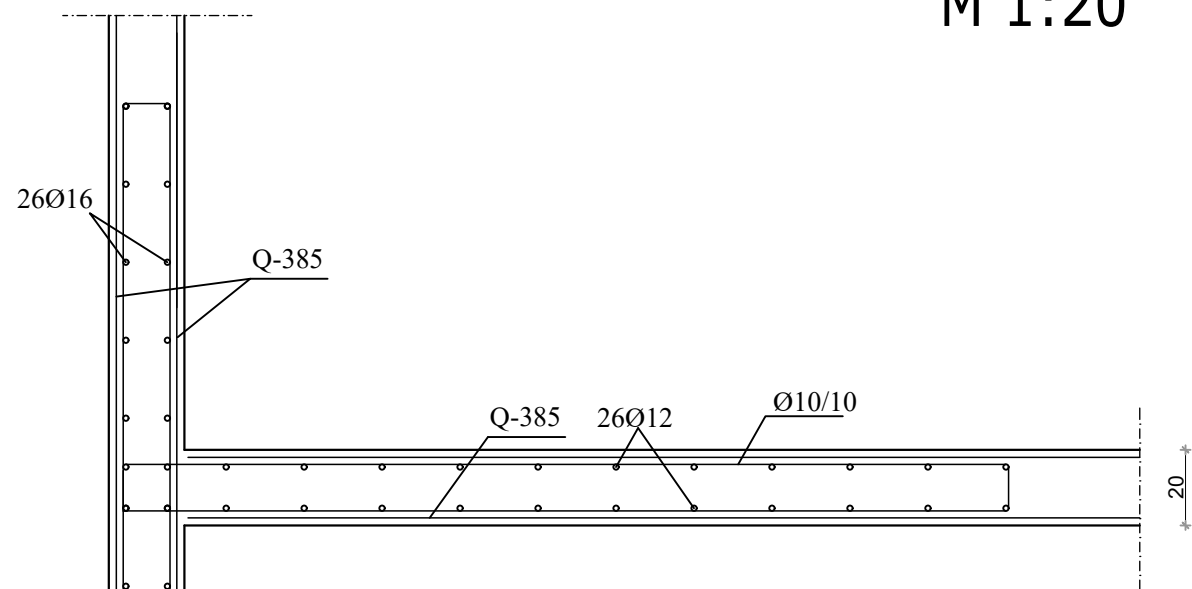


 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149403, tel: +385 (0)21 3033333, fax: +385 (0)21 485117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
	SADRŽAJ: Stubiste D	BROJ PRILOGA: 23

### Shema karakterističnog kata

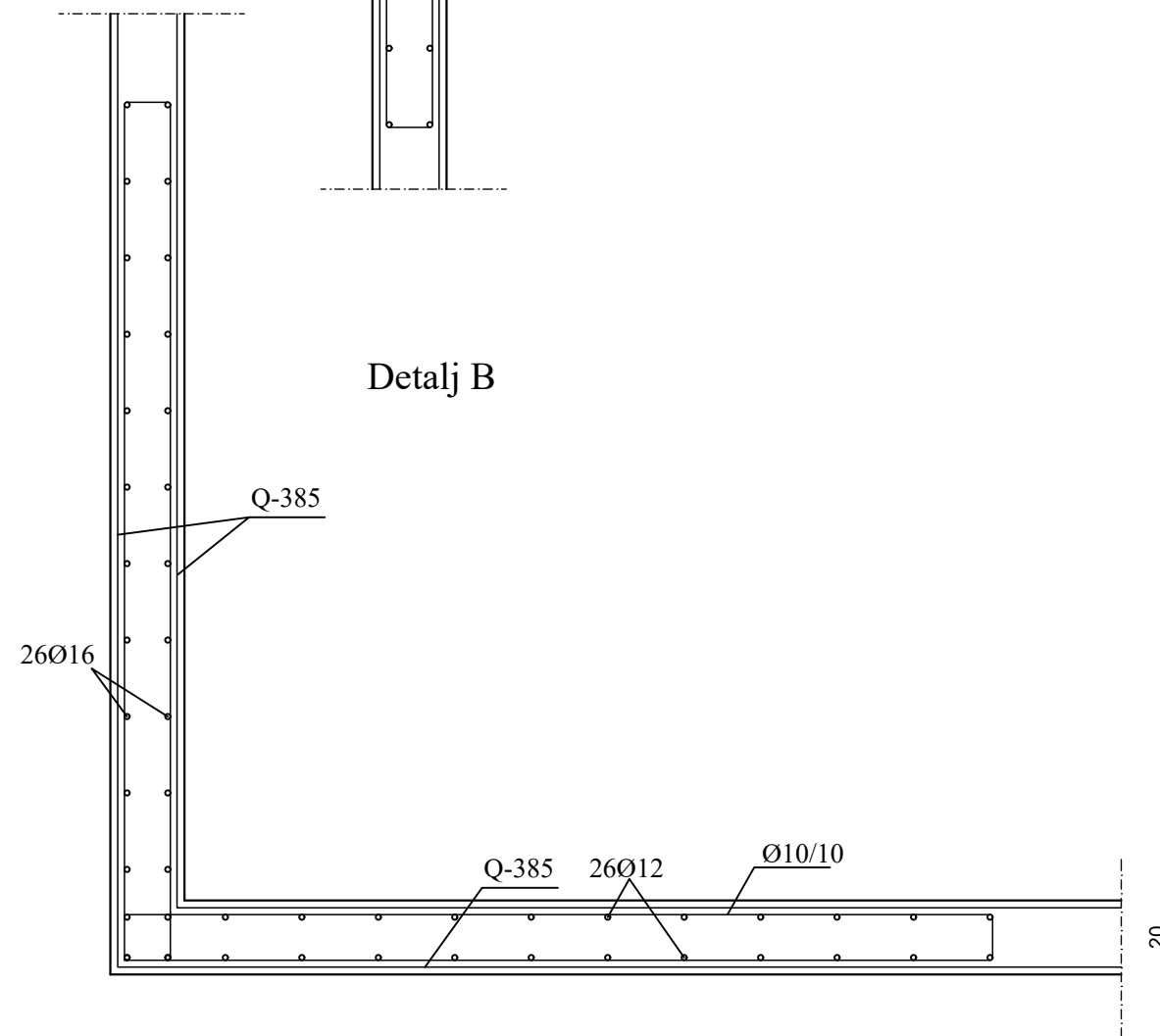


### Detalj A

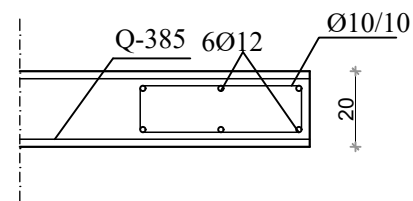


## Armatura zidova M 1:20

### Detalj B



### Detalj C

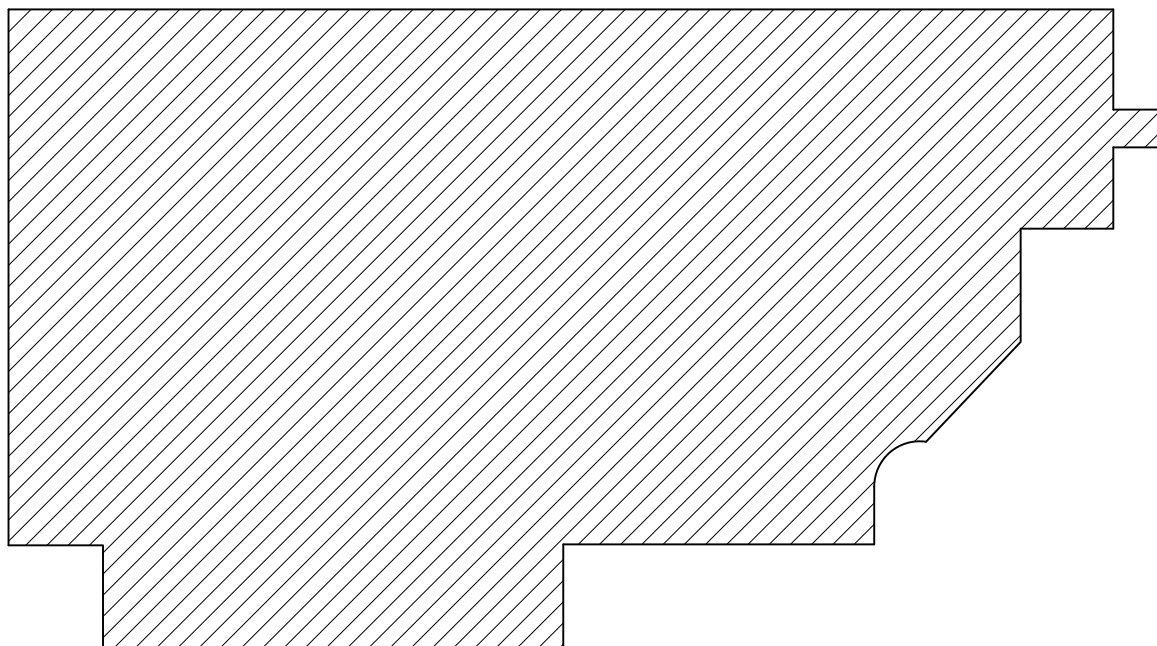


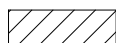
INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
GRADJEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Splitu	DATUM: rujan 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: 340/19-A
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Alen Babić
SAVRŠENJE: Plan pozicija i armatura zidova	BROJ PRILOGA: 24



SVETIŠTE U SPITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
PULSKA 66A, 21000 SPLIT  
MB 14460/2019-02/10003/19, tel: +385 (0) 21 46117

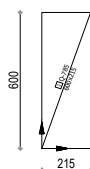
## Armatura temeljne ploče - donja zona M 1:400



 Q-785 + preklop 70 cm

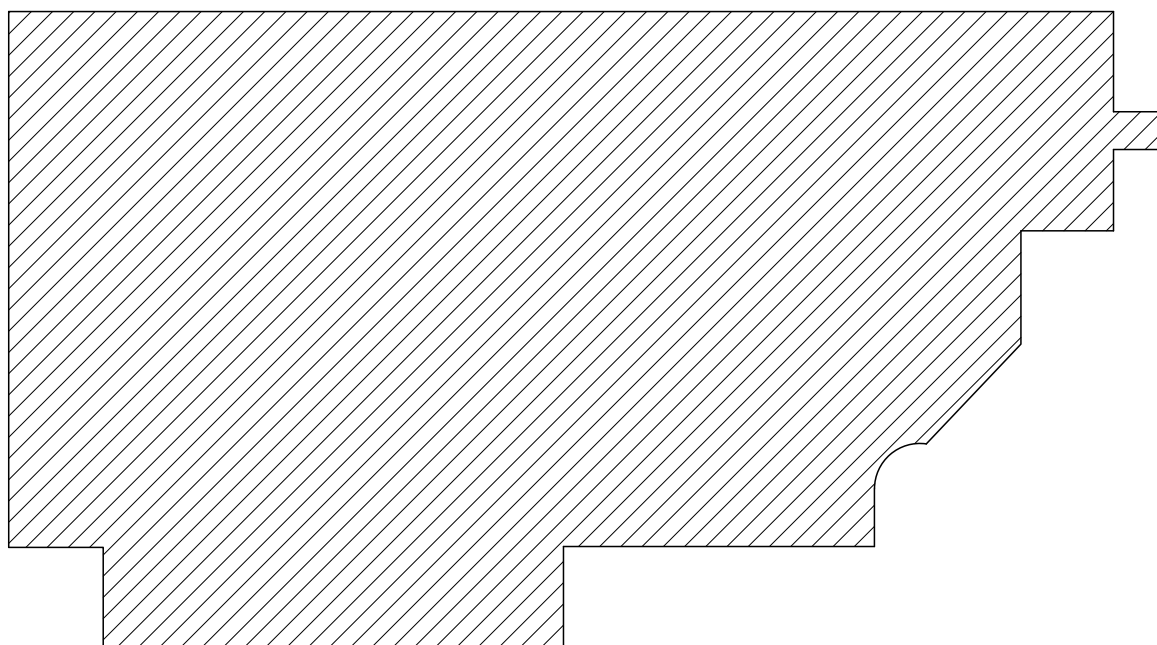
 Q-283

**Napomene:** -Mreže Q-785 postavljaju se na mjestima zidova i stupova odnosno na mjestima gdje je potrebna računaska armatura. Sve ostalo je minimalna armatura Q-283.

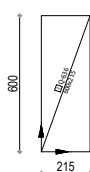


Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B


## Armatura temeljne ploče - gornja zona M 1:400



 Q-636



Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

 <small>                 SVEUČILIŠTE U SPLITU,                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE                  I GEODEZIJE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 3149433, tel. +385 (0)21 303333, fax. +385 (0)21 469117             </small>	INVESTITOR / NARUČITELI:	MJERILO:
	GRADEVINA:	DATUM:
	VRSTA PROJEKTA:	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA:	PROJEKTANT:
	SADRŽAJ:	BROJ PRILOGA:
	FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split Poslovno-stambena zgrada u Splitu Projekt konstrukcije GLAVNI PROJEKT Armatura temeljne ploče	1:400 rujan 2020. 340/19-A Alen Babić 25