

# Glavni projekt stambene zgrade u Ulici fra Stjepana Vrlića u Omišu

---

**Galac, Antonio**

**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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:507250>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Antonio Galac**

**Split, 2020.**

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

**Antonio Galac**

**Glavni projekt stambene zgrade  
u ulici Fra Stjepana Vrlića u Omišu**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

# **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Fra Stjepana Vrlića u Omišu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt stambene zgrade u ulici Fra Stjepana Vrlića u Omišu. Građevina se sastoji od dva dijela, niži i viši dio objekta s ukupno 2, odnosno 7 katova iznad prizemlja.

Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima te armirano betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama.

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

***Ključne riječi:*** stambena zgrada, armirano-betonska konstrukcija, glavni projekt

## **The main project of a residential building in Fra Stjepana Vrlića Street in Omiš**

## ***Abstract:***

The paper presents the main project of a residential building in Fra Stjepana Vrlića Street in Omiš.

The building consists of two parts, the lower and upper part of the building with a total of 2 and 7 floors above the ground floor.

The building is made of reinforced concrete with a monolithic design with reinforced concrete foundations, walls and reinforced concrete slabs as mezzanine structures.

The project contains: technical description of the structure, calculation of load-bearing structural elements and characteristic construction drawings.

***Keywords:*** residential building, reinforced concrete structure, main design



STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
SMJER: **OPĆI**  
KANDIDAT: **Antonio Galac**  
BROJ INDEKSA: **722**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

## **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Fra Stjepana Vrlića u Omišu**

Opis zadatka: Na temelju zadanih arhitektonskih podloga potrebno je izraditi glavni projekt stambene zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračun nosivih elemenata konstrukcije
- građevinske nacрте

U Splitu, Rujan 2020.

Voditelj Diplomskog rada:

Prof.dr.sc.Marija Smilović - Zulim

Komentor:

Izv. prof. dr. sc. Vesna Perković Jović

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## SADRŽAJ:

1.	TEHNIČKI OPIS .....	1
1.1.	Općenito .....	1
1.2.	Građevinska čestica .....	2
1.3.	Namjena građevine .....	2
1.4.	O konstrukciji općenito.....	6
1.5.	Međukatne konstrukcije, zidovi i temelji .....	6
1.6.	Lokacija i opterećenja .....	6
1.7.	Materijali.....	7
2.	GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	8
2.2.	Geološka i inženjersko-geološka ispitivanja.....	8
2.3.	Dubina podzemne vode.....	9
2.4.	Temeljenje .....	9
3.	PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	10
3.1.	Opće napomene .....	10
3.2.	Postizanje zahtjevane geometrije.....	10
3.3.	Zemljani radovi.....	10
3.3.1.	Iskopi.....	10
3.3.2.	Nasipi .....	11
3.4.	Betonski, armirano-betonski i tesarski radovi .....	11
3.4.1.	Beton .....	11
3.4.2.	Betonski čelik.....	12
3.4.3.	Prekidi u betoniranju .....	13
3.4.4.	Oplata .....	13
3.4.5.	Primjenjeni standardi .....	13
3.5.	Ostali radovi i materijali .....	18
3.6.	Kontrola ispitivanja .....	18
3.7.	Dužnosti izvođača.....	18
4.	OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI .....	20
4.1.	Oplate i skele .....	20
4.2.	Transport i ugradnja betona .....	20
4.3.	Betoniranje pri visokim temperaturama .....	21
4.4.	Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	22
4.5.	Obveze izvođača .....	22
5.	NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	23

6.	UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	25
7.	PLANOVI POZICIJA .....	28
8.	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	29
8.1.	Vlastita težina .....	29
8.2.	Dodatno stalno opterećenje.....	29
8.2.1.	Dodatno stalno opterećenje - ravni krov - POZICIJA 700 .....	29
8.2.2.	Dodatno stalno opterećenje - između stanova - POZICIJA 600 - 100.....	30
8.2.3.	Stubišta.....	31
8.3.	Promjenjivo opterećenje .....	32
8.3.1.	Korisno opterećenje .....	32
8.3.2.	Opterećenje snijegom.....	33
8.3.3.	Opterećenje vjetrom.....	35
8.3.3.1.	Rezultati proračuna vjetra promatranog objekta .....	41
8.3.3.1.1.	Proračun vjetra za zgradu A.....	41
8.3.3.1.2.	Proračun vjetra za zgradu B.....	44
8.4.	Izvanredno opterećenje .....	47
8.4.1.	Potresno opterećenje .....	47
9.	NUMERIČKI MODEL .....	52
9.1.	Numerički model općenito.....	52
9.2.	Kombinacije opterećenja .....	53
10.	REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE .....	55
11.	PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	58
11.1.	Proračun ploče pozicije 700 (ravni krov).....	58
11.1.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	58
11.1.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	63
11.2.	Proračun ploče pozicije 600 (međukatna konstrukcija).....	68
11.2.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	68
11.2.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	73
11.3.	Proračun ploče pozicije 500 (međukatna konstrukcija).....	78
11.3.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	78
11.3.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	82
11.4.	Proračun ploče pozicije 400 (međukatna konstrukcija).....	87
11.4.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	87
11.4.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	91
11.5.	Proračun ploče pozicije 300 (međukatna konstrukcija).....	96

11.5.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	96
11.5.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	100
11.6.	Proračun ploče pozicije 200 (međukatna konstrukcija) .....	105
11.6.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	105
11.6.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	109
11.7.	Proračun ploče pozicije 100 (međukatna konstrukcija) .....	114
11.7.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN .....	114
11.7.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	118
11.8.	Odabrana armatura po pozicijama .....	123
12.	PRORAČUN GREDA POZICIJE 700 .....	123
12.1.	Dimenzioniranje grede pozicije 701 .....	124
12.1.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 701 .....	129
12.2.	Dimenzioniranje grede pozicije 702 .....	133
12.2.1.	Dimenzioniranje grede pozicije 702 na savijanje prema GSN.....	133
12.2.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 702.....	138
12.3.	Dimenzioniranje grede pozicije 703 .....	143
12.3.1.	Dimenzioniranje grede pozicije 703 na savijanje prema GSN.....	143
12.3.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 703.....	148
12.4.	Dimenzioniranje grede pozicije 704 .....	152
12.4.1.	Dimenzioniranje grede pozicije 704 na savijanje prema GSN.....	152
12.4.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 704.....	157
13.	DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA .....	161
14.	PRORAČUN ZIDOVA .....	163
14.1.	Proračun zida u smjeru X.....	163
14.1.1.	Proračun zida u x smjeru na savijanje za uobičajenu kombinaciju.....	166
14.1.2.	Proračun zida u x smjeru na savijanje za seizmičku kombinaciju .....	171
14.2.	Proračun zida u smjeru y .....	180
14.2.1.	Proračun zida u y smjeru na savijanje za uobičajenu kombinaciju.....	182
14.2.2.	Proračun zida u y smjeru na savijanje za seizmičku kombinaciju .....	187
15.	DIMENZIONIRANJE POTPORNOG ZIDA I PROVJERA STABILNOSTI ...	196
15.1.	Proračun stabilnosti na prevrtanje (GEO/STR) .....	198
15.2.	Nosivost tla ispod temelja (GEO/STR).....	200
15.3.	Proračun stabilnosti na klizanje (GEO/STR) .....	203
15.4.	Dimenzioniranje potpornog zida na savijanje.....	204
16.	PRORAČUN TEMELJA.....	206



16.1.	Proračun trakastog temelja.....	206
16.1.1.	Rezne sile .....	206
16.1.2.	Dimenzioniranje temelja .....	208
17.	GRAFIČKI PRILOZI .....	211
18.	LITERATURA .....	212

*Ovom prigodom izražavam iskrenu zahvalnost svim profesorima a naročito mentorici dr. sc. Mariji Smilović Zulim za usmjeravanje i nesebičnu pomoć tijekom izrade ovog diplomskog rada, te za sve korisne diskusije i savjete pri izradi samog. Najveću i neizrecivu zahvalnost dugujem prvenstveno svojoj obitelji i prijateljima.*

## 1. TEHNIČKI OPIS

### 1.1. Općenito

Objekt stambene namjene koji je cilj razmatranja nalazi se u Omišu, konkretno u području Mlija. Katasterska čestica uknjižena je na broj 634, a sam objekt uknjižen je brojem 843. Objekt je podijeljen prema brojevima ulaza 10, 12, 14, 16 i 18. Objekt ima pristup sa sjeverno-istočne strane prometnicom naziva Fra Stjepana Vrlića. Površina čestice na kojoj se nalazi promatrani objekt iznosi oko 850 m<sup>2</sup>.

Objekt je pri projektiranju usklađen sa potrebnim Lokacijskim uvjetima iz članka 140. Zakona o Prostornom uređenju.



Slika 1.1. Situacija - smještaj promatrane građevine

## 1.2. Građevinska čestica

Građevinska čestica na kojoj je položen objekt površine je oko 850 m<sup>2</sup>. Objekt je tako smješten na česticu da ima pristup prometnici sa sjeverno-istočne strane. Teren je u nagibu, obzirom s tim objekt je kaskadnog tipa.

Sa sjeverno-istočne strane objekta prve dvije etaže nalaze se ispod terena, dok s južne te također sjeverno-zapadne i jugo-istočne strane sve etaže objekta su iznad terena. Objekt je dilatiran te se sastoji od dva zaseban dijela.

Tlocrtna površina objekta je 850 m<sup>2</sup>, s visinom se površine smanjuju zbog kaskadnog tipa kao što je prethodno navedeno. Kako se cijelom česticom prostire promatrani objekt, koeficijent izgrađenosti je 100%.

## 1.3. Namjena građevine

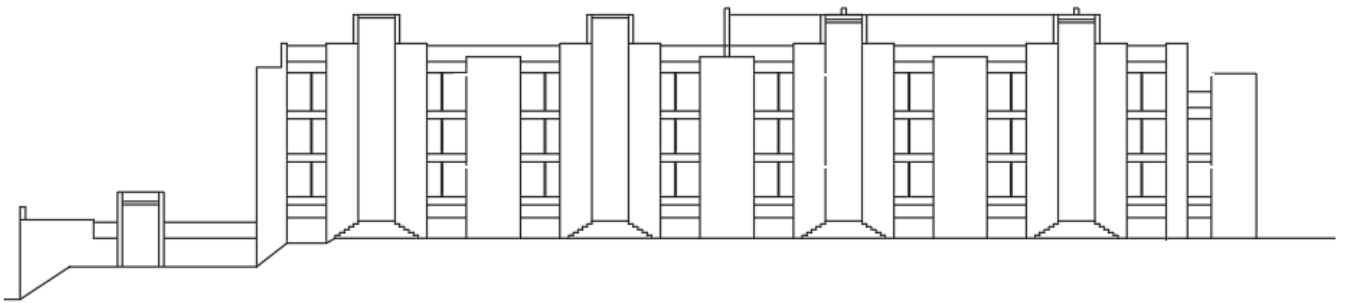
Građevina koju analiziramo je stambene namjene, te se sastoji od sedam etaža kaskadnog tipa. Prve dvije etaže zadržavaju jednaku tlocrtnu površinu, treća, četvrta, peta i šesta etaža su jednake površine ali nešto manje od prve dvije. Sedma etaža je znatno manje površine. Za ovaj slučaj pod površinom uključujemo samo unutarnji prostor.

Građevina se sastoji od pet ulaza, svaki ulaz tlocrtno povezuje dva stana. Vertikalna komunikacija se sastoji samo od stubišta koja vode prema višim i nižim etažama. S obzirom da je zgrada projektirana u starije vrijeme nije se posebno prinosila važnost liftu kao vertikalnoj komunikaciji. Parkirna mjesta se nalaze na sjeverno-istočnoj strani građevine, odmah do pristupne ceste. Moglo bi se reći da je zgrada simetrična svaka dva stana ali zbog rubih dijelova nije. Objekt je sa sjeverno-istočne strane dosta zatvoreniji, dok s jugo-zapadne strane otvoren s nizom balkona.

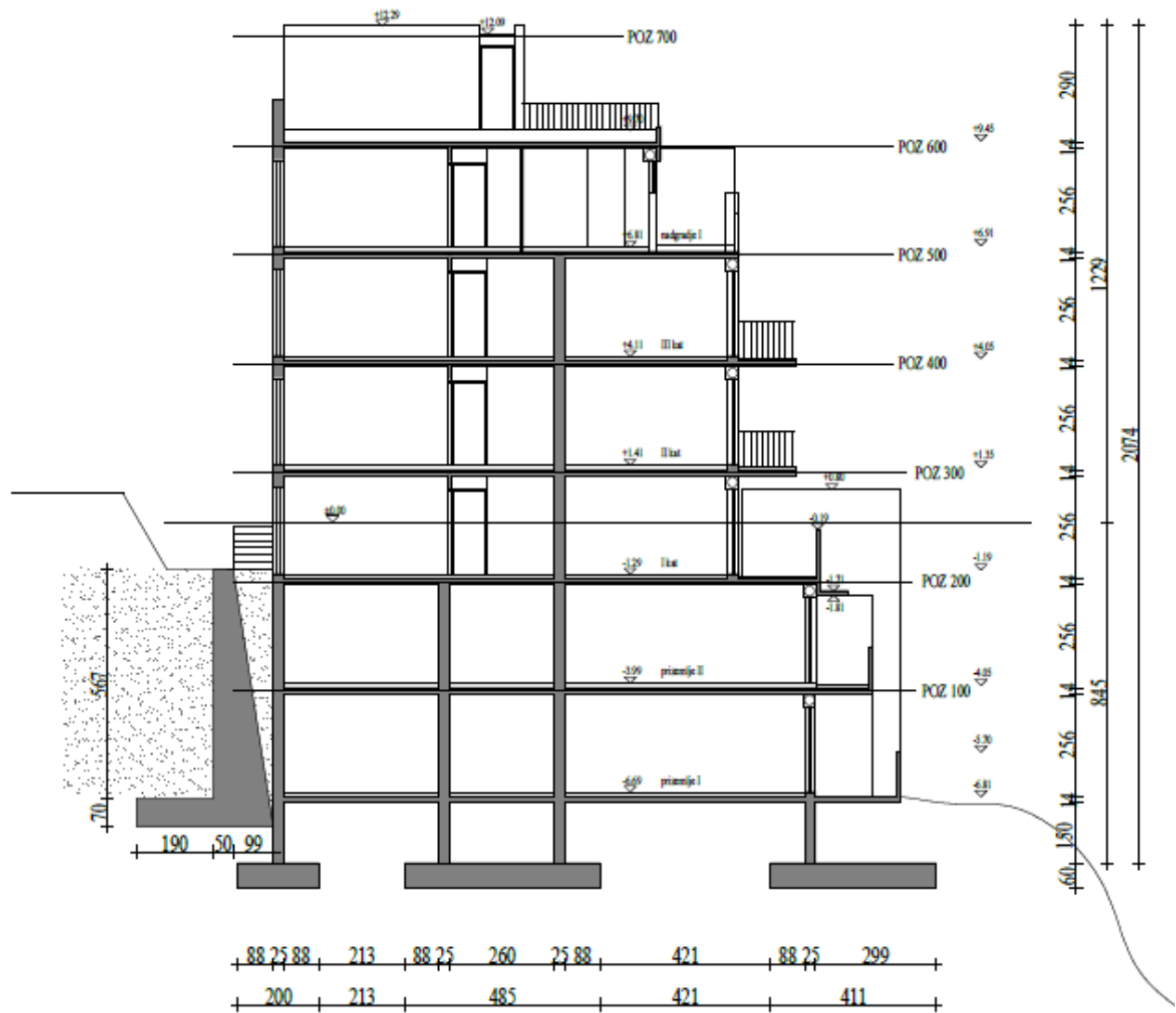
Visina građevine je 12.29 metar, ako uzmemo u obzir etaže koje se nalaze ispod nulte visine dolazimo do ukupne visine građevine od 19.24 metra. Svijetla visina svake etaže je 2.56 metra, odnosno ako gledamo od poda ploče prve etaže do poda ploče druge etaže ta visina je 2.70 metra.



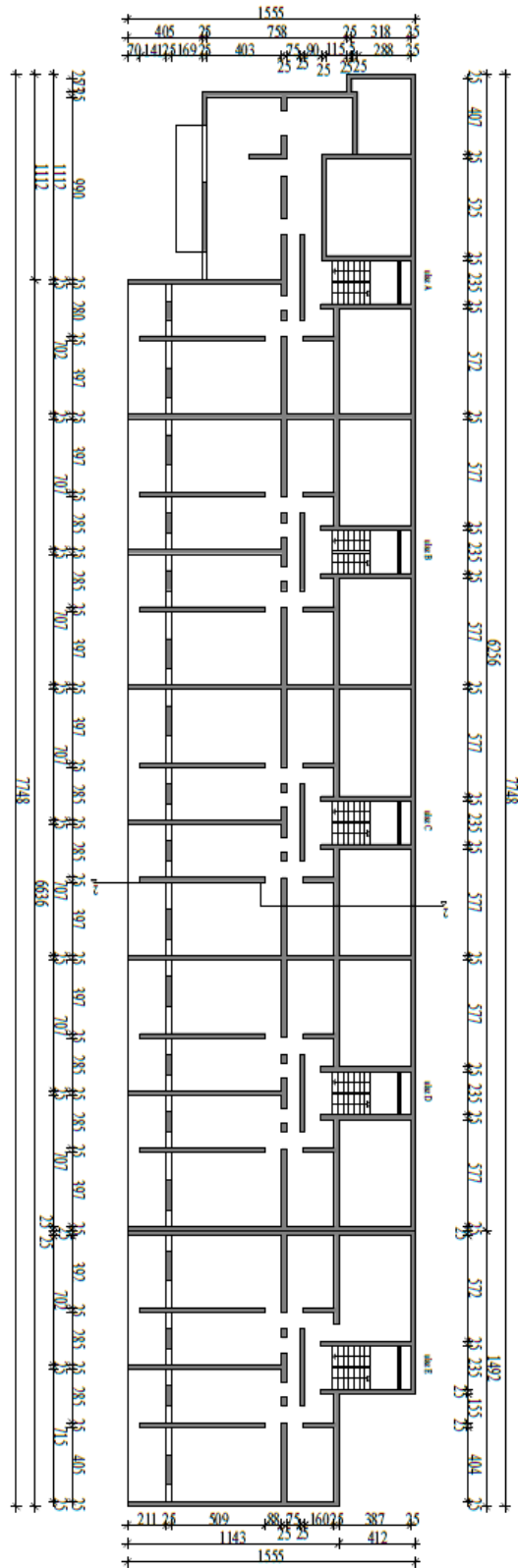
Slika 1.2. Jugo-zapadno pročelje



Slika 1.3. Sjeverno-istočno pročelje



Slika 1.4. Presjek 2-2



Slika 1.5. Tlocrt prizemlja 2

## 1.4. O konstrukciji općenito

Nosiva konstrukcija građevine se sastoji isključivo od armiranog-betona, dok ostali ne nosivi elementi kao što su pregradni zidovi od porobetona. Objekt se sastoji od dva dijela, zgrade A i B, dva objekta su diletirana na razmaku od 5 cm. Objekt je temeljen na trakastim temeljima te je dubina temeljenja definirana geotehničkim projektom i ovim projektom. Na temeljne trake nastavljaju se armirano-betonski zidovi debljine 25 cm. Objekt ne sadrži stupove u svom konstrukcijskom skeletu. Kao što je u samom početku navedeno pregradni zidovi izrađeni su od porobetonkih blokova (npr. Siporex-a), te nisu sadržani u proračunskom modelu već je njihova težina uračunata u dodatno stalno opterećenje koje djeluje na međukatne konstrukcija. Na zidove dolaze međukatne konstrukcije, debljina svih međukatnih konstrukcija je 14 cm.

## 1.5. Međukatne konstrukcije, zidovi i temelji

Međukatne konstrukcije izrađene su od armiranog-betona. Klasa betona koja je korištena za izradu AB ploča je C30/37. Debljina svih AB ploča je 14 cm. AB ploče su monolitne, lijevane u prethodno izrađene oplate. Količinu armature koju sadrže AB ploče biti će dobivene proračunom te priložene u nacrtima projekta.

Nosivi zidovi također će biti izrađeni od betona klase C30/37. Debljina zidova je 25 cm. Zidovi su također monolitni, lijevani u oplatu na licu mjesta. Armatura za armiranje zidova dokazat će se dinamičkim proračunom i priložiti u nacrtima projekta.

Trakasti temelji su izrađeni od betona klase C25/30. Monolitno su izvedeni, lijevani na licu mjesta u oplatu. Dimenzije i količina aramtüre odredit će se proračunom, te će se podaci priložiti u nacrtima projekta.

## 1.6. Lokacija i opterećenja

Građevina se nalazi u zoni gdje je definirano potresno ubrzanje tla od  $a_{gR}=0.226g$  za povratni period od 475 godina. Proračun na potres provest će se u skladu s Eurocodom 8, a ponašanje same konstrukcije definirano je Eurocodom 2. Što se tiče opterećenja vjetrom objekt se nalazi u III. vjetrovnoj zoni, odnosno karakteristična brzina djelovanja iznosi  $v_{b,0}=35$  (m/s). Objekt se nalazi na nadmorskoj visini od 20 m.n.m. Opterećenja vjetrom na građevinu korištena su u skladu s Eurocodom 1991-1-4. Karakteristično opterećenje snijegom je vrlo malo u odnosu na ostatak zemlje, zbog nadmorske visine do 100 m.n.m koristit ćemo iznos od  $0.45$  kN/m<sup>2</sup>, opterećenja snijegom korištena su prema Eurocodu 1991-1-3.



## 1.7. Materijali

### - Beton

Trakasti temelji izvedeni se od betona klase C25/30, dok svi ostali konstruktivni elementi (zidovi, međukatne konstrukcije, krovna ploča) od betona klase C30/37. Za sve betonske radove treba poštovati (Tehnički propis za građevinske konstrukcije – TPGK N.N. 17/17).

### - Armatura

Armatura koja je korištena u svim konstruktivnim elementima je B500B, bilo da se radi o rebrastim šipkama ili mrežama. Armatura unutar oplata mora biti postavljena prema nacrtima projekta, čvrsto pričvršćena i bez pomaka prilikom betoniranja. Poštovati (TPGK N.N. 17/17).

Zaštitni sloj betona korišten pri proračunu je 2.5 cm, zbog neposredne blizine mora koje može štetno utjecati i izazvati koroziju armature. Kako bi zadržali postojećim zaštitni sloj između betona i armature potrebno je koristiti potreban broj distancera i rasporediti ih na pravilan način.

Oplata se može odjeliti od ploča i zidova kad beton postigne čvrstoću od približno 70%, odprilike 7 dana nakon betoniranja uz propisanu njegu betona.

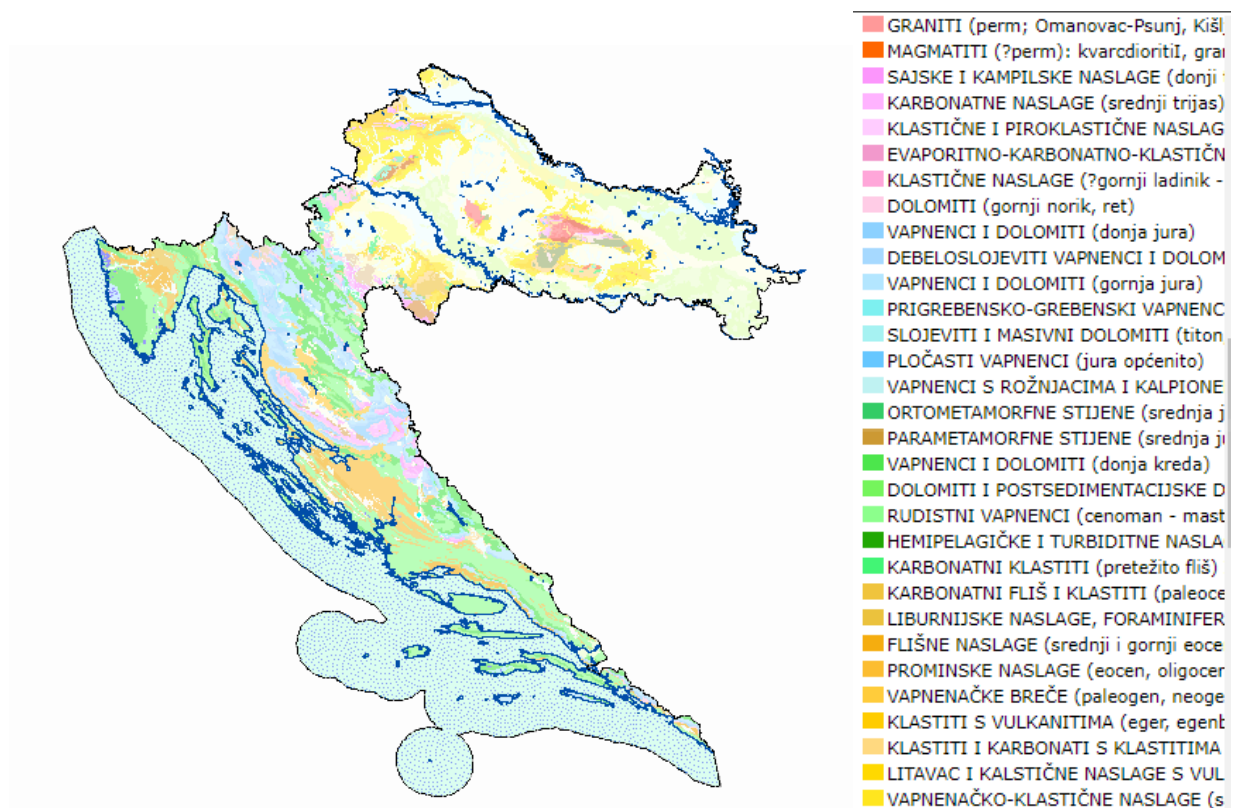
## 2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

### 2.1. Podaci o istražnim radovima

Geotehnički istražni radovi obuhvaćali su "in-situ" ispitivanja, vizualni pregled samog terena te laboratorijska ispitivanja. Metode koje su korištene za "in-situ" ispitivanje su: SPT-standardni penetacijski pokus, Seizmičke metode-refrakcija i refleksija te Geoelektrične metode. SPT-om je izvršeno pet bušotina, u sredini i na svakom rubu građevine. Ostalim metodama smo dobili dodatne podatke o vrsti materijala koji se nalazi na čestici, te povezali podatke koje smo dobili SPT-om. Za laboratorijska ispitivanja korišten je troosni uređaj, edometar te uređaj za direktno smicanje.

### 2.2. Geološka i inženjersko-geološka ispitivanja

Prilikom ispitivanja utvrđeno je da tlo na kojem će se nalaziti predmetna građevina sastoji od karbonatnog fliša i klastita. Takav materijal je po svojim svojstvima dosta sličan vapnencu.



Slika 2.1. Geološka karta hrvatske

Kako je područje na kojem se planira graditi krško moguća je formacija kao što su (kaverne, špilje, itd.), ali kao što je u prethodnom poglavlju opisano korištene su razne metode ispitivanja tako da je moguće otkrivanje takvih pojava.

### 2.3. Dubina podzemne vode

Kako je riječ o krškom području punom pukotina može doći do pojave podzemnih tokova vode što može izazvati opterećenja na građevinu i ugroziti je. Prilikom ispitivanja nije utvrđeno postojanje podzemne vode.

### 2.4. Temeljenje

Teren na kojem se nalazi naš objekt je kaskadnog tipa. Sa sjeverno-istočne strane objekta potrebno je izvesti zasjek u nagibu od 10:1, takav zasjek je potrebno zaštititi od klizanja i prevrtanja na način da se na njega polože armaturne mreže Q-196 te se nanese sloj prskanog betona debljine 5-10 cm i postave sidra duljine od 3 m svako  $1\text{m}^2$  na način da budu postavljeni u šahovskom rasporedu. Detaljnija razrada problema kosine može se utvrditi posebnim geotehničkim projektom kosine. Prostor između takvo osigurane kosine i zida građevine će zapuniti šljunčanim materijalom i zaštititi geotekstilom, te se mogu postaviti perforirane cijevi kako bi se voda izazvana padalinama odvela iz tog područja i smanjio hidrostatski tlak na sam zid građevine.

Ostatak terena uredit će se na način da se s površine odstrani zemljani materijal do dubine 50 cm, te se nakon tog izvrši iskop temeljne jame. Kako je teren u padu dubina temeljne jame varira od 2 do 5 m. Kada se završi strojni iskop do čvrste stijene slijedi uređenje podloge na koju dolaze temelji. Uređenje podloge vrši se betonom klase C16/20 do projektirane visine dna temelja. Prvenstveno što se uređuje podloga za temelje ispunjavaju se diskontinuiteti svih veličina betonom C16/20, osim većih formacija kao što su špilje ili kaverne, koje ako se uoče pri izvedbi potrebno pozvati stručne osobe za rješavanje problema. Savjet ako se susretnemo s takvim slučajem je da se ne puni špilja ili kaverna podbetonom, već da se nad otvorom izvede posebna ploča.

Temeljenje će se izvesti na dubini na kojoj se nalazi čvrsta flišna(lapor) stijena. Takva stijena ima dopušteno centrično tlačno naprezanje od 0.5 MPa. Temeljenjm na ovakom tlu ne očekuju se znatna diferencijalna slijeganja, ali se preporuča da što je u većoj mjeri moguće odstrane direktan utjecaj takve stijene s vodom zbog mogućih gubitaka fizikalnih i mehaničkih svojstava. Ako se pri ispitivanju kako na terenu tako u laboratoriju uoči znatan gubitak svojstava potrebno je ojačati temeljno tlo.

### 3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

#### 3.1. Opće napomene

Odgovornost za kvalitetu izvedenih radova i uredno poslovanje preuzima izvođač radova. Izvođač je dužan predmetnu građevinu izvoditi prema projektu bez izmjena, u slučaju da mora odstupati od projekta potrebno je savjetovati se s nadzornim inženjerom i projektantom. Sve izmjene ako ih ima, te tijekom radova i količine potrebno je priložiti u građevinskoj knjizi i građevinskom dnevniku. Svi radovi koji se izvode i materijali koji se koriste za gradnju trebaju zadovoljavati važeće norme i propise, na što se izvođač obvezuje ugovorom o gradnji. Ukoliko izvođač koristi materijal koji nije standardiziran potrebno je isti ispitati i priložiti rezultate ispitivanja u pisanoj formi.

#### 3.2. Postizanje zahtjevane geometrije

Potrebno je u više faza vršiti stalni geodetski nadzor tijekom gradnje. Faze kontrole:

- Kontrolu geometrije svih elemenata i objekata kao cjeline
- Kontrolu osiguranja svih točaka
- Kontrolu postavljenih profila
- Kontrolu repera i poligonalnih točaka

#### 3.3. Zemljani radovi

##### 3.3.1. Iskopi

Prilikom iskopa zahtjeva se od izvođača kontrola izvedenih radova.

- Nagibi pokosa širokog iskopa trebaju biti izvedeni prema pravilima, koji ovise o vrsti materijala koji sadržava tlo na kojem se vrši iskop.
- Iskop je potrebno kontrolirati prema visinskim kotama te profilima iskopa koji su sadržani u projektu organizacije građenja.
- U slučaju da se uz predmetnu građevinu nalazi već postojeći objekt potrebno je izvesti iskop bez oštećenja postojećeg objekta.
- S obzirom na prethodni naputak, potrebno je pažljivo odabrati tipove strojeva koji ne proizvode velike vibracije koje mogu oštetiti postojeće objekte.

- U slučaju da se radi o stijenskoj masi te se iskop vrši miniranjem također je potrebno paziti na oštećenja okolnih objekata.
- Prilikom iskopa potrebno je osigurati odvodnju vode s terena s kanalima i bermama na pravilan način, odnosno izvesti iskop u nagibu od 1.5 %.

### 3.3.2. Nasipi

Nasipe je potrebno izvoditi u slojevima i vršiti kontrolirano zbijanje sa zahtjevanim strojevima, sve se izvodi prema normama i pravilima. Kontrola zbijenosti vrši se proctorovim pokusom koji daje podatak o stupnju zbijenosti ili probnom pločom koja nam daje podatak o modulu stišljivosti. Vossovom dijagramom određujemo debljinu sloja koji se zbija ovisno o pritisku stroja.

## 3.4. Betonski, armirano-betonski i tesarski radovi

### 3.4.1. Beton

Sve komponente betona, podrazumijeva se cement, agregat, voda i dodaci, te sam beton kao građevni materijal moraju biti u skladu s propisanim normama i standardima. Izvođač je dužan izraditi projekt betona u slučaju da sam spravlja beton na gradilištu, te takav beton također mora biti atestiran. U slučaju da se beton dobavlja iz betonare od proizvođača betona, takav beton prolazi kontrolu proizvodnje i kontrolu suglasnosti u samoj betonari te na gradilištu se ispita vizualna konzistencija te mjerenje same. Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona sukladno Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (N.N.17/17) i sa svim važećim standardima.

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije. Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrstulog betona prema normama niza HRN EN 12390. U slučaju zahtjevanje brže gradnje i skidanje oplata u što kraćem vremenu potrebno je provesti dodatna ispitivanja i priložiti poseban projekt tehnologije izvođenja. Za svako odstupanje od projekta potrebno je obavijestiti nadzornog inženjera i projektana. Za beton korišten pri betoniranju potrebno je izvršiti njegu beton prema važećim normama i standardima.

### 3.4.2. Betonski čelik

Betonski čelici trebaju udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme:

nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)

nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)

nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)

nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999),

nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)

nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

– 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodatka A norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1. Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Armatura u projektu je klase B500B u obliku šipki i mreža. Sva armatura na objektu mora biti u skladu s projektom a nadzorni inženjer je dužan prije betoniranja kontrolirati da li je sve prema projektu.

### 3.4.3. Prekidi u betoniranju

Prekidi i nastavci betoniranja konstrukcije moraju biti definirani projektom betona.

### 3.4.4. Oplata

Prije betoniranja potrebno je postaviti oplatu koja može biti drvena ili metalna, te je učvrstiti sa strana i osloniti je podupiračima od ispod. Takva oplata mora biti nedeformabilna i stabilna pod opterećenjem ugrađenog betona. Sve unutarnje površine u oplati moraju biti ravne i glatke. Prije ugradnje betona drvene oplata se moraju navlažiti, u slučaju da su metalne potrebno ih je premazati odgovarajućim premazom. Ako se prilikom pregleda nakon betoniranja uoči odstupanje od projektiranih dimenzija potrebno je srušiti izvedeno i ponovo izvesti prema projektu. Izvođač ne može započeti ugradnju betona u oplatu dok nadzorni inženjer ne pregleda i da suglasnost o početku betoniranja.

### 3.4.5. Primjenjeni standardi

Standardi za beton – osnovni:

HRN EN 206- EN1:2002

- Beton-1.dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)

HRN EN 206-EN1/A1:2004

- Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)

nHRN EN 206- EN1/A2

- Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN206-1:2000/prA2:2004)

Standardi za beton – ostali:

HRN EN 12350-1

- Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje

HRN EN 12350-2

- Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem

HRN EN 12350-3

- Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje

HRN EN 12350-4

- Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti

HRN EN 12350-5

- Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem

HRN EN 12350-6

- Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća

HRN EN 12350-7

- Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode

HRN EN 12390-1

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe

HRN EN 12390-2

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće

HRN EN 12390-3

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka

HRN EN 12390-6

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka

HRN EN 12390-7

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrtnulog betona

HRN EN 12390-8

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom

prCEN/TS 12390-9

- Ispitivanje očvrtnulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem

ISO 2859-1

- Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine

ISO 3951

- Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti



HRN U.M1.057

- Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton

HRN U.M1.016

- Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza

HRN EN 480-11

- Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11.dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrslom betonu

HRN EN12504-1

- Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće

HRN EN 12504-2

- Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka

HRN EN 12504-3

- Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja

HRN EN 12504-4

- Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka

prEN 13791:2003

- Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

Standardi za čelik za armiranje – osnovni:

nHRN EN 10080-1

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1.dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)

nHRN EN 10080-2

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)

nHRN EN 10080-3

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)

nHRN EN 10080-4

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080- 4:1999)

nHRN EN 10080-5

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)

nHRN EN 10080-6

- Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

Standardi za čelik za armiranje – ostali:

HRN EN 10020

- Definicije i razredba vrsta čelika

HRN EN 10025

- Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke

HRN EN 10027-1

- Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli

HRN EN 10027-2

- Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav

EN 10079

- Definicije čeličnih proizvoda

prEN ISO 17660

- Zavarivanje čelika za armiranje

HRN EN 287-1

- Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici

HRN EN 719

- Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti

HRN EN 729-3

- Zahtjevi za kakvoću zavarivanja– Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću

HRN EN ISO 4063

- Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi

HRN EN ISO 377

- Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja

HRN EN 10002-1

- Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)

HRN EN ISO 15630-1

- Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturene šipke i žice

HRN EN ISO 15630-2

- Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

Ostali standardi:

ENV 1992-1-1

- Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade

ENV 1992-1-2

- Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo. Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta. Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima. Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

### 3.5. Ostali radovi i materijali

Svi ostali materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost projektanta i investitora. Za vrijeme izvođenja projekta potreban je stalni tehnički nadzor.

Preporuča se stalni kvalificirani nadzor građevinske struke koji će moći realizirati sve postavke ovog proračuna.

### 3.6. Kontrola ispitivanja

Kontrolna ispitivanja provodi nadzorni organ, a za konačnu ocjenu kvalitete materijala i radova mjerodavni su rezultati kontrolnog ispitivanja. Kontrolna ispitivanja obavljaju se u tijeku izvedbe radova po vrsti, obujmu i vremenu, kako to nalažu zakonski propisi i tehnička regulativa. Ukoliko rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu da kvaliteta upotrijebljenih materijala i izvedenih radova ne odgovara zahtijevanim uvjetima, nadzorni organ je dužan izdati nalog izvođaču da nekvalitetan materijal zamijeni kvalitetnim i radove dovede u ispravno stanje.

### 3.7. Dužnosti izvođača

Izvođač je dužan radove izvoditi na način određen ugovorom, propisima i pravilima struke, tehničkim normativima i standardima propisanim i prihvaćenim u RH, te prema odobroj projektnoj dokumentaciji. Poduzeti sve potrebne mjere za sigurnost zaposlenih radnika, javnog prometa, kao i susjednih objekata pored kojih se izvode radovi. Organizirati kontrolu radova u terenskim i pogonskim laboratorijima ili povjeriti tu kontrolu stručnim organizacijama koju su za to upisane u sudski registar. Ugrađivani materijal, predgotovljene elemente, elemente, uređaje i tehničku opremu, koji odgovaraju propisanim standardima i tehničkim normativima. Kvalitetu radova, materijala i uređaja koji mogu utjecati na stabilnost i sigurnost objekta i kvalitetu cijelog objekta, odnosno radove, dokumentirati obrađenim rezultatima ispitivanja ili ispravama izdanim u skladu sa zakonom ili propisima o tehničkim normativima i standardima. Radove izvoditi po redoslijedu kojim se osigurava kvalitetno izvođenje i o izvođenju pojedinih faza na vrijeme obavijestiti nadzorni organ zbog pregleda i utvrđivanja kvalitete. Rezultate ispitivanja izvođač je dužan dostaviti nadzornom inženjeru. Dužan je pribaviti sve ateste kada je to propisano tehničkim normativima ili propisima. Ne smije upotrebljavati građevinske materijale bez odobrenja nadzornog organa, a u slučaju da ih upotrijebi snosi rizik i troškove koji iz toga

nastanu. Izvođač je dužan tijekom građenja i po završetku istog pribaviti dokaze o kvaliteti korištenog građevinskog materijala, poluporizvoda i gotovih porizvoda od ovlaštenih organizacija kao što je:

- Upis geomehaničara u građevinski dnevnik s potvrdom kvalitete temeljnog tla
- Izvješće o kvaliteti betona za monolitne AB konstrukcije
- Izvješće o ispitivanju betonskog čelika
- Uvjerenje o kvaliteti zavarene građevinske armaturne mreže

## 4. OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI

### 4.1. Oplate i skele

Oplate i skele moraju biti tako izvedene da zadrže stabilnost, krutost i nedeformiranost prilikom korištenja samih. Također moraju biti izvedene na način da ne ugroze na prvom mjestu sigurnost radnika a zatim i prolaznika, prometa, strojeva i okolnih objekata. Materijali korišteni za izradu oplata i skela moraju biti zahtjevane kvalitete. Nadzorni inženjer prije betoniranja mora potpisati suglasnost da je oplata odgovarajuće kvalitete i da se može krenuti s betoniranjem. Oplata mora biti u skladu s projektom, sa svim otvorima i detaljima naznačenim u nacrtima. Kvaliteta oplata utječe na čistoću betona, također i tretiranje same prije betoniranja, stoga je potrebno paziti da se beton na onečisti. Oplatu je potrebno izvesti bez sitnih otvora kroz koje bi cementno mlijeko istjecalo. U slučaju pričvršćivanja oplata i skele metalnim šipkama potrebno je iste ukloniti do dubine od 5 cm od površine elementa i isti otvor zapuniti kako bi se spriječilo prodiranje vode. Oplata se mora skidati prema određenom redosljedu, 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 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.

### 4.2. Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. 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. 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. Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona. 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. Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem. Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom uklješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora. Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

### 4.3. Betoniranje pri visokim temperaturama

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja.

Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere:

- krupne frakcije agregata hladiti raspršivanjem vode po površini deponije, što se ne preporuča s frakcijama do 8 mm, zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona,
- deponije pijeska zaštititi nadstrešnicama,
- silose za cement, rezervoare, miješalicu, cijevi itd. zaštititi od sunca bojenjem u bijelo.

Ukoliko ovi postupci hlađenja nisu dostatni, daljnje sniženje temperature može se postići hlađenjem vode u posebnim postrojenjima (coolerima). Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro). Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti. Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redosljed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina

se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.

#### 4.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona. Pri ugradnji svježeg beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C. Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

#### 4.5. Obveze izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku. Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se otkloniti sa gradilišta. Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koji se u toku garantnog roka pojave. Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano - betonskih konstrukcije bez prethodnog odobrenja i uputstava nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik. Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal. Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.



## 5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA

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), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike:

- Pravilnik o vrstama otpada,
- Pravilnik o postupanju s otpadom, itd.

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, oprашivanje, 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

Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: beton, cigle, pločice i keramika, građevinski materijali na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, mjed, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## 6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA

Razmatrana građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Ipak, ukopanost u tlo zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevina. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama Priloga J.3.

Održavanje betonskih konstrukcija, Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (N.N. 17/17) i normama na koje upućuje Prilog J.3., te odgovarajućom primjenom odredaba ostalih priloga Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (N.N. 17/17). Redoviti pregled predmetne građevine, od strane kvalificiranih osoba, a u svrhu održavanja konstrukcije za predmetnu građevinu treba provoditi najmanje svakih 5 godina (zgrade javne namjene). Izvanredne preglede građevine provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, požar, eksplozija i slično) ili prema zahtjevu inspekcije. Osim ovih pregleda preporučuje se da korisnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom.

Način obavljanja pregleda uključuje:

- vizualni pregled, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,
- utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature, za betonske konstrukcije u umjereno ili jako agresivnom okolišu,
- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata betonske konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije. Ovu i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba (zanatlija) na licu mjesta, a kod većih zahvata vlasnik (ili korisnici) građevine dužni su postupiti prema potrebnim zahtjevima i mjerama iz dokumentacije o stanju konstrukcije te izvesti neophodne radove održavanja, obnove i izmjene uređaja i dijelova te radove popravka, ojačanja i rekonstrukcije. Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama.

HRN ENV 13269

- Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju

HRN EN 13306

- Nazivlje u održavanju

HRN ENV 13670-1:2002

- Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)

HRN U.M1.047:1987

- Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma

HRN EN 4866:1999

- Mehaničke vibracije i udari – Vibracije građevina – Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine (ISO 4866:1990+Dopuna 1:1994+Dopuna 2:1996)

prEN 13791:2003

- Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

HRN ISO 15686-1:2002

- Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)

HRN ISO 15686-2:2002

- Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)

HRN ISO 15686-3:2004

- Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)

HRN 12504-1:2000

- Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)

HRN 12504-2:2001

- Svojstva betona u konstrukcijama – 2.dio: Nerozorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)

nHRN EN 12504-3

- Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)

HRN EN 12504-4:2004

- Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog impulsa (EN 12504-4:2004)

HRN EN 12390-1:2001

- Ispitivanje očvrsloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)

HRN EN 12390-3:2002

- Ispitivanje očvrsloga betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća ispitnih uzoraka (EN 12390-3:2001)

Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina. Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilna izvedba te pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## 7. PLANOVI POZICIJA

Planovi pozicija i relevantni tlocrti i presjeci prikazani su u grafičkim priložima. Ploče su označavane velikim slovom P (P1, P2, ...) i pripadajućim brojem. U grafičkim priložima numeričkog proračuna vidljiva je potrebna količina armature na pojedinim mjestima u ploči. Svi proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 19.0". Zbog opširnosti projekta prikazani su samo oni rezultati koji su smatrani relevantnim. Svi ulazni i izlazni podaci se mogu, na zahtjev, dobiti kod autora ovog projekta. Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

Sva opterećenja uzeta prema:

HRN ENV 1991-1

- Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1.dio: Osnove projektiranja (ENV 1991-1:1994)

HRN ENV 1991-2-1

- 1 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2- 1. dio: Djelovanja na konstrukcije – Prostorne težine, vlastite težine, uporabna opterećenja (ENV 1991-2-1:1995)

HRN ENV 1991-2-2

- Eurokod 1: Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije – 2-2.dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja na konstrukcije izložene požaru (ENV 1991-2-2:1995)

HRN ENV 1991-2-3

- Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2- 3. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje snijegom (ENV 1991-2-3:1995)

HRN ENV 1991-2-4

- Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2- 4. dio: Djelovanja nakonstrukcije – Opterećenje vjetrom (ENV 1991-2-4:1995)

HRN ENV 1991-2-6

- Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2- 6. dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja tijekom izvedbe (ENV 1991-2-6:1997)

HRN ENV 1991-2-7

- 7 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-7. dio: Djelovanja na konstrukcije – Izvanredna djelovanja prouzročena udarom i eksplozijom (ENV 1991-2- 7:1998)

HRN ENV 1998-1-1:2005

- Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-1.dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije (ENV 1998-1-1:1994)

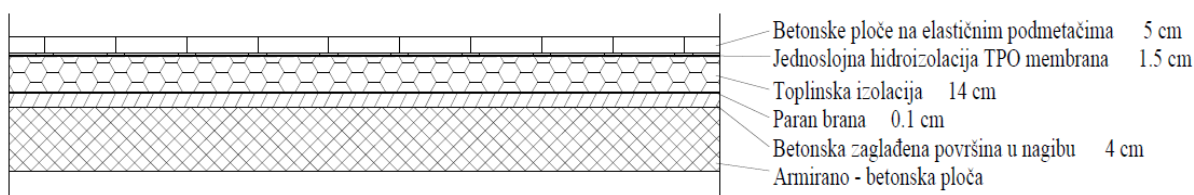
## 8. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 8.1. Vlastita težina

Računalni program "Scia Engineer 19.0" automatski uračunava vlastitu težinu svih konstruktivnih elemenata.

### 8.2. Dodatno stalno opterećenje

#### 8.2.1. Dodatno stalno opterećenje - ravni krov - POZICIJA 700

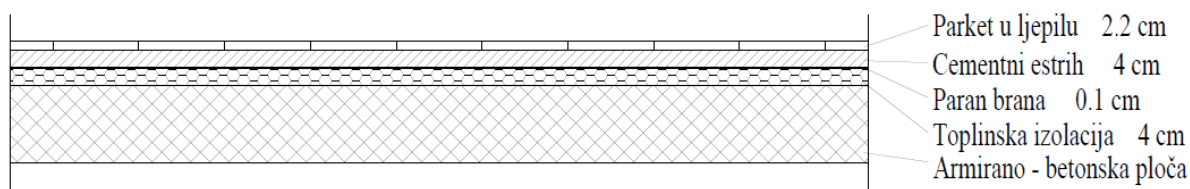


Slika 8.1. Slojevi ravnog krova pozicije 700

SLOJ	d [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma \cdot d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Betonske ploče na elastičnim podmetačima	0.05	25.0	1.25
Hidroizolacija + parna brana	0.015	20.0	0.3
Toplinska izolacija	0.14	3.0	0.42
Beton za pad	0.04	24.0	0.96
Armirano – betonska ploča	0.14	Uključeno u proračun automatski programom	
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE 3.0 [kN/m<sup>2</sup>]</b>			

## 8.2.2. Dodatno stalno opterećenje - između stanova - POZICIJA 600 - 100

**NAPOMENA:** Za vanjski prostor pozicije 600 i svih ostalih pozicija, osim balkona, korišteno je dodatno stalno opterećenje koje je dobiveno za poziciju 700, iznosa  $3.0 \text{ kN/m}^2$ .



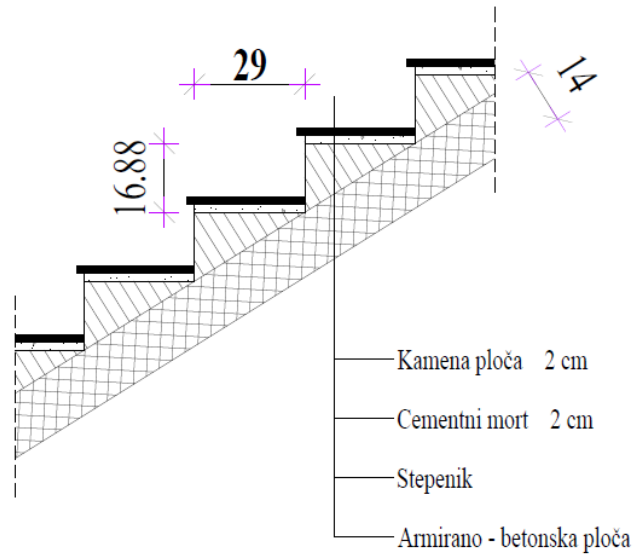
Slika 8.2. Slojevi unutarnjeg prostora pozicije 600 - 100

SLOJ	d [m]	$\gamma$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	$\gamma \cdot d$ [ $\text{kN/m}^2$ ]
Parket u ljepilu	0.022	12.0	0.264
Cementni estrih	0.04	25.0	1
Parna brana	0.0015	20.0	0.03
Toplinska izolacija	0.04	3.0	0.42
Pregradni zidovi	-	-	1.0
Armirano – betonska ploča	0.14	Uključeno u proračun automatski programom	
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE <math>2.8 \text{ [kN/m}^2]</math></b>			

**NAPOMENA:** Analiza dodatnog stalnog opterećenja nije rađena za slučaj kada su završna obrada poda keramičke pločice. Korištena je analiza s parketom koja u konačnici daje veće dodatno stalno opterećenje.



## 8.2.3. Stubišta



Slika 8.3. Presjek stubišta

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{16.88}{29} \quad \alpha = 30.20^\circ$$

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} = \frac{14}{\cos 30.20^\circ} = 16.2 \text{ cm}$$

SLOJ	d [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma \cdot d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Kamena ploča	0.02	28.0	0.56
Cementni mort	0.02	20.0	0.4
Stepnik	0.084	20.0	1.68
Armirano – betonska ploča	0.162	Uključeno u proračun automatski programom	
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE 2.7 [kN/m<sup>2</sup>]</b>			

### 8.3. Promjenjivo opterećenje

#### 8.3.1. 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:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Balkoni:  $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
<b>A Stambene prostorije, odjeli u bolnicama, hotelske sobe</b>	
uobičajene prostorije	2,0
stubišta	3,0
balkoni	4,0
<b>B Uredi</b>	
uređi	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 8.4. Vrijednosti korisnog opterećenja

### 8.3.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom definirano je Eurokodom 1991-1-3.

Opterećenje snijegom na krov za stalne i prolazne situacije definirano je izrazom:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

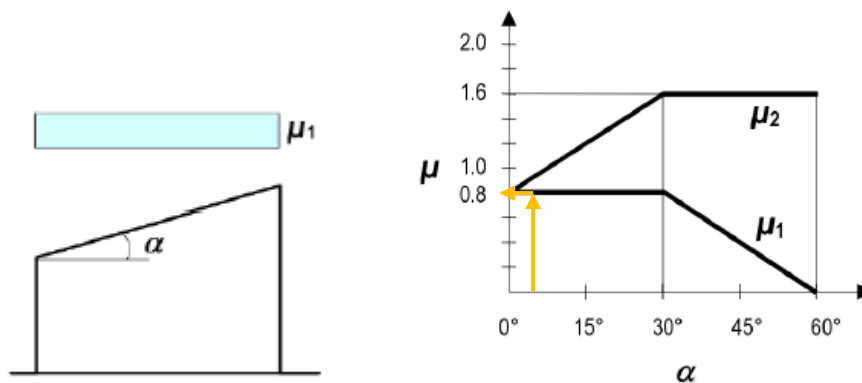
$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijega (učinak oblika krova)

$C_e$  - koeficijent izloženosti, obično uzima vrijednost 1.0

$C_t$  - toplinski koeficijent, obično uzima vrijednost 1.0

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo ( $\text{kN/m}^2$ )

Vrijednosti na dijagramu ( $\mu$ ) ovise o kutu nagiba ( $\alpha$ ) i strešnosti krova.

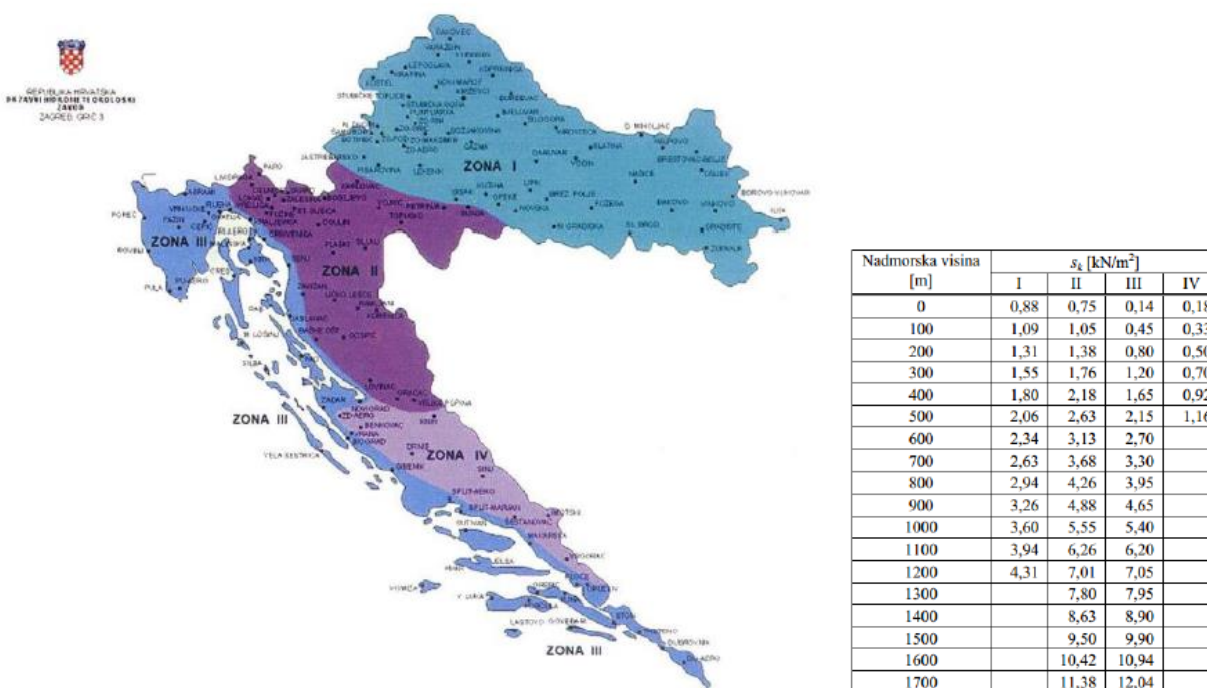


Slika 8.5. Očitavanje koeficijenta oblika

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\mu = 0.8$$

Osnovno opterećenje snijegom dano je nacionalnim dodatkom i definirano je prema sljedećoj mapi i tablicama:



Slika 8.6. Karakteristično opterećenje snijegom  $s_k$  ( $\text{kN/m}^2$ ) u zonama na različitim nadmorskim visinama

Promatrani objekt se nalazi u zoni broj 3, na nadmorskoj visini do 100 metara nad morem iz čega možemo isčitati karakteristično opterećenje snijegom.

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

$$\mu = 0.8$$

$$C_e = 1.0$$

$$C_t = 1.0$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.45 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

**NAPOMENA:** Dobiveno opterećenje snijegom opteretit ćemo krovnu površinu i sve otvorene površine kao što su balkoni.

### 8.3.3. Opterećenje vjetrom

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

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

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

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

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

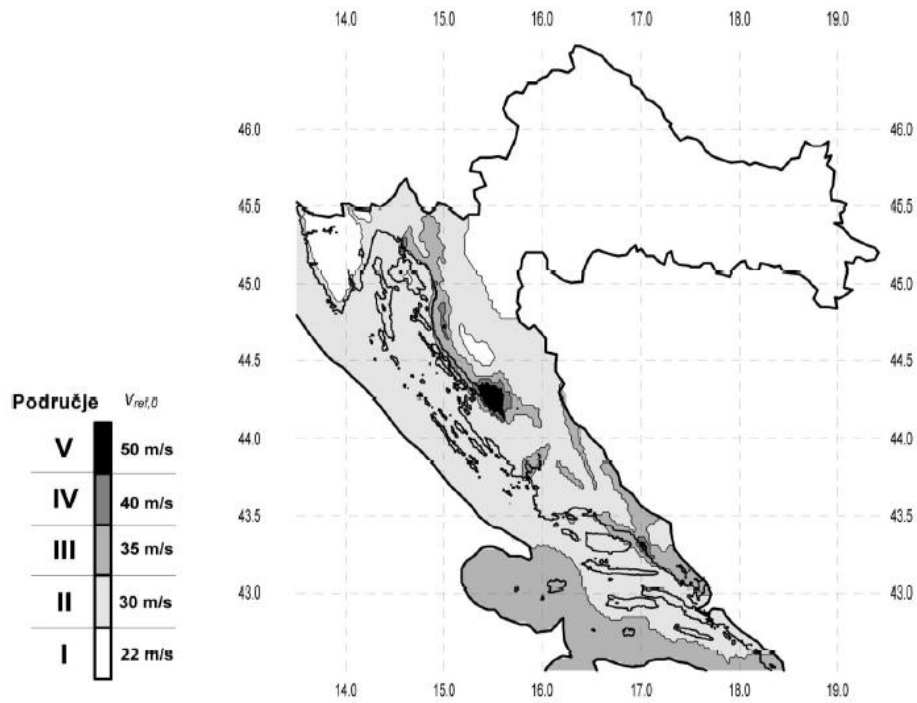
- Koeficijent godišnjeg doba ( $c_{tem}$ ) uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{tem}=1.0$ .

- Koeficijent nadmorske visine ( $c_{alt}$ ) koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz:

$$c_{alt}=1+0.0001 \cdot a_s=1+0.0001 \cdot 10=1.001$$

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

PODRUČJE	$V_{b,0}$ [m/s]
I	22
II	30
III	35
IV	40
V	50



Slika 8.7. Karta osnovnih brzina vjetra s obzirom na područje

Objekt se nalazi na području Omiša te prema karti pripada III. vjetrovnom području iz čega možemo zaključiti da je referentna brzina vjetra:

$$v_{b,0} = 35 \text{ m/s}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 1.001 \cdot 35 = 35.035 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra iznad terena na nekoj visini z:

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

$c_{0(z)}$  - koeficijent topografije (uglavnom 1.0)

$c_{r(z)}$  - koeficijent hrapavosti

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

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

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} \quad \text{— koeficijent terena}$$

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

Slika 8.8. Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

Za područje grada Omiša kategorija terena prema tablici je II. Stoga su vrijednosti sljedeće:

$$z_0 = 0.05 \text{ m}, \quad z_{min} = 2.0 \text{ m}, \quad z_{max} = \text{obično se uzima } 200 \text{ m}$$

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

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

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

Maksimalni tlak brzine vjetra iznosi:

$$q_{p(z)} = (1 + 7 \cdot I_{v(z)}) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

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

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

Rezultirajuća sila vjetra:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$c_{pe}$  - koeficijent vanjskog tlaka

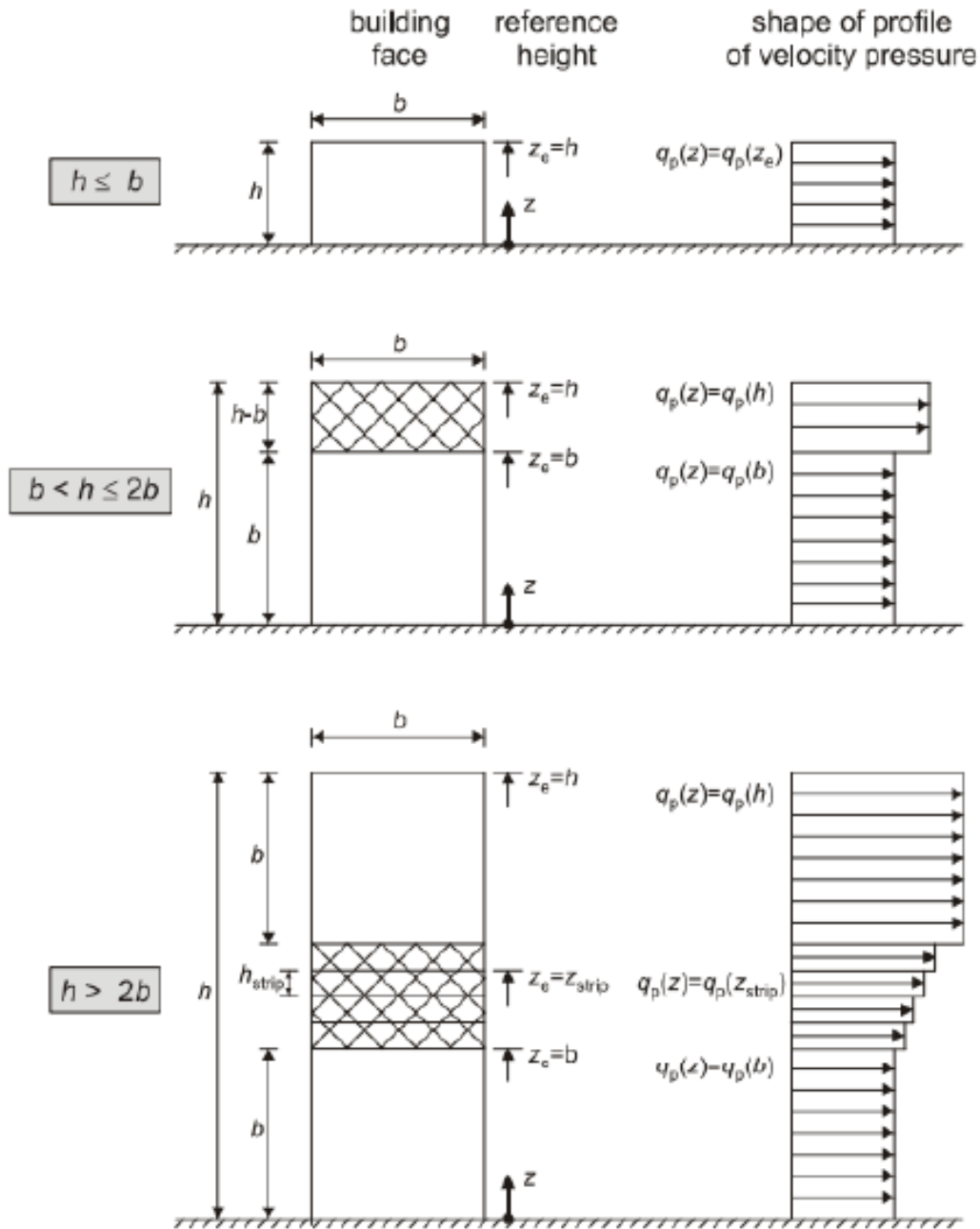
$$W_e = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$c_{pi}$  - koeficijent unutarnjeg tlaka

$z_i$  - referentna visina objekta

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka:

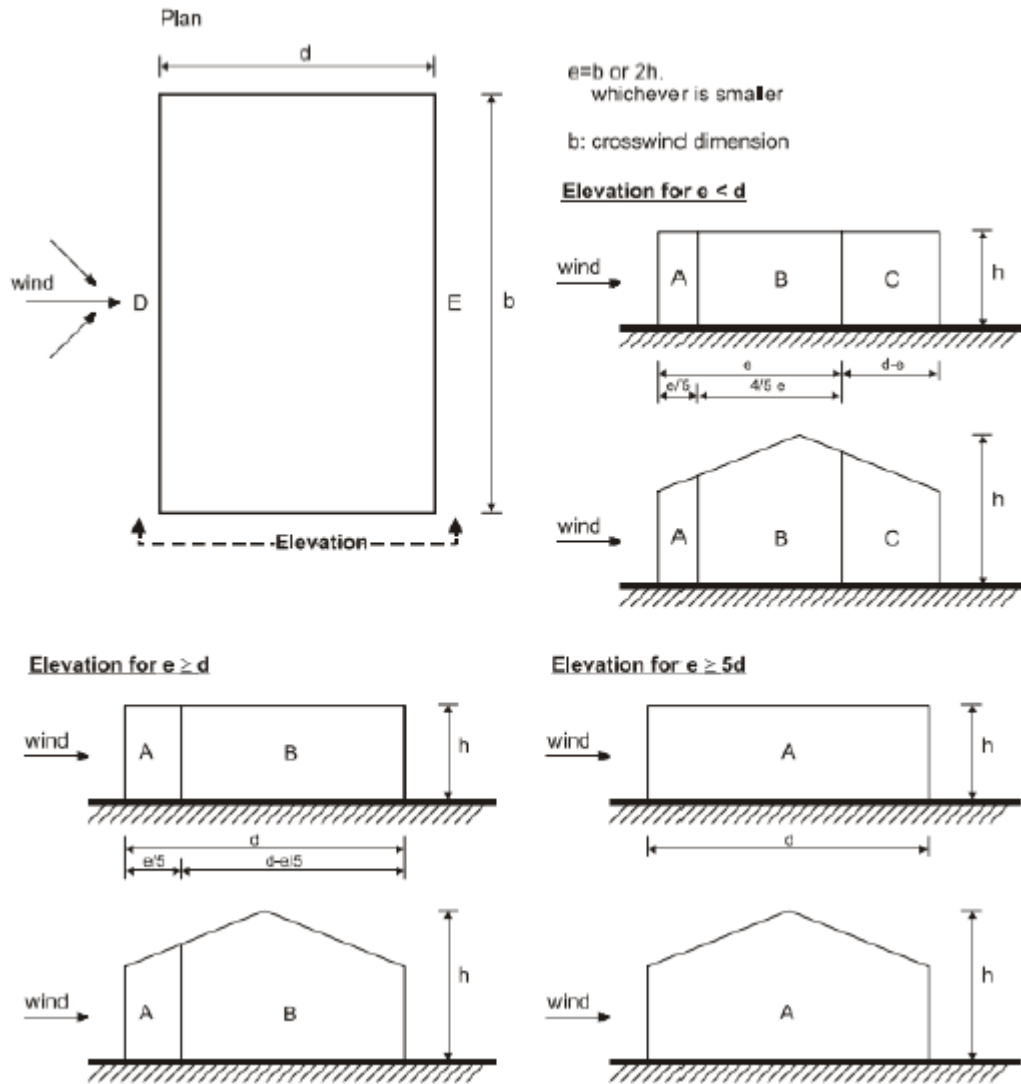
- Referentna visina objekta  $z_e$  određuje se prema odnosu  $h/b$ .



Slika 8.9. Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka vjetra



- Podjela zgrade na zone (za vertikalne zidove):



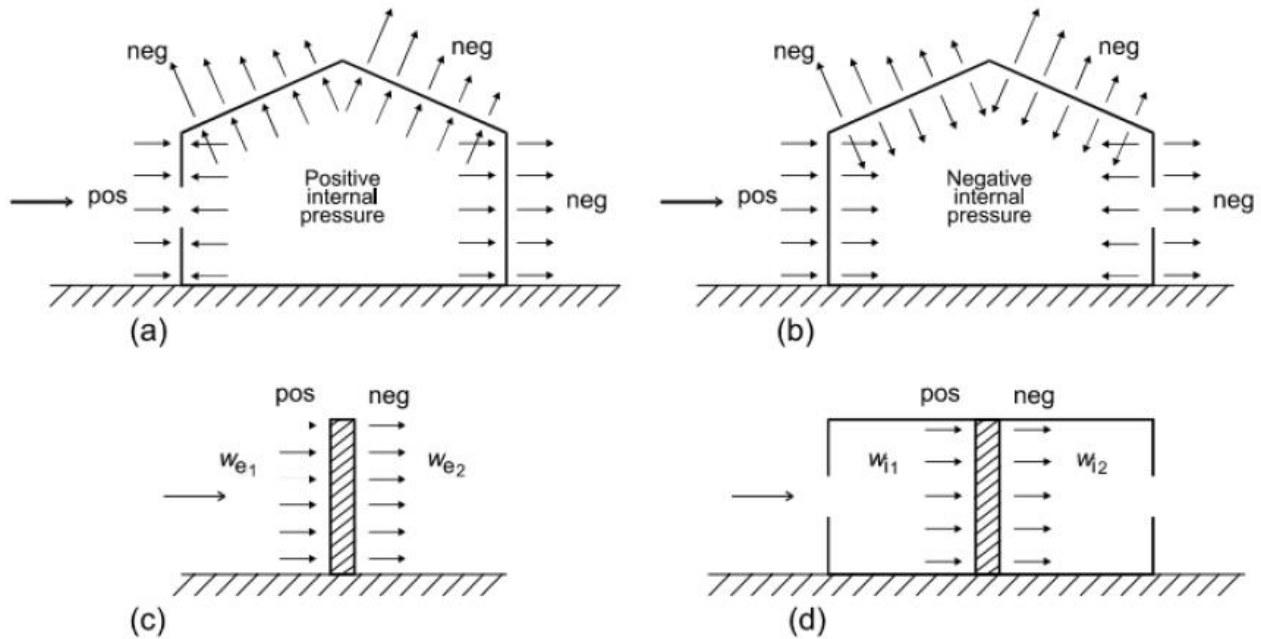
Slika 8.10. Podjela zgrade na vjetrovne zone

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

Slika 8.11. Koeficijenti vanjskog tlaka za vanjske zidove zgrada

Određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka  $c_{pi}$ :

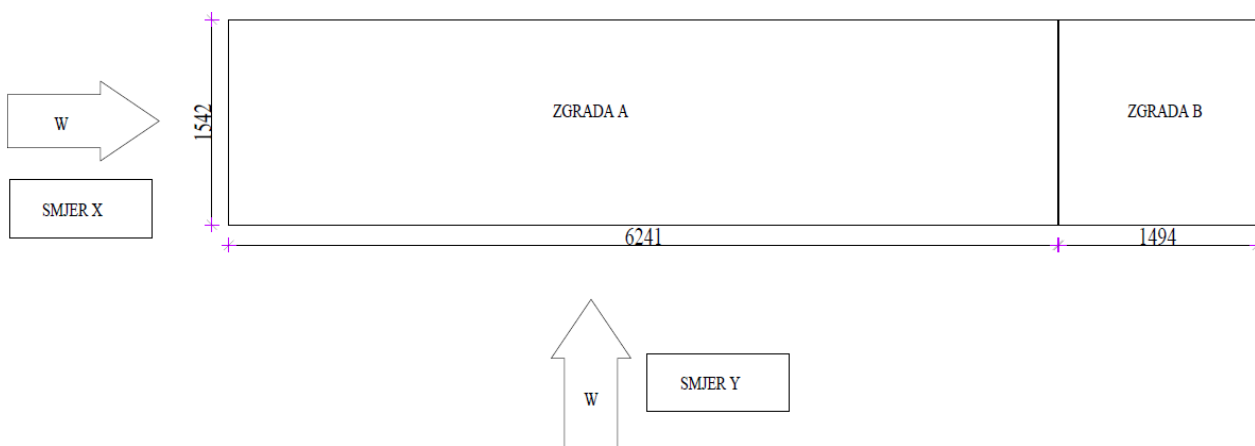
Maksimalni koeficijent unutarnjeg tlaka je 0,8, a minimalni koeficijent unutarnjeg tlaka (podtlak) je -0,5. Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe ( $w_e$  i  $w_i$ ) se raspoređi prema shemi prikazanoj na slici 8.25. te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 8.12. Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka na zidove i krovove zgrade

## 8.3.3.1. Rezultati proračuna vjetra promatranog objekta

## 8.3.3.1.1. Proračun vjetra za zgradu A



Slika 8.13. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu A

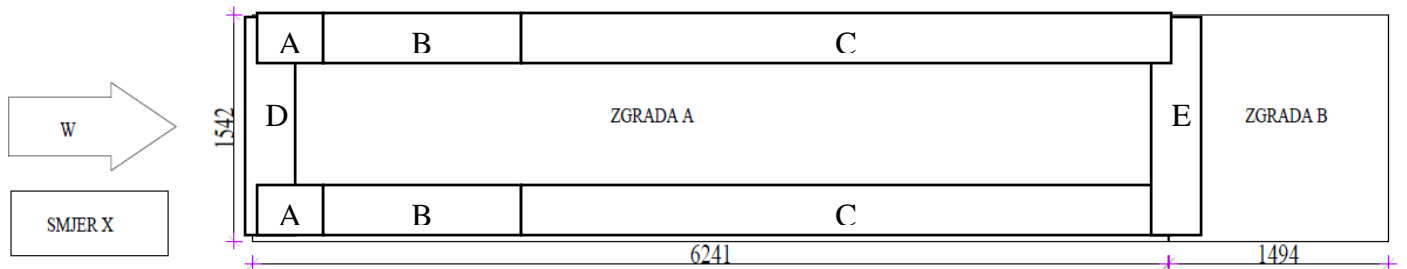
SMJER X		
$Z_e$	19.02	m
$v_{b,0}$	35	m/s
$C_{alt}$	1.001	
$C_{dir}$	1	
$C_{tem}$	1	
$v_b$	35.035	m/s
$C_{r(z)}$	1.128832	
$K_r$	0.19	
$Z$	19.02	m
$Z_0$	0.05	m
$C_{0(z)}$	1	
$v_m$	39.54864	m/s
$I_v$	0.168316	
$\rho_{Zraka}$	1.25	kg/m <sup>3</sup>
$q_{p(z)}$	2.129329	kN/m <sup>2</sup>

SMJER Y		
$Z_e$	19.02	m
$v_{b,0}$	35	m/s
$C_{alt}$	1.001	
$C_{dir}$	1	
$C_{tem}$	1	
$v_b$	35.035	m/s
$C_{r(z)}$	1.128832	
$K_r$	0.19	
$Z$	19.02	m
$Z_0$	0.05	m
$C_{0(z)}$	1	
$v_m$	39.54864	m/s
$I_v$	0.168316	
$\rho_{Zraka}$	1.25	kg/m <sup>3</sup>
$q_{p(z)}$	2.129329	kN/m <sup>2</sup>

SMJER X				
H	19.02			A, B, C, D, E ZONE
b	15.42			
d	62.41			
e	15.42	<	62.41	
h/d	0.305			

SMJER Y				
H	19.02			A, B, D, E ZONE
b	62.41			
d	15.42			
e	38.04	>	15.42	
h/d	1.223			

X SMJER	$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	kN/m <sup>2</sup>				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
A	2.129	-1.2	0.8	-0.5	-2.555	1.703	-1.065	-4.259	-1.490	-4.259
B	2.129	-0.8	0.8	-0.5	-1.703	1.703	-1.065	-3.406	-0.639	-3.407
C	2.129	-0.5	0.8	-0.5	-1.065	1.703	-1.065	-2.768	0	-2.768
D	2.129	0.8	0.8	-0.5	1.703	1.703	-1.065	0	2.768	2.768
E	2.129	-0.350	0.800	-0.500	-0.745	1.703	-1.065	-2.449	0.319	-2.449



Slika 8.14. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu A iz smjera x

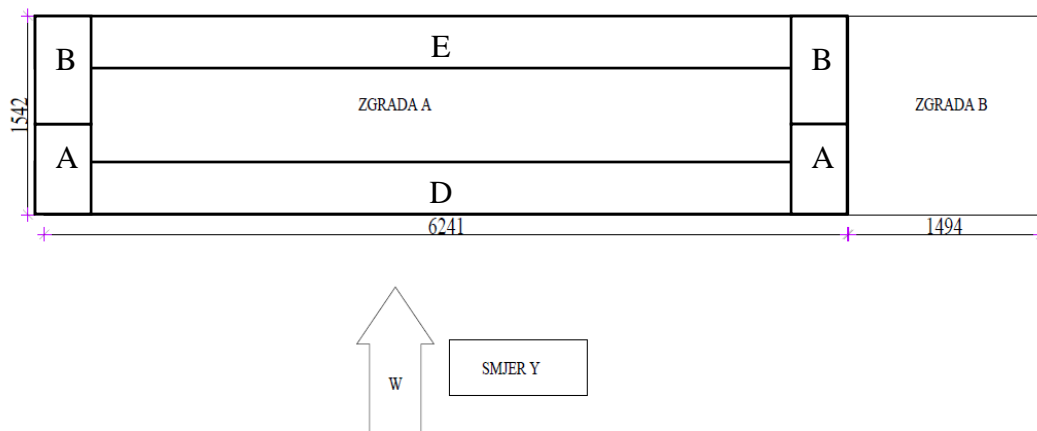
$$\text{Zona A: } \frac{1}{5} \cdot e = 3.08 \text{ m}$$

$$\text{Zona B: } \frac{4}{5} \cdot e = 12.34 \text{ m}$$

$$\text{Zona C: } d - e = 46.99 \text{ m}$$

$$\text{Zona D i Zona E: } 15.42 \text{ m}$$

Y SMJER	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	2.129	-1.2	0.8	-0.5	-2.555	1.703	-1.065	-4.259	-1.490	-4.259
B	2.129	-0.8	0.8	-0.5	-1.703	1.703	-1.065	-3.406	-0.639	-3.407
D	2.129	0.8	0.8	-0.5	1.703	1.703	-1.065	0	2.768	2.768
E	2.129	-0.550	0.800	-0.500	-1.171	1.703	-1.065	-2.875	-0.106	-2.875



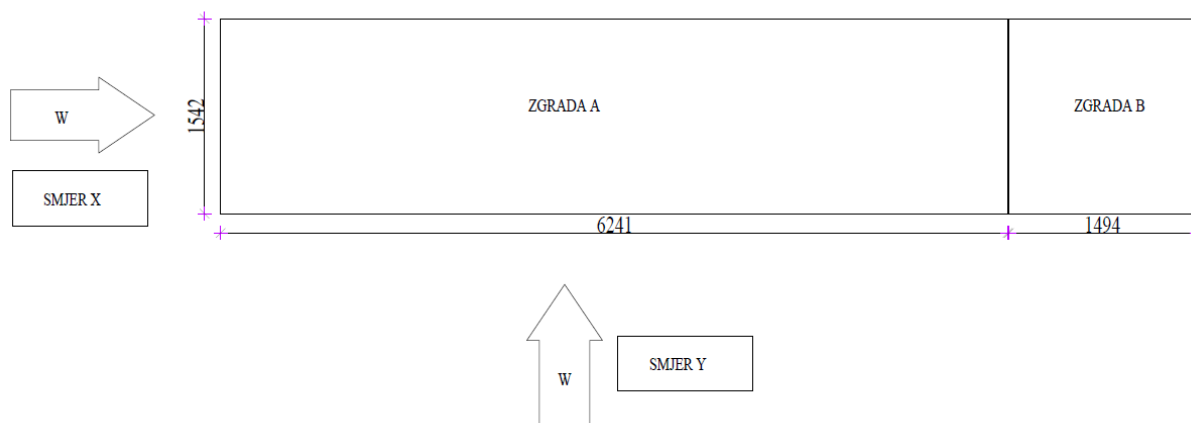
Slika 8.15. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu A iz smjera y

$$\text{Zona A: } \frac{1}{5} \cdot e = 7.61 \text{ m}$$

$$\text{Zona B: } d - \frac{1}{5} \cdot e = 7.81 \text{ m}$$

$$\text{Zona D i zona E: } 62.41 \text{ m}$$

## 8.3.3.1.2. Proračun vjetra za zgradu B



Slika 8.16. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu B

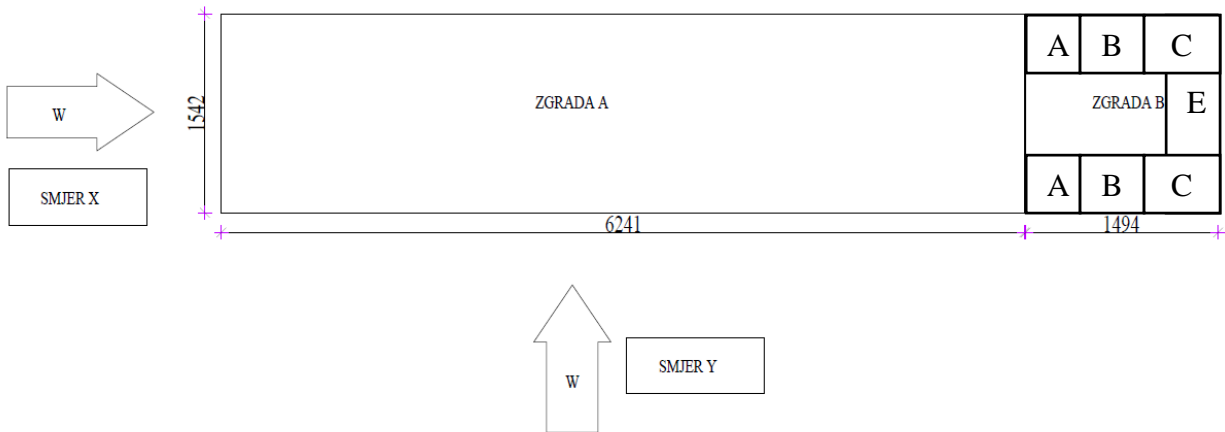
SMJER X		
$Z_e$	6.950	m
$v_{b,0}$	35.000	m/s
$C_{alt}$	1.001	
$C_{dir}$	1.000	
$C_{tem}$	1.000	
$v_b$	35.035	m/s
$C_{r(z)}$	0.938	
$K_r$	0.190	
$Z$	6.950	m
$Z_0$	0.050	m
$C_{0(z)}$	1.000	
$v_m$	32.847	m/s
$I_v$	0.203	
$\rho_{Zraka}$	1.250	kg/m <sup>3</sup>
$q_{p(z)}$	1.631	kN/m <sup>2</sup>

SMJER Y		
$Z_e$	6.950	m
$v_{b,0}$	35.000	m/s
$C_{alt}$	1.001	
$C_{dir}$	1.000	
$C_{tem}$	1.000	
$v_b$	35.035	m/s
$C_{r(z)}$	0.938	
$K_r$	0.190	
$Z$	6.950	m
$Z_0$	0.050	m
$C_{0(z)}$	1.000	
$v_m$	32.847	m/s
$I_v$	0.203	
$\rho_{Zraka}$	1.250	kg/m <sup>3</sup>
$q_{p(z)}$	1.631	kN/m <sup>2</sup>

SMJER X				
H	6.95			A, B, C, D, E ZONE
b	15.42			
d	14.94			
e	13.9	<	14.94	
h/d	0.465			

SMJER Y				
H	6.95			A, B, C, D, E ZONE
b	14.94			
d	15.42			
e	13.9	<	15.42	
h/d	0.451			

X SMJER	$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	kN/m <sup>2</sup>				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
A	1.631	-1.200	0.800	-0.500	-1.957	1.305	-0.815	-3.262	-1.142	-3.262
B	1.631	-0.800	0.800	-0.500	-1.305	1.305	-0.815	-2.609	-0.489	-2.609
C	1.631	-0.500	0.800	-0.500	-0.815	1.305	-0.815	-2.120	0.000	-2.120
D	1.631	0.800	0.800	-0.500	1.305	1.305	-0.815	0.000	2.120	2.120
E	1.631	-0.350	0.800	-0.500	-0.571	1.305	-0.815	-1.876	0.245	-1.876



Slika 8.17. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu B iz smjera x

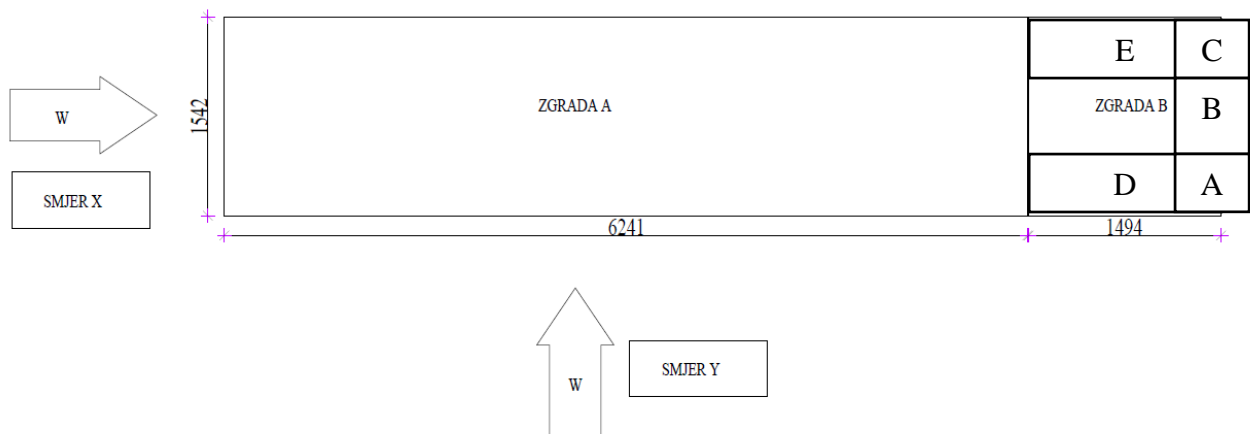
$$\text{Zona A: } \frac{1}{5} \cdot e = 2.78 \text{ m}$$

$$\text{Zona B: } \frac{4}{5} \cdot e = 11.12 \text{ m}$$

$$\text{Zona C: } d - e = 1.04 \text{ m}$$

$$\text{Zona D i E: } 15.42 \text{ m}$$

Y SMJER	$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	1.631	-1.200	0.800	-0.500	-1.957	1.305	-0.815	-3.262	-1.142	-3.262
B	1.631	-0.800	0.800	-0.500	-1.305	1.305	-0.815	-2.609	-0.489	-2.609
C	1.631	-0.500	0.800	-0.500	-0.815	1.305	-0.815	-2.120	0.000	-2.120
D	1.631	0.800	0.800	-0.500	1.305	1.305	-0.815	0.000	2.120	2.120
E	1.631	-0.350	0.800	-0.500	-0.571	1.305	-0.815	-1.876	0.245	-1.876



Slika 8.18. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu B iz smjera y

$$\text{Zona A: } \frac{1}{5} \cdot e = 2.78 \text{ m}$$

$$\text{Zona B: } \frac{4}{5} \cdot e = 11.12 \text{ m}$$

$$\text{Zona C: } d - e = 1.52 \text{ m}$$

$$\text{Zona D i E: } 14.94 \text{ m}$$



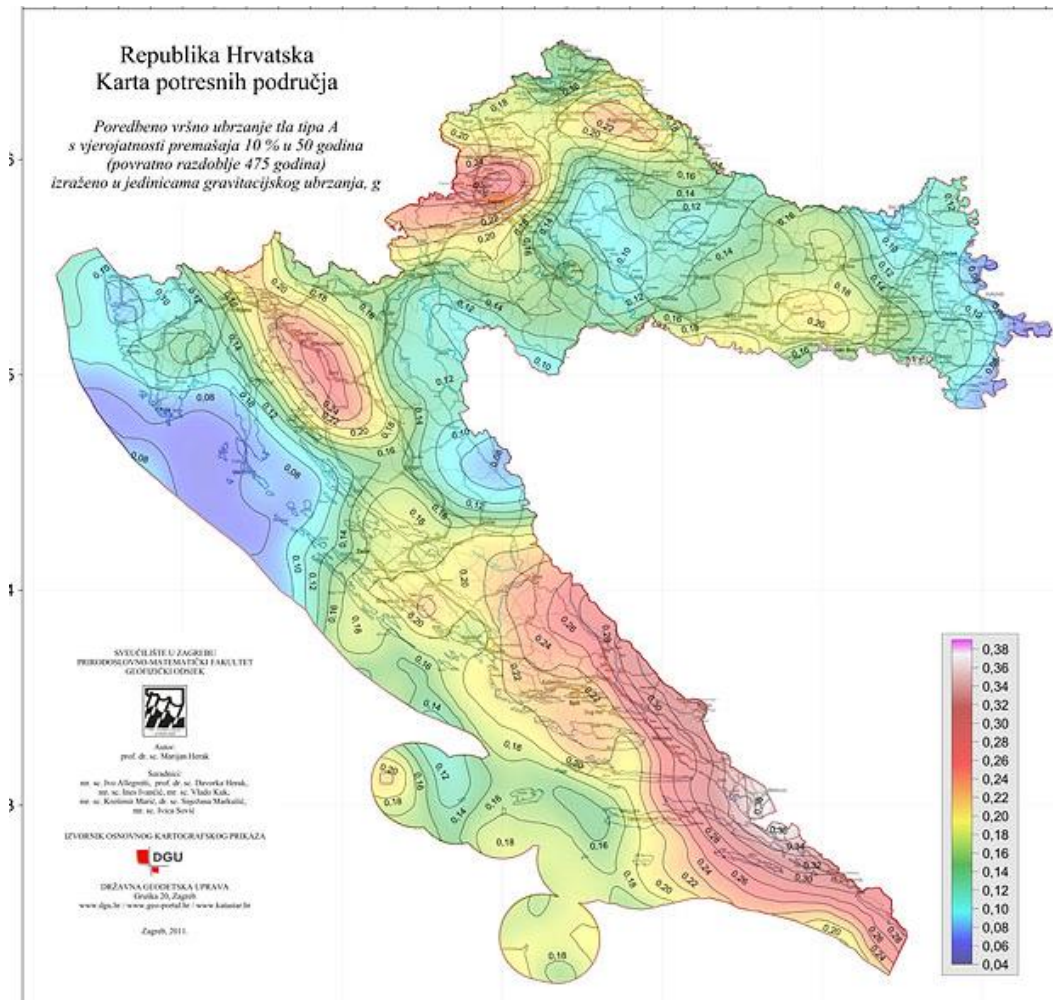
## 8.4. Izvanredno opterećenje

### 8.4.1. Potresno opterećenje

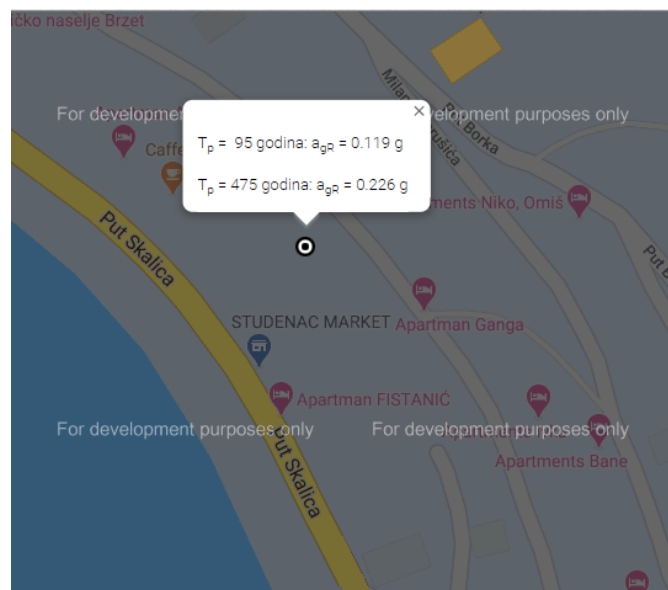
Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 19.0. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla 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 magnitudo veće od 5,5 odabiremo tip 1, a za magnitudo 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 umanju 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 očitava se ubrzanje tla za povrtani period od 475 godina za GSN

- Za područje grada Omiša  $a_{gR} = 0,226g \approx 2,2 \text{ m/s}^2$



Slika 8.19. Karta seizmičkog ubrzanja tla



Slika 8.20. Očitano ubrzanje za područje grada Omiša

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).

Tip temeljnog tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (udara/ 30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	> 800	–	–
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360-800	> 50	> 250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180-360	15-50	70-250
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	< 180	< 15	< 70
E	Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal s $v_s > 800$ m/s			
S <sub>1</sub>	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti (PI > 40) i velikim sadržajem vode	< 100 (približno)	–	10-20
S <sub>2</sub>	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S <sub>1</sub>			

Slika 8.21. Klase temeljnog tla

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 8.21. 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:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \text{ za klasu duktilnosti DCM}$$

$$q_0 - \text{osnovni faktor ponašanja} - q_0 = \frac{\alpha_0}{\alpha_1}$$

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} - \text{ovisi o tlocrtnoj pravilnosti sustava}$$

$$k_w - \text{faktor prevladavajućeg sloma} - k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3} - k_w = 1.0$$

Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okviri sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 $\alpha_U/\alpha_1$	4,5 $\alpha_U/\alpha_1$
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 $\alpha_U/\alpha_1$
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

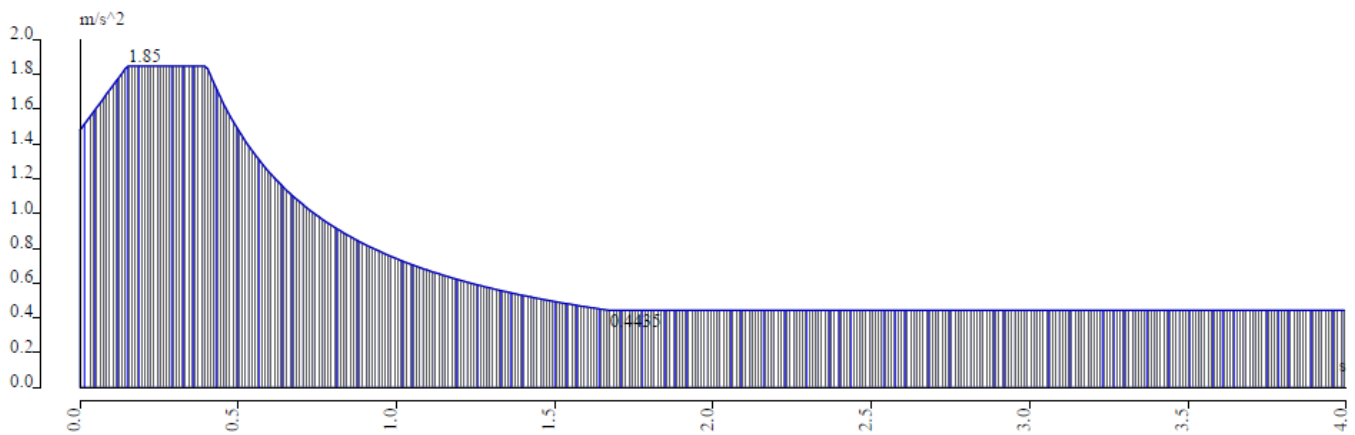
Slika 8.22. Određivanje osnovnog faktora ponašanja

$$q = q_0 \cdot k_w = 3.0 \cdot 1.0 = 3.0$$

Ulazni podaci za proračun:

coeff accel. ag	0.226
ag - design acceleration [m/s...	2.218
q - behaviour factor	3.000
beta	0.200
S, Tb, Tc, Td manually?	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 8.23. Ulazni podaci za proračun na potres



Slika 8.24. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

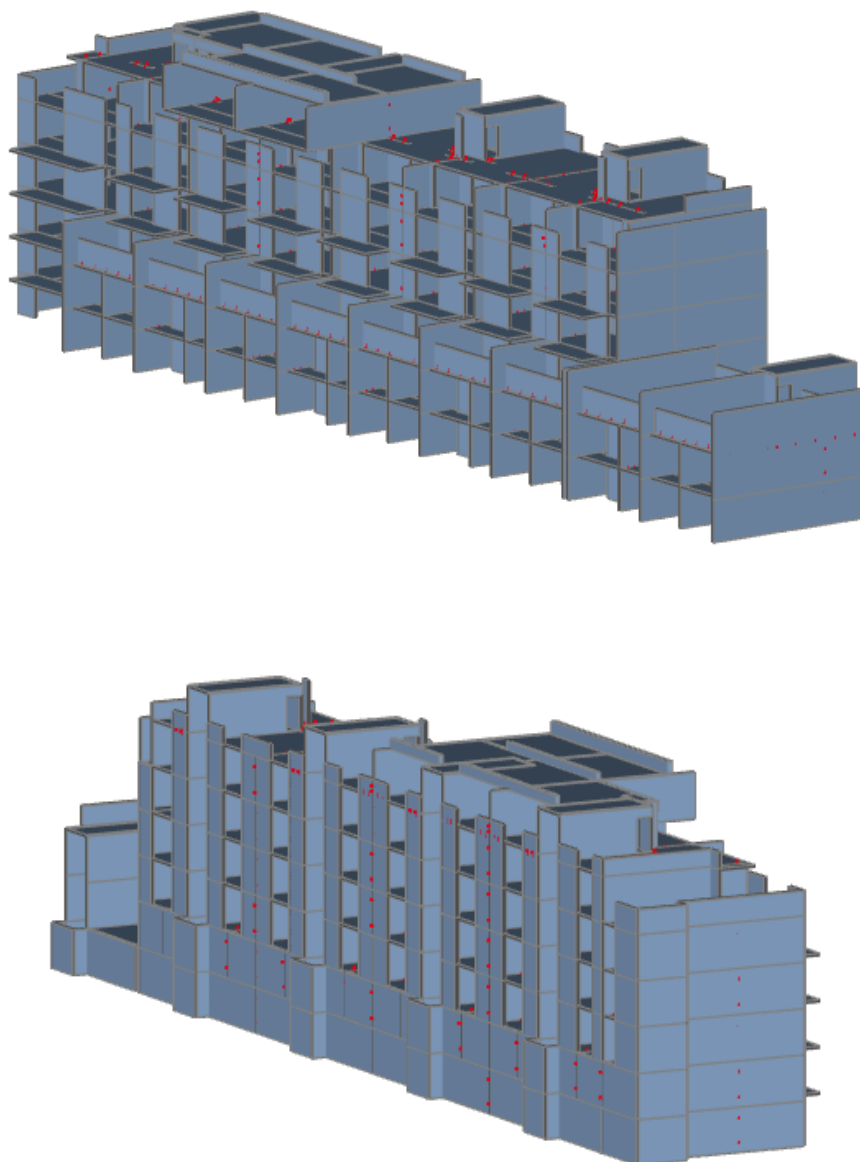
Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja). Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 48 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu aktivirano je 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila.

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).

## 9. NUMERIČKI MODEL

### 9.1. Numerički model općenito

Za proračun ovog rada napravljen je 3D model konstrukcije koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploča i zidova). Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 19.0.



Slika 9.1. 3D model

- Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 14 cm. Modelirane su kao 2D plošni elementi i opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po  $m^2$  - dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom.

- Zidovi su armirano betonski zidovi debljine od 25 cm. Modelirani su kao 2D plošni elementi i opterećeni okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po  $m^2$  vjetrovnim opterećenjem u dva smjera.

Svi betonski dijelovi izgrađeni su od betona C30/37, izuzev temelja C25/30, armirani armaturom B500B.

## 9.2. Kombinacije opterećenja

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

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

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

UOBIČAJENA KOMBINACIJA	
<i>GSN1</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k$
<i>GSN2</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k$
<i>GSN3</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (1,2 \cdot Q_k + W_x + S)$
<i>GSN4</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (Q_k + W_x + S)$
<i>GSN5</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (1,2 \cdot Q_k + W_y + S)$
<i>GSN6</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (Q_k + W_y + S)$
<i>GSN7</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_x + 1,5S)$
<i>GSN8</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_x + 1,5S)$
<i>GSN9</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_y + 1,5S)$
<i>GSN10</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_y + 1,5S)$
<i>GSN11</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN12</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN13</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN14</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$

<i>GSN15</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5 Q_k + 1,5 S$
<i>GSN16</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5 Q_k + 1,5 S$
<i>GSN17</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5 Q_k + 1,5 S$
<i>GSN18</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5 Q_k + 1,5 S$

SEIZMIČKA KOMBINACIJA	
<i>GSN19</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_x$
<i>GSN20</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_y$

GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI:

UOBIČAJENA KOMBINACIJA	
<i>GSU1</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k$
<i>GSU2</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 Q_k + 1,0 W_x + 1,0 S$
<i>GSU3</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 Q_k + 1,0 W_y + 1,0 S$



## 10. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE

Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju:

## Calculation protocol

## Solution of Free vibration

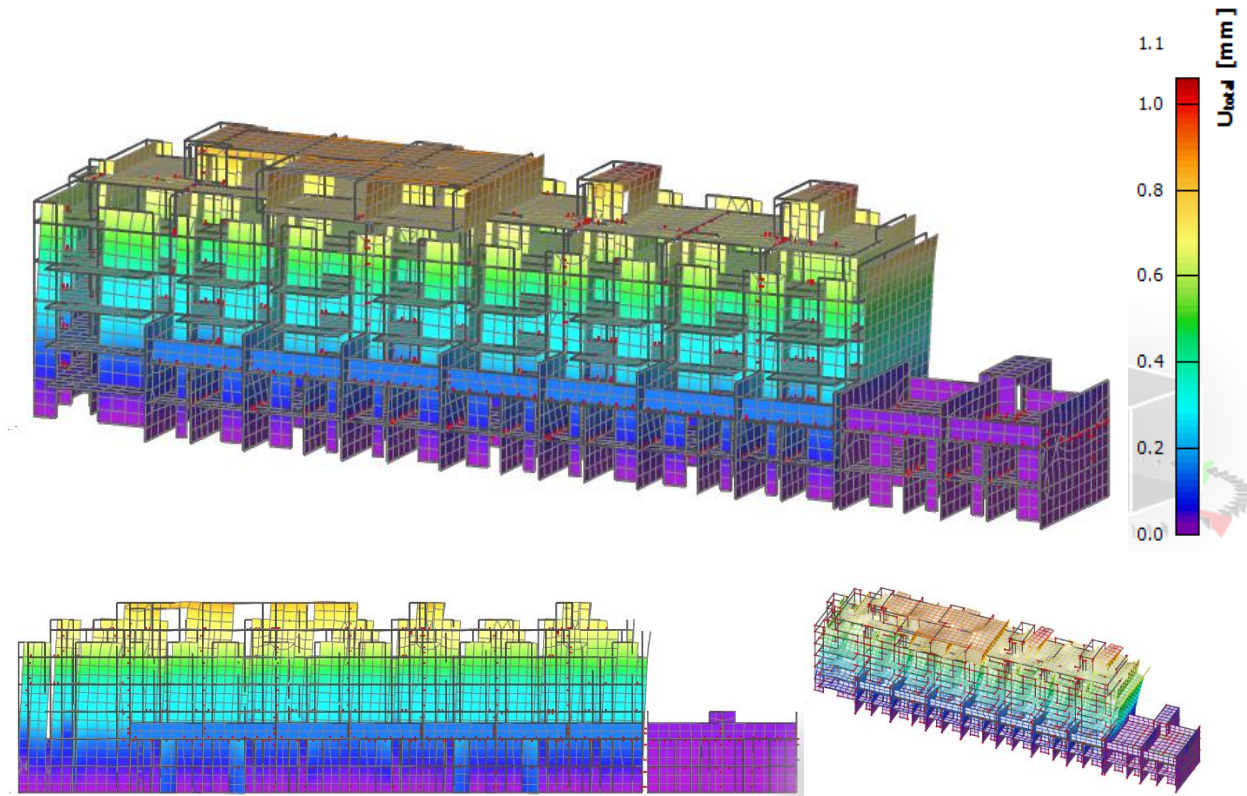
Number of 2D elements	12434
Number of 1D elements	46
Number of mesh nodes	11679
Number of equations	70074
Combination of mass groups	MC1 CM1
Number of frequencies	48
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard using improved reduced system (IRS)
Start of calculation	31.07.2020 11:27
End of calculation	31.07.2020 11:29

## Sum of masses

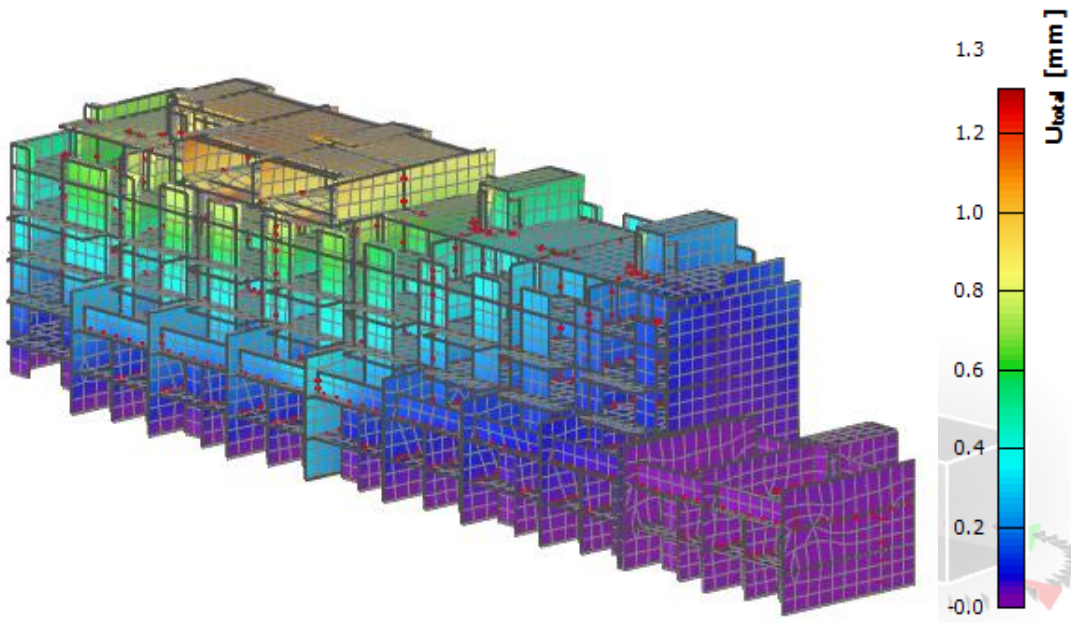
	Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1	Moving mass	7064978.3	7064978.3	7064978.3
1	Total mass	7200858.3	7200858.3	7200858.3

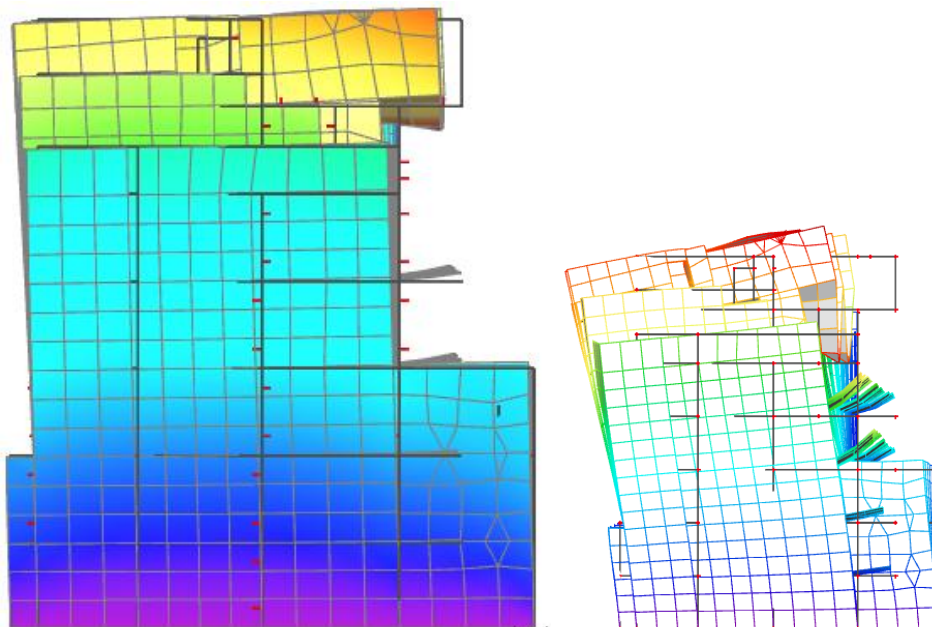
## Relative modal masses

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{x1}/W_{stat}$	$W_{y1}/W_{stat}$	$W_{z1}/W_{stat}$	$W_{x1,R}/W_{stat,R}$	$W_{y1,R}/W_{stat,R}$	$W_{z1,R}/W_{stat,R}$
1	49.6829	0.13	7.91	0.5175	0.0000	0.0000	0.0000	0.0311	0.0003
2	52.8142	0.12	8.41	0.0001	0.0020	0.0064	0.0103	0.0012	0.0004
3	67.6694	0.09	10.77	0.0001	0.4259	0.0014	0.2877	0.0002	0.1236
4	78.3548	0.08	12.47	0.0011	0.0554	0.0009	0.0387	0.0009	0.3007
5	87.0409	0.07	13.85	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	88.8003	0.07	14.13	0.0001	0.0143	0.0144	0.0056	0.0005	0.0016
7	96.3818	0.07	15.34	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001	0.0001	0.0000
8	96.8388	0.06	15.41	0.0000	0.0000	0.0015	0.0003	0.0000	0.0001
9	97.3624	0.06	15.50	0.0000	0.0000	0.0214	0.0005	0.0016	0.0004
10	98.2223	0.06	15.63	0.0000	0.0008	0.0142	0.0000	0.0281	0.0009
11	99.6347	0.06	15.86	0.0000	0.0000	0.0017	0.0006	0.0000	0.0000
12	101.248	0.06	16.11	0.0000	0.0000	0.0006	0.0005	0.0208	0.0007
13	105.005	0.06	16.71	0.0000	0.0015	0.0905	0.0143	0.0057	0.0007
14	105.8	0.06	16.84	0.0000	0.0026	0.0250	0.0001	0.0106	0.0009
15	111.74	0.06	17.78	0.0072	0.0850	0.0031	0.0002	0.0028	0.0115
16	112.676	0.06	17.93	0.0000	0.0013	0.0432	0.0040	0.0130	0.0003
17	115.911	0.05	18.45	0.0006	0.0025	0.0165	0.0083	0.0120	0.0004
18	121.071	0.05	19.27	0.1212	0.0051	0.0019	0.0005	0.0326	0.0001
19	122.902	0.05	19.56	0.0233	0.0000	0.0028	0.0004	0.0745	0.0011
20	124.491	0.05	19.81	0.0025	0.0006	0.0033	0.0019	0.0018	0.0002
21	128.589	0.05	20.47	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0002
22	137.54	0.05	21.89	0.0026	0.0002	0.0071	0.0011	0.0178	0.0005
23	140.982	0.04	22.44	0.0005	0.0003	0.0001	0.0033	0.0000	0.0583
24	153.924	0.04	24.50	0.0009	0.0099	0.0556	0.0183	0.0011	0.0000
25	163.249	0.04	25.98	0.1427	0.0002	0.0001	0.0001	0.0061	0.0002
26	188.066	0.03	29.93	0.0000	0.0062	0.0000	0.0088	0.0000	0.0003
27	193.295	0.03	30.76	0.0000	0.0007	0.0002	0.0008	0.0011	0.0005
28	197.727	0.03	31.47	0.0036	0.0094	0.0001	0.0042	0.0001	0.0462
29	211.062	0.03	33.59	0.0002	0.1148	0.0129	0.1487	0.0472	0.0001
30	212.316	0.03	33.79	0.0001	0.0723	0.0486	0.0298	0.0555	0.0022
31	213.846	0.03	34.03	0.0003	0.0015	0.0014	0.0004	0.0025	0.0039
32	224.588	0.03	35.74	0.0027	0.0029	0.0012	0.0001	0.0010	0.1637
33	251.978	0.02	40.10	0.0085	0.0057	0.0002	0.0019	0.0012	0.0093
34	264.962	0.02	42.17	0.0000	0.0001	0.0050	0.0050	0.0047	0.0001
35	277.823	0.02	44.22	0.0102	0.0276	0.0072	0.0017	0.0001	0.1111
36	300.329	0.02	47.80	0.0004	0.0000	0.1699	0.0229	0.0199	0.0034
37	325.306	0.02	51.77	0.0013	0.0371	0.0011	0.0267	0.0001	0.0013
38	337.599	0.02	53.73	0.0303	0.0018	0.0000	0.0021	0.0036	0.0024
39	374.418	0.02	59.59	0.0011	0.0043	0.0005	0.0071	0.0004	0.0232
40	377.92	0.02	60.15	0.0325	0.0023	0.0002	0.0031	0.0049	0.0042
41	401.385	0.02	63.88	0.0003	0.0181	0.0096	0.0399	0.0011	0.0001
42	435.74	0.01	69.35	0.0000	0.0030	0.0133	0.0002	0.0016	0.0001
43	471.86	0.01	75.10	0.0017	0.0003	0.0001	0.0006	0.0004	0.0194
44	490.652	0.01	78.09	0.0000	0.0137	0.0000	0.0261	0.0000	0.0019
45	551.528	0.01	87.78	0.0010	0.0004	0.0008	0.0003	0.0002	0.0223
46	586.581	0.01	93.36	0.0008	0.0263	0.0005	0.0454	0.0025	0.0186
47	834.665	0.01	132.84	0.0001	0.0000	0.0106	0.0044	0.2343	0.0001
48	889.97	0.01	141.64	0.0000	0.0000	0.1330	0.0092	0.0778	0.0000
				0.9170	0.9563	0.7287	0.7859	0.7236	0.9376

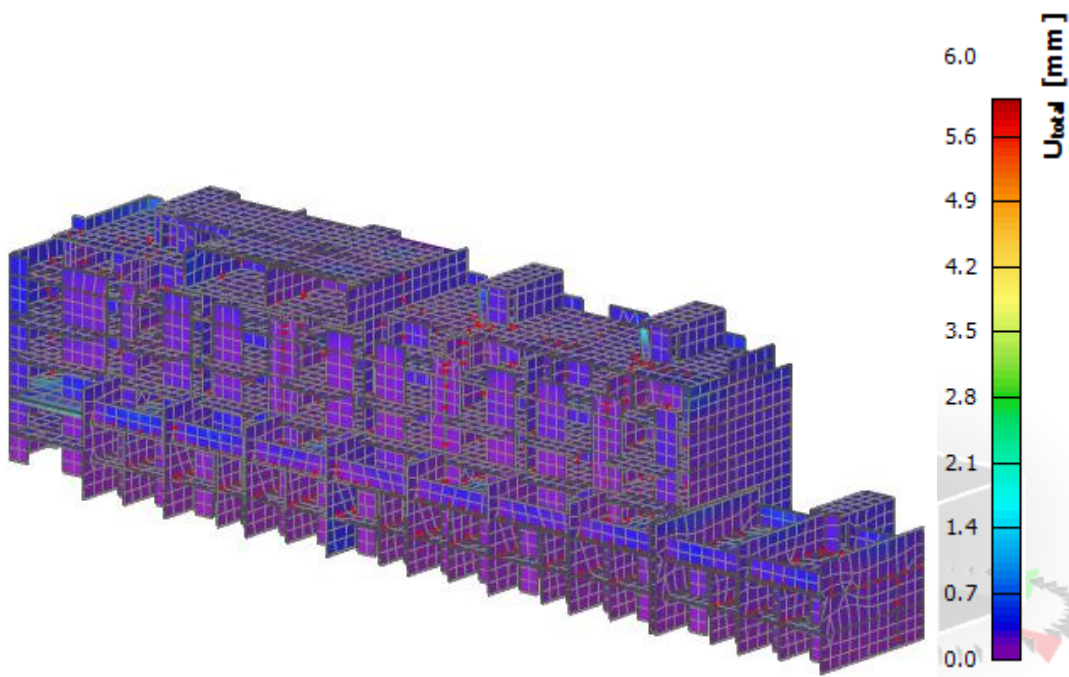


Slika 10.1. 1. mod translacija u smjeru globalne osi x





Slika 10.2. 2. mod translacija u smjeru globalne osi y



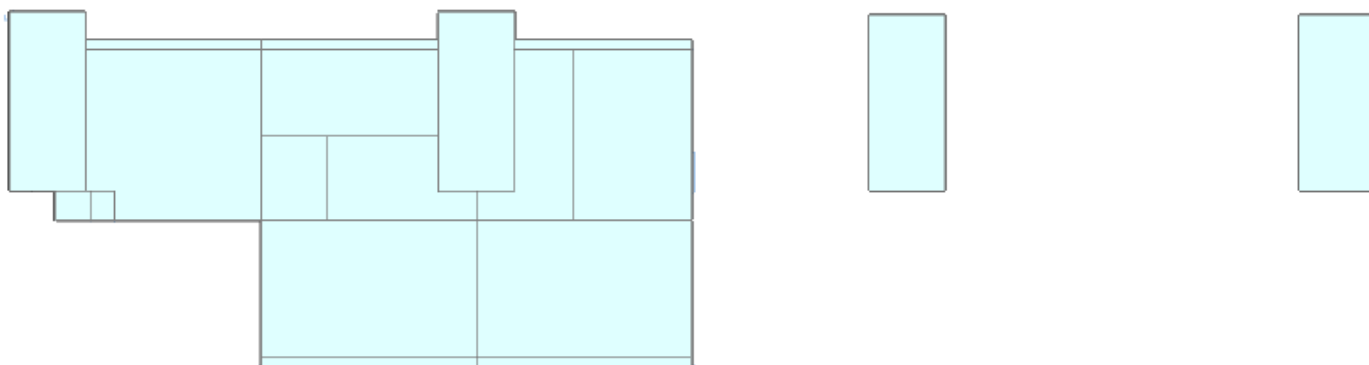
Slika 10.3. 3. mod translacija u smjeru globalne osi z

## 11. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

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

### 11.1. Proračun ploče pozicije 700 (ravni krov)

#### 11.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.1. Prikaz ploče pozicije 700

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

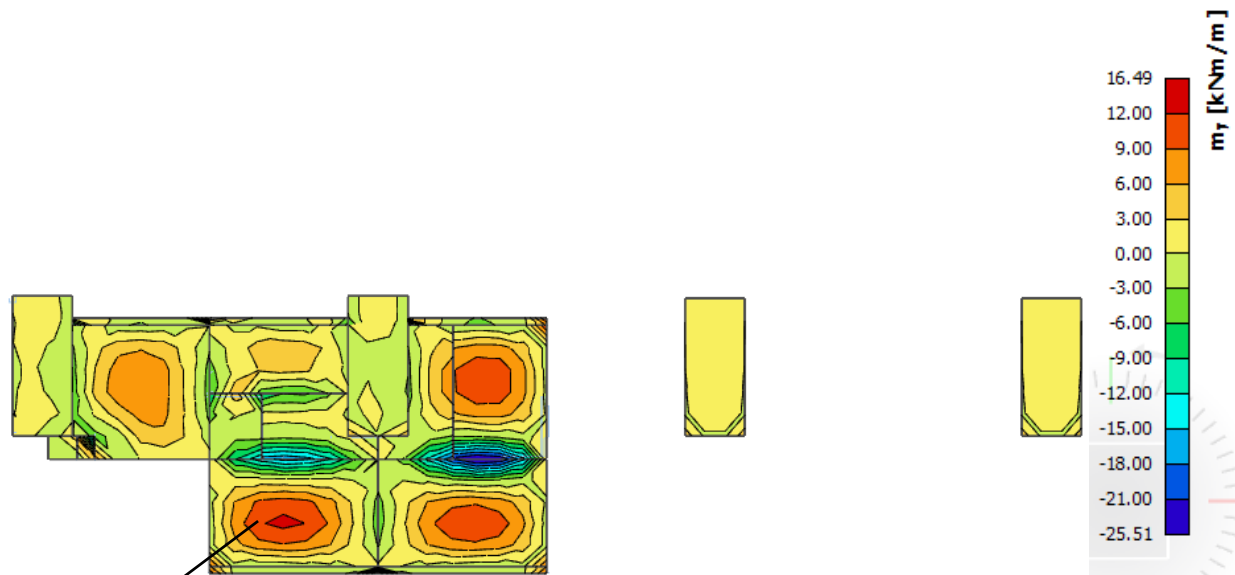
$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 43.48$$

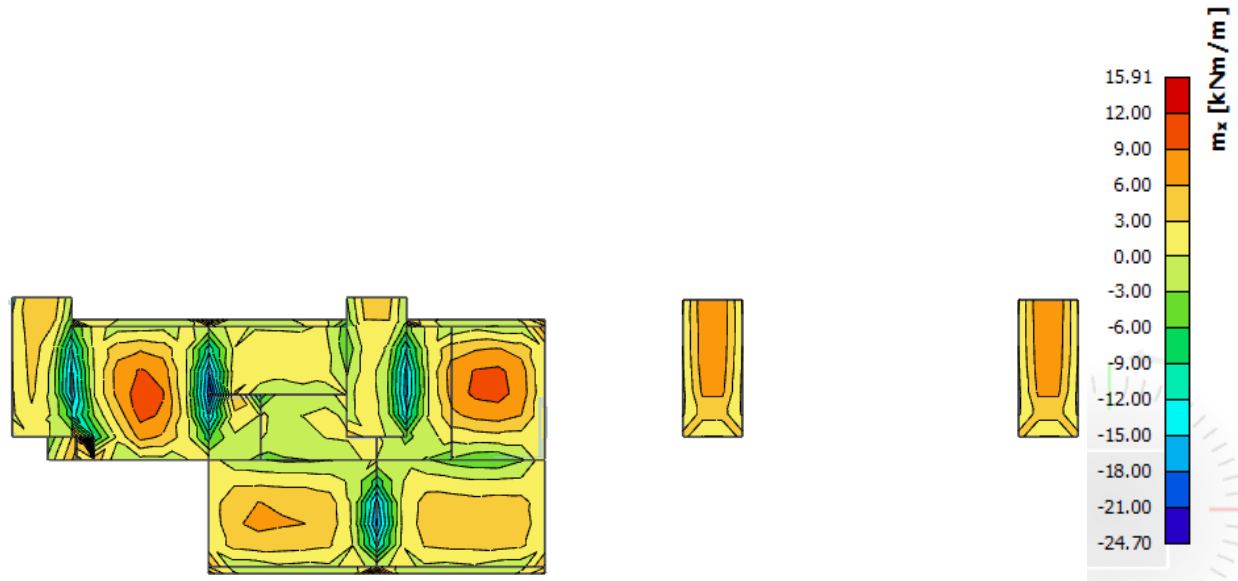
$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

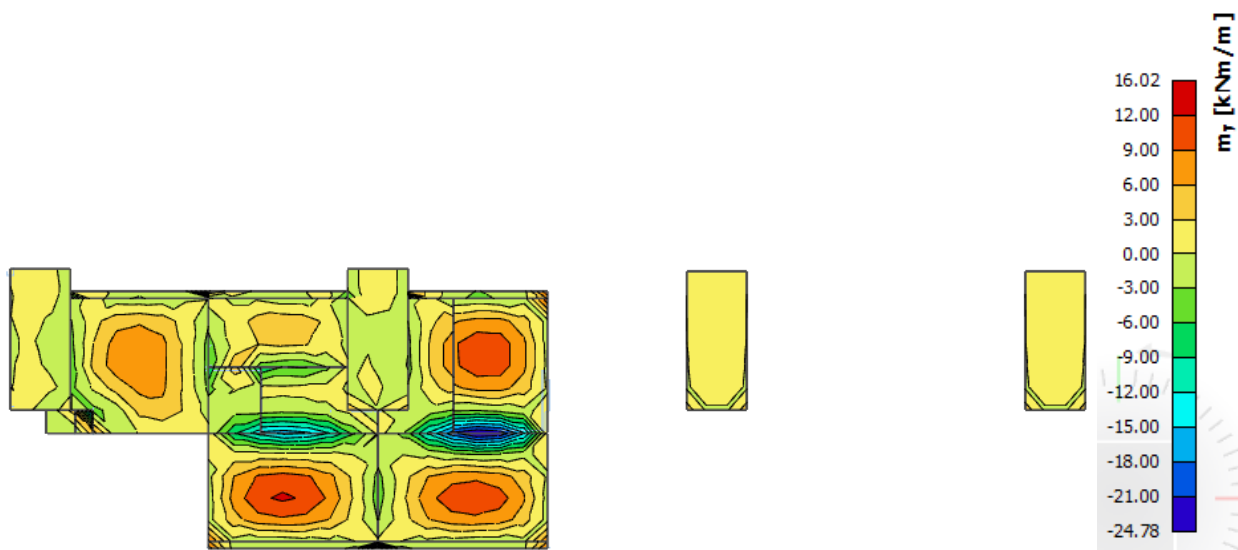
Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37
R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56

Slika 11.2. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSN 1,  $M_y$ )

Zaseban  
proračun



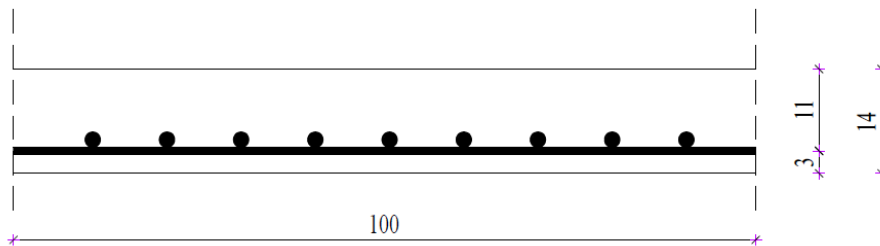
Slika 11.3. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSN 1,  $M_x$ )



Slika 11.4. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSN 2,  $M_y$ )

Slika 11.5. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u zasebnom polju:



$$M_{Ed} = 16.49 \text{ kNm}$$

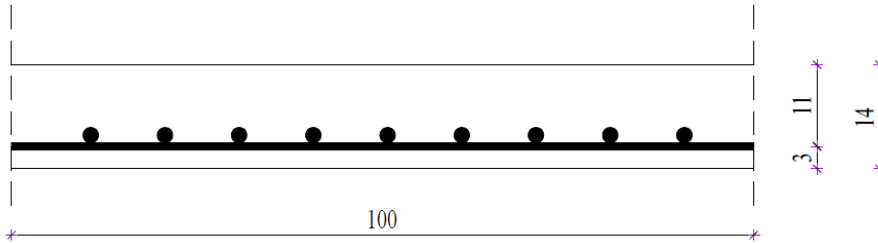
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1649}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.068$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 1.7 \text{ ‰} ; \zeta = 0.947$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1649}{0.947 \cdot 11 \cdot 43.48} = 3.64 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q385 ( $A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun u ostalim poljima:



$$M_{Ed} = 12.00 \text{ kNm}$$

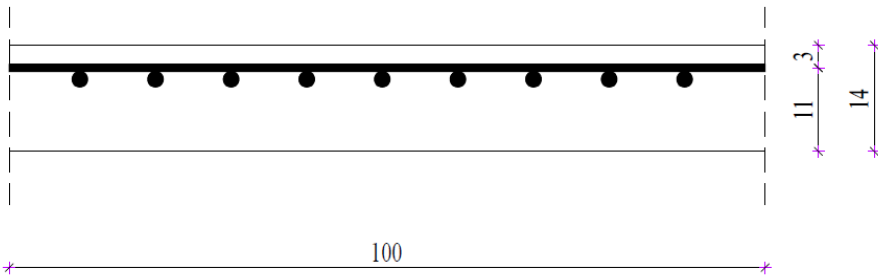
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1200}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1200}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.62 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q283 ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:



$$M_{Ed} = 21.00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2100}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.087$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 2.0 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.938$

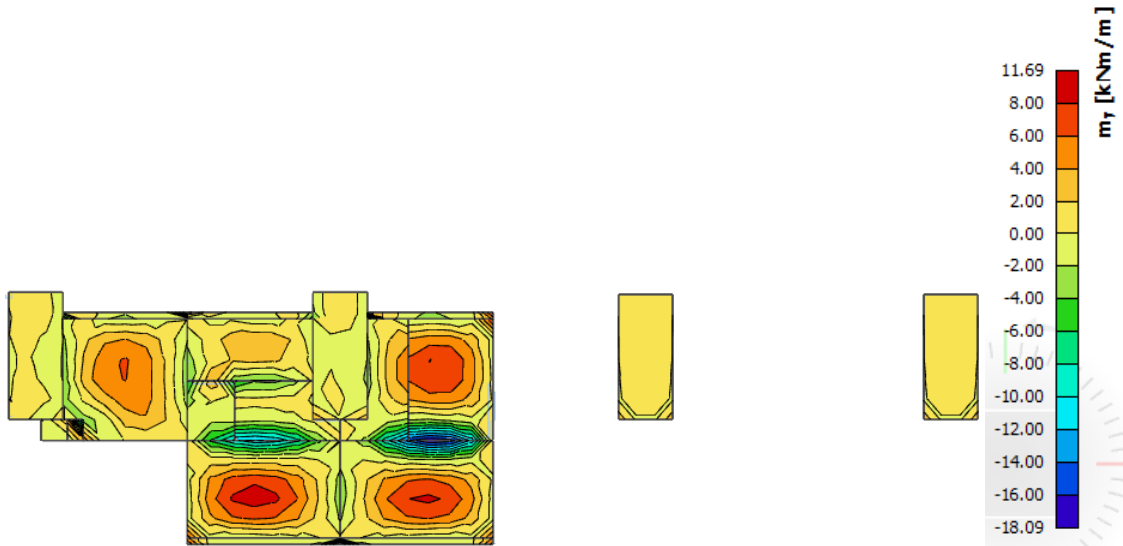
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2100}{0.938 \cdot 11 \cdot 43.48} = 4.68 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R503 ( $A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

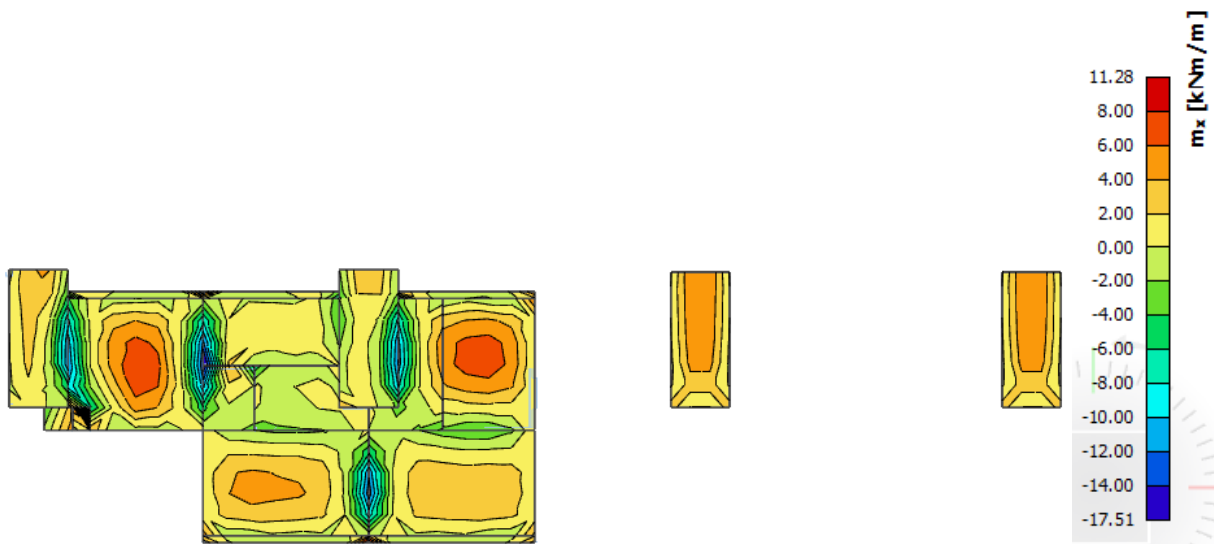


## 11.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.6. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSU,  $M_y$ )



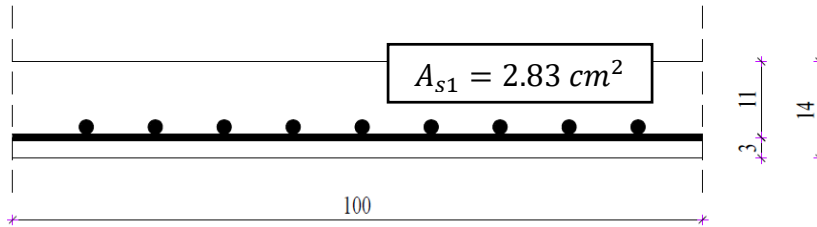
Slika 11.7. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 700 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q283 ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q283  $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{2.83}{100 \cdot \left(\frac{14 - 1.920}{3}\right)} = 0.006947$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q283 - \emptyset = 6 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 2.83}} \right) = 1.779 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1169}{\left(11 - \frac{1.779}{3}\right) \cdot 2.83} = 39.691 \text{ kN/cm}^2 = 396.91 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{396.91 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.006947} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.006947)}{200000} = 0.0011145 \leq 0.001191$$

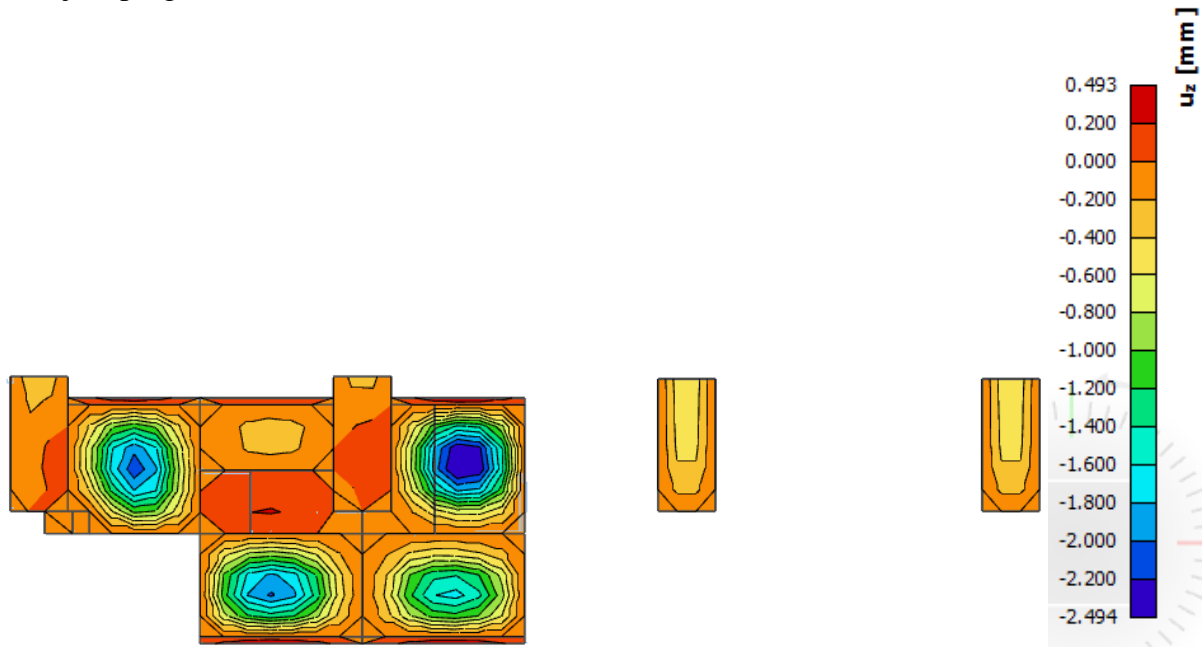
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.001191$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.006947} = 231.830 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 231.830 \cdot 0.001191 = 0.276 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.8. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6020}{250} = 2.408 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.25 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajani progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{2.83} = 0.85$$

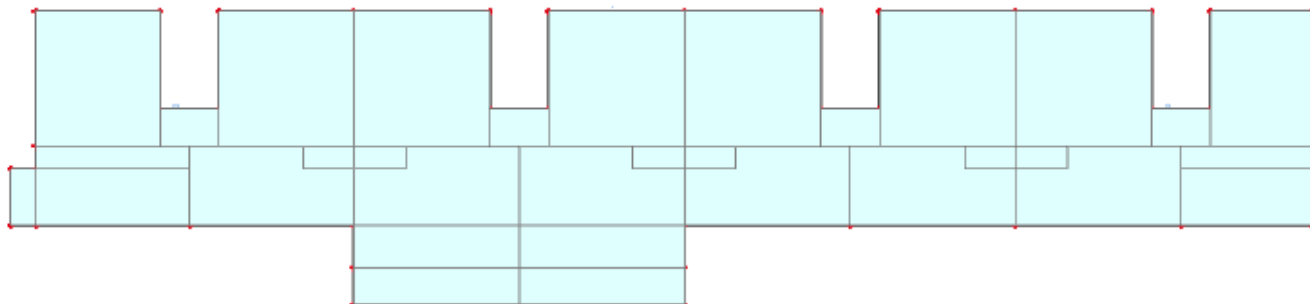
$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.25 = 0.396 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.25 + 0.396 = 0.646 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.41 \text{ cm}$$

Odobrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 11.2. Proračun ploče pozicije 600 (međukatna konstrukcija)

## 11.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.9. Prikaz ploče pozicije 600

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

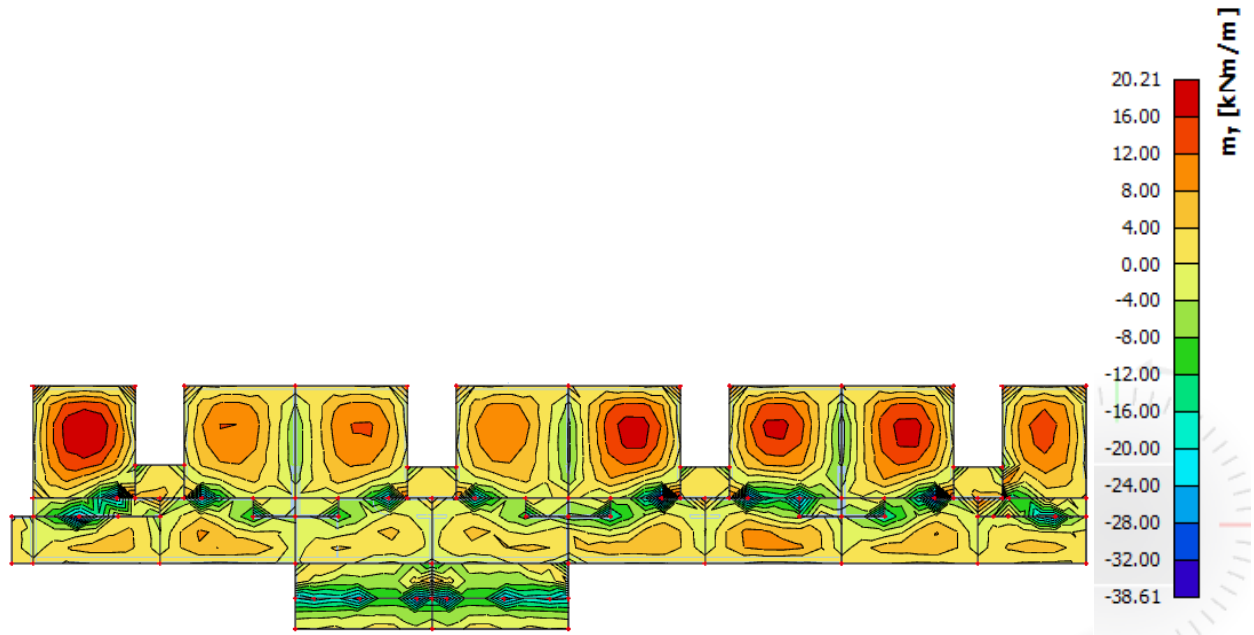
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

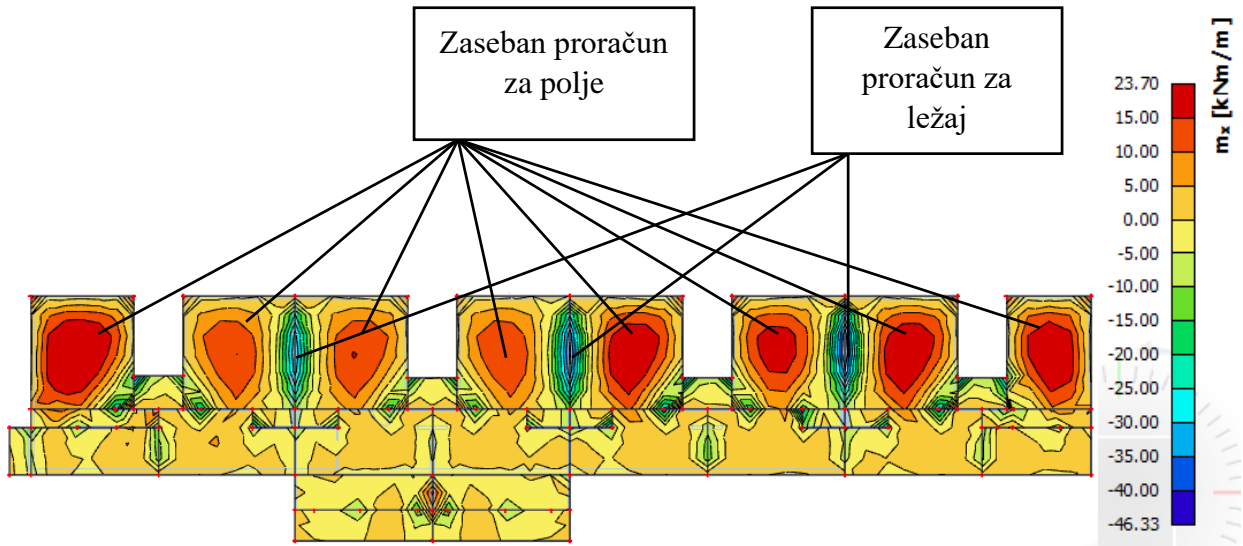
$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30

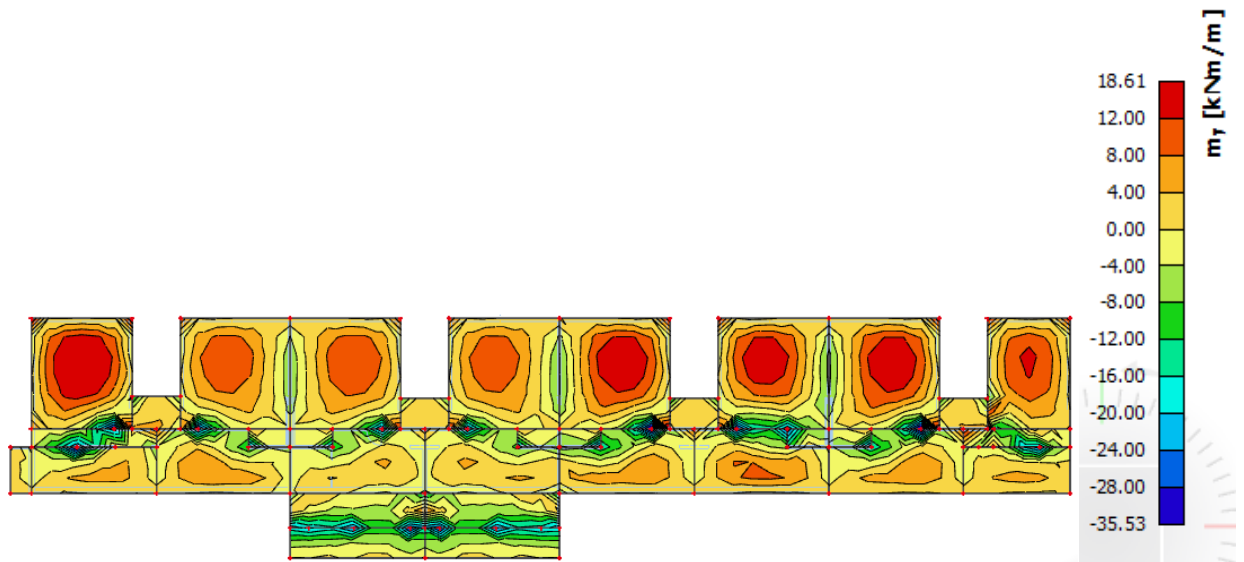
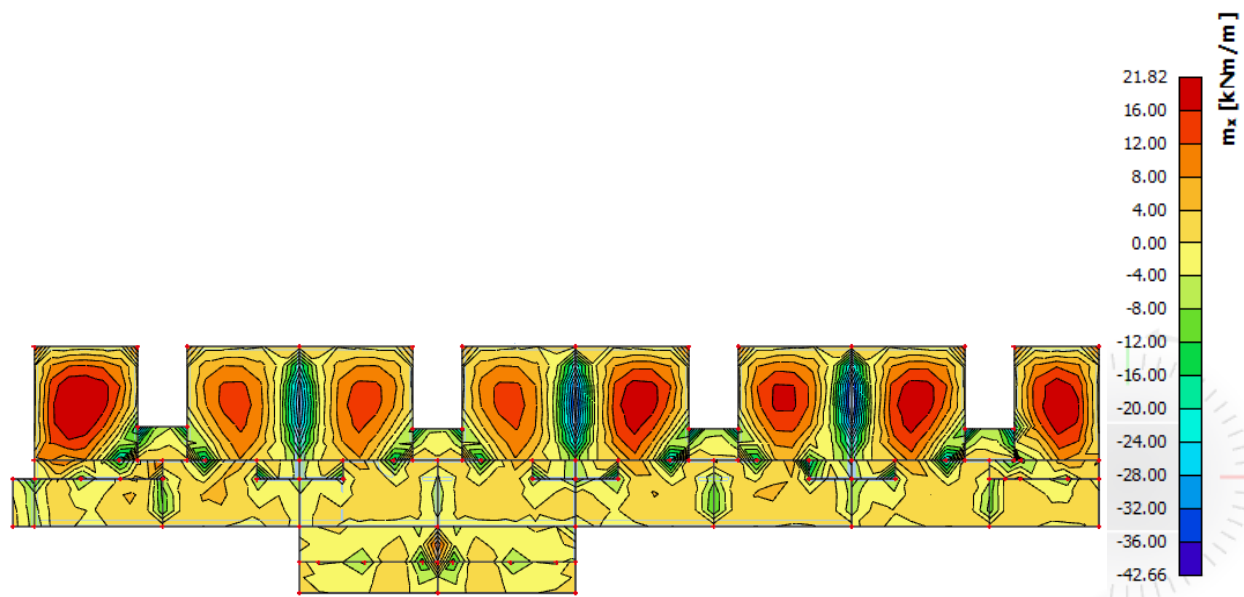
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37
R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56



Slika 11.10. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSN 1,  $M_y$ )

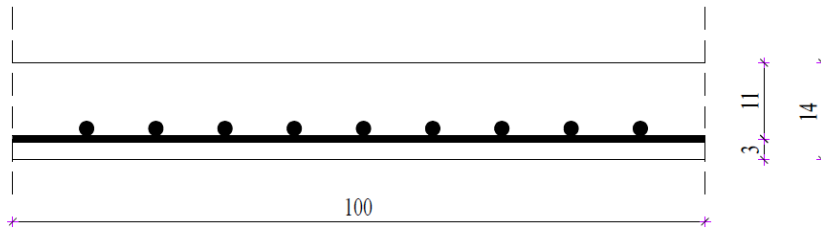


Slika 11.11. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.12. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.13. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSN 2,  $M_x$ )



Proračun u zasebnim poljima :



$$M_{Ed} = 23.70 \text{ kNm}$$

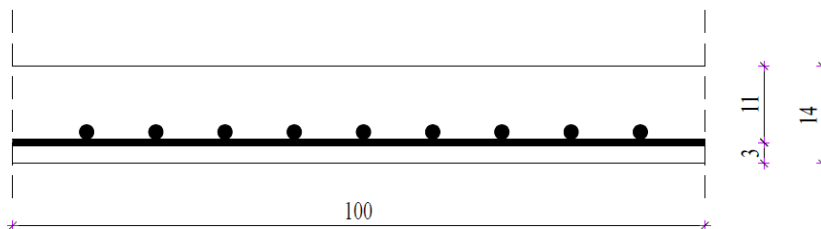
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2370}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.098$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 2.2 \text{ ‰} ; \zeta = 0.931$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2370}{0.931 \cdot 11 \cdot 43.48} = 5.32 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q636 ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun u ostalim poljima :



$$M_{Ed} = 12.00 \text{ kNm}$$

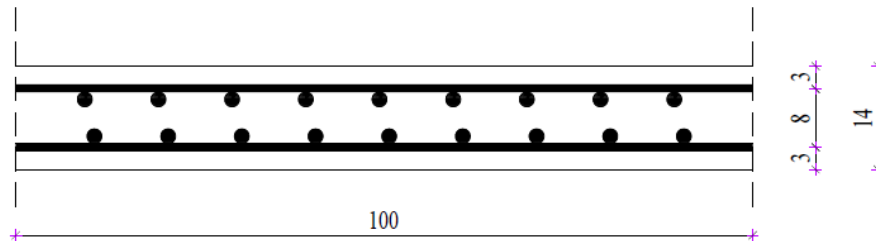
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1200}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1200}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.62 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na zasebnim ležajima:



$$M_{Ed} = 46.33 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4633}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.191$$

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

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

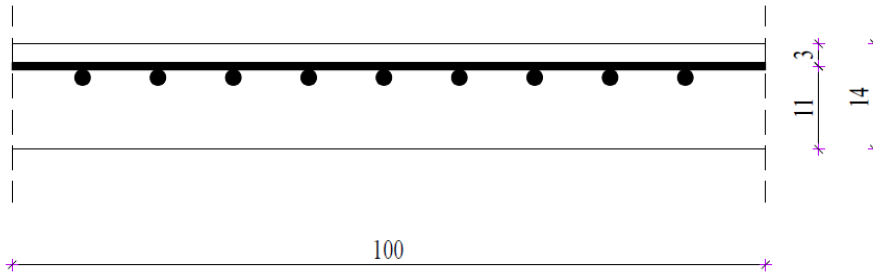
$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{3848}{0.892 \cdot 11 \cdot 43.38} + \frac{4633 - 3848}{(11 - 3) \cdot 43.48} = 11.28 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot \sigma_{s2}} = \frac{4633 - 3848}{(11 - 3) \cdot 43.48} = 2.26 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA U GORNJOJ ZONI: R785 ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )  
 + 5Ø10/m' ( $A_{s2} = 3.93 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

NAPOMENA: Proračunatu armaturu u donjoj zoni dvostruko armiranog presjeka nije potrebno postavljati već istu pokriva mreža Q-636 koju smo proračunali za polje.

Proračun na ostalim ležajevima:



$$M_{Ed} = 24.00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2400}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.099$$

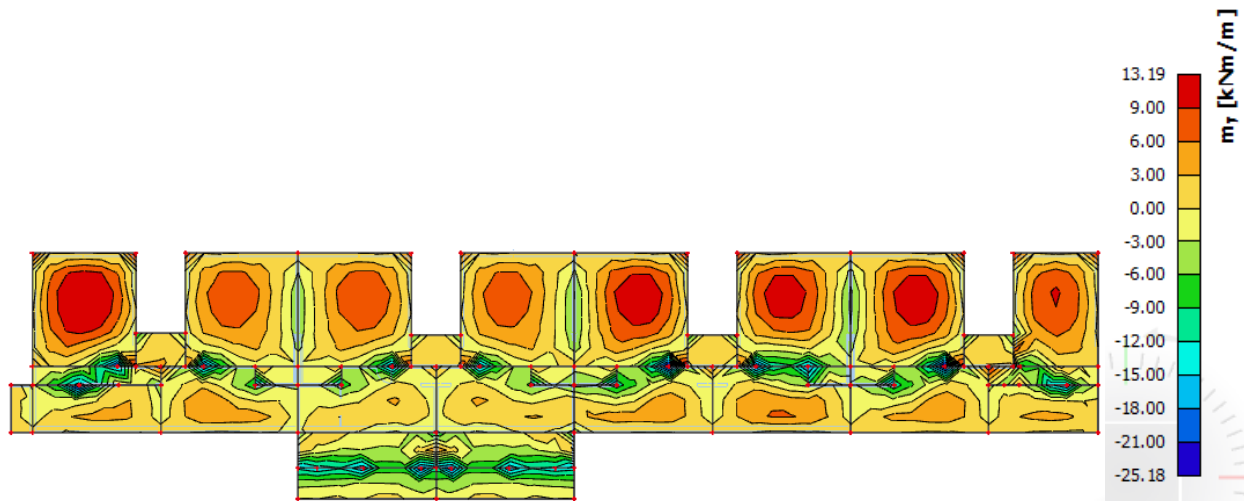
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 2.3 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.928$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2400}{0.928 \cdot 11 \cdot 43.48} = 5.41 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

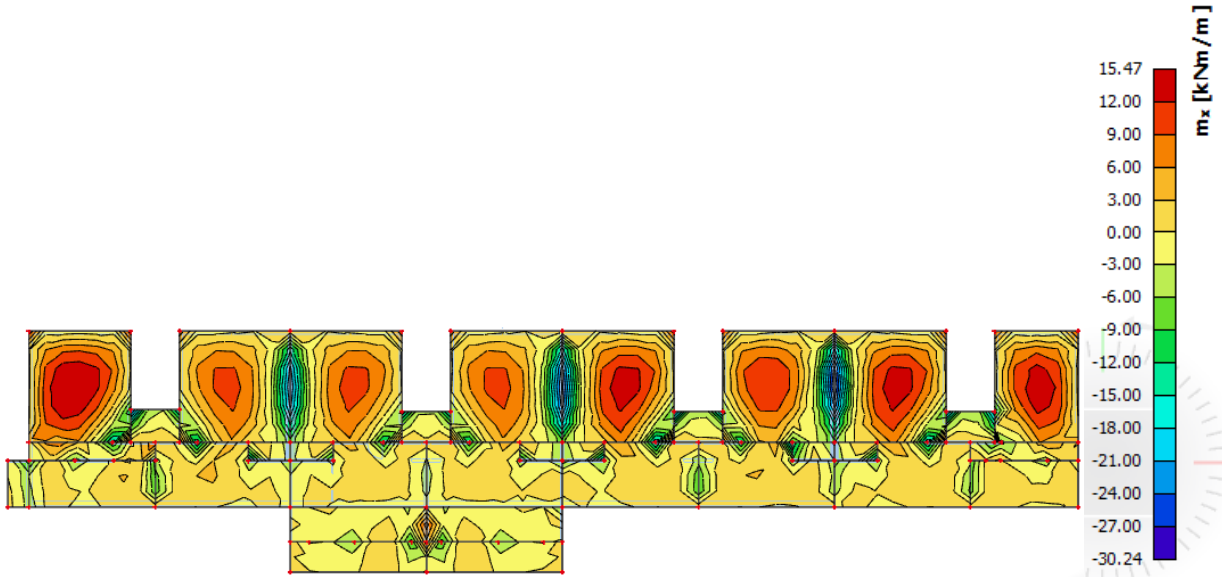
ODABRANA ARMATURA: R636 ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 11.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.14. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSU,  $M_y$ )

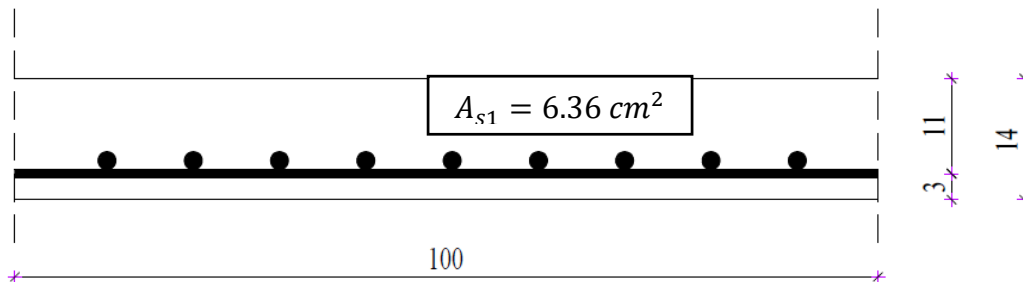
Slika 11.15. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 600 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q636 ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q636  $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnim vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{6.36}{100 \cdot \left(\frac{14 - 2.552}{3}\right)} = 0.016667$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q636 - \emptyset = 9 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 15.47 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 6.36}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 6.36}} \right) = 2.552 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1547}{\left(11 - \frac{2.552}{3}\right) \cdot 6.36} = 23.966 \text{ kN/cm}^2 = 239.66 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{239.66 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.016667} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.016667)}{200000} = 0.0008151 \geq 0.000719$$

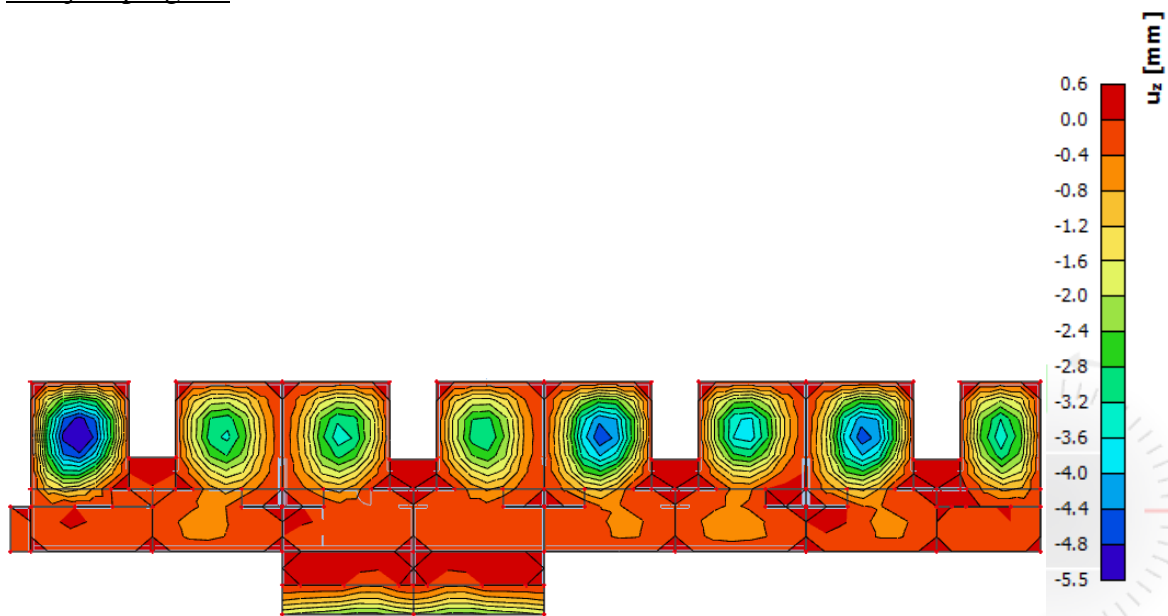
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0008151$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.016667} = 176.800 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 176.800 \cdot 0.0008151 = 0.144 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

### Provjera progiba:



Slika 11.16. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5500}{250} = 2.2 \text{ cm}$$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0.55 \text{ cm}$

Dugotrajani progib ploče:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

Ukupni progib:  $f_{uk} = f_k + f_d$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{6.36} = 0.85$$

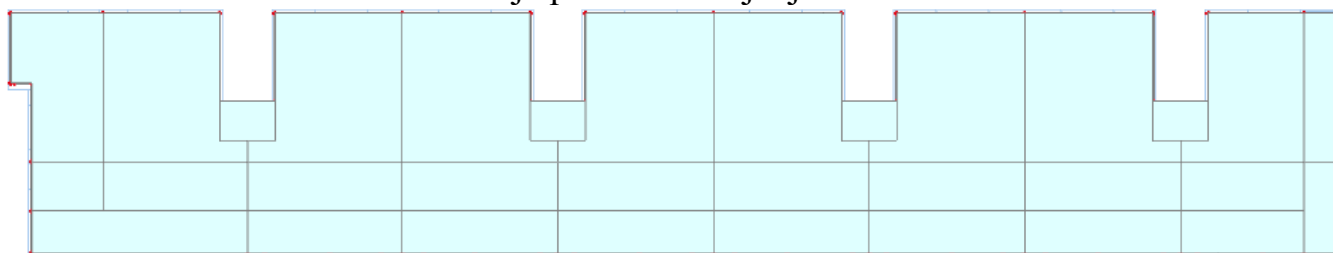
$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.55 = 0.870 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.55 + 0.870 = 1.42 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.2 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 11.3. Proračun ploče pozicije 500 (međukatna konstrukcija)

## 11.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.17. Prikaz ploče pozicije 500

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

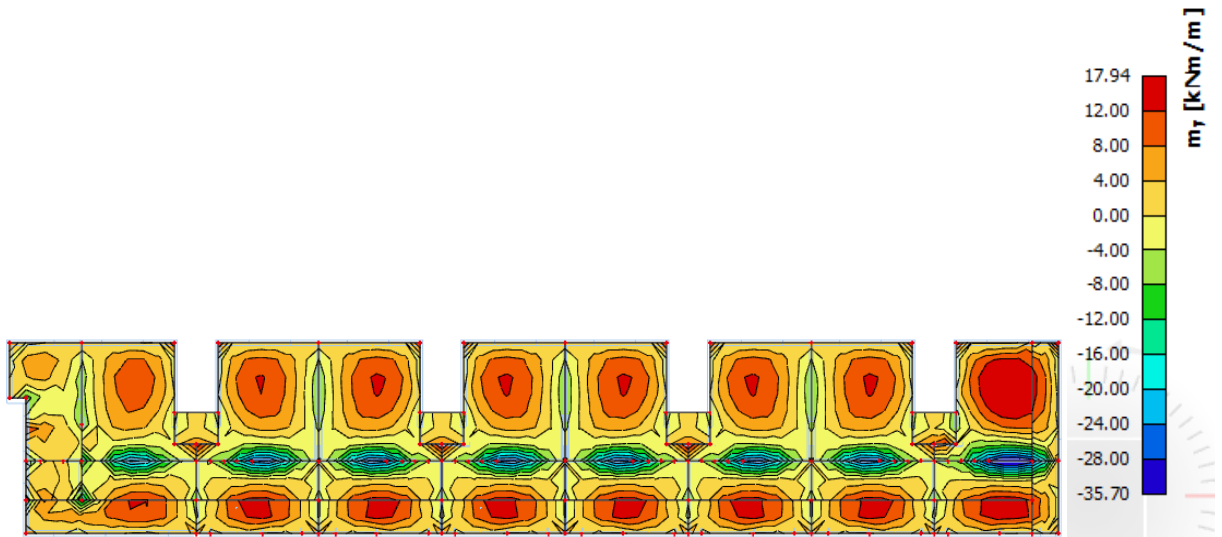
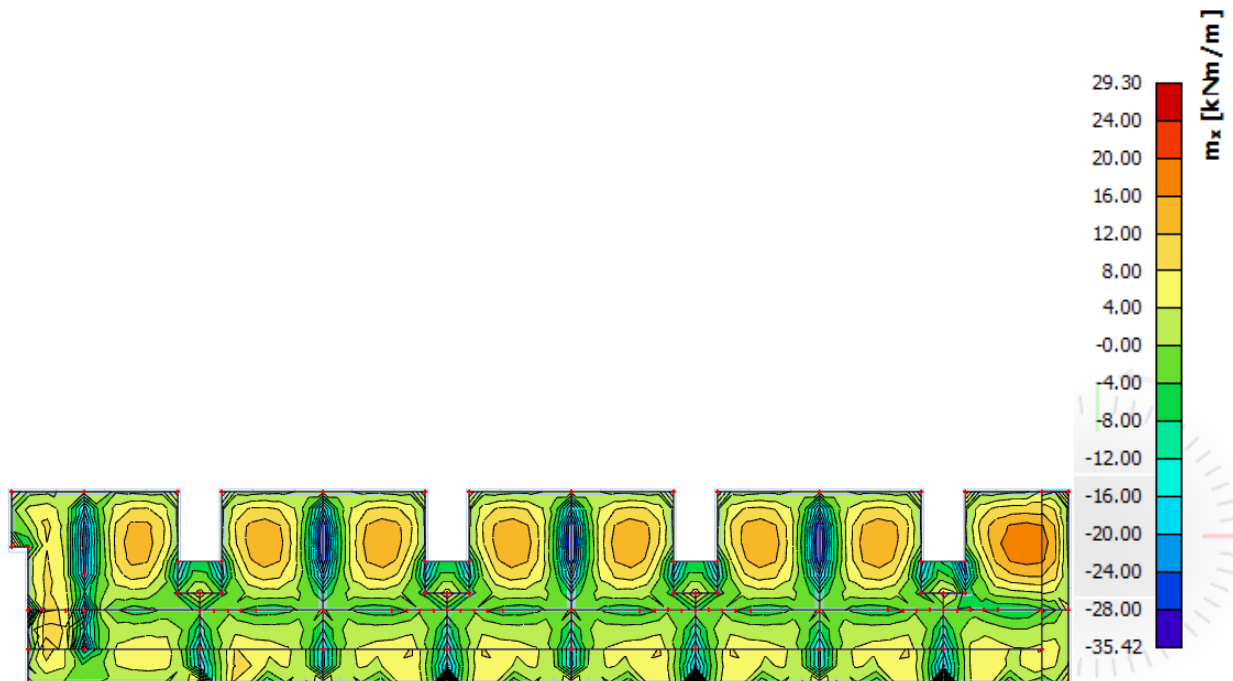
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 43.48$$

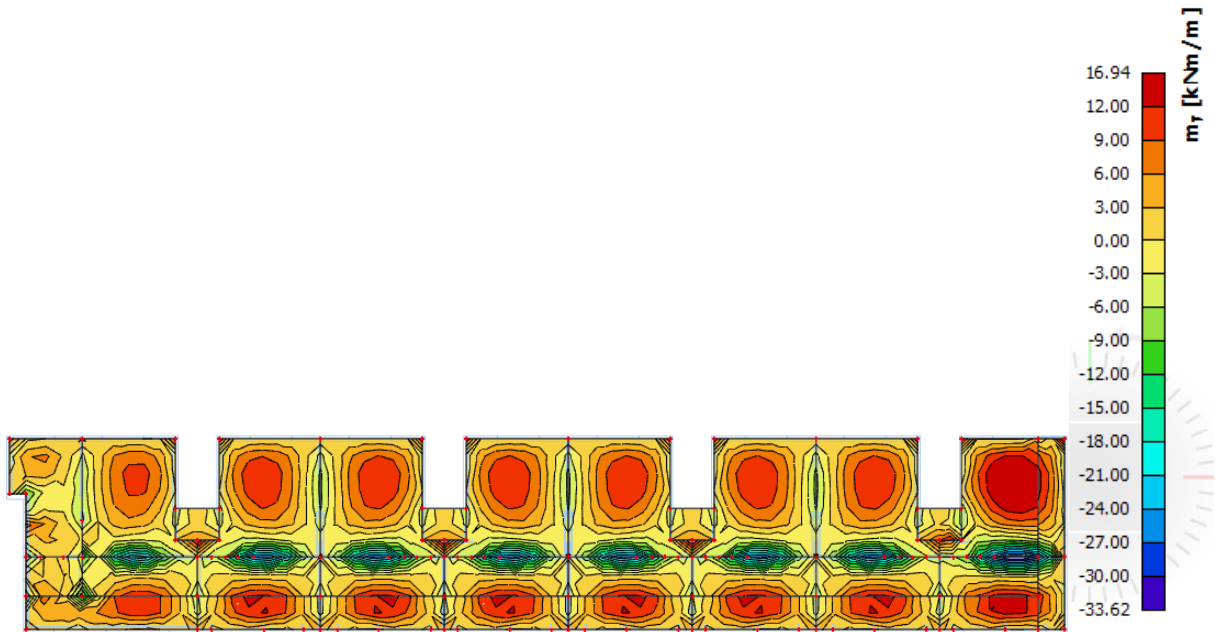
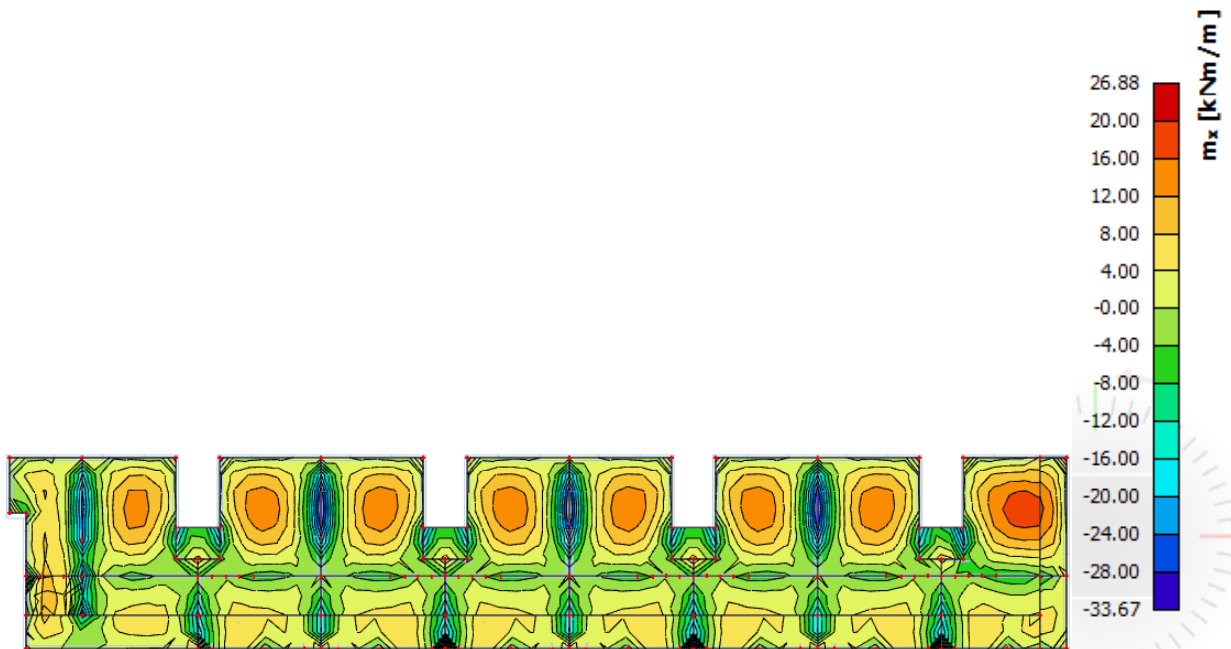
$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

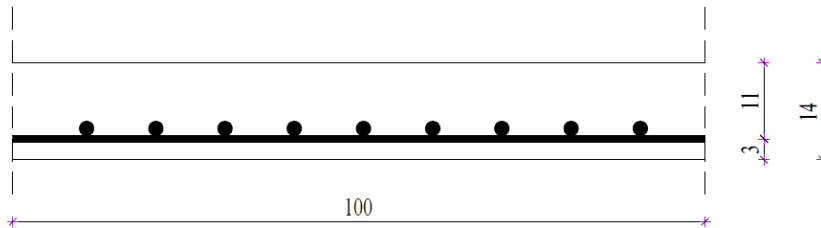
$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37
R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56



Slika 11.18. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSN 1,  $M_y$ )Slika 11.19. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.20. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.21. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u polju:

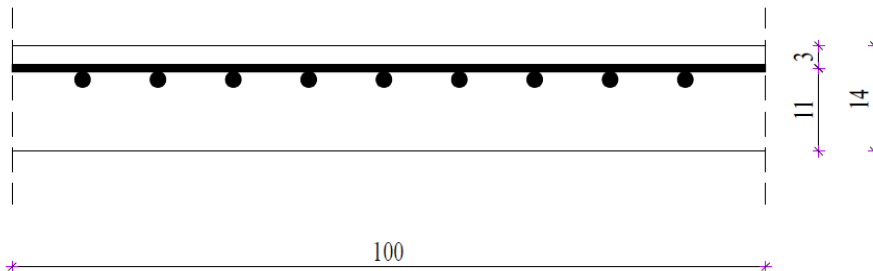
$$M_{Ed} = 17.94 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1794}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.074$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 1.8 \text{ ‰} ; \zeta = 0.944$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1794}{0.944 \cdot 11 \cdot 43.48} = 3.97 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:

$$M_{Ed} = 35.70 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3570}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.148$$

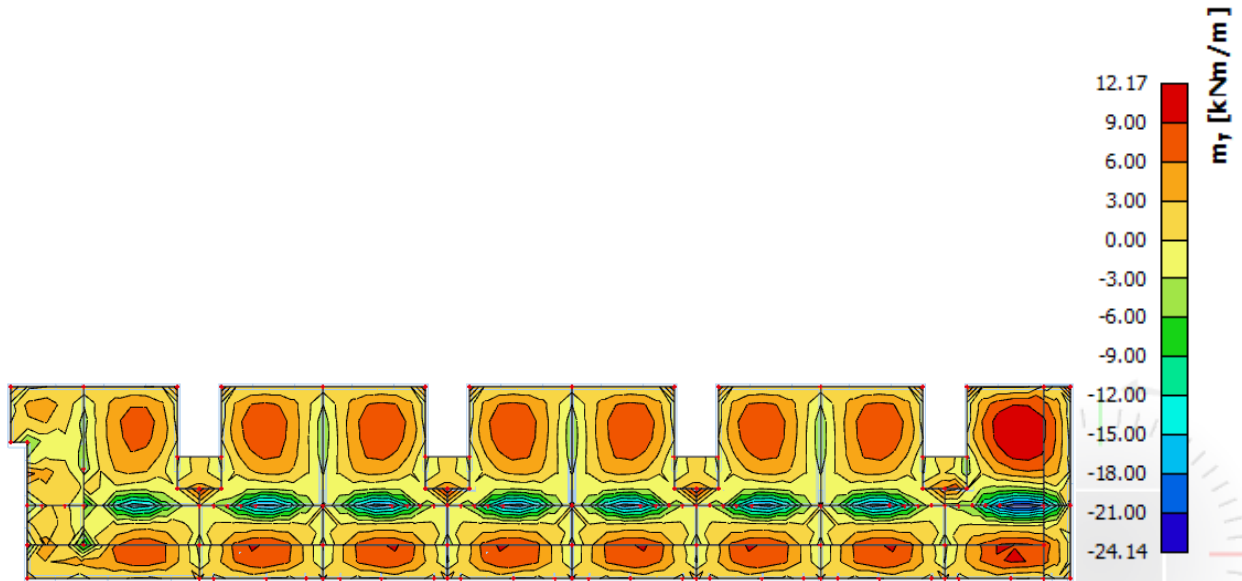
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 3.3 \text{ ‰} ; \zeta = 0.898$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3570}{0.898 \cdot 11 \cdot 43.48} = 8.31 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

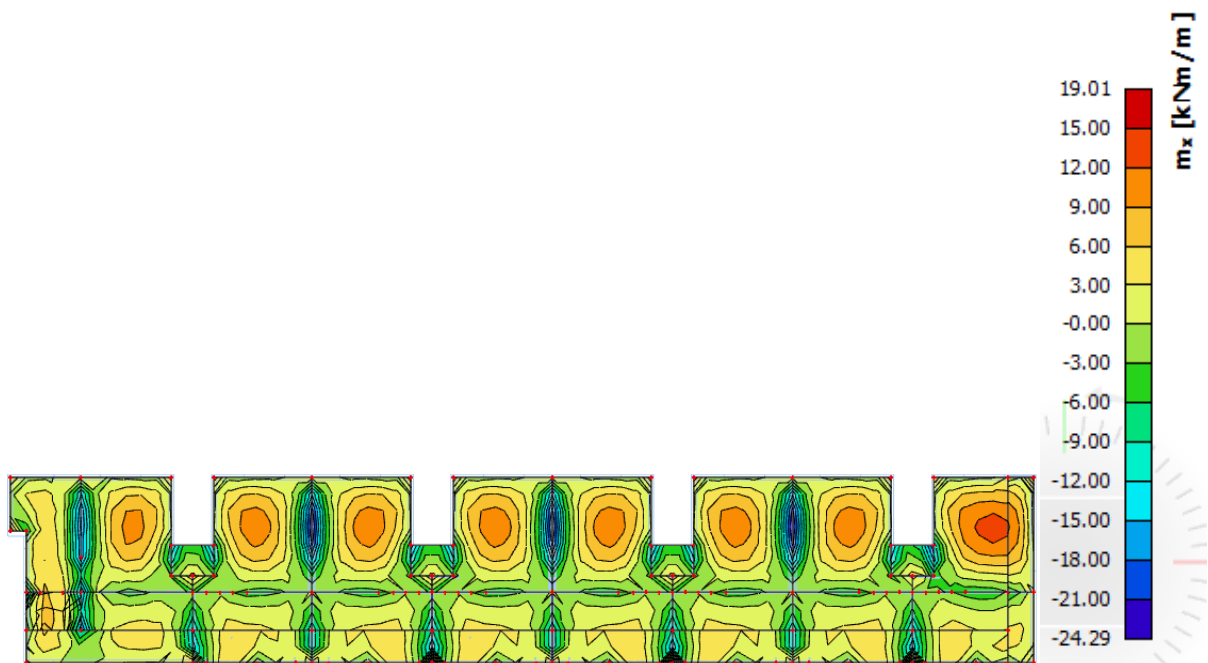
ODABRANA ARMATURA: R785 ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) + 2 $\emptyset$ 10/ $\text{m}'$  ( $A_{s1} = 1.57 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 11.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.22. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSU,  $M_y$ )



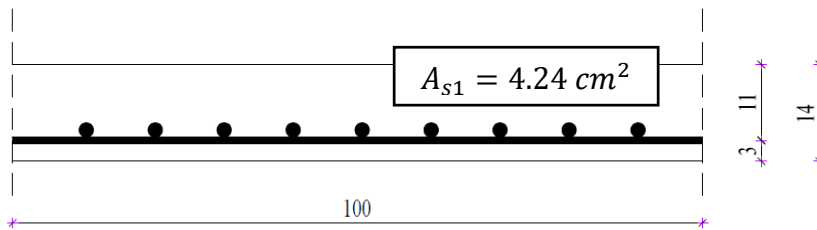
Slika 11.23. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 500 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q424  $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{4.24}{100 \cdot \left(\frac{14-2.135}{3}\right)} = 0.01072$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q424 - \emptyset = 9 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 15.00 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 4.24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 4.24}} \right) = 2.135 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1500}{\left(11 - \frac{2.135}{3}\right) \cdot 4.24} = 27.508 \text{ kN/cm}^2 = 275.08 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{275.08 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.01072} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.01072)}{200000} = 0.0007992 \leq 0.000825$$

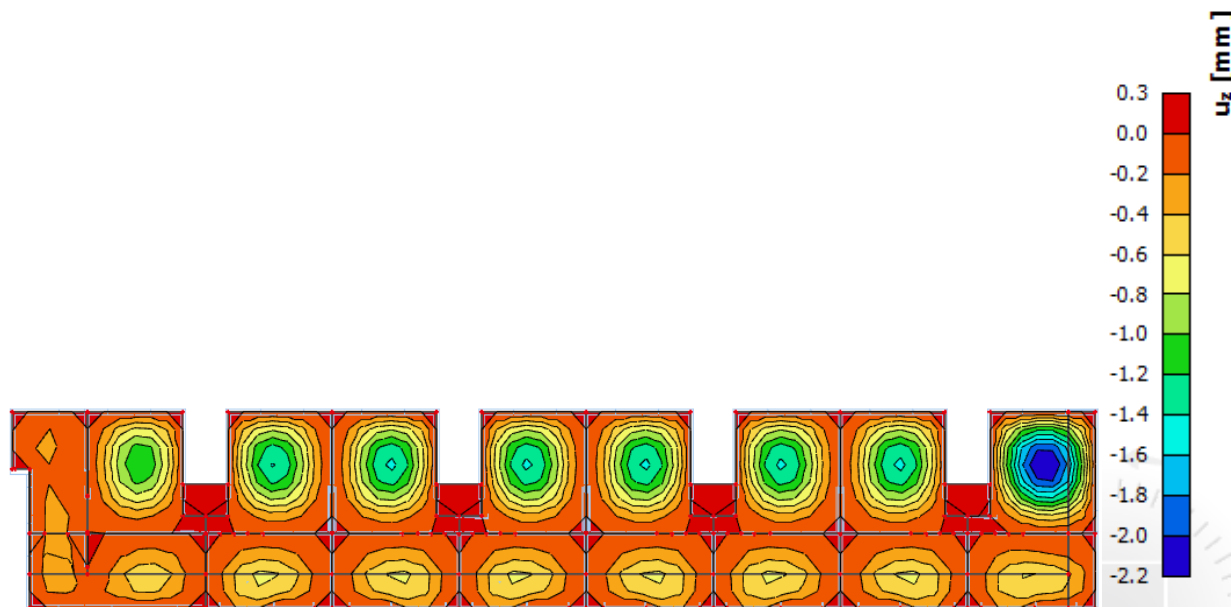
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000825$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.01072} = 227.721 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 227.721 \cdot 0.000825 = 0.188 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.24. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6020}{250} = 24.08 \text{ mm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.22 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajni progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{4.24} = 0.85$$

$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.22 = 0.35 \text{ cm}$$

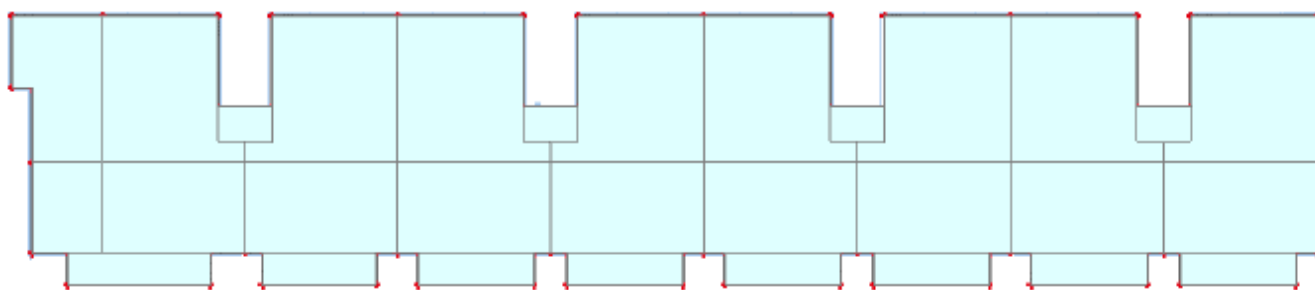
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.22 + 0.35 = 0.57 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.41 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.



## 11.4. Proračun ploče pozicije 400 (međukatna konstrukcija)

## 11.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.25. Prikaz ploče pozicije 400

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

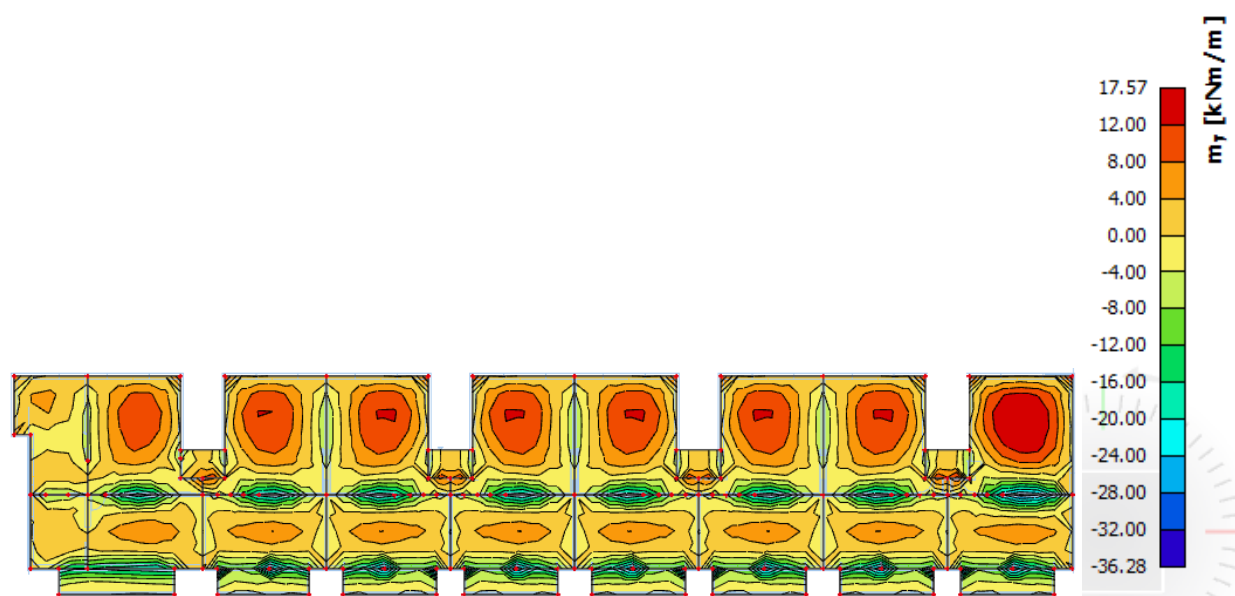
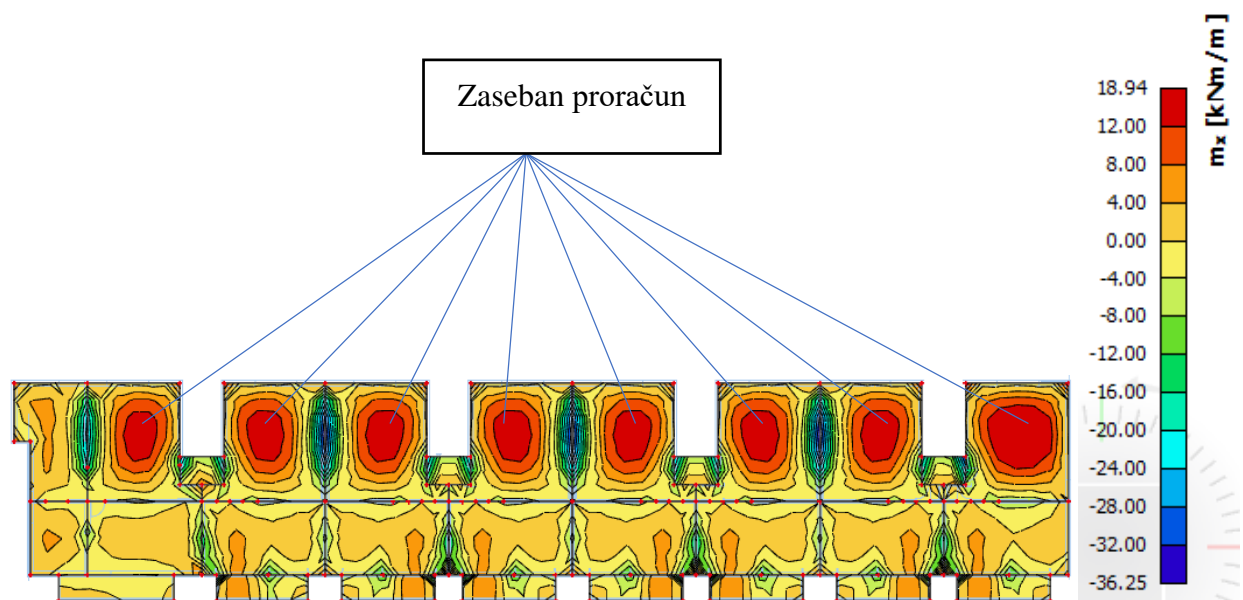
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 43.48$$

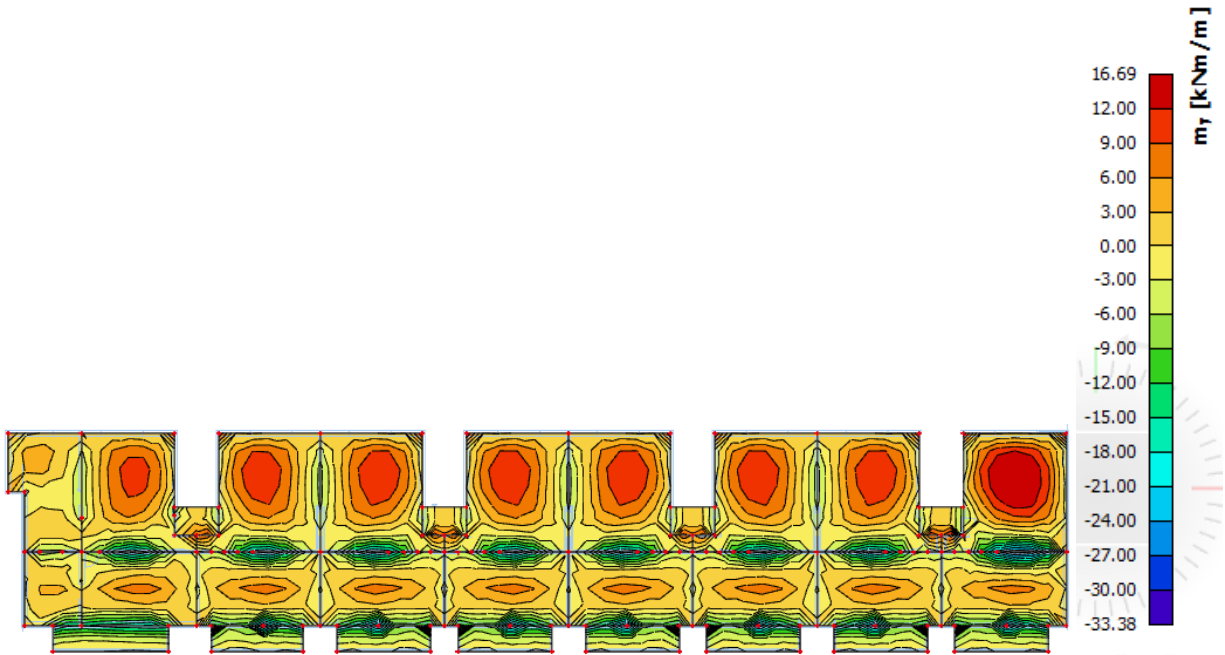
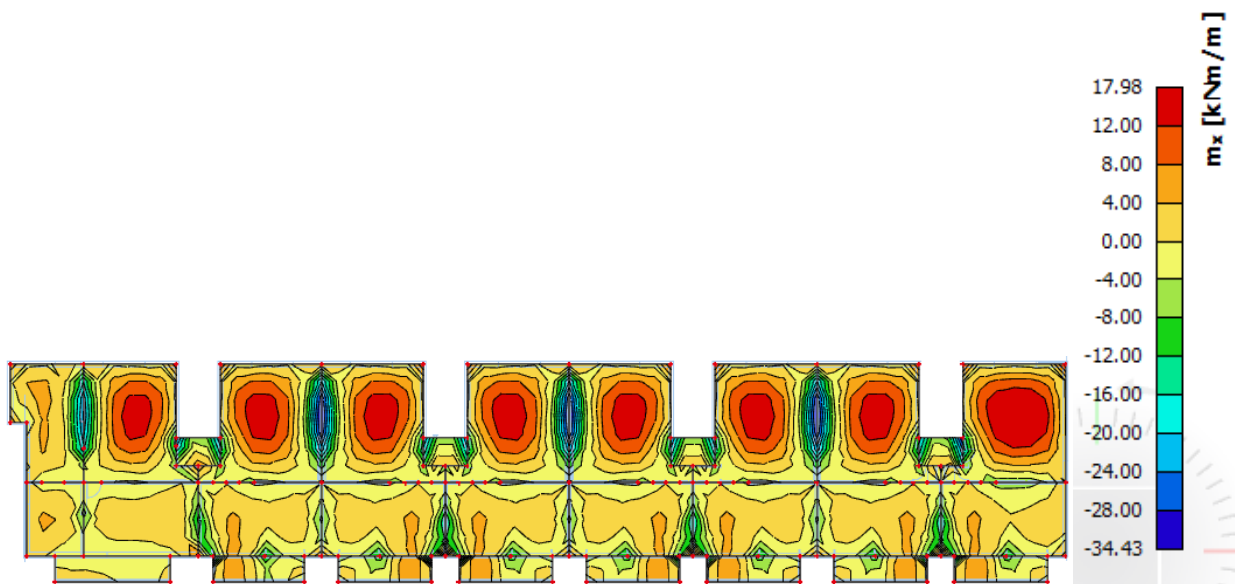
$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

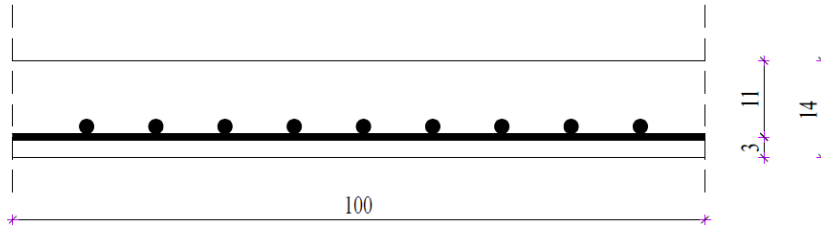
Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36

R 524	5.24	38.48	22.36	0.37
R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56

Slika 11.26. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 400 (GSN 1,  $M_y$ )Slika 11.27. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 400 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.28. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 400 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.29. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 400 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u zasebnim poljima:



$$M_{Ed} = 18.94 \text{ kNm}$$

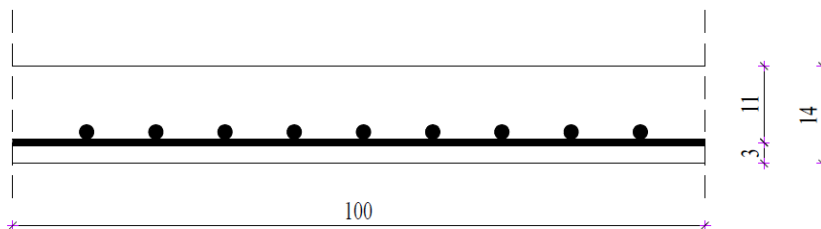
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1894}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.078$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1894}{0.941 \cdot 11 \cdot 43.48} = 4.19 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun u ostalim poljima:



$$M_{Ed} = 12.00 \text{ kNm}$$

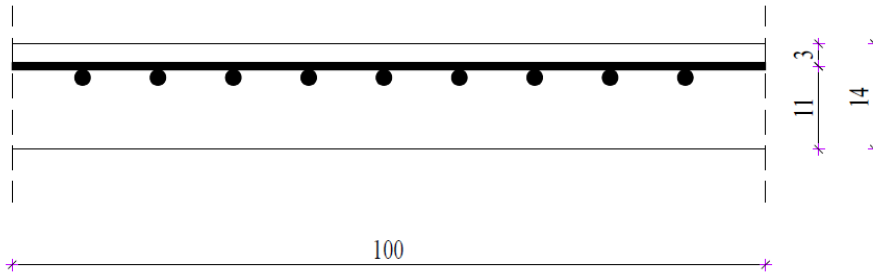
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1200}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1200}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.62 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:



$$M_{Ed} = 36.25 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3625}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.149$$

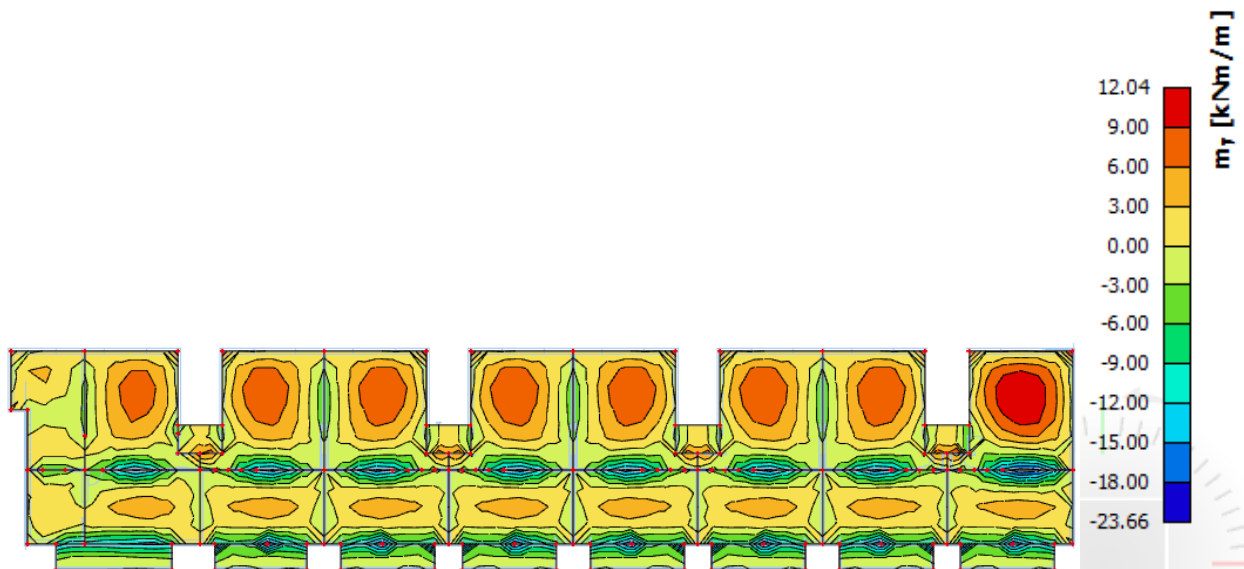
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 3.3 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.898$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3625}{0.898 \cdot 11 \cdot 43.48} = 8.44 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

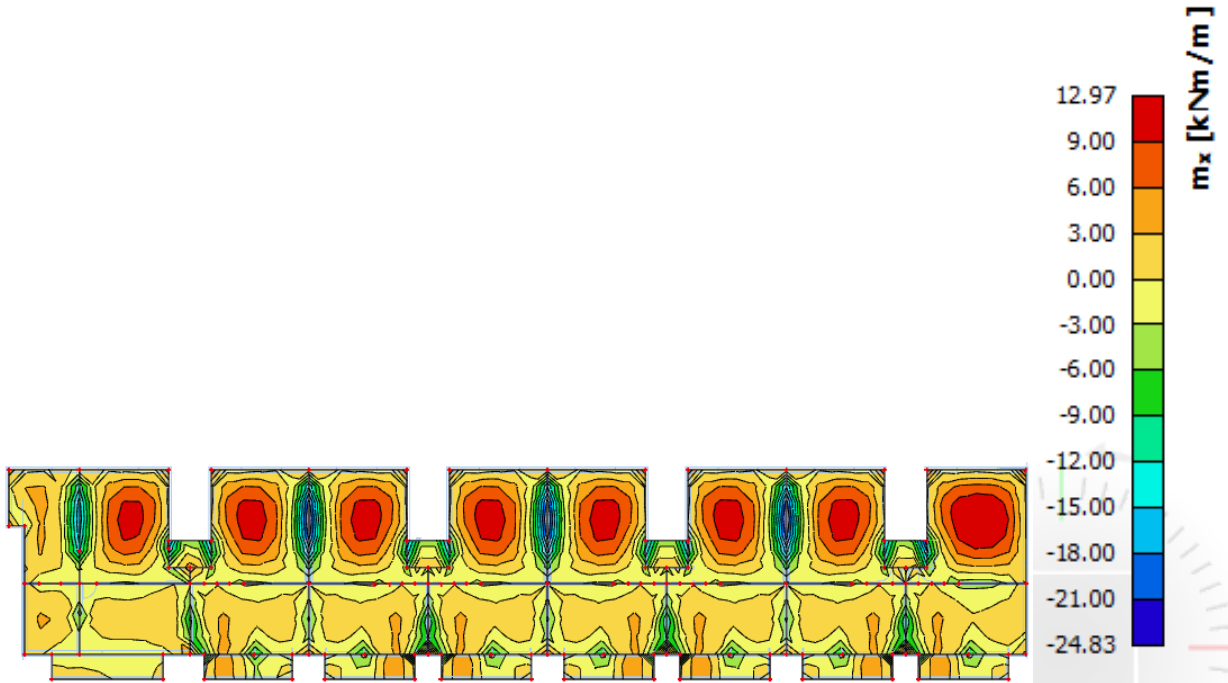
ODABRANA ARMATURA: R785 ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) + 2 $\emptyset$ 10/ $\text{m}'$  ( $A_{s1} = 1.57 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

#### 11.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.30. Rezultati momenta savijanja ploče pozicije 400 (GSU,  $M_y$ )



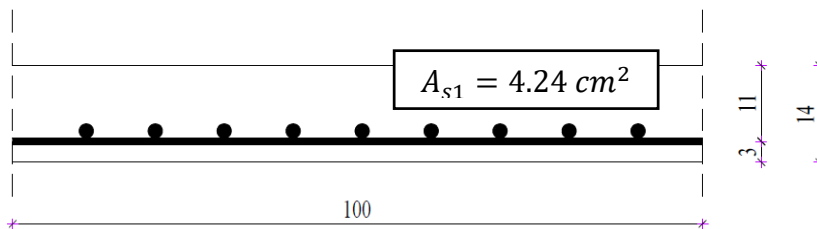
Slika 11.31. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 400 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q424  $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{4.24}{100 \cdot \left(\frac{14-2.135}{3}\right)} = 0.010720$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q424 - \emptyset = 9 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 12.97 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 4.24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 4.24}} \right) = 2.135 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1297}{\left(11 - \frac{2.135}{3}\right) \cdot 4.24} = 29.732 \text{ kN/cm}^2 = 297.32 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{297.32 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.010720} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.010720)}{200000} = 0.0009104 \geq 0.000892$$

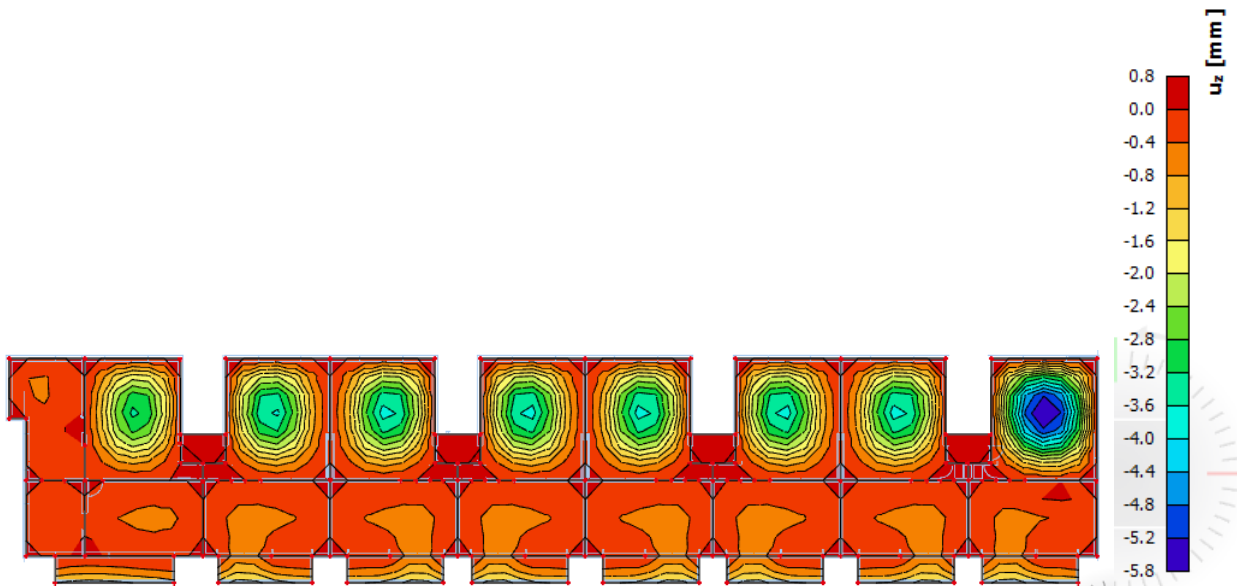
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0009104$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.010720} = 227.721 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 227.721 \cdot 0.0009104 = 0.207 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

### Provjera progiba:



Slika 11.32. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6020}{250} = 24.08 \text{ mm}$$



Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0.58 \text{ cm}$

Dugotrajni progib ploče:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

Ukupni progib:  $f_{uk} = f_k + f_d$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - 80}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{4.24} = 0.85$$

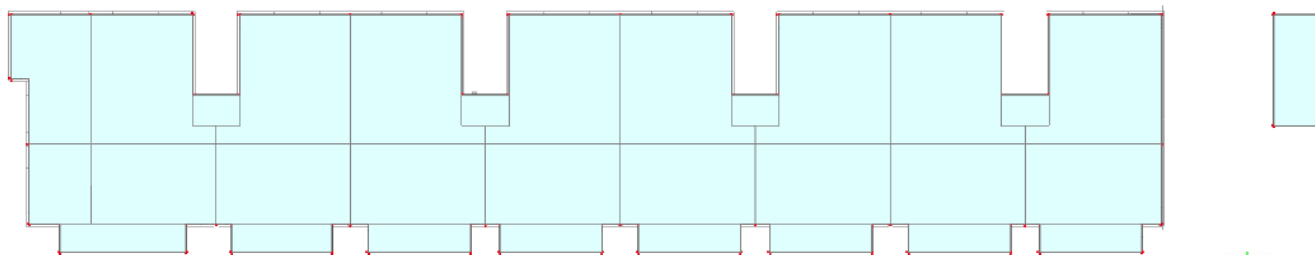
$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.58 = 0.92 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.58 + 0.92 = 1.5 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.41 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 11.5. Proračun ploče pozicije 300 (međukatna konstrukcija)

## 11.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.33. Prikaz ploče pozicije 300

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

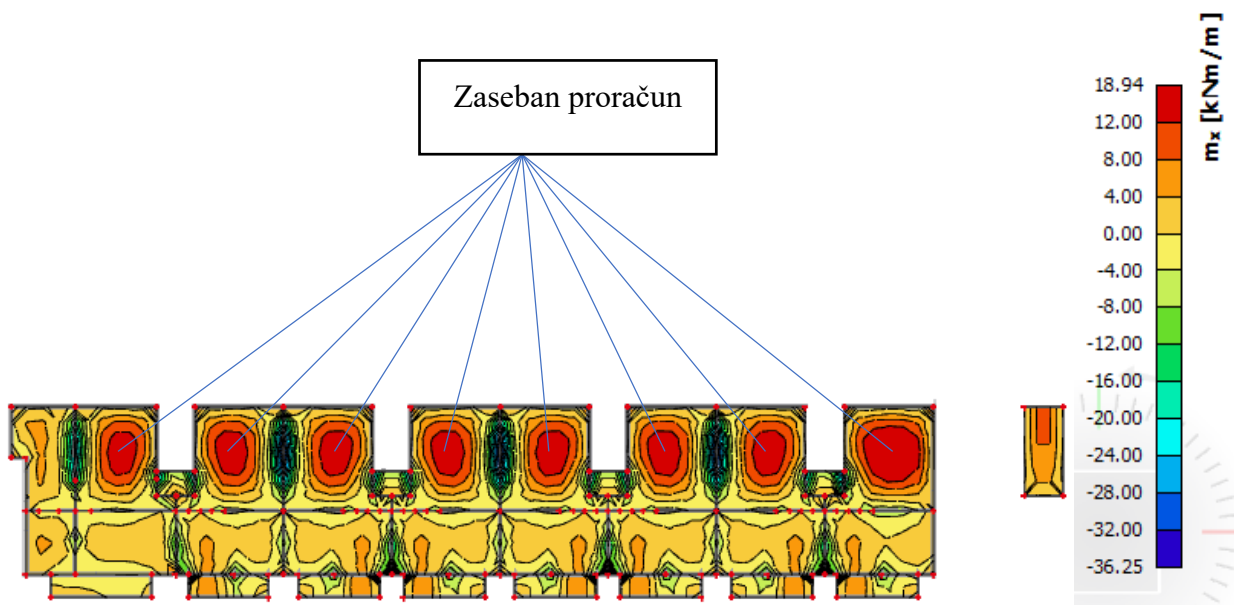
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

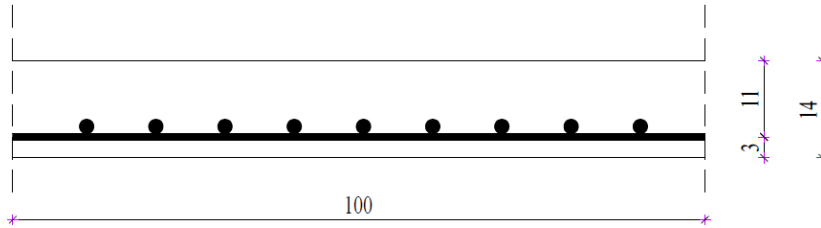
Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37

R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56

Slika 11.34. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSN 1,  $M_y$ )Slika 11.35. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.36. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.37. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u zasebnim poljima:



$$M_{Ed} = 18.94 \text{ kNm}$$

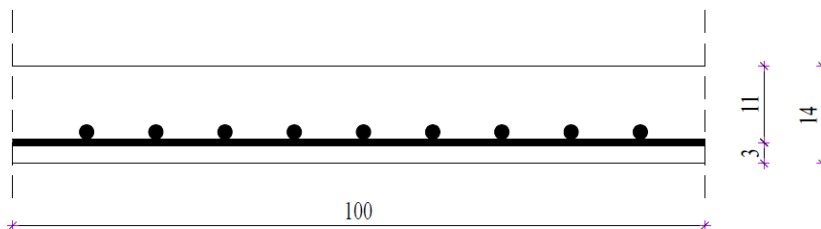
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1894}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.078$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1894}{0.941 \cdot 11 \cdot 43.48} = 4.19 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun u ostalim poljima:



$$M_{Ed} = 12.00 \text{ kNm}$$

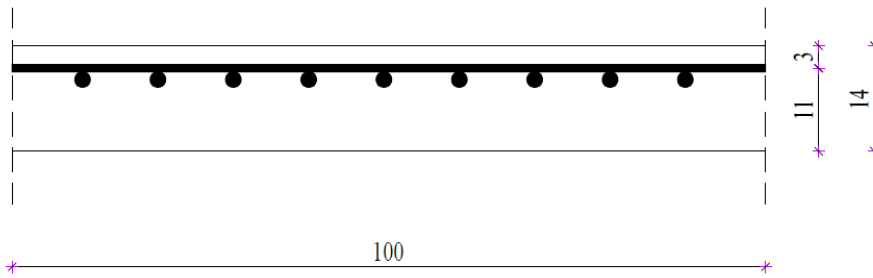
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1200}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1200}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.62 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:



$$M_{Ed} = 36.25 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3625}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.149$$

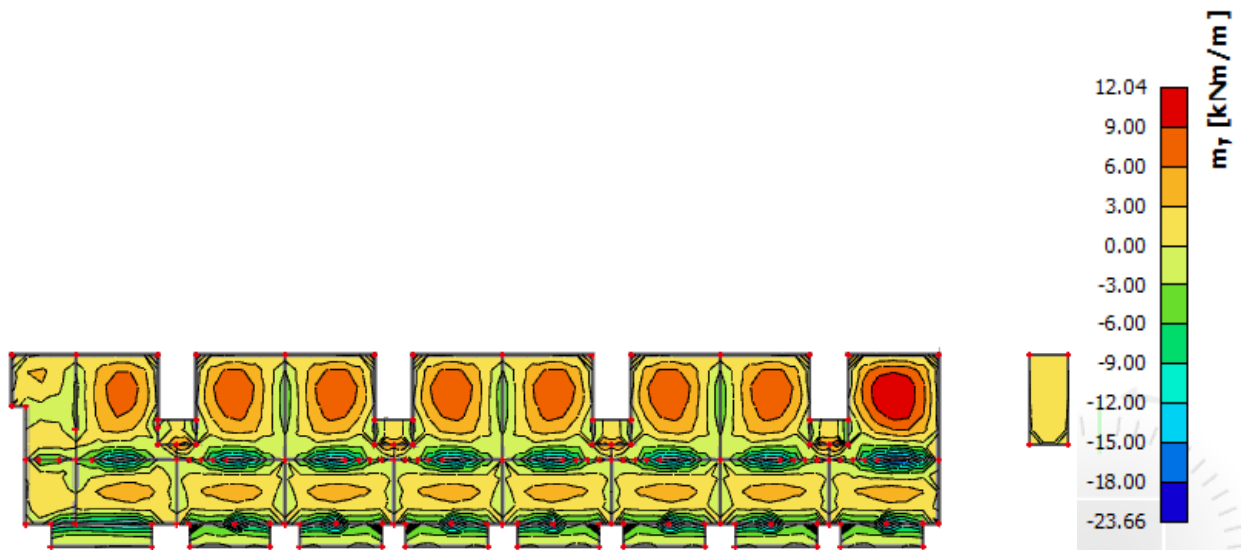
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 3.3 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.898$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3625}{0.898 \cdot 11 \cdot 43.48} = 8.44 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

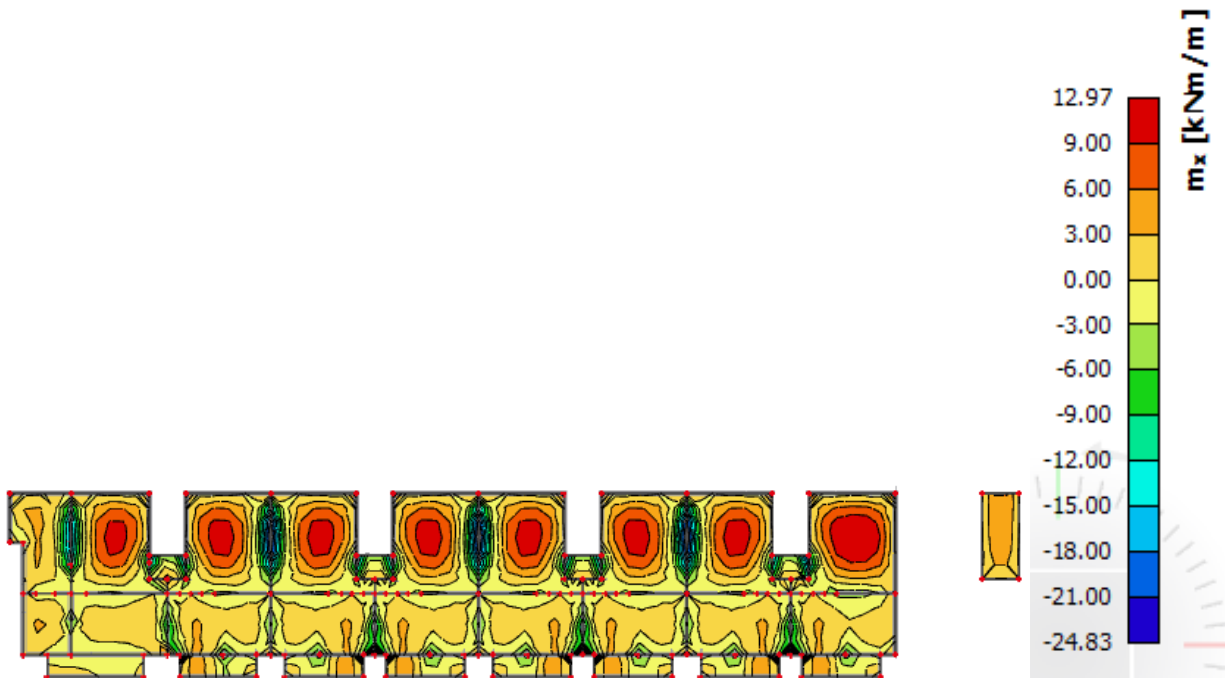
ODABRANA ARMATURA: R785 ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) + 2 $\emptyset$ 10/ $\text{m}'$  ( $A_{s1} = 1.57 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 11.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.38. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSU,  $M_y$ )



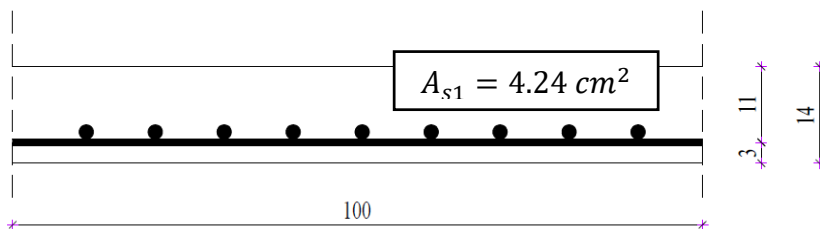
Slika 11.39. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 300 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q424 ( $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q424  $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{4.24}{100 \cdot \left(\frac{14 - 2.135}{3}\right)} = 0.010720$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q424 - \emptyset = 9 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 12.97 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 4.24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 4.24}} \right) = 2.135 \text{ cm}$$



$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1297}{\left(11 - \frac{2.135}{3}\right) \cdot 4.24} = 29.732 \text{ kN/cm}^2 = 297.32 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{297.32 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.010720} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.010720)}{200000} = 0.0009104 \geq 0.000892$$

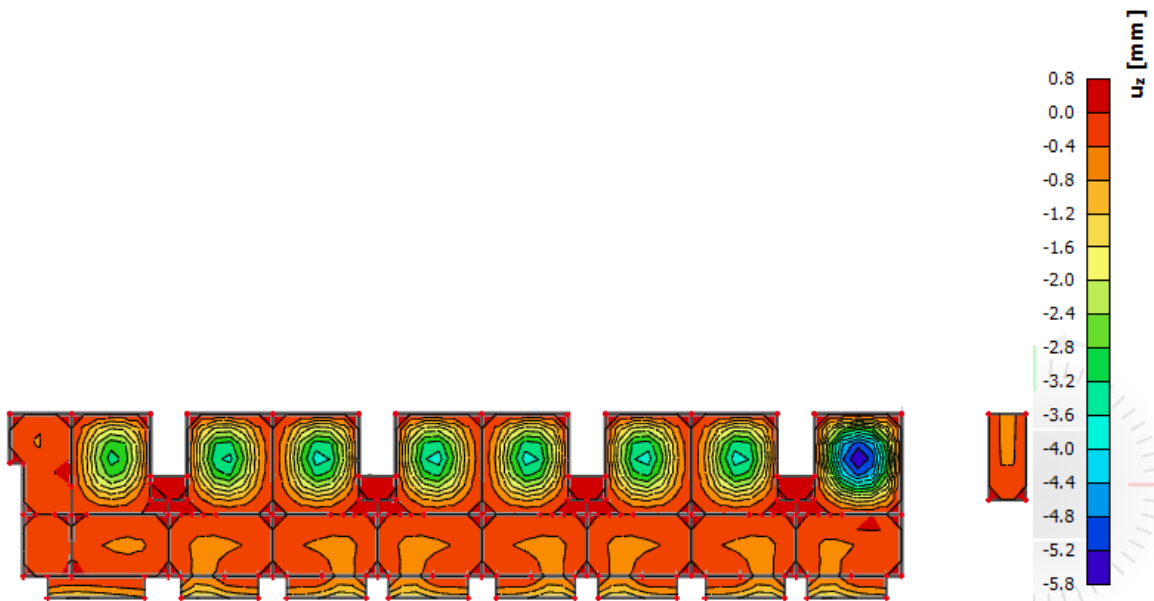
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0009104$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.010720} = 227.721 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 227.721 \cdot 0.0009104 = 0.207 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.40. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6020}{250} = 24.08 \text{ mm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.58 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajni progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

$$\text{koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera } \leq 1500$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{4.24} = 0.85$$

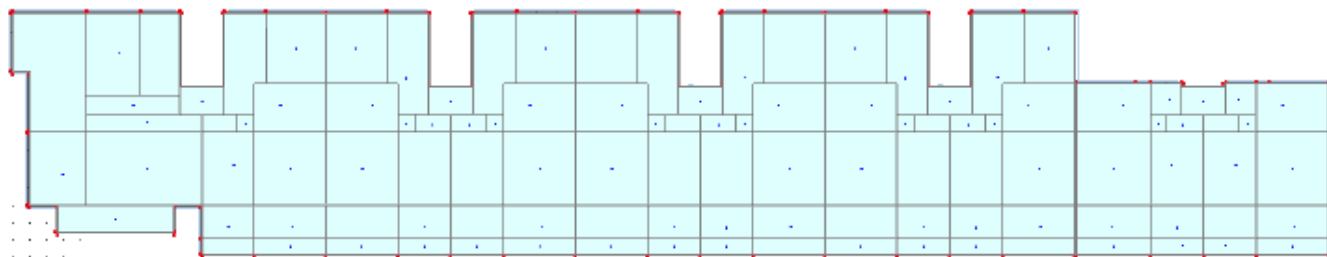
$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.58 = 0.92 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.58 + 0.92 = 1.5 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.41 \text{ cm}$$

Odobrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 11.6. Proračun ploče pozicije 200 (međukatna konstrukcija)

## 11.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.41. Prikaz ploče pozicije 200

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

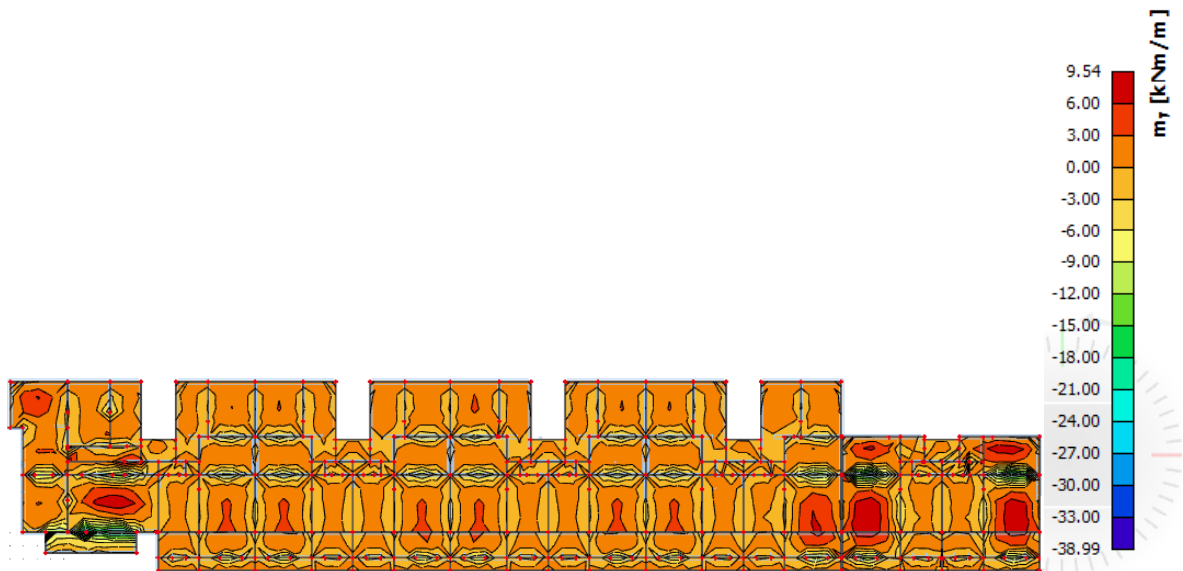
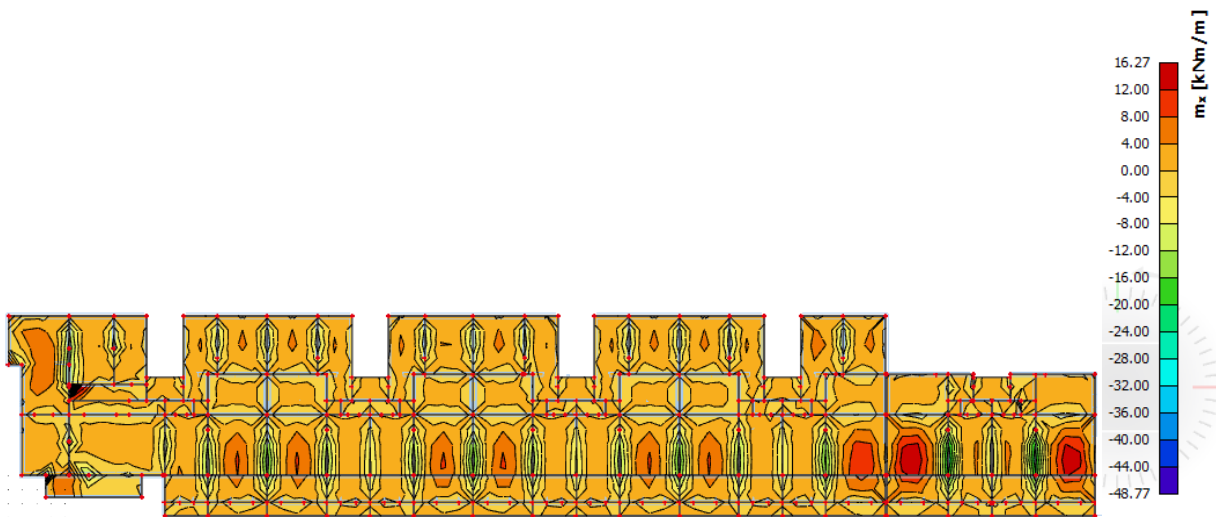
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 434.8$$

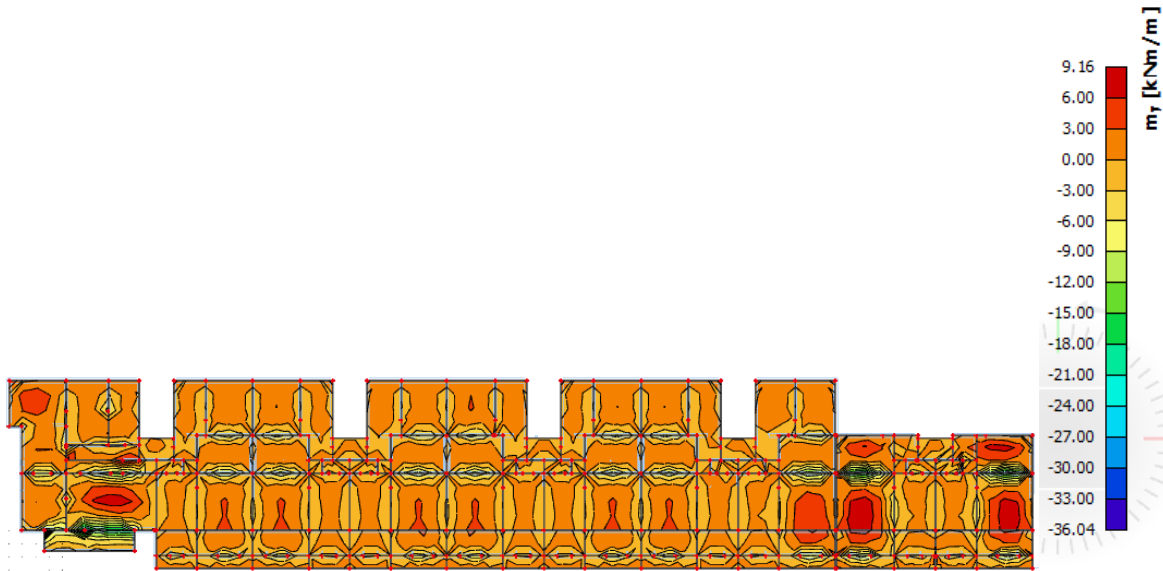
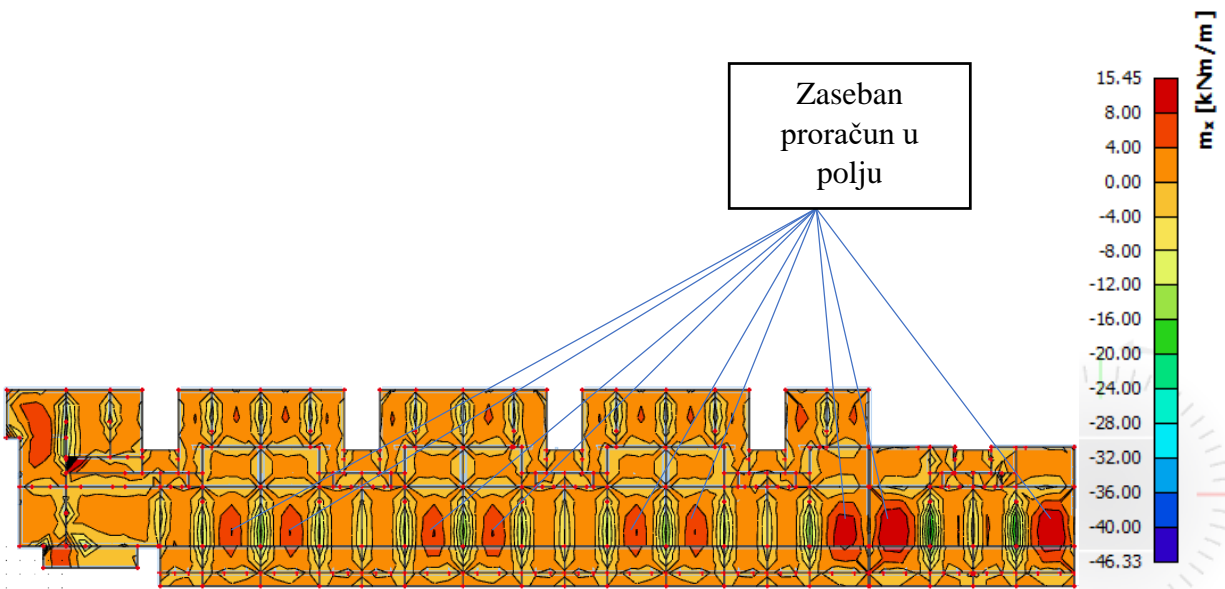
$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

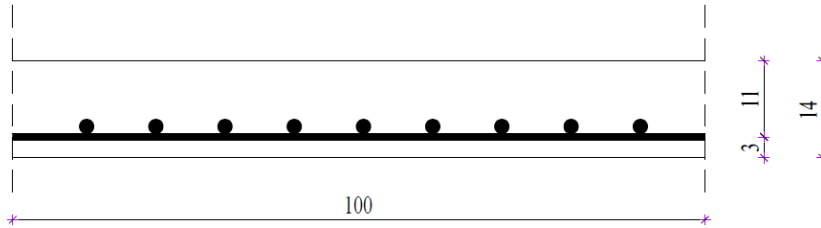
Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37
R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45

R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56
---------	------	-------	-------	------

Slika 11.42. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSN 1,  $M_y$ )Slika 11.43. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.44. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.45. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u zasebnim poljima:



$$M_{Ed} = 16.27 \text{ kNm}$$

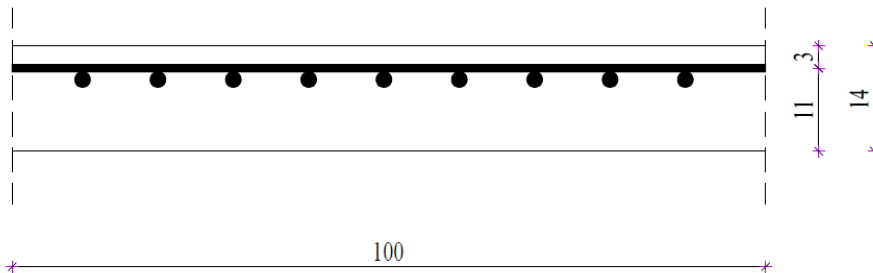
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1627}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.067$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 1.7 \text{ ‰} ; \zeta = 0.947$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1627}{0.947 \cdot 11 \cdot 43.48} = 3.59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q385 ( $A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun u ostalim presjecima u polju:



$$M_{Ed} = 12.00 \text{ kNm}$$

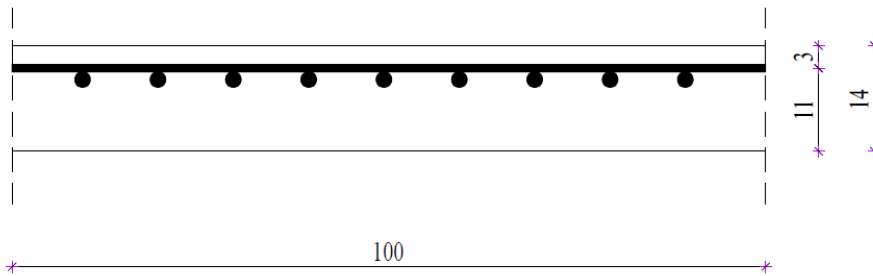
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1200}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1200}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.62 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:



$$M_{Ed} = 24.00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2400}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.099$$

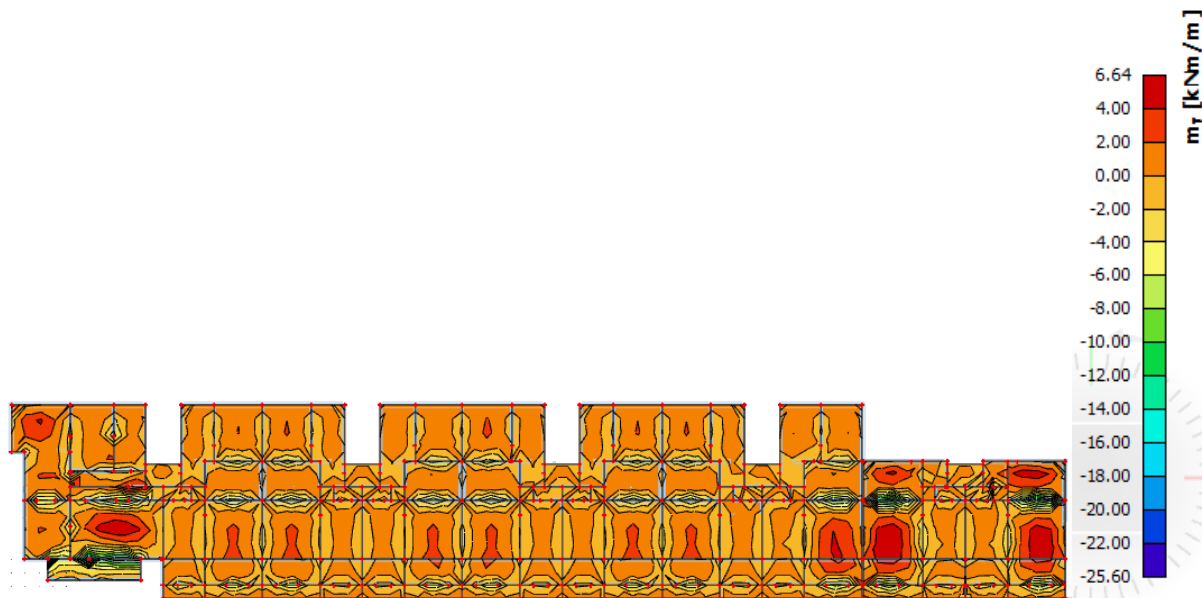
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 2.3 \text{ ‰} ; \zeta = 0.928$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2400}{0.928 \cdot 11 \cdot 43.48} = 5.41 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

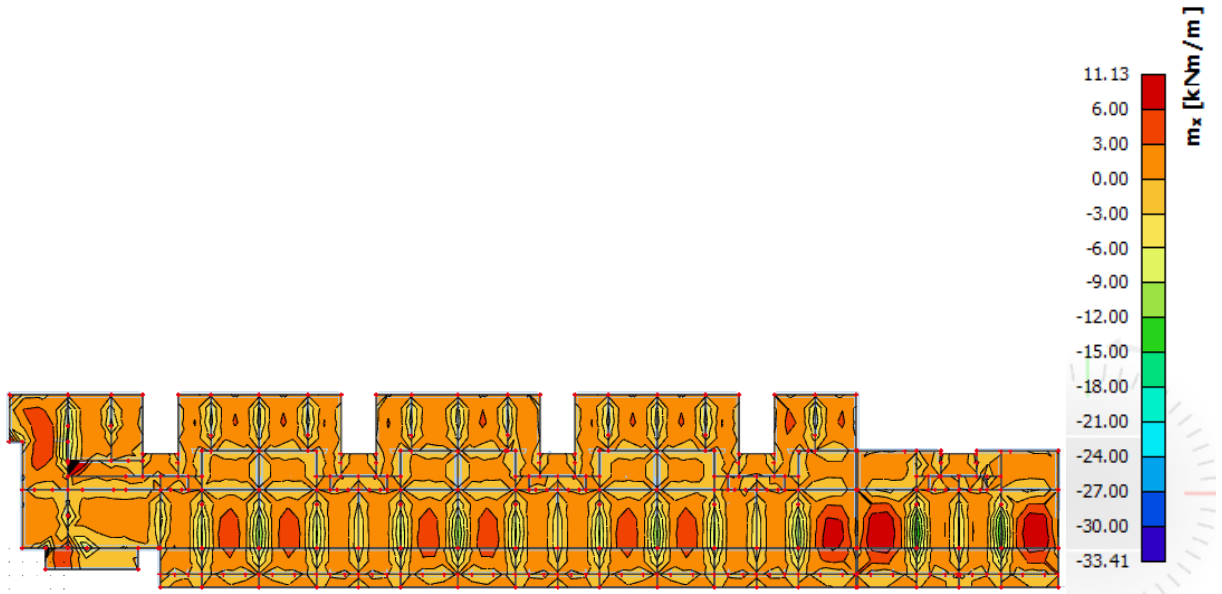
ODABRANA ARMATURA: R636 ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 11.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.46. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSU,  $M_y$ )

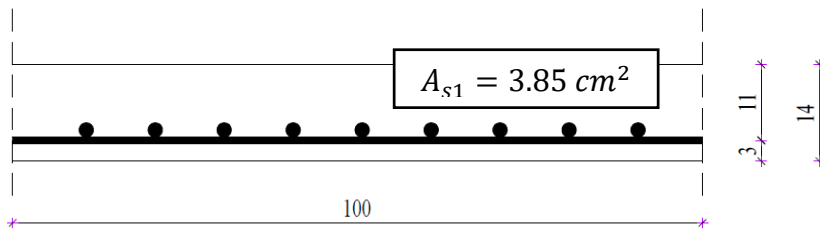
Slika 11.47. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 200 (GSU,  $M_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q385 ( $A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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



$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q385  $A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{3.85}{100 \cdot \left(\frac{14-2.044}{3}\right)} = 0.009661$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q385 - \emptyset = 7 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 11.13 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 3.85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 3.85}} \right) = 2.044 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1113}{\left(11 - \frac{2.044}{3}\right) \cdot 3.85} = 28.017 \text{ kN/cm}^2 = 280.17 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{280.17 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.009661} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.009661)}{200000} = 0.0007653 \leq 0.000840$$

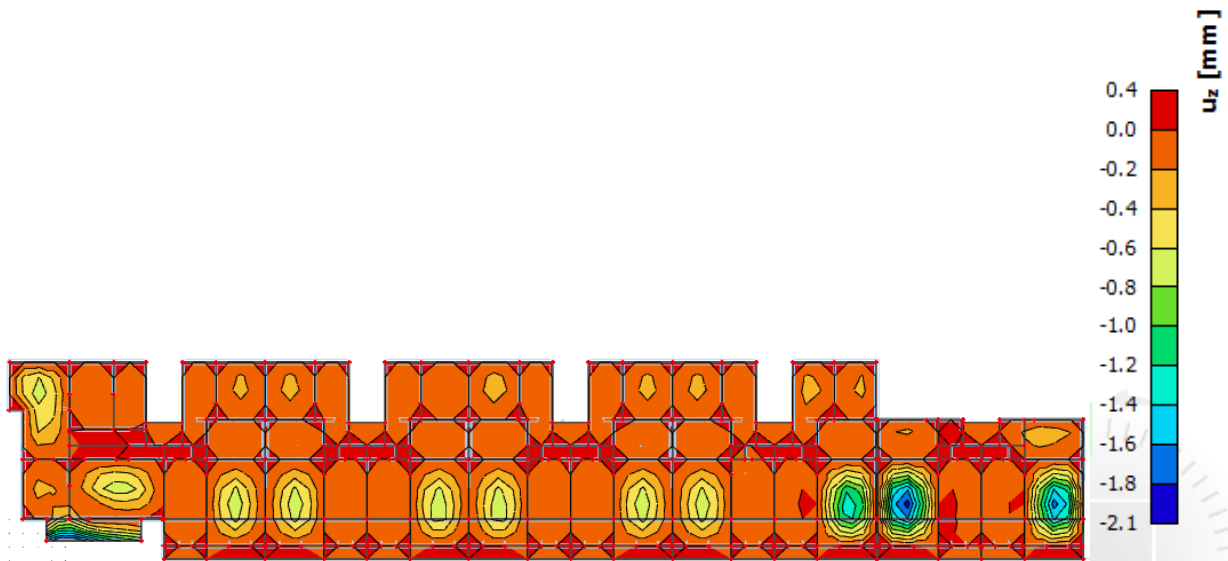
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000840$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{7}{0.009661} = 208.180 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 208.180 \cdot 0.000840 = 0.175 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

#### Provjera progiba:



Slika 11.48. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4170}{250} = 1.67 \text{ cm}$$

$$\text{Granični progib za balkon: } v_{lim} = \frac{L}{150} = \frac{150}{150} = 1.0 \text{ cm}$$

Kratkotrajni progib ploče u polju (očitano iz modela):  $f_k = 0.21 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče za balkon (očitano iz modela):  $f_k = 0.21 \text{ cm}$

$$\text{Dugotrajni progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

$$\text{koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera } \leq 1500$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{3.85} = 0.85$$

$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.21 = 0.33 \text{ cm}$$

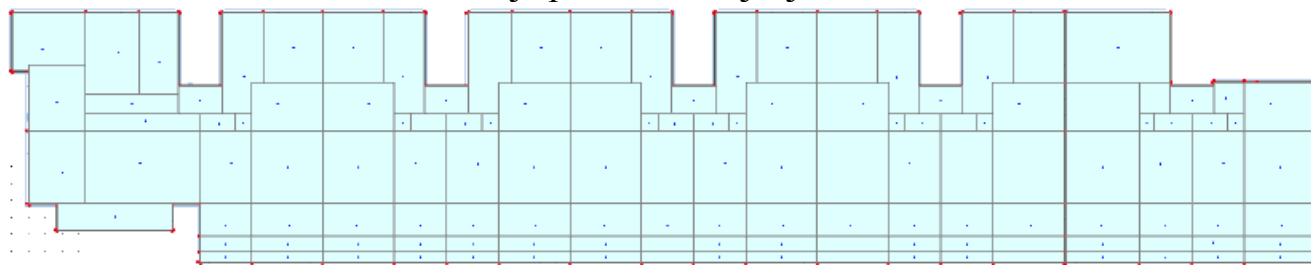
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.21 + 0.33 = 0.54 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.21 + 0.33 = 0.54 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.0 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 11.7. Proračun ploče pozicije 100 (međukatna konstrukcija)

## 11.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje GSN



Slika 11.49. Prikaz ploče pozicije 100

$$\text{Beton C30/37} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B500B} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Debljina ploče: } h_{pl} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Širina ploče: } b_{pl} = 100 \text{ cm}$$

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 11^2 \cdot 2 = 38.48 \text{ kNm}$$

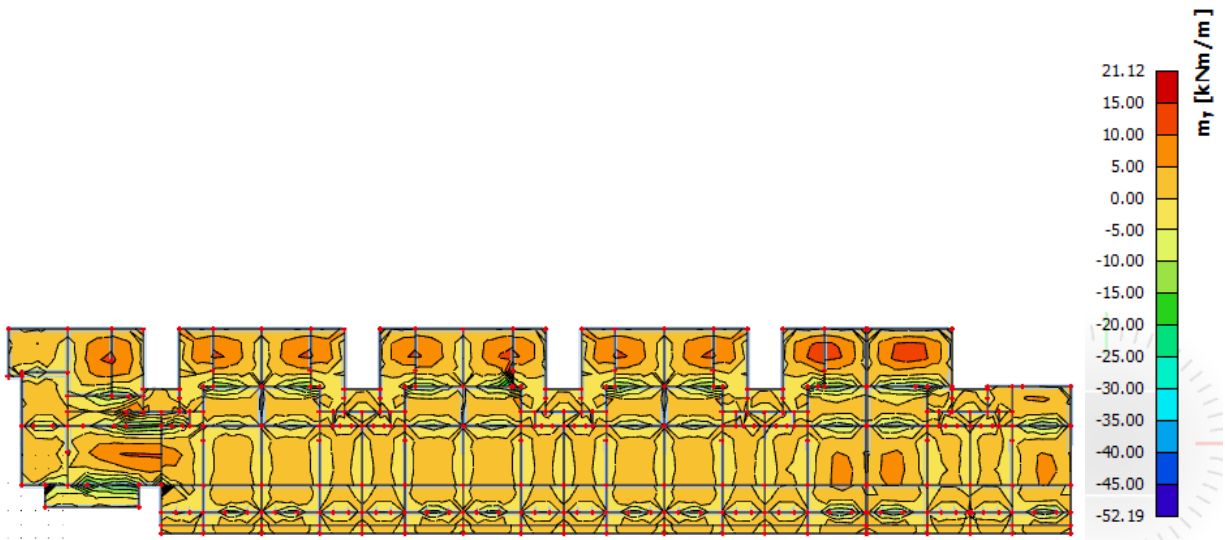
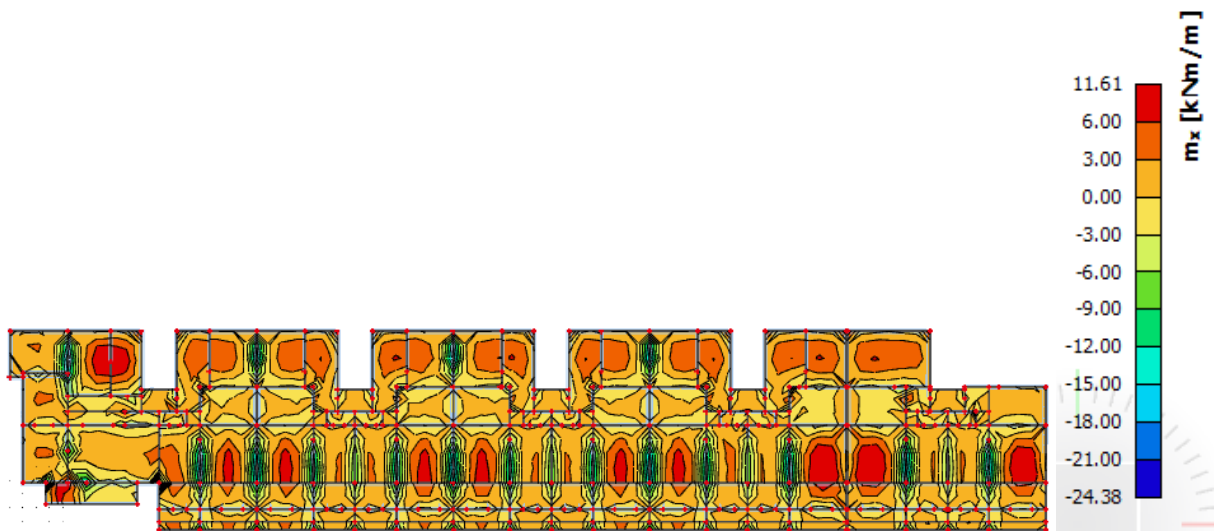
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 11 \cdot 434.8$$

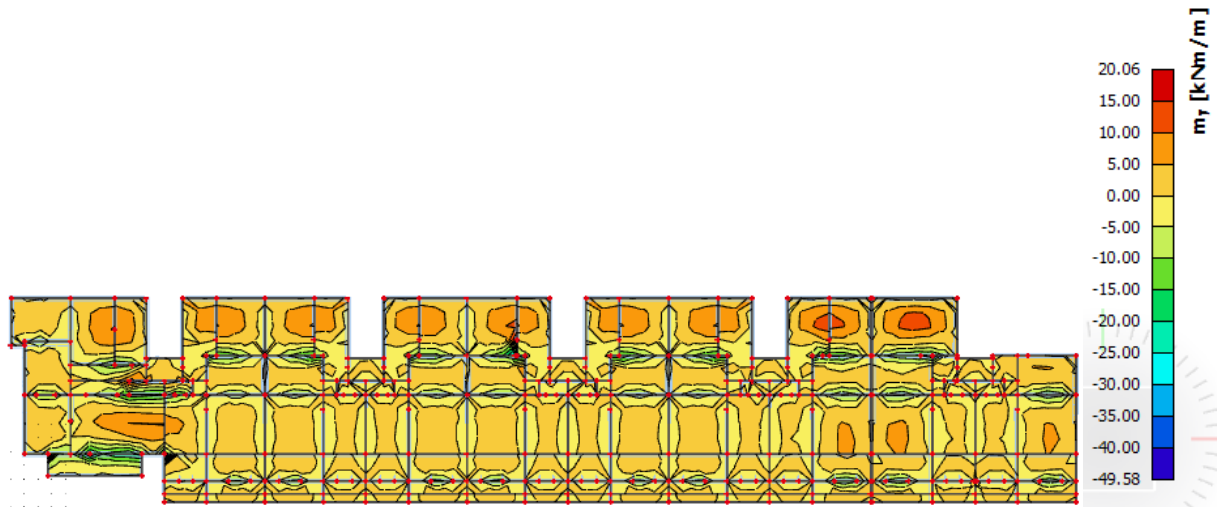
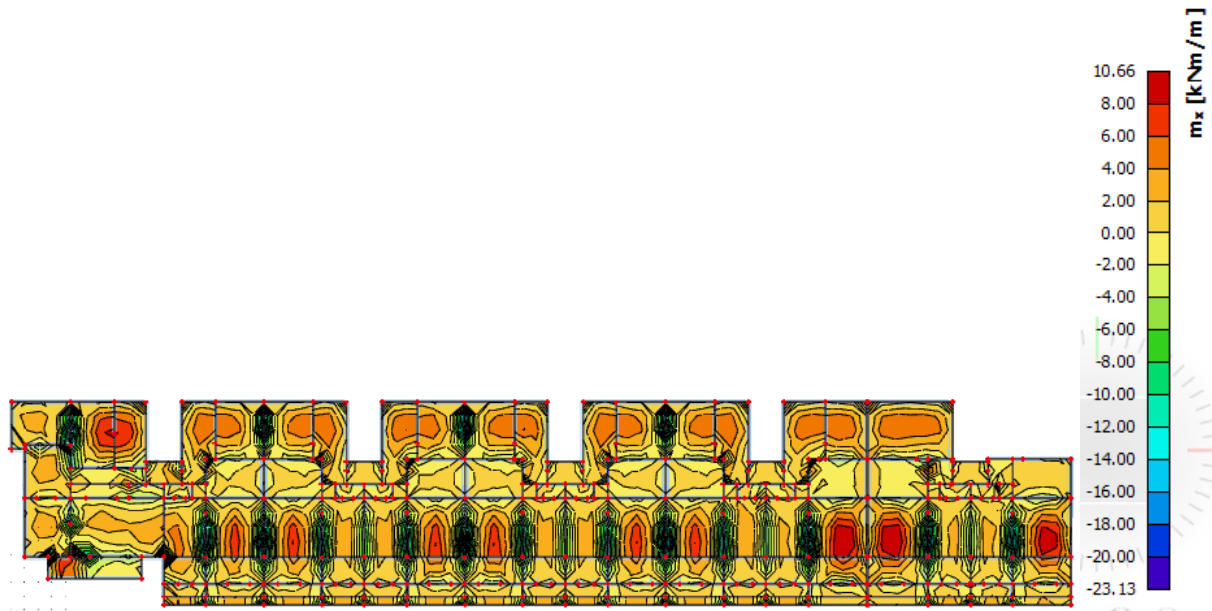
$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = \frac{0.1}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 1.4 \text{ cm}^2$$

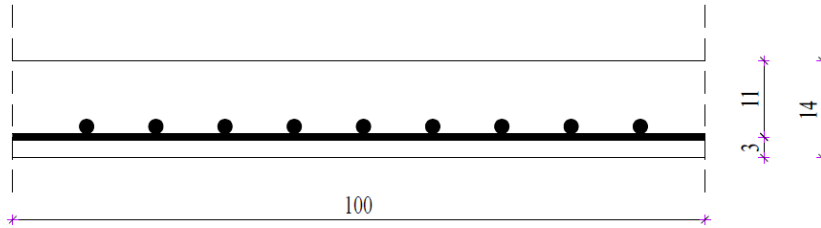
$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = \frac{2}{100} \cdot 100 \cdot 14 = 28 \text{ cm}^2$$

Mreža	Povšina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q 257	2.57	38.48	10.96	0.18
R/Q 283	2.83	38.48	12.07	0.20
R/Q 335	3.35	38.48	14.29	0.24
R/Q 385	3.85	38.48	16.43	0.28
R/Q 424	4.24	38.48	18.09	0.30
R/Q 503	5.03	38.48	21.46	0.36
R 524	5.24	38.48	22.36	0.37

R/Q 636	6.36	38.48	27.13	0.45
R/Q 785	7.85	38.48	33.49	0.56

Slika 11.50. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSN 1,  $M_y$ )Slika 11.51. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSN 1,  $M_x$ )

Slika 11.52. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSN 2,  $M_y$ )Slika 11.53. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSN 2,  $M_x$ )

Proračun u polju:

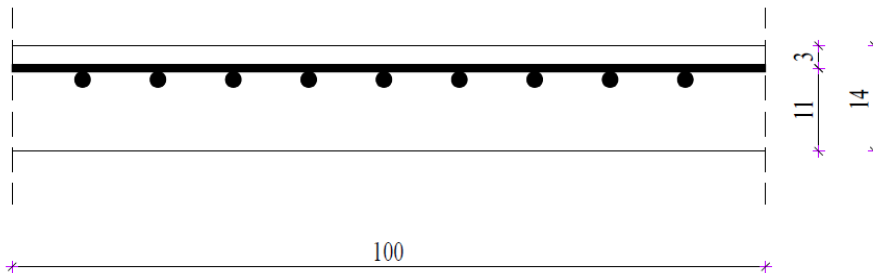
$$M_{Ed} = 15.00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1500}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.062$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1500}{0.950 \cdot 11 \cdot 43.48} = 3.30 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju:

$$M_{Ed} = 30.00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3000}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.124$$

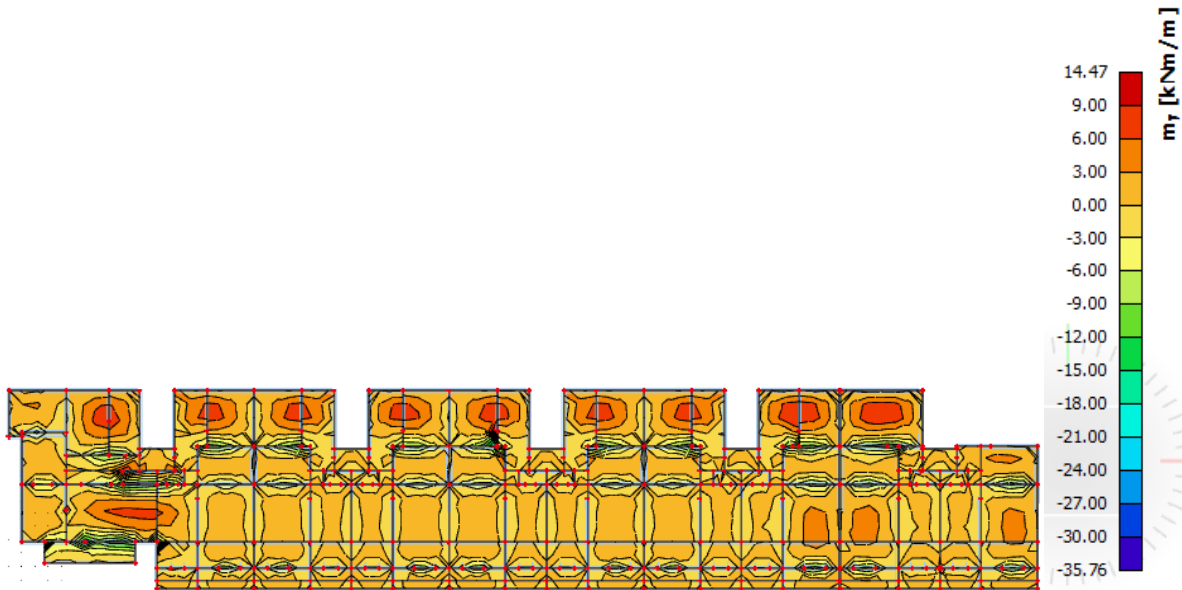
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 2.7 \text{ ‰} ; \zeta = 0.916$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3000}{0.916 \cdot 11 \cdot 43.48} = 6.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

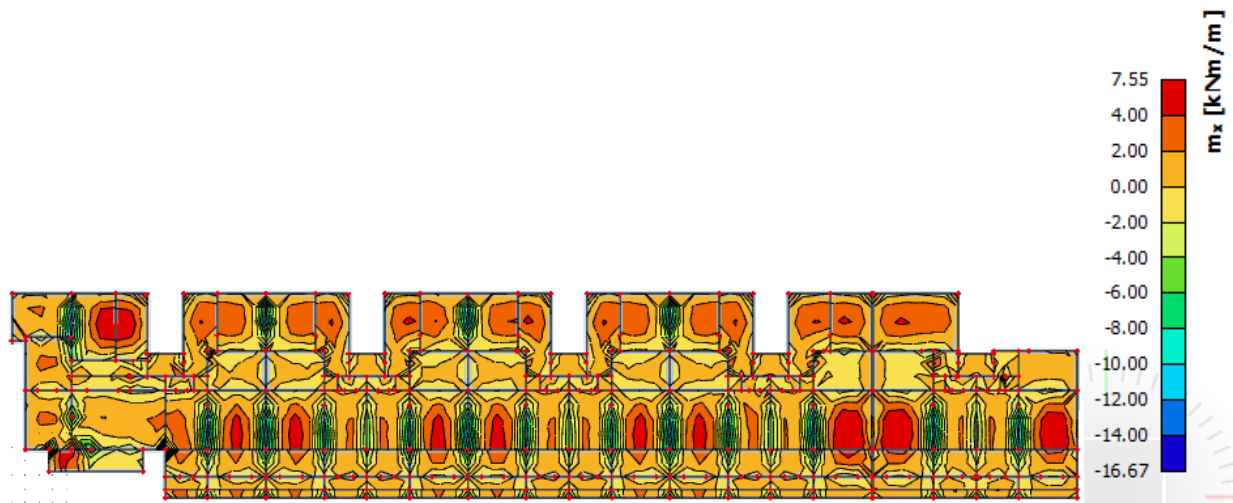
ODABRANA ARMATURA: R785 ( $A_{s1} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 11.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

Provjera pukotina:



Slika 11.54. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSU,  $M_y$ )



Slika 11.55. Rezultati momenata savijanja ploče pozicije 100 (GSU,  $M_x$ )

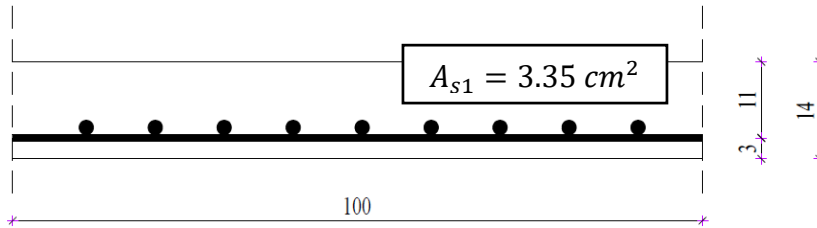
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q335 ( $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )





Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q335  $A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{3.35}{100 \cdot \left(\frac{14-1.920}{3}\right)} = 0.008320$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q335 - \emptyset = 8 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 8.85 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 3.35}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 11}{6.061 \cdot 3.35}} \right) = 1.920 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{885}{\left(11 - \frac{1.920}{3}\right) \cdot 3.35} = 25.500 \text{ kN/cm}^2 = 255.00 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{255.00 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.008320} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.008320)}{200000} = 0.0005427 \leq 0.000765$$

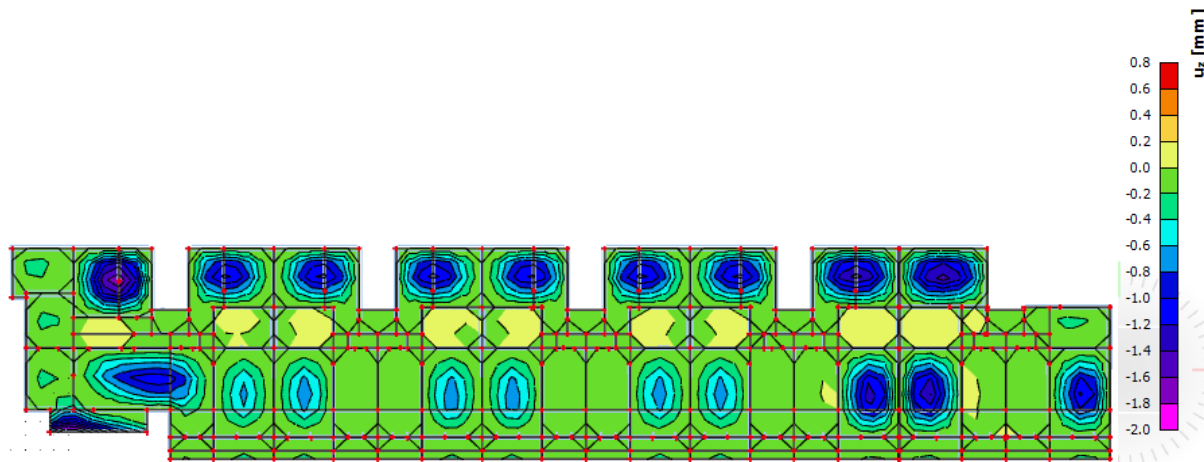
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000765$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{8}{0.008320} = 248.469 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 248.469 \cdot 0.000765 = 0.190 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.56. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{483}{250} = 1.93 \text{ cm}$$

$$\text{Granični progib za balkon: } v_{lim} = \frac{L}{150} = \frac{150}{150} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče u polju (očitano iz modela): } f_k = 0.20 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče za balkon (očitano iz modela): } f_k = 0.20 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajni progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 14) = 228 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1400}{228} = 12.28 \text{ cm} = 122.8 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 122.8 + 250 = 522.54$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{3.35} = 0.85$$

$$f_d = 1.862 \cdot 0.85 \cdot 0.20 = 0.32 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.20 + 0.32 = 0.52 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.67 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.20 + 0.32 = 0.52 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.0 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

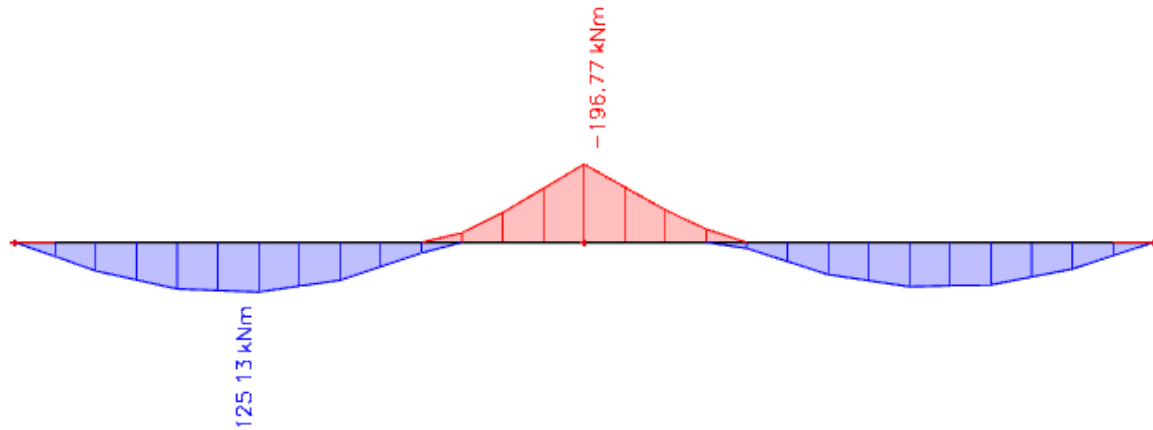
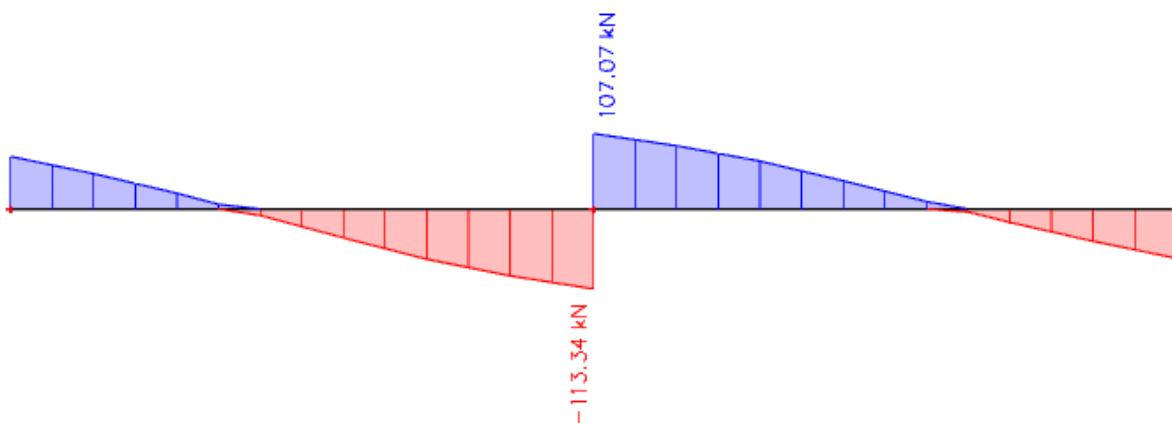
## 11.8. Odabrana armatura po pozicijama

POZICIJA	Armatura u donjoj zoni	Armatura u donjoj zoni zaseban proračun	Armatura u gornjoj zoni	Armatura u gornjoj zoni zaseban proračun
700	Q283	Q385	R503	-
600	Q335	Q636	R636	R785+5 $\phi$ 10
500	Q424	-	R785+2 $\phi$ 10	-
400	Q335	Q424	R785+2 $\phi$ 10	-
300	Q335	Q424	R785+2 $\phi$ 10	-
200	Q335	Q385	R636	-
100	Q335	-	R785	-

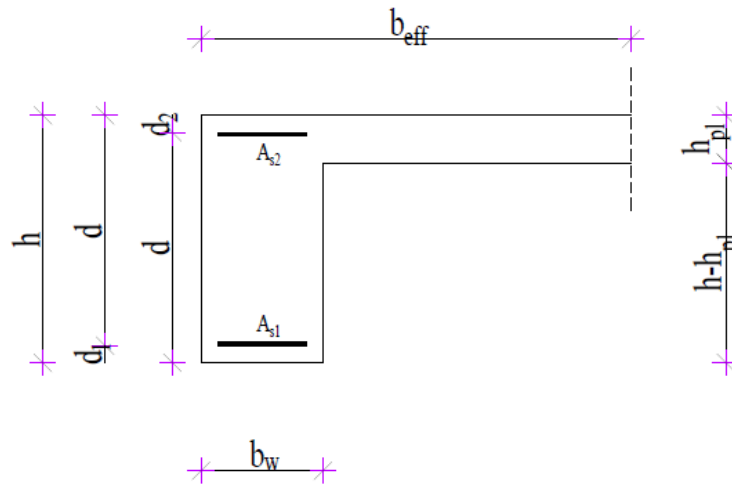
## 12. PRORAČUN GREDA POZICIJE 700

## 12.1. Dimenzioniranje grede pozicije 701

## 12.1.1. Dimenzioniranje grede pozicije 701 na savijanje prema GSN

Slika 12.1. Maksimalni momenti savijanja  $M_y$ Slika 12.2. Maksimalna poprečna sila  $V_z$ 

Proračun uzdužne armature u polju:



$$b = 36 \text{ cm}$$

$$h = 73 \text{ cm}$$

$$h_p = 14 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 68 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 36 + \frac{0,85 \cdot 732}{10} = 98,22 \text{ cm}$$

$$C 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$B 500B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 36 \cdot 68^2 \cdot 2 = 529,36 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 40 \cdot 90 = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 40 \cdot 90 = 72 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu:

Šipke	Povšina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
4Ø12	4.52	529.36	119.20	0.17
4Ø14	6.16	529.36	162.45	0.23
4Ø16	8.04	529.36	212.04	0.31
4Ø18	10.18	529.36	268.47	0.39
4Ø20	12.57	529.36	331.51	0.48
4Ø22	15.21	529.36	401.13	0.58

$$M_{Ed} = 125.13 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{125.13 \cdot 100}{98.22 \cdot 68^2 \cdot 2.0} = 0,014$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.065 \quad \zeta = 0.977$$

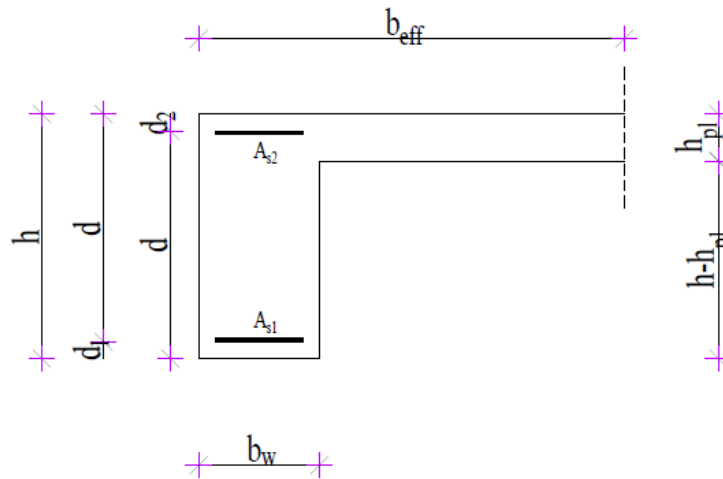
$$x = \xi \cdot d = 0.065 \cdot 68 = 4.42 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12513}{0.977 \cdot 68 \cdot 43.48} = 4.33 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø14 ( $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2$ )

Proračun uzdužne armature nad ležajem:





$$M_{Ed} = 196.77 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19677}{36 \cdot 68^2 \cdot 2.0} = 0.059$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.138 \quad \zeta = 0.950$$

$$x = \xi \cdot d = 0.138 \cdot 68 = 9.38 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19677}{0.950 \cdot 68 \cdot 43.48} = 7.01 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø16 ( $A_{s2} = 8.04 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$$

$b_w$	36
$h$	73
$d_1(d_2)$	5
$d$	68
$A_{s1}$	3.08
$A_{s2}$	8.04
$A_{s,k}$	2.26
$A_c$	2628
$\rho_l$	0.00509
$k$	1.54
$k_1$	0.15
$\sigma_{cp}$	0
$C_{Rdc}$	0.12
$V_{Rd,c}$	112413.8
$v_{min}$	0.367192
$V_{Rd,max}$	1292544
$v$	0.528
$V_{Ed}$	113.34

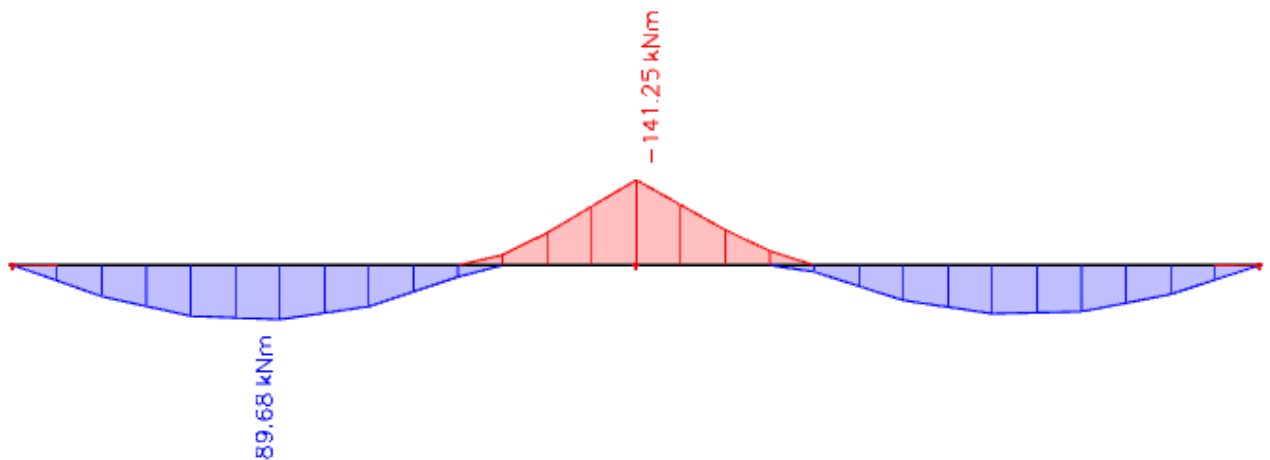
$f_{ck}$	30
$f_{yk}$	500
$f_{cd}$	20
$f_{yd}$	434.7826

$m$	2
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	0.087688
$S_{max}$	30
$\rho_{min}$	0.0011
$A_{sw}$	0.79
$Spot$	37.09347

ODABRANO	$\phi 10/30$
$V_{wd}$	140.1391

### 12.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 701

Provjera pukotina:



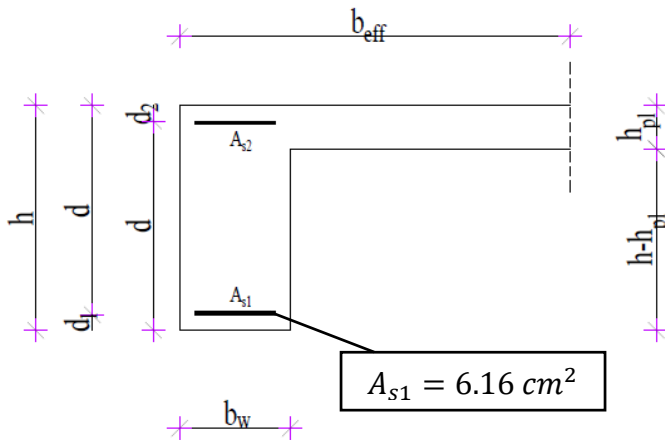
Slika 11.54. Rezultati momenata savijanja grede pozicije 701 (GSU,  $M_y$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju:  $4\Phi 14$  ( $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B –  $4\Phi 14$   $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{6.16}{36 \cdot \left(\frac{73-10.88}{3}\right)} = 0.008264$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$4\emptyset 14 - \emptyset = 14 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 45 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 89.68 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 6.16}{36} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 36 \cdot 68}{6.061 \cdot 6.16}} \right) = 10.88 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{8968}{\left(68 - \frac{10.88}{3}\right) \cdot 6.16} = 22.616 \text{ kN/cm}^2 = 226.16 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{226.16 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.008264} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.008264)}{200000} = 0.0003938 \leq 0.000678$$

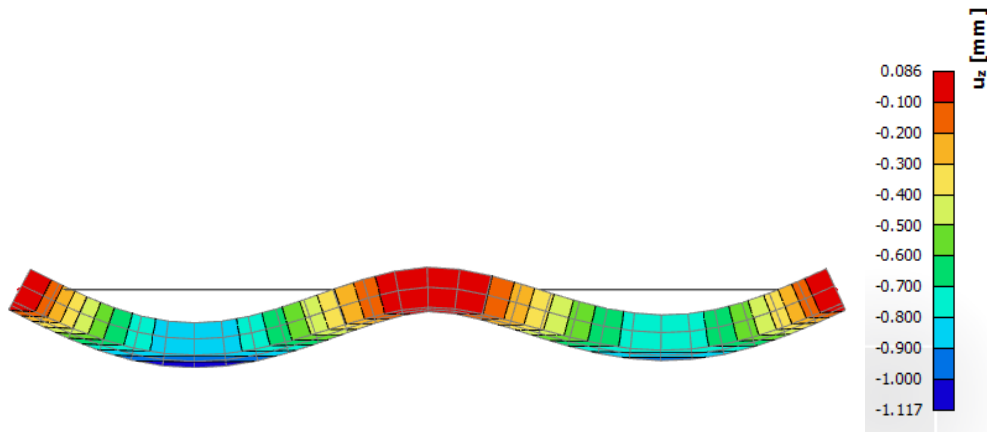
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000678$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 45 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{14}{0.008264} = 440.99 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 440.99 \cdot 0.000678 = 0.299 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.56. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{732}{250} = 2.93 \text{ cm}$$

Kratkotrajni progib grede u polju (očitano iz modela):  $f_k = 0.112 \text{ cm}$

Dugotrajni progib grede:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

Ukupni progib:  $f_{uk} = f_k + f_d$

$$A_c = b \cdot h = 36 \cdot 73 = 2628 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (36 + 73) = 218 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 2628}{218} = 24.11 \text{ cm} = 241.1 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{242.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 241.1 + 250 = 785.1$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina coef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{4.02}{6.16} = 0.556$$

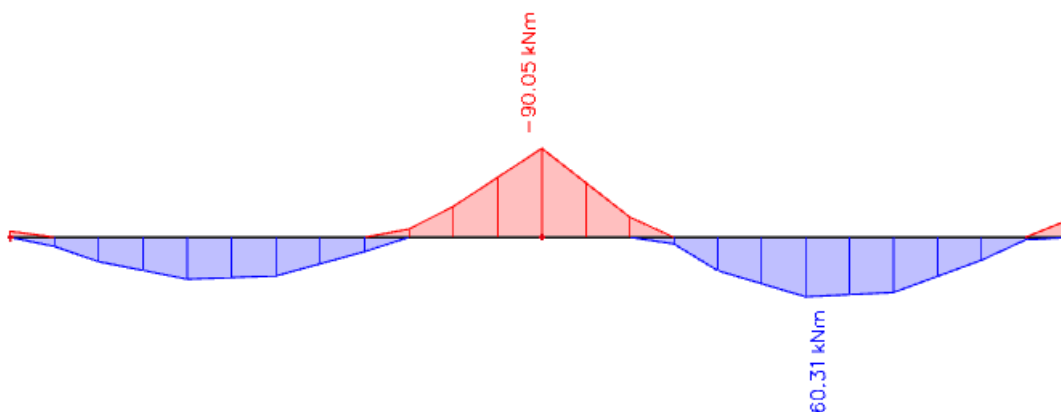
$$f_d = 1.862 \cdot 0.556 \cdot 0.112 = 0.116 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.112 + 0.116 = 0.228 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.93 \text{ cm}$$

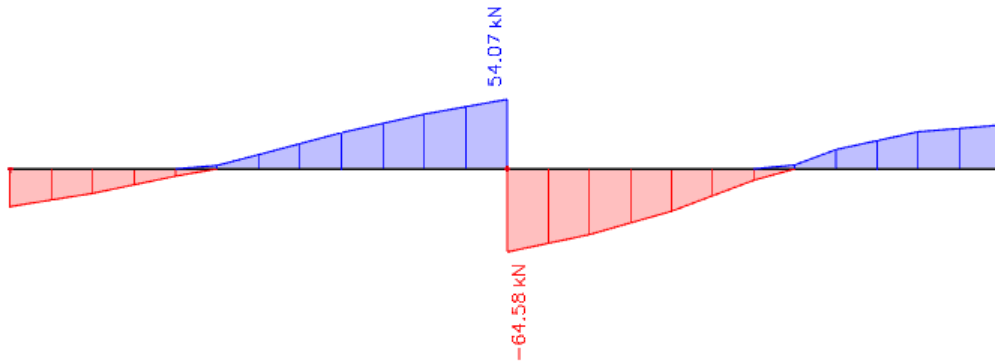
Odabrane dimenzije grede i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 12.2. Dimenzioniranje grede pozicije 702

### 12.2.1. Dimenzioniranje grede pozicije 702 na savijanje prema GSN

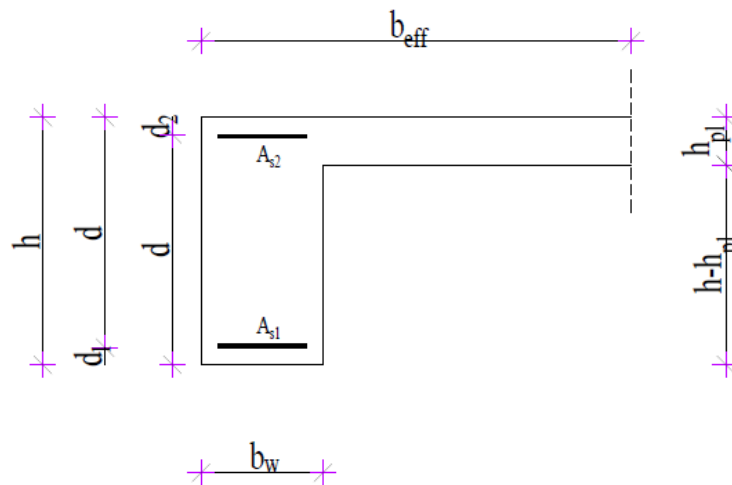


Slika 12.1. Maksimalni momenti savijanja  $M_y$



Slika 12.2. Maksimalna poprečna sila Vz

Proračun uzdužne armature u polju:



$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$h_p = 14 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 55 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 30 + \frac{0,85 \cdot 600}{10} = 81 \text{ cm}$$

$$\text{C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$



$$\mu_{sds}^* = 0.159; \zeta = 0.892; \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 55^2 \cdot 2 = 288.59 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 30 \cdot 60 = 1.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 0.02 \cdot 30 \cdot 60 = 36 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu:

Šipke	Povšina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
4Ø12	4.52	288.59	96.42	0.25
4Ø14	6.16	288.59	131.40	0.34
4Ø16	8.04	288.59	171.50	0.45
4Ø18	10.18	288.59	268.47	0.39
4Ø20	12.57	288.59	331.51	0.48
4Ø22	15.21	288.59	401.13	0.58

$$M_{Ed} = 60.31 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{60.31 \cdot 100}{81 \cdot 55^2 \cdot 2.0} = 0,0123$$

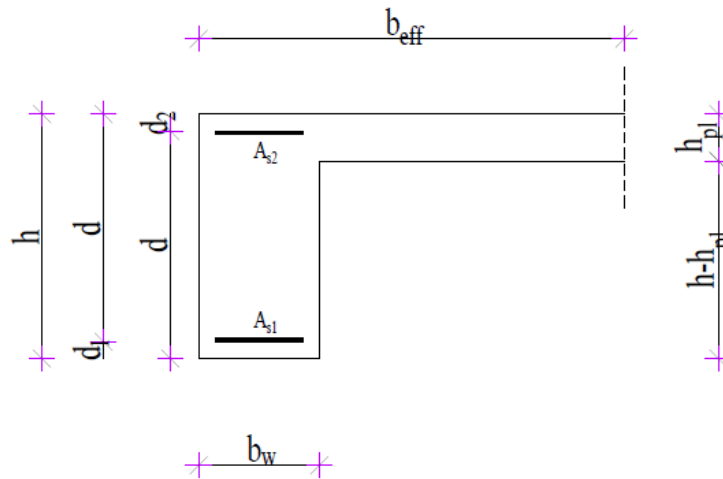
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.065 \quad \zeta = 0.977$$

$$x = \xi \cdot d = 0.065 \cdot 55 = 3.58 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6031}{0.977 \cdot 55 \cdot 43.48} = 2.58 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø12 ( $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$ )

Proračun uzdužne armature nad ležajem:



$$M_{Ed} = 90.05 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9005}{30 \cdot 55^2 \cdot 2.0} = 0.049$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.4 \text{ ‰} \quad \xi = 0.123 \quad \zeta = 0.956$$

$$x = \xi \cdot d = 0.123 \cdot 55 = 6.77 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{9005}{0.956 \cdot 55 \cdot 43.48} = 3.94 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø12 ( $A_{s2} = 4.52 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$$

$b_w$	30
$h$	60
$d_1(d_2)$	5
$d$	55
$A_{s1}$	2.26
$A_{s2}$	4.52
$A_{s,k}$	2.26
$A_c$	1800
$\rho_l$	0.00502
$k$	1.60
$k_1$	0.15
$\sigma_{cp}$	0
$C_{Rdc}$	0.12
$V_{Rd,c}$	78392.99
$v_{min}$	0.389079
$V_{Rd,max}$	871200
$v$	0.528
$V_{Ed}$	64.58

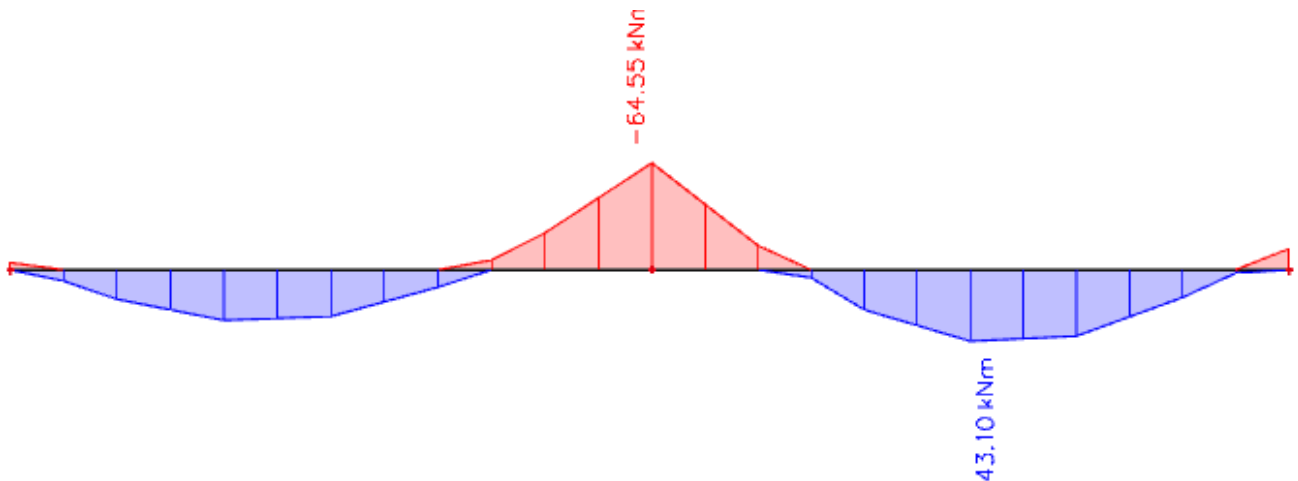
$f_{ck}$	30
$f_{yk}$	500
$f_{cd}$	20
$f_{yd}$	434.7826

$m$	2
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	0.074128
$s_{max}$	30
$\rho_{min}$	0.0011
$A_{sw}$	0.79
$s_{pot}$	52.65461

ODABRANO	$\phi 10/30$
$V_{wd}$	113.35

### 12.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 702

Provjera pukotina:



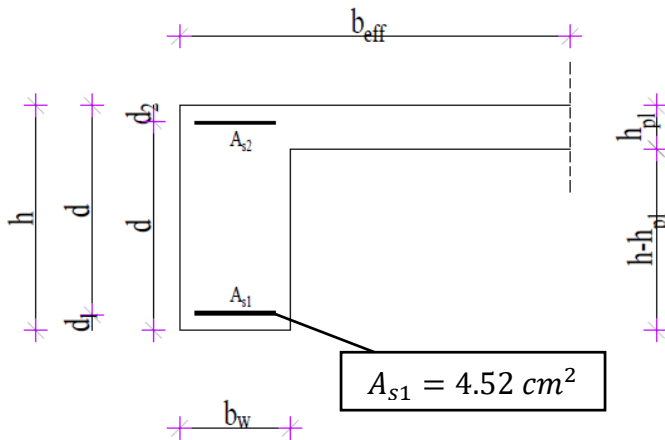
Slika 11.54. Rezultati momenata savijanja grede pozicije 702 (GSU,  $M_y$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju:  $4\phi 12$  ( $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B –  $4\phi 12$   $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{4.52}{30 \cdot \left(\frac{60-9.15}{3}\right)} = 0.008889$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$4\emptyset 12 - \emptyset = 12 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 45 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 43.10 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 4.52}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{6.061 \cdot 4.52}} \right) = 9.15 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{4310}{\left(55 - \frac{9.15}{3}\right) \cdot 4.52} = 18.355 \text{ kN/cm}^2 = 183.55 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{183.55 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.008889} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.008889)}{200000} = 0.0002301 \leq 0.000551$$

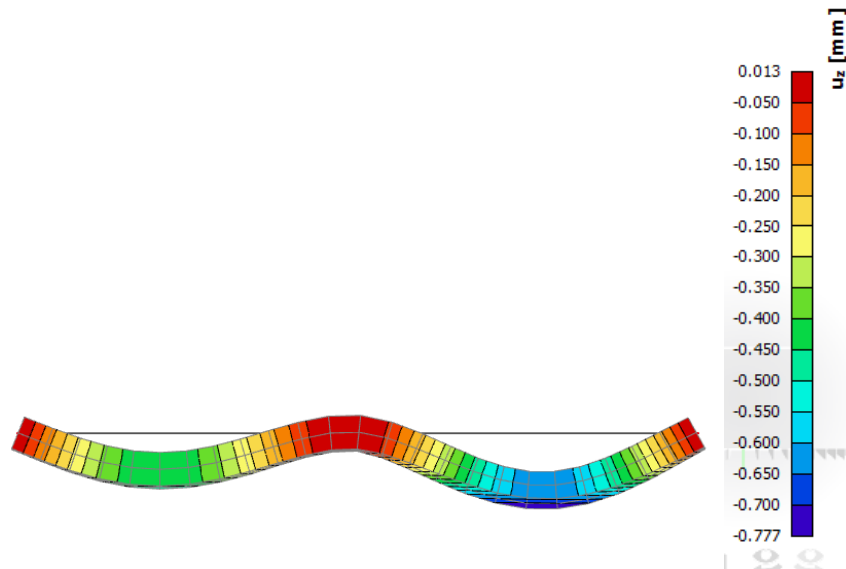
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000551$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 45 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{12}{0.000551} = 382.497 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 382.497 \cdot 0.000551 = 0.211 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba:



Slika 11.56. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2.4 \text{ cm}$$

Kratkotrajni progib grede u polju (očitano iz modela):  $f_k = 0.08 \text{ cm}$

Dugotrajni progib grede:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

Ukupni progib:  $f_{uk} = f_k + f_d$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (30 + 60) = 180 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1800}{180} = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 200 + 250 = 693.88$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{2.26}{4.52} = 0.625$$

$$f_d = 1.862 \cdot 0.625 \cdot 0.08 = 0.09 \text{ cm}$$

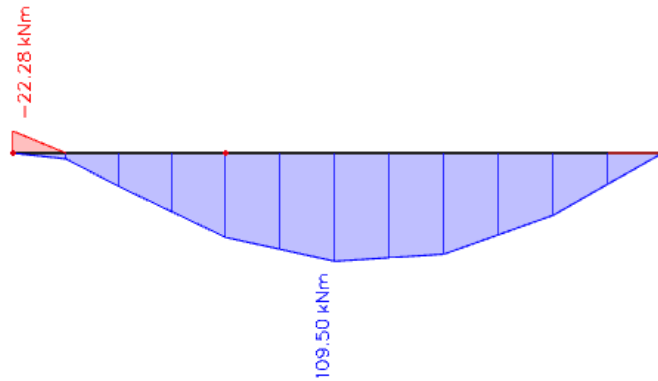
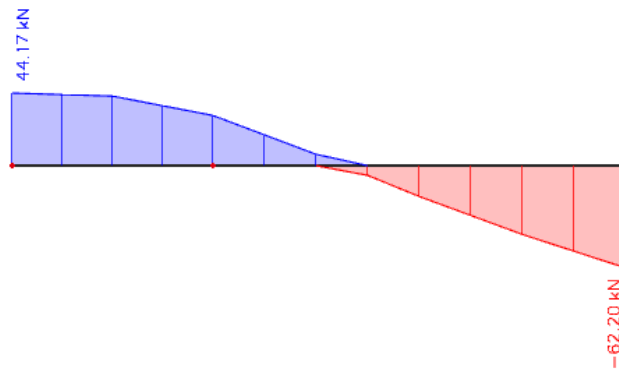
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.08 + 0.09 = 0.17 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.4 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

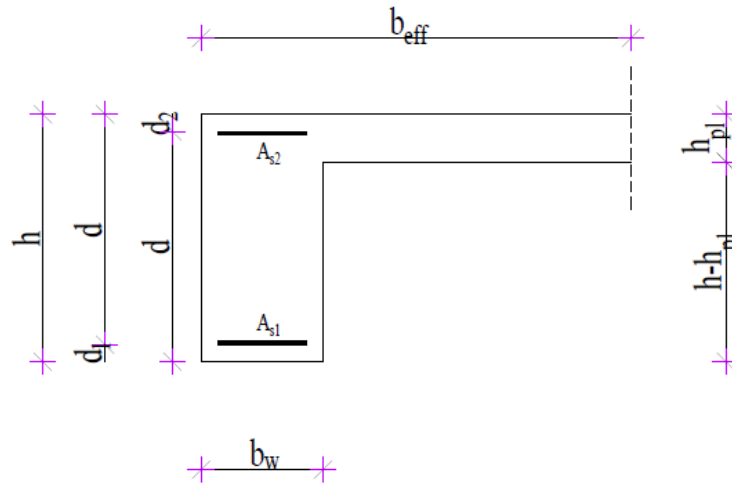


## 12.3. Dimenzioniranje grede pozicije 703

## 12.3.1. Dimenzioniranje grede pozicije 703 na savijanje prema GSN

Slika 12.1. Maksimalni momenti savijanja  $M_y$ Slika 12.2. Maksimalna poprečna sila  $V_z$

Proračun uzdužne armature u polju:



$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$h_p = 14 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 55 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 30 + \frac{0,85 \cdot 600}{10} = 81 \text{ cm}$$

$$\text{C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0.159; \quad \zeta = 0.892; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 55^2 \cdot 2 = 288.59 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 30 \cdot 60 = 1.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 0.02 \cdot 30 \cdot 60 = 36 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu:

Šipke	Povšina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
4Ø12	4.52	288.59	96.42	0.25
4Ø14	6.16	288.59	131.40	0.34
4Ø16	8.04	288.59	171.50	0.45
2Ø10	1.57	288.59	33.49	0.09
2Ø12	2.26	288.59	48.21	0.13
2Ø14	3.08	288.59	65.70	0.17

$$M_{Ed} = 109.50 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{109.50 \cdot 100}{81 \cdot 55^2 \cdot 2.0} = 0,022$$

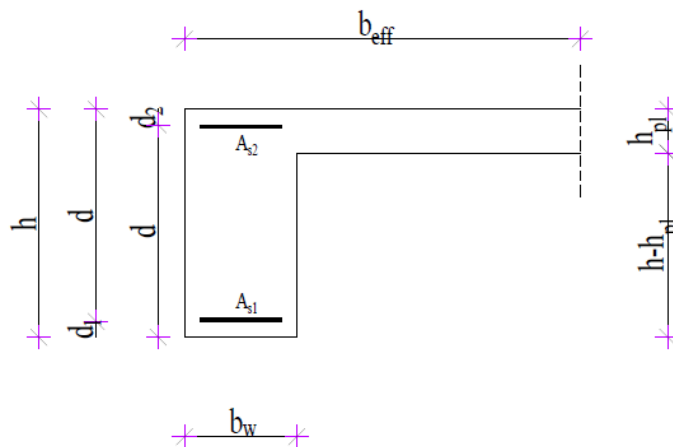
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.9 \text{ ‰} \quad \xi = 0.083 \quad \zeta = 0.971$$

$$x = \xi \cdot d = 0.083 \cdot 55 = 4.57 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10950}{0.971 \cdot 55 \cdot 43.48} = 4.72 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø14 ( $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2$ )

Proračun uzdužne armature nad ležajem:



$$M_{Ed} = 22.28 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2228}{30 \cdot 55^2 \cdot 2.0} = 0.012$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.057 \quad \zeta = 0.981$$

$$x = \xi \cdot d = 0.057 \cdot 55 = 3.14 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2228}{0.981 \cdot 55 \cdot 43.48} = 0.95 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 2\emptyset 10 \quad (A_{s2} = 1.57 \text{ cm}^2)$$

Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$$

b <sub>w</sub>	30
h	60
d1(d2)	5
d	55
A <sub>s1</sub>	3.08
A <sub>s2</sub>	1.57
A <sub>s,k</sub>	2.26
A <sub>c</sub>	1800
ρ <sub>l</sub>	0.00384
k	1.60
k <sub>1</sub>	0.15
σ <sub>cp</sub>	0
C <sub>Rdc</sub>	0.12
V <sub>Rd,c</sub>	71677.11
v <sub>min</sub>	0.389079
V <sub>Rd,max</sub>	871200
v	0.528
V <sub>Ed</sub>	62.2

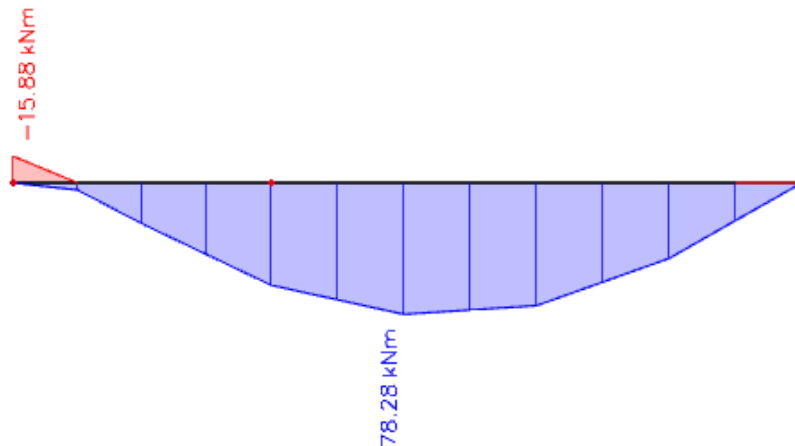
f <sub>ck</sub>	30
f <sub>yk</sub>	500
f <sub>cd</sub>	20
f <sub>yd</sub>	434.7826

m	2
V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0.071396
s <sub>max</sub>	30
ρ <sub>min</sub>	0.0011
A <sub>sw</sub>	0.79
S <sub>pot</sub>	54.66937

ODABRANO	φ10/30
V <sub>wd</sub>	113.35

## 12.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 703

Provjera pukotina:



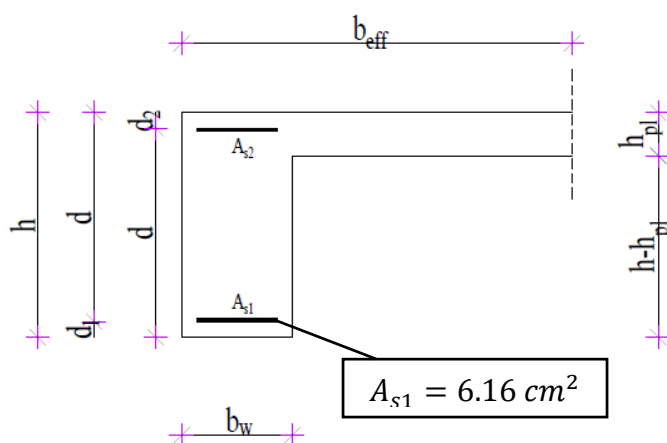
Slika 11.54. Rezultati momenata savijanja grede pozicije 703 (GSU,  $M_y$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju:  $4\phi 14$  ( $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – 4Ø14  $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{6.16}{30 \cdot \left(\frac{60-10.52}{3}\right)} = 0.012450$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$4\phi 14 - \phi = 14 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 45 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 78.28 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 6.16}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{6.061 \cdot 6.16}} \right) = 10.52 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{7828}{\left(55 - \frac{10.52}{3}\right) \cdot 3.14} = 24.679 \text{ kN/cm}^2 = 246.79 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{246.79 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.012450} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.012450)}{200000} = 0.0007329 \leq 0.000740$$

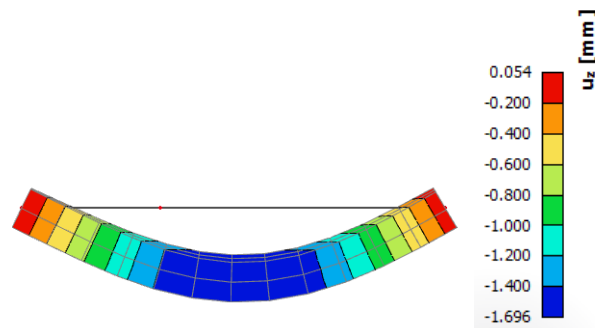
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000740$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 45 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{14}{0.012450} = 344.167 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 344.167 \cdot 0.000740 = 0.255 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

### Provjera progiba:



Slika 11.56. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2.4 \text{ cm}$$

Kratkotrajni progib grede u polju (očitano iz modela):  $f_k = 0.17 \text{ cm}$

Dugotrajni progib grede:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$



Ukupni progib:  $f_{uk} = f_k + f_d$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (30 + 60) = 180 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1800}{180} = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{122.8}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 200 + 250 = 693.88$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{1.57}{6.16} = 0.735$$

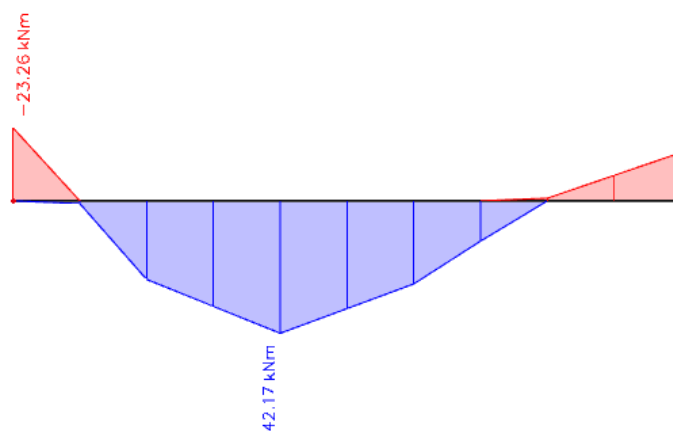
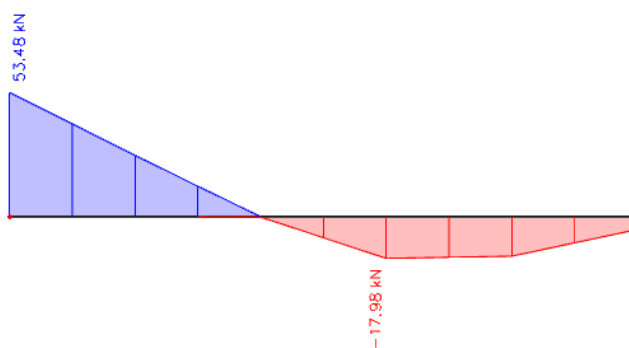
$$f_d = 1.862 \cdot 0.735 \cdot 0.17 = 0.23 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.17 + 0.23 = 0.4 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.4 \text{ cm}$$

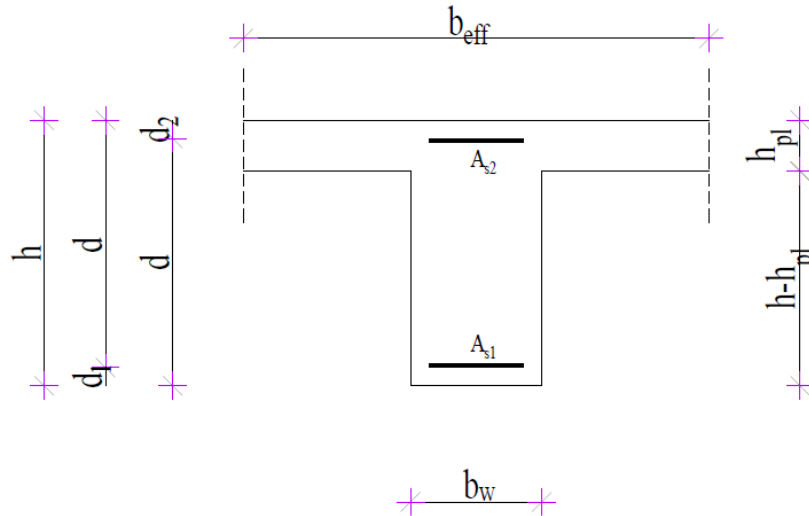
Odabrane dimenzije grede i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 12.4. Dimenzioniranje grede pozicije 704

## 12.4.1. Dimenzioniranje grede pozicije 704 na savijanje prema GSN

Slika 12.1. Maksimalni momenti savijanja  $M_y$ Slika 12.2. Maksimalna poprečna sila  $V_z$

Proračun uzdužne armature u polju:



$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$h_p = 14 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 45 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,85 \cdot 506}{5} = 111 \text{ cm}$$

$$\text{C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0.159; \quad \zeta = 0.892; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 25 \cdot 45^2 \cdot 2 = 160.99 \text{ kNm}$$

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

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 25 \cdot 50 = 1.25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 0.02 \cdot 25 \cdot 50 = 25 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu:

Šipke	Povšina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
4Ø10	3.14	160.99	54.80	0.25
4Ø12	4.52	160.99	78.89	0.36
4Ø14	6.16	160.99	107.51	0.49
2Ø10	1.57	160.99	27.40	0.13
2Ø12	2.26	160.99	39.44	0.18
2Ø14	3.08	160.99	53.75	0.25

$$M_{Ed} = 42.17 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{42.17 \cdot 100}{111 \cdot 45^2 \cdot 2.0} = 0,0094$$

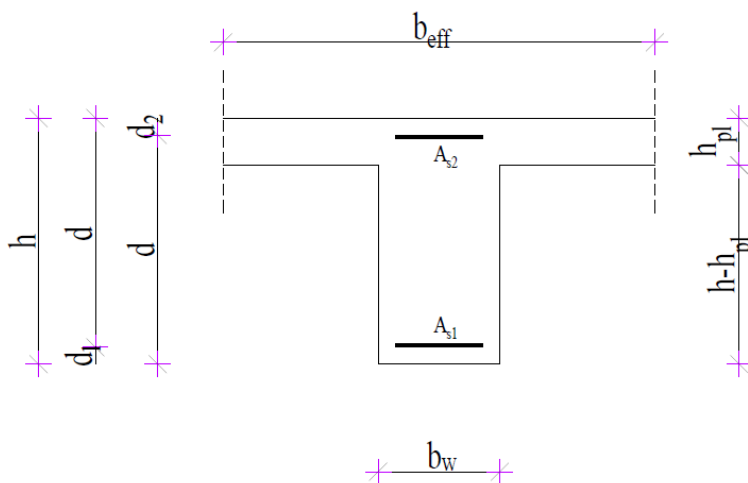
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.057 \quad \zeta = 0.981$$

$$x = \xi \cdot d = 0.057 \cdot 45 = 2.57 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4217}{0.981 \cdot 45 \cdot 43.48} = 2.19 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø10 ( $A_{s1} = 3.14 \text{ cm}^2$ )

Proračun uzdužne armature nad ležajem:



$$M_{Ed} = 23.26 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2326}{25 \cdot 45^2 \cdot 2.0} = 0.023$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.9 \text{ ‰} \quad \xi = 0.083 \quad \zeta = 0.971$$

$$x = \xi \cdot d = 0.083 \cdot 45 = 3.74 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2326}{0.971 \cdot 45 \cdot 43.48} = 1.22 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 2\emptyset 10 \quad (A_{s2} = 1.57 \text{ cm}^2)$$

Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$$

b <sub>w</sub>	25
h	50
d1(d2)	5
d	45
A <sub>s1</sub>	1.57
A <sub>s2</sub>	1.57
A <sub>s,k</sub>	2.26
A <sub>c</sub>	1250
ρ <sub>l</sub>	0.00432
k	1.67
k <sub>1</sub>	0.15
σ <sub>cp</sub>	0
C <sub>Rdc</sub>	0.12
V <sub>Rd,c</sub>	52850.71
v <sub>min</sub>	0.412479
V <sub>Rd,max</sub>	594000
v	0.528
V <sub>Ed</sub>	53.48

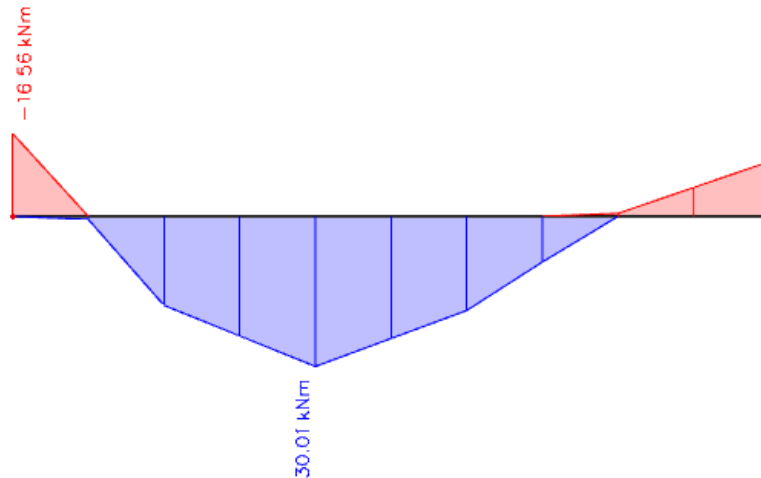
f <sub>ck</sub>	30
f <sub>yk</sub>	500
f <sub>cd</sub>	20
f <sub>yd</sub>	434.7826

m	2
V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0.090034
s <sub>max</sub>	30
ρ <sub>min</sub>	0.0011
A <sub>sw</sub>	0.79
s <sub>pot</sub>	52.0227

ODABRANO	φ10/30
V <sub>wd</sub>	92.74

## 12.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 704

Provjera pukotina:



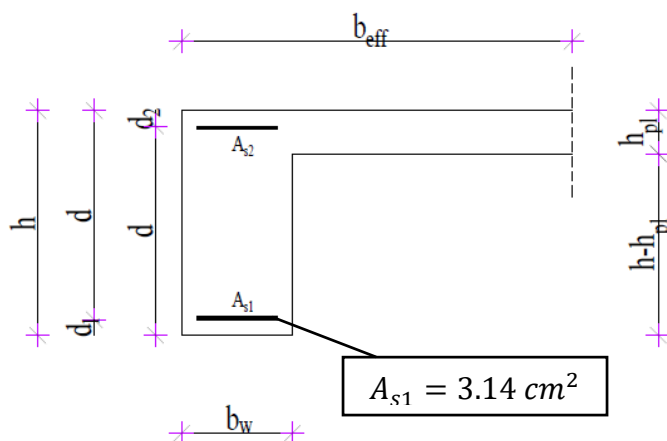
Slika 11.54. Rezultati momenata savijanja grede pozicije 704 (GSU,  $M_y$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju:  $4\phi 10$  ( $A_{s1} = 3.14 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

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

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – 4Ø10  $A_{s1} = 3.14 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{3.14}{25 \cdot \left(\frac{50-7.55}{3}\right)} = 0.008876$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$4\phi 10 - \phi = 10 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 45 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 30.01 \text{ kNm}$$



$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 3.14}{25} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 45}{6.061 \cdot 3.14}} \right) = 7.55 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{3001}{\left(45 - \frac{7.55}{3}\right) \cdot 3.14} = 22.497 \text{ kN/cm}^2 = 224.97 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{224.97 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.008876} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.008876)}{200000} = 0.0004363 \leq 0.000675$$

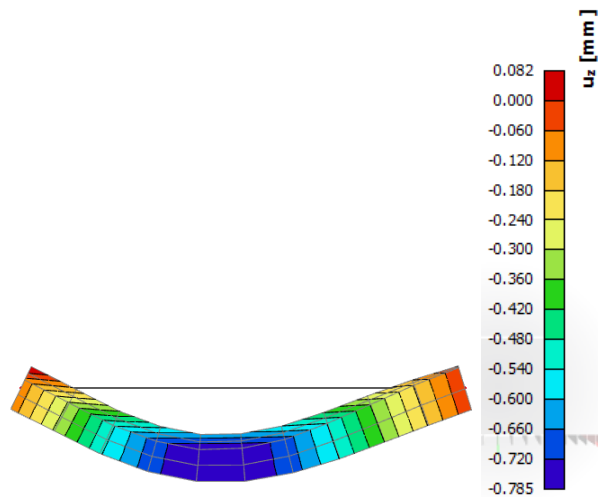
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000675$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 45 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{10}{0.008876} = 344.52 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 344.52 \cdot 0.000675 = 0.233 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

### Provjera na pukotine zadovoljava

### Provjera progiba:



Slika 11.56. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{506}{250} = 2.02 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib grede u polju (očitano iz modela): } f_k = 0.08 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajni progib grede: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 25 \cdot 50 = 1250 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (25 + 50) = 150 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1250}{150} = 16.67 \text{ cm} = 166.7 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{166.7}} = 1.40 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

$$\text{koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera } \leq 1500$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 166.7 + 250 = 619.97$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{1.57}{3.14} = 0.625$$

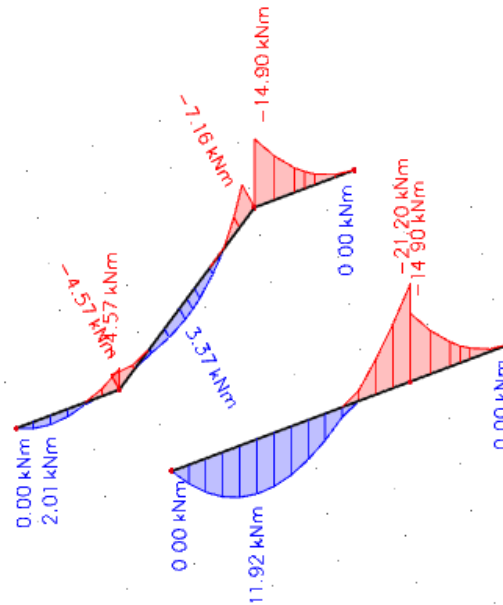
$$f_d = 1.862 \cdot 0.625 \cdot 0.08 = 0.09 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.08 + 0.09 = 0.17 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.02 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

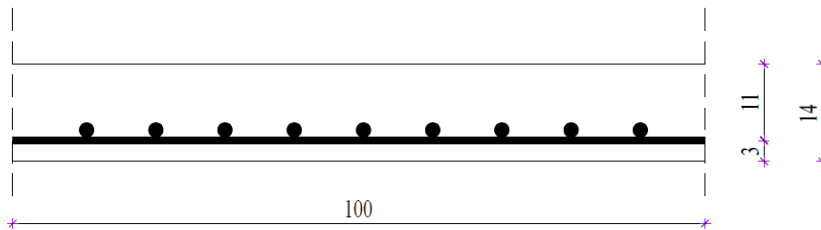
### 13. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

Proračun stubišta će se provesti neovisno o 3D modelu, te će biti prikazan stvarni i zamjnjujući sustav sa pripadajućim rezultatima.



Slika 13.1. Prikaz momenta na stubištu

Proračun u polju:



$$M_{Ed} = 11.92 \text{ kNm}$$

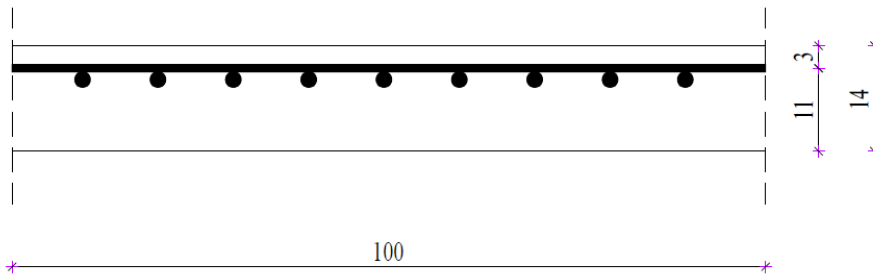
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1192}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.049$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1192}{0.956 \cdot 11 \cdot 43.48} = 2.61 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{ODABRANA ARMATURA: Q283 (} A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}' \text{)}$$

Proračun na ležaju (spoj ploče i stubišta ili spoj podesta i stubišta) :



$$M_{Ed} = 21.20 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2120}{100 \cdot 11^2 \cdot 2} = 0.088$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 2.0 \text{ ‰} ; \zeta = 0.938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2120}{0.938 \cdot 11 \cdot 43.48} = 4.72 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

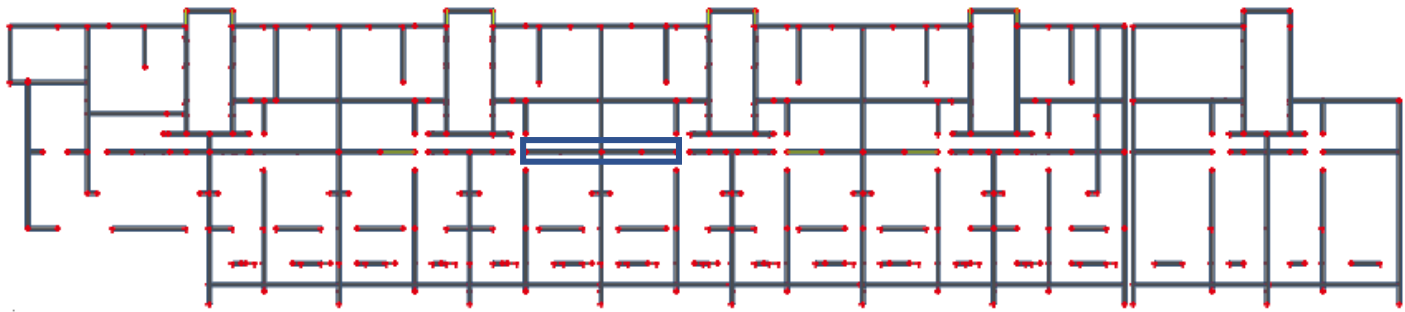
$$\text{ODABRANA ARMATURA: R503 (} A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}' \text{)}$$

## 14. PRORAČUN ZIDOVA

Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za karakteristična zida, jedan u smjeru X drugi u smjeru Y. Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 25 cm od betona C30/37, armirani sa B500B te debljine zaštitnog sloja od 2 cm.

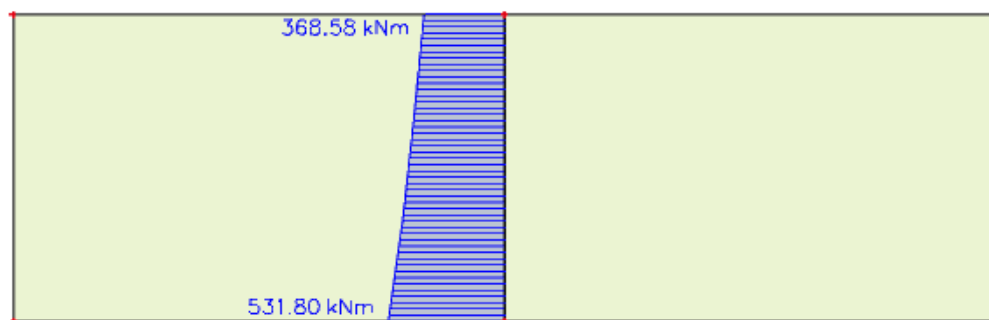
Prikazani su rezultati za uobičajenu i seizmičku kombinaciju, a proračun je proveden za maksimalne rezne sile (M, V i N) dviju kombinacija, za odabrane zidove po jedan za svaki smjer. Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprazanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.

### 14.1. Proračun zida u smjeru X

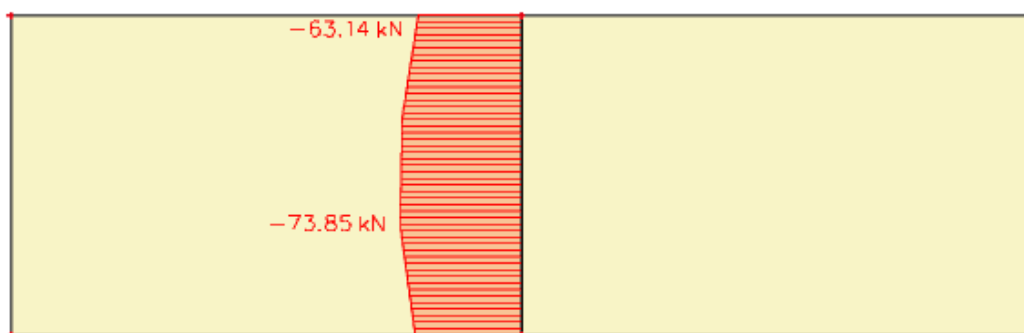


Slika 14.1. Položaj proračunatog zida u smjeru X

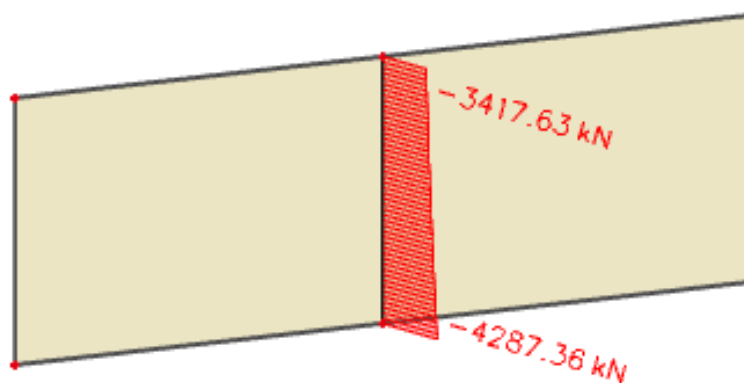
Uobičajena kombinacija:



Slika 14.2. Uobičajena kombinacija - GSN 11 -  $M_z$

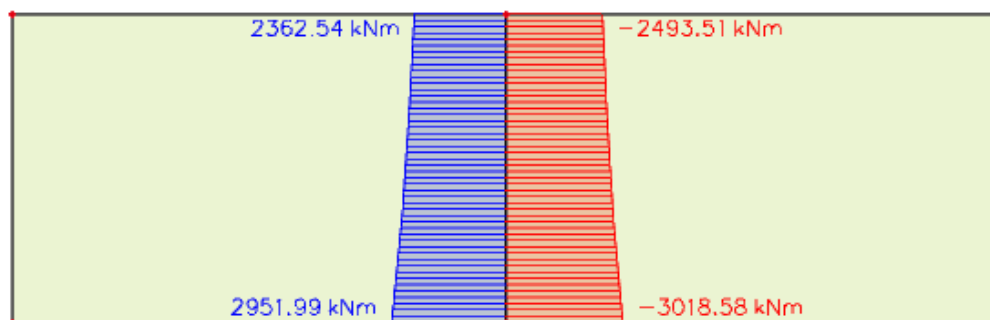


Slika 14.3. Uobičajena kombinacija - GSN 11 -  $V_y$

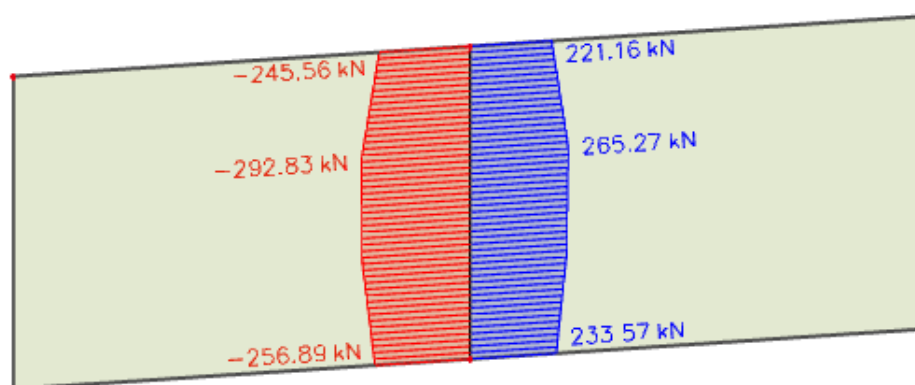


Slika 14.4. Uobičajena kombinacija - GSN 11 -  $N$

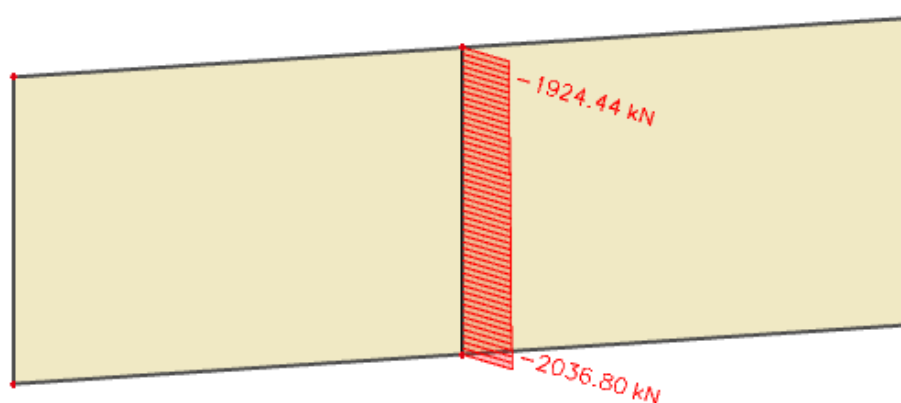
Seizmička kombinacija:



Slika 14.5. Seizmička kombinacija -  $M_z$



Slika 14.6. Seizmička kombinacija -  $V_y$



Slika 14.7. Seizmička kombinacija -  $N$

## 14.1.1. Proračun zida u x smjeru na savijanje za uobičajenu kombinaciju

Provjeriti normaliziranu uzdužnu silu:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} < 0,40 \quad (\text{DCM})$$

Debljina zida ( $b$ ): 25 cm

Duljina zida ( $l$ ): 844 cm

Dizajnirana tlačna čvrstoća:  $f_{cd} = 2 \text{ kN/cm}^2$

Uzdužna tlačna sila u zidu:  $N_{Ed} = 4288 \text{ kN}$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{4288}{25 \cdot 844 \cdot 2} = 0,102 < 0,40$$

Geometrijska ograničenja za klasu DCM:

Debljina hrpta:

$$b_{w0} \geq \max \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{h_s}{20} \right\}$$

$h_s$  – svijetla visina kata

$$b_{w0} \geq \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{2,56}{20} = 0,128 \text{ m} \right\}$$

$$b_{w0} = 0,15$$

Provjera vitkosti zida:

Visina zida: 1883 cm

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{844} = 2,231 > 2$$

Duljina zida: 844 cm

Potrebno je povećanje reznih sila, koristeći ovojnica momenata savijanja budući zid nije vitak.



Proračunska ovojnica momenata savijanja:

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{844} = 2.231 > 2$$

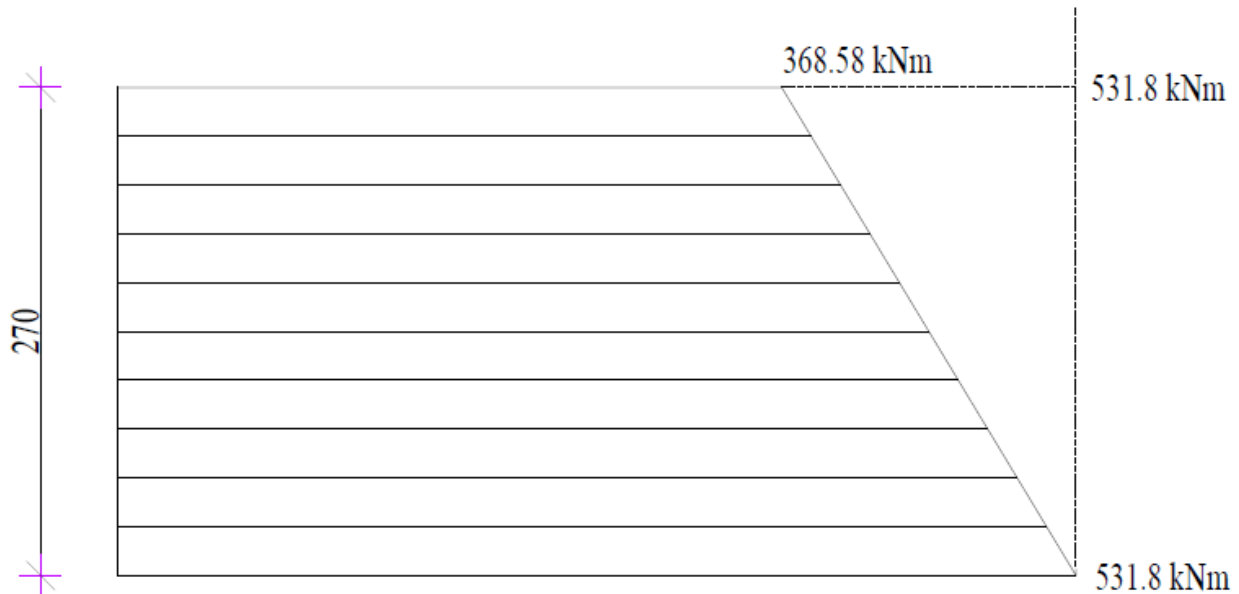
$$a_1 = d \cdot \cot \theta$$

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2.5$$

$$\operatorname{ctg} \theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 844 = 759.6 \text{ cm}$$

$$a_1 = d \cdot \operatorname{ctg} \theta = 759.6 \cdot 1 = 759.6 \text{ cm}$$

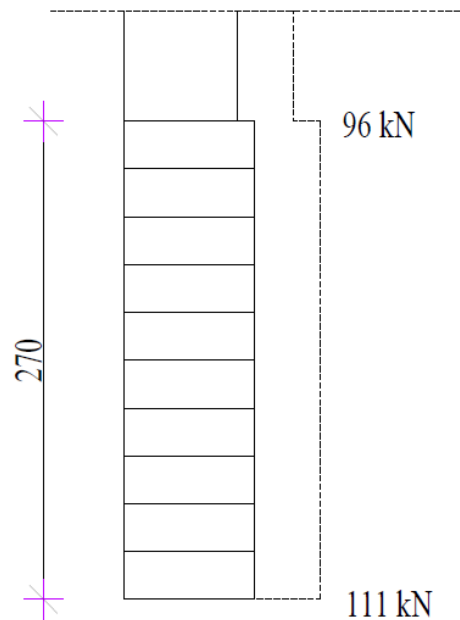


Slika 14.8. Ovojnica momenata savijanja  $M_z$

Proračunska ovojnica poprečnih sila:

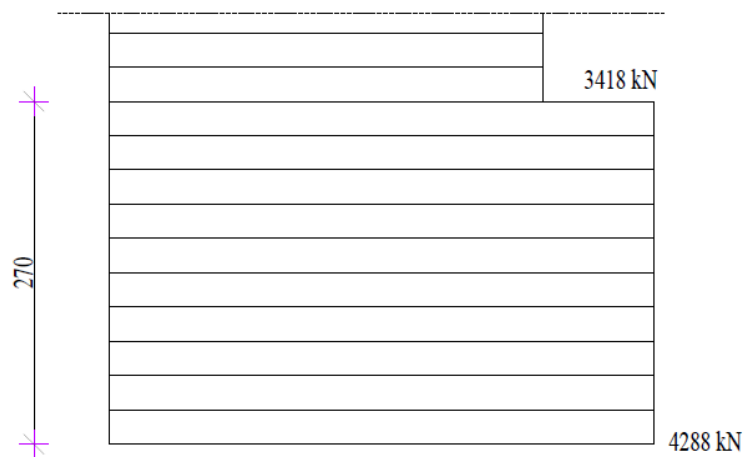
Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon = 1.5$ .



Slika 14.9. Ovojnica poprečnih sila  $V_y$  (kN)

Uzdužne sile:



Slika 14.10. Uzdužne sile  $N$  (kN)

Dimenzioniranje karakterističnog zida:

Geometrijske karakteristike zida		Karakteristike materijala	
Duljina zida; l (cm)	844	$f_{ck}$ (MPa)	30
Debljina zida; b (cm)	25	$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2
Visina zida; h (cm)	1883	$f_{yk}$ (MPa)	500
$d_1$ (cm)	3	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	43.48
d (cm)	841		

Rezne sile	
M (kNm)	531.8
V (kN)	111
N (kN)	4288

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot l^2 \cdot f_{cd}} = \frac{531.8 \cdot 100}{25 \cdot 844^2 \cdot 2} = 0,00149$$

$$v_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{-4288}{25 \cdot 844 \cdot 2} = -0,102$$

Očitano iz dijagrama interakcije:  $\omega_{Ed} = 0,05$

$$A_{s1} = \omega_{Ed} \cdot b \cdot l \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 844 \cdot \frac{2}{43,48} = 48.53 \text{ cm}^2$$

#### Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 (obostrano)  $A_s = 6.70 \text{ cm}^2/m$

$$\rho_v = \frac{13.4}{25 \cdot 100} = 0.00536$$

*Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika*

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 841 \cdot 0,528 \cdot 2}{1 + 1} = 9991,08 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$\alpha_{cw} = 1$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = 9991,08 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 111 \text{ kN}$$

*Lom tlačne dijagonale u zidu*

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 844 = 8355,6 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 844 = 10444,5 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 111 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8355,6; 10444,5) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

*Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika*

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{531,8}{111 \cdot 844} = 0,568$$

$$\alpha_s < 2 \quad V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \quad V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{0,80 \cdot l_w \cdot f_{yd,v} \cdot b_{w0} \cdot cot \theta} = \frac{111}{0,8 \cdot 844 \cdot 43,48 \cdot 25 \cdot 1} = 0,00015$$

$$\rho_{h,min} = \max(0,001 ; 0,25 \cdot \rho_v) = \max(0,001 ; 0,25 \cdot 0,00536) = \max(0,001 ; 0,00134)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \quad A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 0,00134 \cdot 25 \cdot 100 = 3,35 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 ( $A_S$  odabrano =  $3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) (obostrano)  $\rightarrow$  ( $A_{S1} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 14.1.2. Proračun zida u x smjeru na savijanje za seizmičku kombinaciju

Provjeriti normaliziranu uzdužnu silu:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} < 0,40 \quad (\text{DCM})$$

Debljina zida ( $b$ ): 25 cm

Duljina zida ( $l$ ): 844 cm

Dizajnirana tlačna čvrstoća:  $f_{cd} = 2 \text{ kN/cm}^2$

Uzdužna tlačna sila u zidu:  $N_{Ed} = 2037 \text{ kN}$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{2037}{25 \cdot 844 \cdot 2} = 0.048 < 0,40$$

Geometrijska ograničenja za klasu DCM:

Debljina hrpta:

$$b_{w0} \geq \max \left\{ 0.15 \text{ m}; \frac{h_s}{20} \right\}$$

$h_s$  – svijetla visina kata

$$b_{w0} \geq \left\{ 0.15 \text{ m}; \frac{2.56}{20} = 0.128 \text{ m} \right\}$$

$$b_{w0} = 0.15$$

Provjera vitkosti zida:

Visina zida: 1883 cm

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{844} = 2.231 > 2$$

Duljina zida: 844 cm

Potrebno je povećanje reznih sila, koristeći ovojnicu momenata savijanja budući zid nije vitak.

Proračunska ovojnica momenata savijanja:

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{844} = 2.231 > 2$$

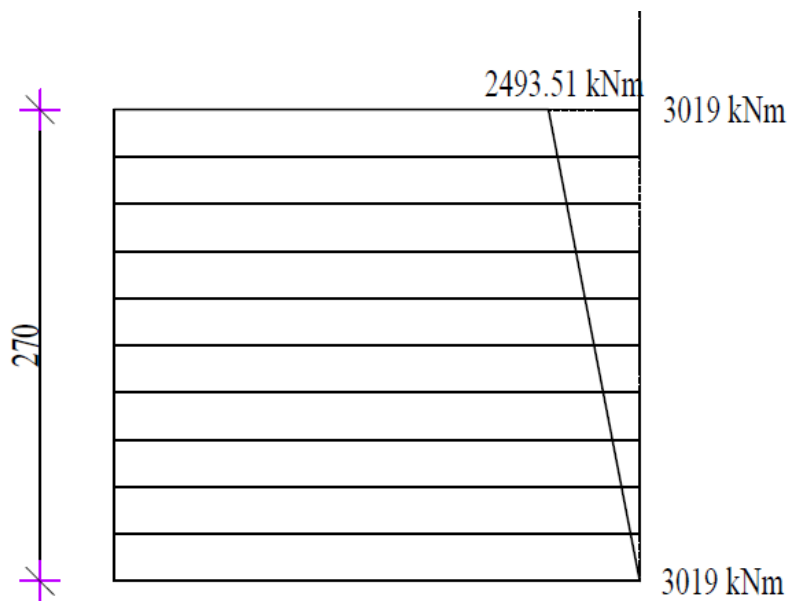
$$a_1 = d \cdot \cot \theta$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

$$\cot \theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 844 = 759.6 \text{ cm}$$

$$a_1 = d \cdot \cot \theta = 759.6 \cdot 1 = 759.6 \text{ cm}$$

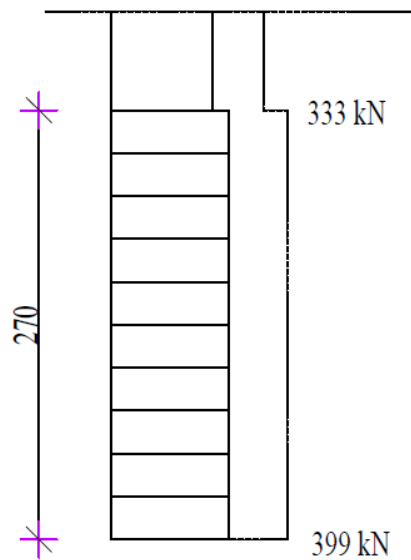


Slika 14.8. Ovojnica momenata savijanja  $M_z$

Proračunska ovojnica poprečnih sila:

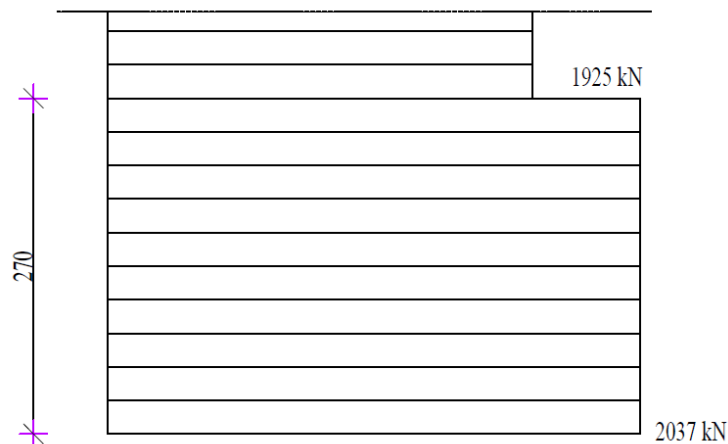
Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon = 1.5$ .



Slika 14.9. Ovojnica poprečnih sila  $V_y$  (kN)

Uzdužne sile:



Slika 14.10. Uzdužne sile  $N$  (kN)

Dimenzioniranje karakterističnog zida:

Geometrijske karakteristike zida		Karakteristike materijala	
Duljina zida; l (cm)	844	$f_{ck}$ (MPa)	30
Debljina zida; b (cm)	25	$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2
Visina zida; h (cm)	1883	$f_{yk}$ (MPa)	500
$d_1$ (cm)	3	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	43.48
$d$ (cm)	841		

Rezne sile	
M (kNm)	3019
V (kN)	399
N (kN)	2037

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot l^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3019 \cdot 100}{25 \cdot 844^2 \cdot 2} = 0,00848$$

$$\nu_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{-2037}{25 \cdot 844 \cdot 2} = -0,048$$

Očitano iz dijagrama interakcije:  $\omega_{Ed} = 0,05$

$$A_{s1} = \omega_{Ed} \cdot b \cdot l \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 844 \cdot \frac{2}{43,48} = 48.53 \text{ cm}^2$$

Proračun zida na poprečnu silu:

*Minimalna potrebna poprečna armatura:*

$$A_{sw,min} = 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \text{ cm}^2$$

*Odabrano: Q335 (obostrano)  $A_s = 6.70 \text{ cm}^2/m$*

$$\rho_v = \frac{13.4}{25 \cdot 100} = 0.00536$$



Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 841 \cdot 0.528 \cdot 2}{1 + 1} = 9991.08 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$\alpha_{cw} = 1$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = 9991.08 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 399 \text{ kN}$$

Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 844 = 8355.6 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 844 = 10444.5 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 399 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8355.6; 10444.5) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{3019}{399 \cdot 844} = 0.00896$$

$$\alpha_s < 2 \quad V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \quad V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{0,80 \cdot l_w \cdot f_{yd,v} \cdot b_{w0} \cdot cot \theta} = \frac{399}{0.8 \cdot 844 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.000544$$

$$\rho_{h,min} = \max(0,001 ; 0,25 \cdot \rho_v) = \max(0,001 ; 0,25 \cdot 0.00536) = \max(0,001 ; 0,00134)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \quad A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 0.00134 \cdot 25 \cdot 100 = 3.35 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 ( $A_s$ , odabrano = 3.35 cm<sup>2</sup>/m) (obostrano) → ( $A_{s1} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature:

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w ; 1.50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$l_w$  duljina zida  
 $b_w$  širina zida

$$0.15 \cdot l_w = 0.15 \cdot 8.44 = 1.266 \text{ m}$$

$$1.5 \cdot b_w = 1.5 \cdot 0.25 = 0.375 \text{ m}$$

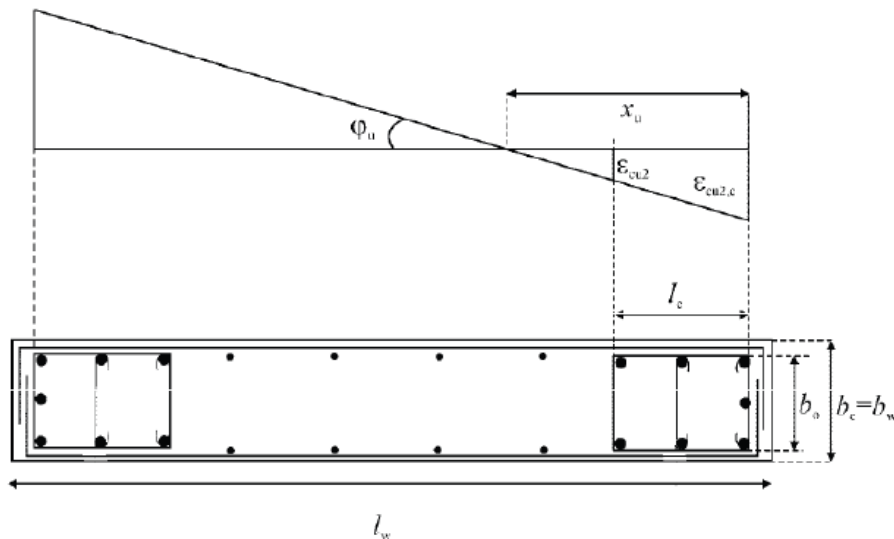
$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$



$b_0$  – širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  – bruto širina ovijene jezgre

$x_u$  – visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  – granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  – faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 4,5 cm i vilice  $\Phi 10$  mm:

$$b_0 = 250 - 2 \cdot 45 + 2 \cdot 5 = 170 \text{ mm}$$

$$b_c = 250 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 250 \cdot 1000 = 500 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Odabrano Q335 (obostrano) } A_{s1} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.00268 \cdot 434.8}{20} = 0.058$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1}, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 = 2 \cdot 3 - 1 = 5 \text{ (uzimajući da je } M_{Rd} \approx M_{ed})$$

$$\varepsilon_{sy,d} = \frac{434,8}{200000} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 5 \cdot (0.102 + 0.0589) \cdot 0.002174 \cdot \frac{250}{170} = 0.077$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0035 + 0.1 \cdot 0.077 = 0.0112$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0,102 + 0,0589) \cdot \frac{8440 \cdot 250}{170} = 1997.05 \text{ mm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 1997.05 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0112}\right) = 1372.97 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \{0,15 \cdot l_w; 1,50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$l_c \geq \{1.266; 0.375; 1.373\}$$

$$\text{Odabrano: } h_0 = \frac{10}{2} + 26 \cdot 16 + 12 \cdot 150 + \frac{10}{2} = 2226 \text{ mm}$$

Odabrana armatura:  $26\Phi 16 = 52.26 \text{ cm}^2 > 48.53 \text{ cm}^2$

$b_c = 25 \text{ cm}$ ;  $h_0 = 222.6 \text{ cm}$

Odabrana armatura:  $A_{ODABRANO} = 52.26 \text{ cm}^2$

$$A_{s,min} = \frac{0.5}{100} \cdot 25 \cdot 222.6 = 27.83 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 222.6 = 222.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{Odabrano} < A_{s,max}$$

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 35 \text{ (mm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45 \text{ (mm)} \leq 45 \text{ (mm)}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max} \begin{cases} k_1 \cdot \phi = 1 \cdot 16 = 16 \text{ (mm)} \\ d_g + k_2 = 32 + 5 = 37 \text{ (mm)} \\ 20 \text{ (mm)} \end{cases} \quad d_g - \text{maksimalna veličina zrna agregata}$$

Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ne premašuje 200 mm  
– EC8 5.4.3.2.2(11b)

Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: Q335 i 26  $\Phi$ 16

Najmanji promjer spona: 10 (mm)

Razmak spona  $s_W \leq (8 \cdot d_{bl} ; \frac{b_0}{2} ; 175 \text{ mm}) ; s_W \leq (8 \cdot 16 ; \frac{170}{2} ; 175 \text{ mm})$

Odabrano  $s_W = 8 \text{ cm}$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.077$$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$\alpha_s, \alpha_n$  - gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o} = 1 - \frac{2 \cdot (12 \cdot 15^2 + 8^2)}{6 \cdot 17 \cdot 222.6} = 0.757$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_o}\right) = \left(1 - \frac{8}{2 \cdot 17}\right) \cdot \left(1 - \frac{8}{2 \cdot 222.6}\right) = 0.751$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.757 \cdot 0.752 = 0.569$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,077; \quad 0.569 \cdot \omega_{wd} = 0,077; \quad \omega_{wd} = 0,1353 > 0,08$$

Izračun  $\omega_{wd}$  za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_V = 2 \cdot 17 + 2 \cdot 222.6 = 479.2 \text{ (cm)}$$

$$\text{Unutarnjih } L_U = 12 \cdot 17 + 18.2 \cdot 12 = 422.4 \text{ (cm)}$$

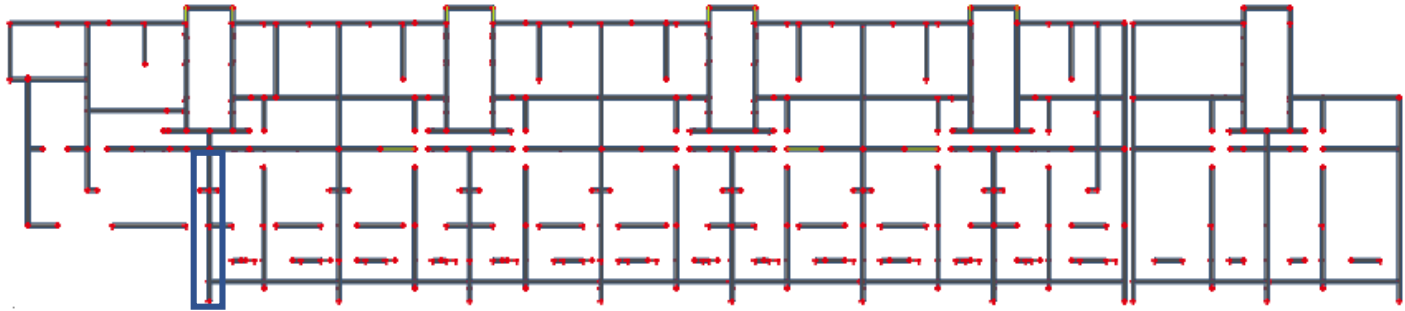
Za vilice (unutarnje i vanjske)  $\Phi$ 10:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,785 \cdot (479.2 + 422.4) \cdot \frac{100}{8}}{17 \cdot 222.6 \cdot 100} \cdot \frac{43,48}{2} = 0.51 > 0,23$$

Za vilice vanjske  $\Phi$ 10 i unutarnje  $\Phi$ 8:

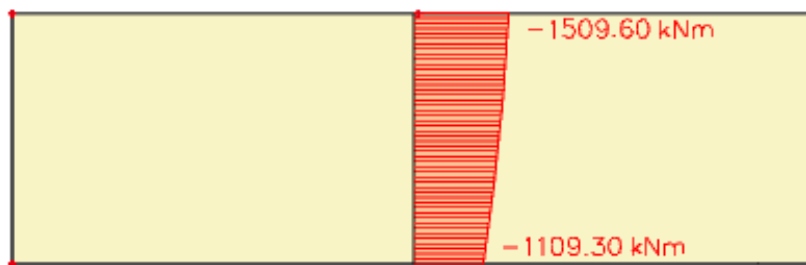
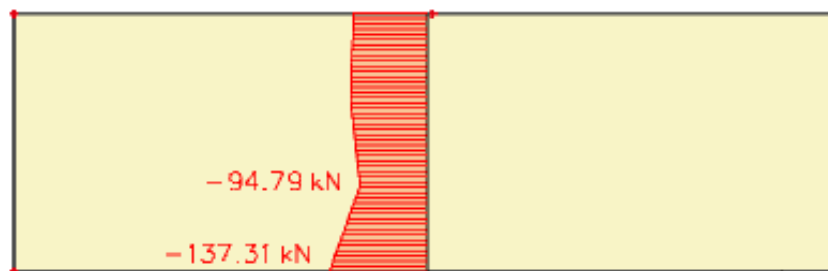
$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumenvilica}}{\text{volumenbetonskejezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{(0,785 \cdot 479.2 + 0,50 \cdot 422.4) \cdot \frac{100}{8}}{17 \cdot 222.6 \cdot 100} \cdot \frac{43,48}{2} = 0.42 > 0,23$$

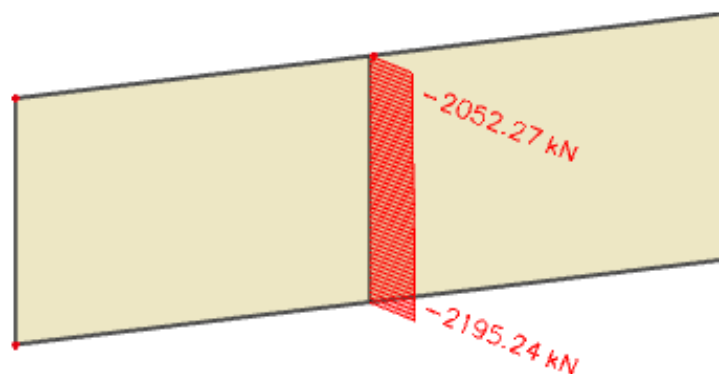
## 14.2. Proračun zida u smjeru y



Slika 14.1. Položaj proračunatog zida u smjeru y

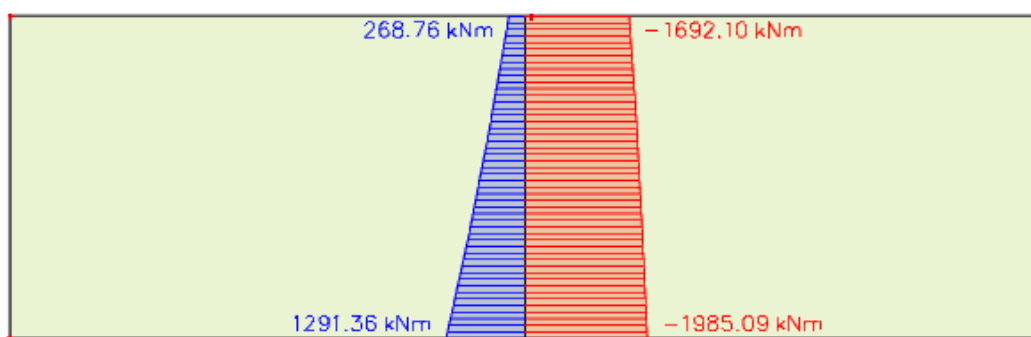
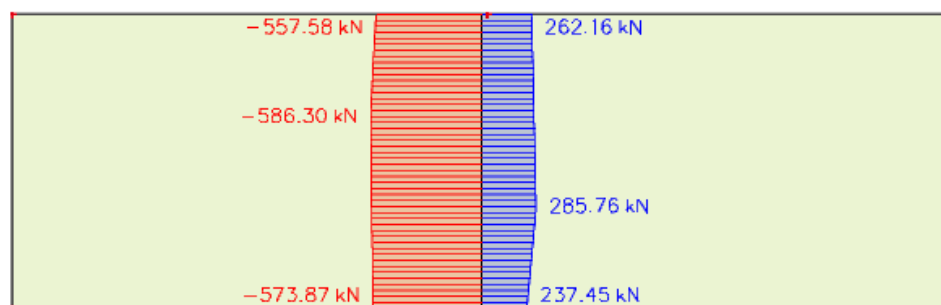
Uobičajena kombinacija:

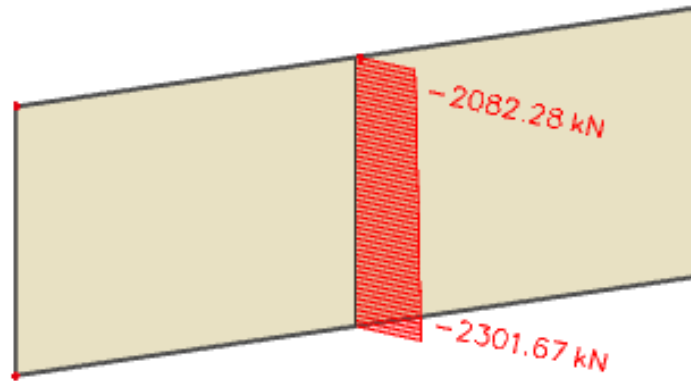
Slika 14.2. Uobičajena kombinacija - GSN 5 -  $M_z$ Slika 14.3. Uobičajena kombinacija - GSN 5 -  $V_y$



Slika 14.4. Uobičajena kombinacija - GSN 5 - N

Seizmička kombinacija:

Slika 14.5. Seizmička kombinacija -  $M_z$ Slika 14.6. Seizmička kombinacija -  $V_y$



Slika 14.7. Seizmička kombinacija - N

#### 14.2.1. Proračun zida u y smjeru na savijanje za uobičajenu kombinaciju

Provjeriti normaliziranu uzdužnu silu:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} < 0,40 \quad (\text{DCM})$$

Debljina zida ( $b$ ): 25 cm

Duljina zida ( $l$ ): 845 cm

Dizajnirana tlačna čvrstoća:  $f_{cd} = 2 \text{ kN/cm}^2$

Uzdužna tlačna sila u zidu:  $N_{Ed} = 2196 \text{ kN}$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{2196}{25 \cdot 845 \cdot 2} = 0,052 < 0,40$$

Geometrijska ograničenja za klasu DCM:

Debljina hrpta:

$$b_{w0} \geq \max \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{h_s}{20} \right\}$$

$h_s$  – svijetla visina kata

$$b_{w0} \geq \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{2,56}{20} = 0,128 \text{ m} \right\}$$

$$b_{w0} = 0,15$$



Provjera vitkosti zida:

Visina zida: 1883 cm

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{845} = 2.228 > 2$$

Duljina zida: 845 cm

Potrebno je povećanje reznih sila, koristeći ovojnica momenata savijanja budući zid nije vitak.

Proračunska ovojnica momenata savijanja:

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{845} = 2.228 > 2$$

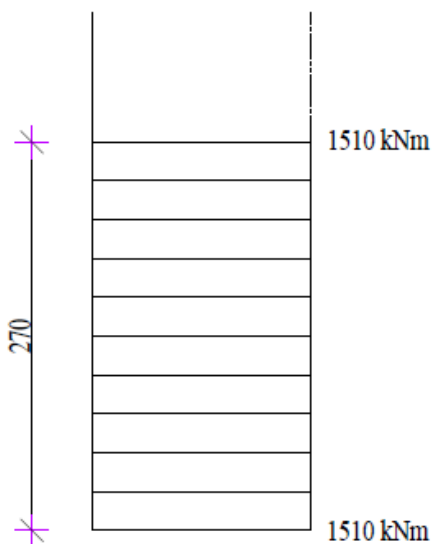
$$a_1 = d \cdot \cot \theta$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

$$\cot \theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 845 = 760.5 \text{ cm}$$

$$a_1 = d \cdot \cot \theta = 760.5 \cdot 1 = 760.5 \text{ cm}$$

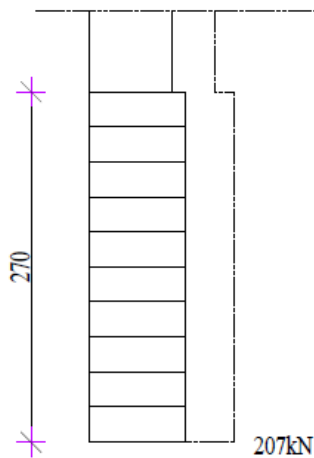


Slika 14.8. Ovojnica momenata savijanja  $M_z$

Proračunska ovojnica poprečnih sila:

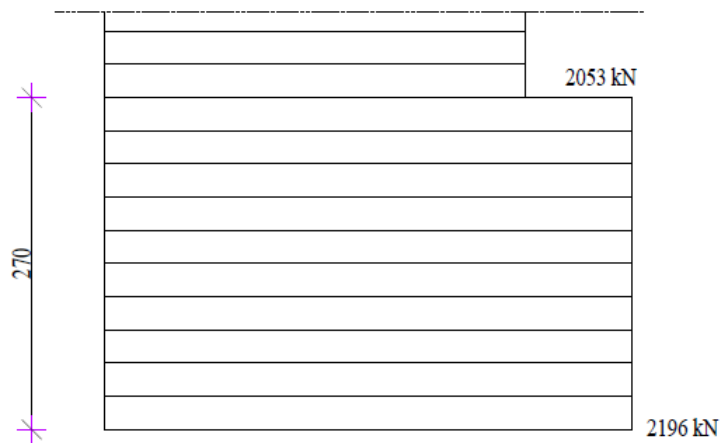
Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon = 1.5$ .



Slika 14.9. Ovojnica poprečnih sila  $V_y$  (kN)

Uzdužne sile:



Slika 14.10. Uzdužne sile  $N$  (kN)

Dimenzioniranje karakterističnog zida:

Geometrijske karakteristike zida		Karakteristike materijala	
Duljina zida; l (cm)	845	$f_{ck}$ (MPa)	30
Debljina zida, b (cm)	25	$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2
Visina zida; h (cm)	1883	$f_{yk}$ (MPa)	500
d <sub>1</sub> (cm)	3	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	43.48
d (cm)	842		

Rezne sile	
M (kNm)	1510
V (kN)	207
N (kN)	2196

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot l^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1510 \cdot 100}{25 \cdot 845^2 \cdot 2} = 0,00423$$

$$\nu_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{-2196}{25 \cdot 845 \cdot 2} = -0,052$$

Očitano iz dijagrama interakcije:  $\omega_{Ed} = 0,05$

$$A_{s1} = \omega_{Ed} \cdot b \cdot l \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 845 \cdot \frac{2}{43,48} = 48,59 \text{ cm}^2$$

#### Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 (obostrano)  $A_s = 6,70 \text{ cm}^2/m$

$$\rho_v = \frac{13,4}{25 \cdot 100} = 0,00536$$

*Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika*

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 842 \cdot 0.528 \cdot 2}{1 + 1} = 10002.96 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$\alpha_{cw} = 1$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = 10002.96 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 207 \text{ kN}$$

*Lom tlačne dijagonale u zidu*

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 845 = 8365.5 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 845 = 10456.88 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 207 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8365.5; 10456.88) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

*Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika*

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1510}{207 \cdot 845} = 0.0086$$

$$\alpha_s < 2 \quad V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \quad V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot cot \theta$$

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{0,80 \cdot l_w \cdot f_{yd,v} \cdot b_{w0} \cdot cot \theta} = \frac{207}{0.8 \cdot 845 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.00028$$

$$\rho_{h,min} = \max(0,001 ; 0,25 \cdot \rho_v) = \max(0,001 ; 0,25 \cdot 0.00536) = \max(0,001 ; 0,00134)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \quad A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 0.00134 \cdot 25 \cdot 100 = 3.35 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 ( $A_{s, odabrano} = 3.35 \text{ cm}^2/m$ ) (obostrano)  $\rightarrow$  ( $A_{s1} = 6.7 \text{ cm}^2/m$ )

## 14.2.2. Proračun zida u y smjeru na savijanje za seizmičku kombinaciju

Provjeriti normaliziranu uzdužnu silu:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} < 0,40 \quad (\text{DCM})$$

Debljina zida ( $b$ ): 25 cm

Duljina zida ( $l$ ): 845 cm

Dizajnirana tlačna čvrstoća:  $f_{cd} = 2 \text{ kN/cm}^2$

Uzdužna tlačna sila u zidu:  $N_{Ed} = 2037 \text{ kN}$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{2302}{25 \cdot 845 \cdot 2} = 0,054 < 0,40$$

Geometrijska ograničenja za klasu DCM:

Debljina hrpta:

$$b_{w0} \geq \max \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{h_s}{20} \right\}$$

$h_s$  – svijetla visina kata

$$b_{w0} \geq \left\{ 0,15 \text{ m}; \frac{2,56}{20} = 0,128 \text{ m} \right\}$$

$$b_{w0} = 0,15$$

Provjera vitkosti zida:

Visina zida: 1883 cm

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{845} = 2,228 > 2$$

Duljina zida: 845 cm

Potrebno je povećanje reznih sila, koristeći ovojnici momenata savijanja budući zid nije vitak.

Proračunska ovojnica momenata savijanja:

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1883}{845} = 2.228 > 2$$

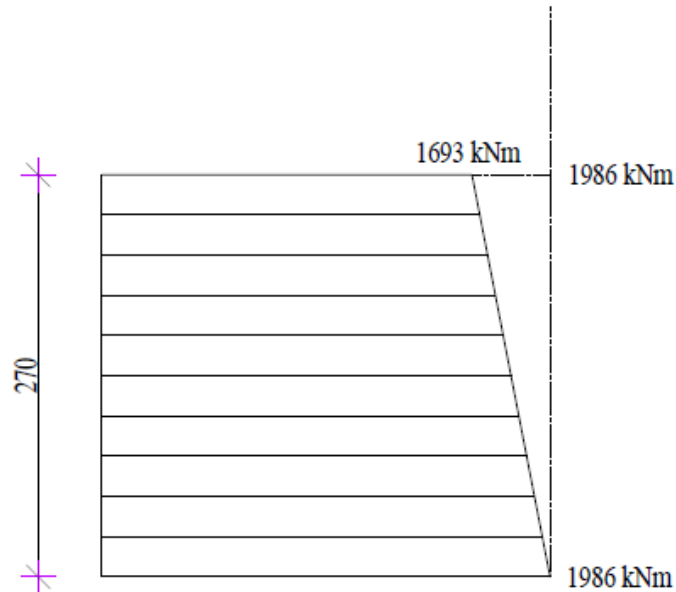
$$a_1 = d \cdot \cot \theta$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$$

$$\cot \theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 845 = 760.5 \text{ cm}$$

$$a_1 = d \cdot \cot \theta = 760.5 \cdot 1 = 760.5 \text{ cm}$$

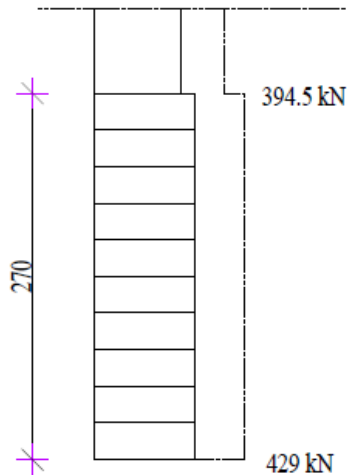


Slika 14.8. Ovojnica momenata savijanja  $M_z$

Proračunska ovojnica poprečnih sila:

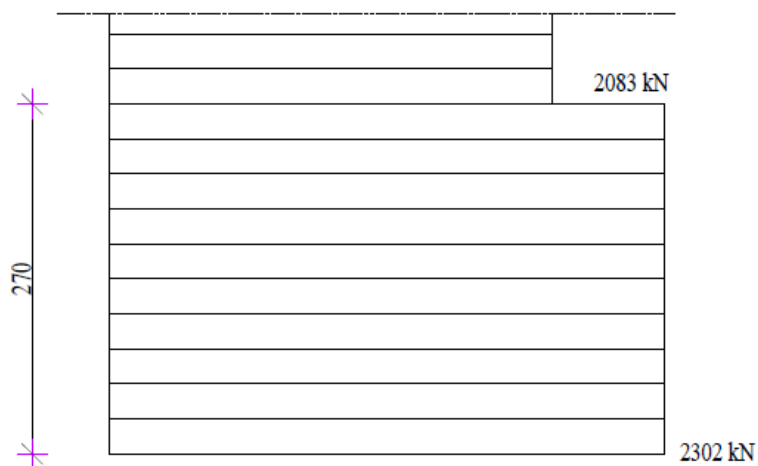
Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon = 1.5$ .



Slika 14.9. Ovojnica poprečnih sila  $V_y$  (kN)

Uzdužne sile:



Slika 14.10. Uzdužne sile  $N$  (kN)

Dimenzioniranje karakterističnog zida:

Geometrijske karakteristike zida		Karakteristike materijala	
Duljina zida; l (cm)	845	$f_{ck}$ (MPa)	30
Debljina zida; b (cm)	25	$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2
Visina zida; h (cm)	1883	$f_{yk}$ (MPa)	500
$d_1$ (cm)	3	$f_{yd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	43.48
$d$ (cm)	842		

Rezne sile	
M (kNm)	1986
V (kN)	429
N (kN)	2302

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot l^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1986 \cdot 100}{25 \cdot 845^2 \cdot 2} = 0,0056$$

$$\nu_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot l \cdot f_{cd}} = \frac{-2302}{25 \cdot 845 \cdot 2} = -0,054$$

Očitano iz dijagrama interakcije:  $\omega_{Ed} = 0,05$

$$A_{s1} = \omega_{Ed} \cdot b \cdot l \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 845 \cdot \frac{2}{43,48} = 48,59 \text{ cm}^2$$

Proračun zida na poprečnu silu:

*Minimalna potrebna poprečna armatura:*

$$A_{sw,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \text{ cm}^2$$

*Odabrano: Q335 (obostrano)  $A_s = 6,70 \text{ cm}^2/m$*

$$\rho_v = \frac{13,4}{25 \cdot 100} = 0,00536$$



*Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika*

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\operatorname{ctg}\theta + \operatorname{tg}\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 842 \cdot 0.528 \cdot 2}{1 + 1} = 10002.96 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(\text{MPa})}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$\alpha_{cw} = 1$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$\operatorname{tg}\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = 10002.96 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 429 \text{ kN}$$

*Lom tlačne dijagonale u zidu*

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 845 = 8365.5 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 30/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 845 = 10456.88 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 429 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8365.5; 10456.88) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

*Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika*

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1986}{429 \cdot 845} = 0.0055$$

$$\alpha_s < 2 \quad V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \quad V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \cot \theta$$

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{0,80 \cdot l_w \cdot f_{yd,v} \cdot b_{w0} \cdot \cot \theta} = \frac{429}{0.8 \cdot 845 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.000584$$

$$\rho_{h,min} = \max(0,001 ; 0,25 \cdot \rho_v) = \max(0,001 ; 0,25 \cdot 0.00536) = \max(0,001 ; 0,00134)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \quad A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 0.00134 \cdot 25 \cdot 100 = 3.35 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q335 ( $A_{S, odabrano} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) (obostrano)  $\rightarrow$  ( $A_{S1} = 6.7 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature:

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w ; 1.50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$l_w$  duljina zida  
 $b_w$  širina zida

$$0.15 \cdot l_w = 0.15 \cdot 8.45 = 1.268 \text{ m}$$

$$1.5 \cdot b_w = 1.5 \cdot 0.25 = 0.375 \text{ m}$$

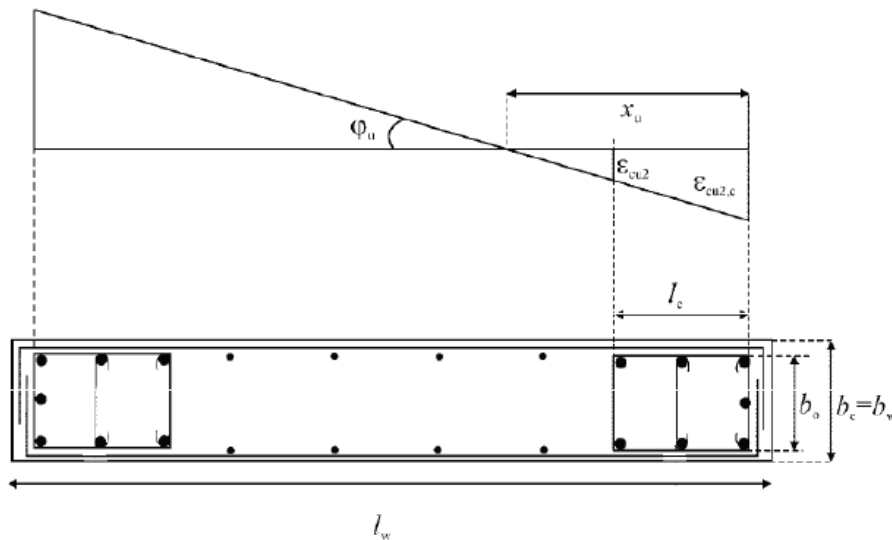
$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$



$b_0$  – širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  – bruto širina ovijene jezgre

$x_u$  – visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  – granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  – faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 4,5 cm i vilice  $\Phi 10$  mm:

$$b_0 = 250 - 2 \cdot 45 + 2 \cdot 5 = 170 \text{ mm}$$

$$b_c = 250 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 250 \cdot 1000 = 500 \text{ mm}^2/m$$

Odabrano Q335 (obostrano)  $A_{s1} = 6.7 \text{ cm}^2/m$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.00268 \cdot 434.8}{20} = 0.0583$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1}, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 = 2 \cdot 3 - 1 = 5 \text{ (uzimajući da je } M_{Rd} \approx M_{ed})$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{434,8}{200000} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 5 \cdot (0.054 + 0.0583) \cdot 0.002174 \cdot \frac{250}{170} = 0.0539$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0035 + 0.1 \cdot 0.0539 = 0.00889$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0,054 + 0,0583) \cdot \frac{8450 \cdot 250}{170} = 1395.49 \text{ mm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 1395.49 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.00889}\right) = 846.08 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \{0,15 \cdot l_w; 1,50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$l_c \geq \{1.266; 0.375; 1.373\}$$

$$\text{Odabrano: } h_0 = \frac{10}{2} + 26 \cdot 16 + 12 \cdot 150 + \frac{10}{2} = 2226 \text{ mm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } 26 \Phi 16 = 52.26 \text{ cm}^2 > 48.53 \text{ cm}^2$$

$$b_c = 25 \text{ cm}; h_0 = 222.6 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } A_{ODABRANO} = 52.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{0.5}{100} \cdot 25 \cdot 222.6 = 27.83 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 222.6 = 222.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{Odabrano} < A_{s,max}$$

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 35 \text{ (mm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45 \text{ (mm)} \leq 45 \text{ (mm)}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max} \begin{cases} k_1 \cdot \phi = 1 \cdot 16 = 16 \text{ (mm)} \\ d_g + k_2 = 32 + 5 = 37 \text{ (mm)} \\ 20 \text{ (mm)} \end{cases} \quad d_g - \text{maksimalna veličina zrna agregata}$$

Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ne premašuje 200 mm  
– EC8 5.4.3.2.2(11b)

Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: Q335 i 26  $\Phi$ 16

Najmanji promjer spona: 10 (mm)

Razmak spona  $s_W \leq (8 \cdot d_{bl}; \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm})$ ;  $s_W \leq (8 \cdot 16; \frac{170}{2}; 175 \text{ mm})$

Odabrano  $s_W = 8 \text{ cm}$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0539$$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$\alpha_s, \alpha_n$  - gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravni

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o} = 1 - \frac{2 \cdot (12 \cdot 15^2 + 8^2)}{6 \cdot 17 \cdot 222.6} = 0.757$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_o}\right) = \left(1 - \frac{8}{2 \cdot 17}\right) \cdot \left(1 - \frac{8}{2 \cdot 222.6}\right) = 0.751$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.757 \cdot 0.752 = 0.569$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0539; \quad 0.569 \cdot \omega_{wd} = 0.0539; \quad \omega_{wd} = 0,095 > 0,08$$

Izračun  $\omega_{wd}$  za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_v = 2 \cdot 17 + 2 \cdot 222.6 = 479.2 \text{ (cm)}$$

$$\text{Unutarnjih } L_u = 12 \cdot 17 + 18.2 \cdot 12 = 422.4 \text{ (cm)}$$

Za vilice (unutarnje i vanjske)  $\Phi$ 10:

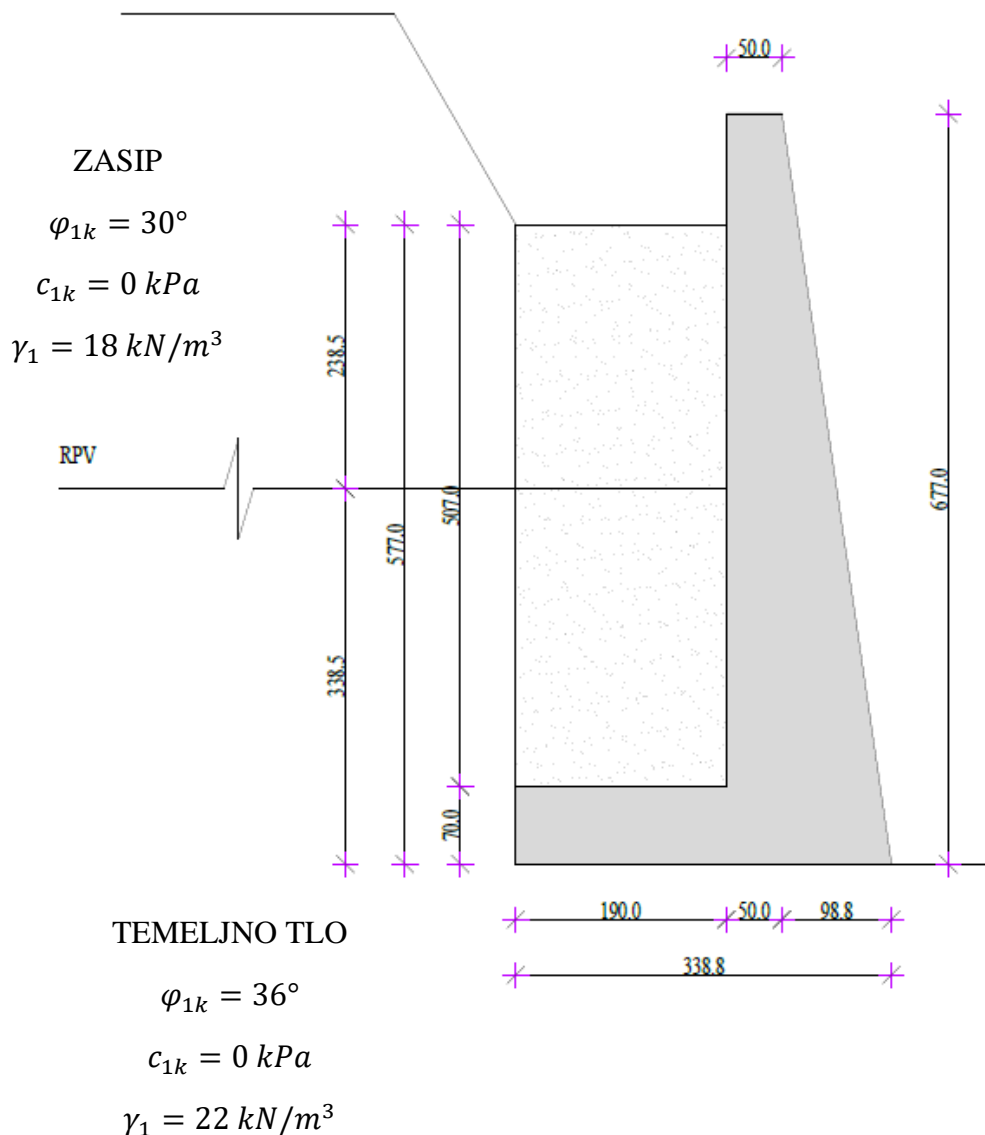
$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,785 \cdot (479.2 + 422.4) \cdot \frac{100}{8}}{17 \cdot 222.6 \cdot 100} \cdot \frac{43,48}{2} = 0.51 > 0,23$$

Za vilice vanjske  $\Phi$ 10 i unutarnje  $\Phi$ 8:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumenvilica}}{\text{volumenbetonskejezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{(0,785 \cdot 479,2 + 0,50 \cdot 422,4) \cdot \frac{100}{8} \cdot 43,48}{17 \cdot 222,6 \cdot 100} = 0,42 > 0,23$$

## 15. DIMENZIONIRANJE POTPORNOG ZIDA I PROVJERA STABILNOSTI

Potporni zid se nalazi na sjeverno - istočnoj stani objekta. Uloga zida je da spriječi direktan pritisak tla i vode na obodne zidove objekta. Proračun će se provesti prema (EN 1997-1:2004, proračunski pristup 3). Zid će se analizirati na prevrtanje, klizanje i nosivost tla ispod potpornog zida, te će se provesti dimenzioniranje na rezne sile koje uzrokuje aktivni tlak meke stijene i hidrostatski tlak vode iza zida.



Slika 15.1. Dimenzije potpornog zida

**EN 1997-1:2004**

Za proračun stabilnosti na klizanje i nosivost tla koristimo granično stanje nosivosti: GEO

- Za proračunski pristup 3:  $(A1^d \text{ ili } A2^e) + M2 + R3$   
 $d$  - za sile od konstrukcije  
 $e$  - za geotehničke sile

Parcijalni faktori za granična stanja STR i GEO:

(1) Parcijalni faktori djelovanja ( $\gamma_E$ ) i učinka djelovanja ( $\gamma_E$ )					
Djelovanja	simbol	A1	A2		
trajna nepovoljna	$\gamma_{G,sup}$	1.35	1.0		
povoljna	$\gamma_{G,inf}$	1.0	1.0		
promjenjiva nepovoljna	$\gamma_Q$	1.5	1.3		
povoljna	$\gamma_Q$	0	0		
(2) Parcijalni faktori svojstva materijala (tlo, stijena) ( $\gamma_M$ )					
Svojstvo	simbol	M1	M2		
tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_\varphi$	1.0	1.25		
efektivna kohezija	$\gamma_c$	1.0	1.25		
težinska gustoća	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0		
(3) Parcijalni faktori otpora ( $\gamma_R$ ):					
Otpornost	simbol	R1	R2	R3	R4
Potporne konstrukcije nosivost	$\gamma_{R,v}$	1.0	1.4	1.0	-
klizanje	$\gamma_{R,h}$	1.0	1.1	1.0	-
otpor tla	$\gamma_{R,e}$	1.0	1.4	1.0	-
prevrtanje	$\gamma_R$	1.0	1.0	1.0	-

U nekim slučajevima za proračun stabilnosti na prevrtanje možemo koristiti granično stanje nosivosti: EQU (equilibrium limit state)

Parcijalni faktori za granično stanje EQU:

(1) Parcijalni faktori djelovanja ( $\gamma_E$ ) i učinka djelovanja ( $\gamma_E$ )		
Djelovanja	simbol	iznos
trajna nepovoljna	$\gamma_{G,dst}$	1.1
povoljna	$\gamma_{G,stb}$	0.9
promjenjiva nepovoljna	$\gamma_{Q,dst}$	1.5
povoljna	$\gamma_{Q,stb}$	0
(2) Parcijalni faktori svojstva materijala (tlo, stijena) ( $\gamma_M$ )		
Svojstvo	simbol	iznos
tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_\varphi$	1.25
efektivna kohezija	$\gamma_c$	1.25
težinska gustoća	$\gamma_\gamma$	1.0

Slika 15.2. Parcijalni faktori

### 15.1. Proračun stabilnosti na prevrtanje (GEO/STR)

Proračunski parametri  $c_d$  i  $\varphi_d$ :

$$c_{1d} = \frac{c_{1k}}{\gamma_c} = \frac{0}{1.25} = 0 \text{ kPa} \text{ Zasip}$$

$$c_{2d} = \frac{c_{2k}}{\gamma_c} = \frac{0}{1.25} = 0 \text{ kPa} \text{ Temeljno tlo}$$

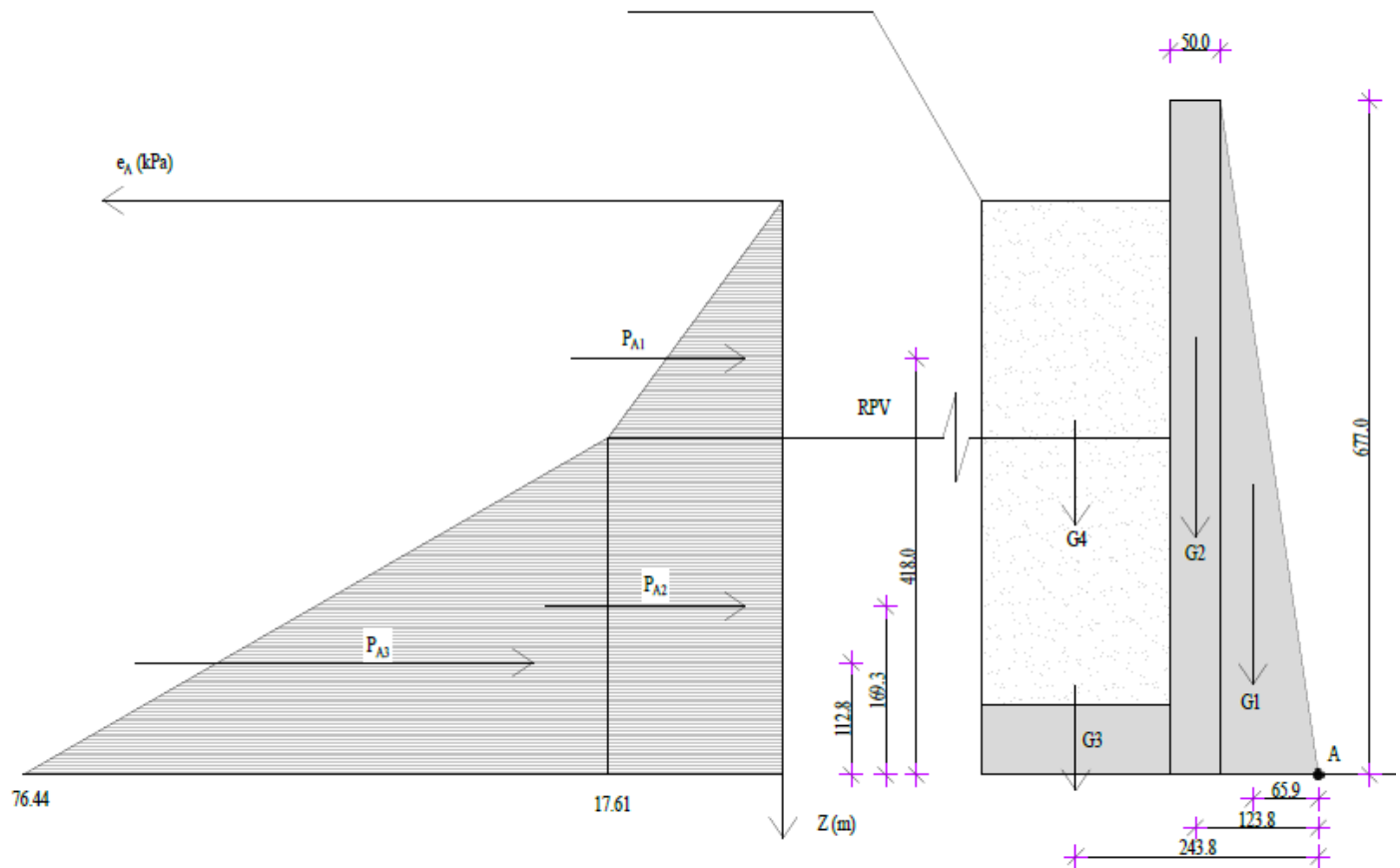
$$\varphi_{1d} = \arctan\left(\frac{\tan 30^\circ}{1.25}\right) = 24.8^\circ \text{ Zasip}$$

$$\varphi_{2d} = \arctan\left(\frac{\tan 36^\circ}{1.25}\right) = 30.17^\circ \text{ Temeljno tlo}$$

Koeficijent aktivnog tlaka prema Rankine –  
u za proračunske vrijednosti parametara posmične čvrstoće:

$$K_A = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_{1d}}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ - \frac{24.8^\circ}{2}\right) = 0.41$$





Slika 15.3. Sile za proračun

Sile aktivnog tlaka:

$$P_{A1} = \frac{e_{A1}}{2} \cdot A_1 = \frac{17.61}{2} \cdot 2.39 = 21.05 \text{ kN/m}$$

$$P_{A2} = e_{A2} \cdot A_2 = 17.61 \cdot 3.39 = 59.69 \text{ kN/m}$$

$$P_{A3} = (e_{A3} - e_{A2}) \cdot A_3 = \frac{(76.44 - 17.61)}{2} \cdot 3.39 = 99.72 \text{ kN/m}$$

Težina zida podjeljenog u elemente i težina zasipa:

$$G_1 = \gamma_B \cdot A_1 = 25 \cdot \frac{0.988 \cdot 6.77}{2} = 83.61 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = \gamma_B \cdot A_2 = 25 \cdot 0.5 \cdot 6.77 = 84.63 \text{ kN/m}$$

$$G_3 = \gamma_B \cdot A_3 = 25 \cdot 1.9 \cdot 0.7 = 33.25 \text{ kN/m}$$

$$G_4 = \gamma_1 \cdot A_4 = 18 \cdot 1.9 \cdot 5.07 = 173.39 \text{ kN/m}$$

Kontrola stabilnosti na prevrtanje oko točke A:

$$E_d \leq R_d$$

$$\gamma_{G,sup} \cdot \left[ P_{A1} \cdot \frac{h_1}{3} + P_{A2} \cdot \frac{h_2}{3} + P_{A3} \cdot \frac{h_3}{3} \right] \leq [\gamma_{G,inf} \cdot (G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2 + G_3 \cdot l_3 + G_4 \cdot l_3)] \cdot \frac{1}{\gamma_R}$$

$$1 \cdot [21.05 \cdot 4.18 + 59.69 \cdot 1.693 + 99.72 \cdot 1.13]$$

$$\leq [1 \cdot (83.61 \cdot 0.66 + 84.63 \cdot 1.24 + 33.25 \cdot 2.44 + 173.39 \cdot 2.44)] \cdot \frac{1}{1}$$

$$301.73 \leq 664.33$$

Iz uvjeta stabilnosti mogu se izraziti stupanj iskorištenosti:

$$U = \frac{E_d}{R_d} = \frac{301.73}{664.33} = 0.454 \quad U = 45.4\%$$

## 15.2. Nosivost tla ispod temelja (GEO/STR)

Sile za zadane proračunske parametre određene su kod proračuna stabilnosti na prevrtanje.

$$P_{A1} = 21.05 \text{ kN/m}$$

$$P_{A2} = 59.69 \text{ kN/m}$$

$$P_{A3} = 99.72 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma G = 83.61 + 84.63 + 33.25 + 173.39 = 374.88 \text{ kN/m}$$

Proračunske sile  $V_d$ ,  $H_d$  i moment  $M_d$  oko točke S:

$$V_d = \gamma_{G,sup} \cdot \Sigma G = 1.35 \cdot 374.88 = 506.09 \text{ kN/m}$$

$$H_d = \gamma_{G,sup} \cdot P_{A1} + \gamma_{G,sup} \cdot P_{A2} + \gamma_{G,sup} \cdot P_{A3} = 1 \cdot 21.05 + 1 \cdot 59.69 + 1 \cdot 99.72 \\ = 180.46 \text{ kN/m}$$

$$M_d = \gamma_{G,sup} \cdot [G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2 + G_3 \cdot l_3 + G_4 \cdot l_4] + \gamma_{G,sup} \cdot (P_{A1} \cdot l_1 + P_{A2} \cdot l_2 + P_{A3} \cdot l_3)$$

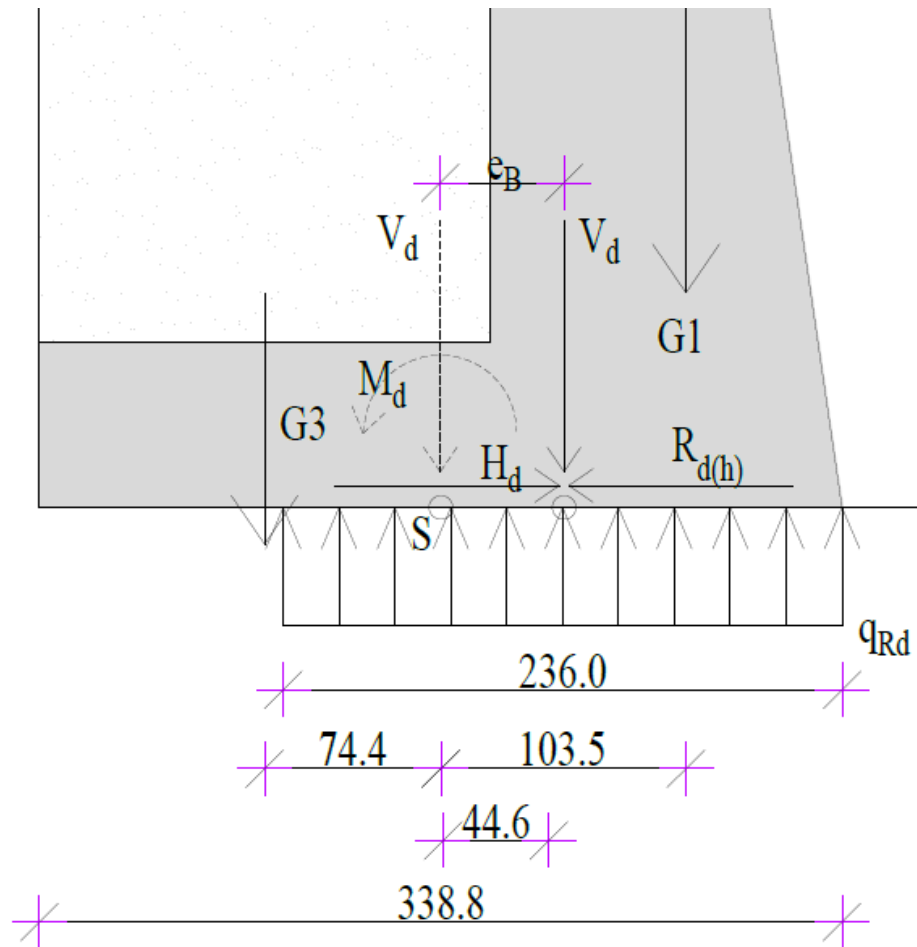
$$M_d = 1.35 \cdot [83.61 \cdot 1.04 + 84.63 \cdot 0.45 - 33.25 \cdot 0.75 - 173.39 \cdot 0.75] + 1 \\ \cdot (21.05 \cdot 4.18 + 59.69 \cdot 1.693 + 99.72 \cdot 1.128)$$

$$M_d = 261.11 \text{ kNm/m}$$

Ekscentricitet sile  $V_d$ :

$$e_b = \frac{M_d}{V_d} = \frac{261.11}{506.09} = 0.52 \text{ m} \geq \frac{B}{6} = \frac{3.4}{6} = 0.56 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \cdot e_b = 3.4 - 2 \cdot 0.52 = 2.36 \text{ m}$$



Slika 15.4. Detalj u kojem su prikazane sile koje djeluju na nosivost tla ispod temelja

Traka  $L' = \infty$

$$A' = B' \cdot 1 \text{ m} = 2.36 \cdot 1 = 2.36 \text{ m}^2$$

Nosivost tla ispod plitkog temelja za drenirane uvjete se određuje prema izrazu:

$$q_f = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma'_{vo} \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

faktori nosivosti:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\varphi = (18.41 - 1) \cdot ctg30^\circ = 30.16$$

$$N_q = tg^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi_k}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi_k)} = tg^2 \left( 45^\circ + \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(30^\circ)} = 18.41$$

$$N_\gamma = 1.8 \cdot (N_q - 1) \cdot tg\varphi = 1.8 \cdot (18.41 - 1) \cdot tg30^\circ = 18.09$$

nagib baze temelja ( $\alpha$ ):

$$\text{za horizontalnu bazu } b_c = b_q = b_\gamma = 1.0$$

faktori oblika temelja:

$$\text{za trakasti temelj } s_c = s_q = s_\gamma = 1.0$$

faktori nagiba rezultante djelovanja:

$$\text{eksponent } m = m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L}}{1 + \frac{B'}{L}} = 2$$

$$i_q = \left[ 1 - \frac{H_d}{V_d + A'_d \cdot c_{2d} \cdot ctg\varphi_{2d}} \right]^m = \left[ 1 - \frac{180.46}{506.09 + 0} \right]^2 = 0.414$$

$$i_\gamma = \left[ 1 - \frac{H_d}{V_d + A'_d \cdot c_{2d} \cdot ctg\varphi_{2d}} \right]^{m+1} = \left[ 1 - \frac{180.46}{506.09 + 0} \right]^3 = 0.266$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot tg\varphi_{2d}} = 0.414 - \frac{1 - 0.414}{30.16 \cdot tg30.17^\circ} = 0.381$$

$$q_f = 0 \cdot 30.16 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.381 + (22 \cdot 5.77) \cdot 18.41 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.414 + 0.5 \cdot 2.36 \cdot 22 \cdot 18.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.266 = 1092.423 \text{ kPa}$$

$$q_{Rd} = \frac{q_f}{\gamma_{R,v}} = \frac{1092.423}{1} = 1092.423 \text{ kPa}$$

Kontrola za nosivost tla:

$$E_d \leq R_d$$

$$V_d \leq q_{Rd} \cdot A'$$

$$506.09 \leq 1092.423 \cdot 2.36$$

$$506.09 \leq 2578.12$$

Iz uvjeta stabilnosti može se izraziti i stupanj iskorištenosti kao:

$$U = \frac{E_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{506.09}{2578.12} \cdot 100 = 19.63\%$$

### 15.3. Proračun stabilnosti na klizanje (GEO/STR)

Proračunske sile  $V_d$ ,  $H_d$ :

$$V_d = \gamma_{G,inf} \cdot \Sigma G = 1 \cdot 374.88 = 374.88 \text{ kN}$$

$$H_d = \gamma_{G,sup} \cdot P_{A1} + \gamma_{G,sup} \cdot P_{A2} + \gamma_{G,sup} \cdot P_{A3} = 1 \cdot 21.05 + 1 \cdot 59.69 + 1 \cdot 99.72 \\ = 180.46 \text{ kN/m}$$

Kontrola stabilnosti na klizanje:

$$E_d \leq R_d$$

$$H_d \leq V_d \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{1}{\gamma_{R,h}}$$

$$\delta = k \cdot \varphi_{2d}$$

$k = 1$  betoniranje in – situ

$$\delta = 1 \cdot 36^\circ = 36^\circ$$

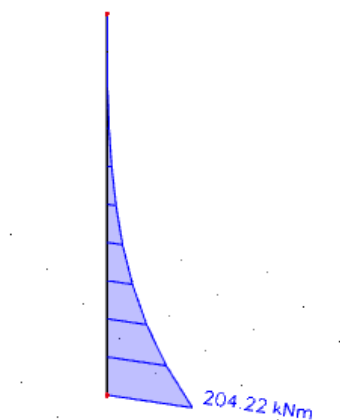
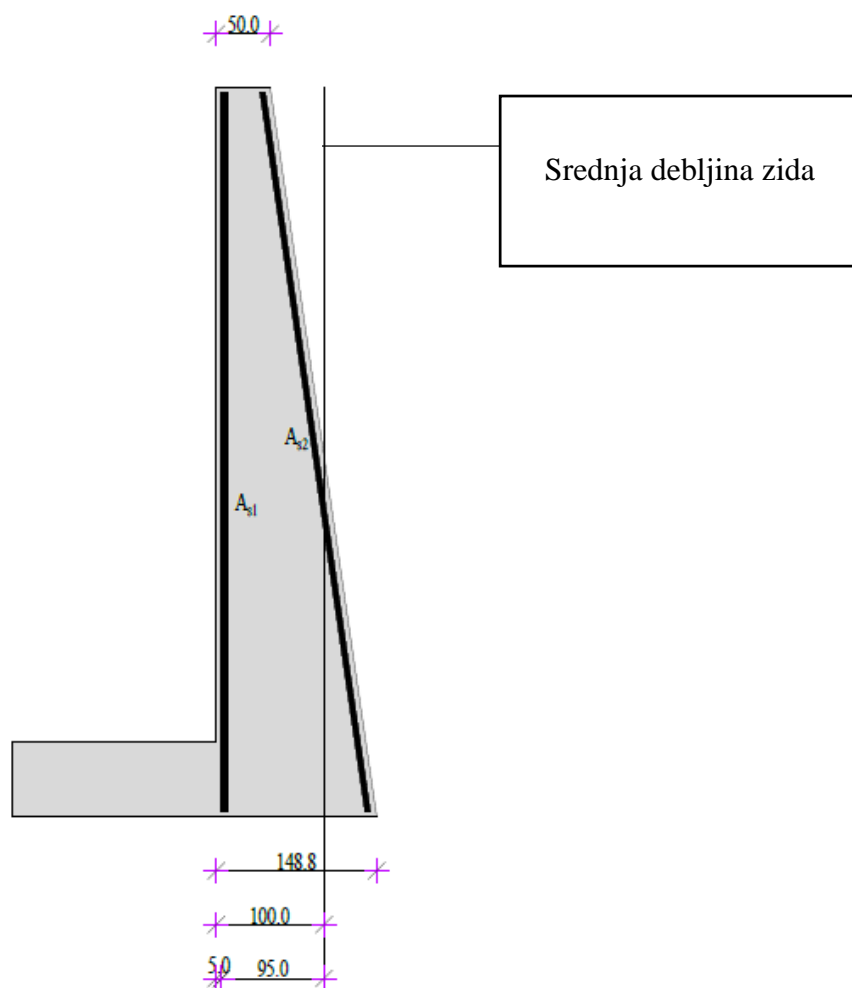
$$180.46 \leq 374.88 \cdot \operatorname{tg} 30.17^\circ \cdot \frac{1}{1}$$

$$180.46 \leq 217.92$$

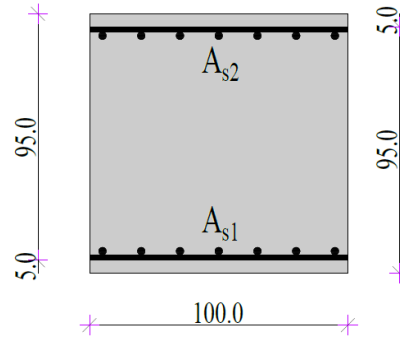
Iz uvjeta stabilnosti može se izraziti i stupanj iskorištenosti kao:

$$U = \frac{E_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{180.46}{217.92} \cdot 100 = 82.81\%$$

## 15.4. Dimenzioniranje potpornog zida na savijanje

Slika 15.5. Maksimalni moment savijanja  $M_y$ 

Slika 15.6. Prikaz armature u poprečnom presjeku



$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 95 \text{ cm}$$

$$C 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$B 500B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 100 \cdot 100 = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 0.02 \cdot 100 \cdot 100 = 200 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu:

$$M_{Ed} = 204.22 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{20422}{100 \cdot 95^2 \cdot 2} = 0.011$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} ; \zeta = 0.981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{20422}{0.981 \cdot 95 \cdot 43.48} = 5.04 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA U OBADVIJE ZONE:** ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )  
+ ( $A_{s2} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

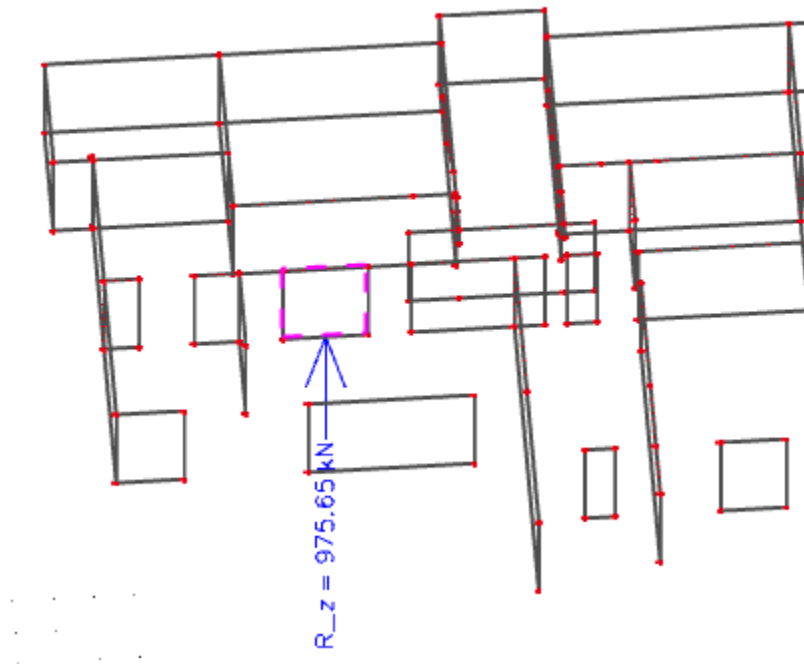
## 16. PRORAČUN TEMELJA

Temelji se izvode kao trakasti temelji ispod zidova. Sve temeljne trake izvedene su od beton C25/30 te armirani armaturom B500B. Na slici je prikazan raspored temelja. Radi jednostavnosti izvedbe a i ujednačenosti reakcija ispod zidova i temelja sve su temeljne trake istih dimenzija te jednako armirane.

Proračun je proveden na način da su iz prostornog modela za kritične uobičajene kombinacije dobivene maksimalne rezne sile na ležajevima ispod zidova. Potom je provedena kontrola naprezanja koje mora zadovoljiti uvjet  $\sigma < \sigma_{dop} = 0,5 \text{ MPa}$ .

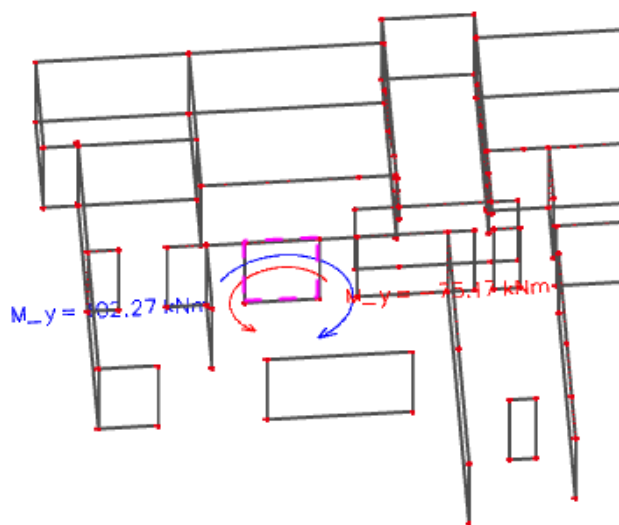
### 16.1. Proračun trakastog temelja

#### 16.1.1. Rezne sile

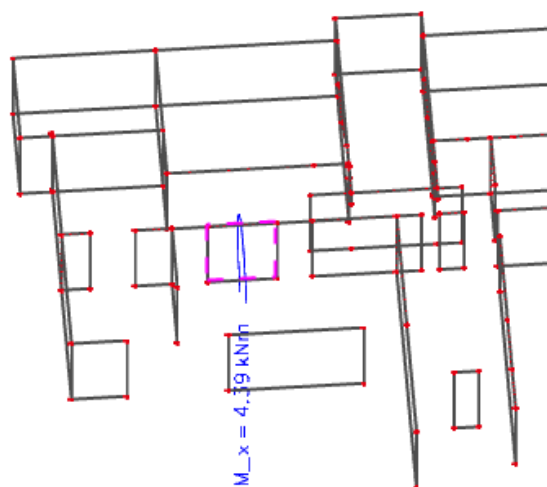


Slika 16.1.  $N_{\max}$  - GSN  $S_x$

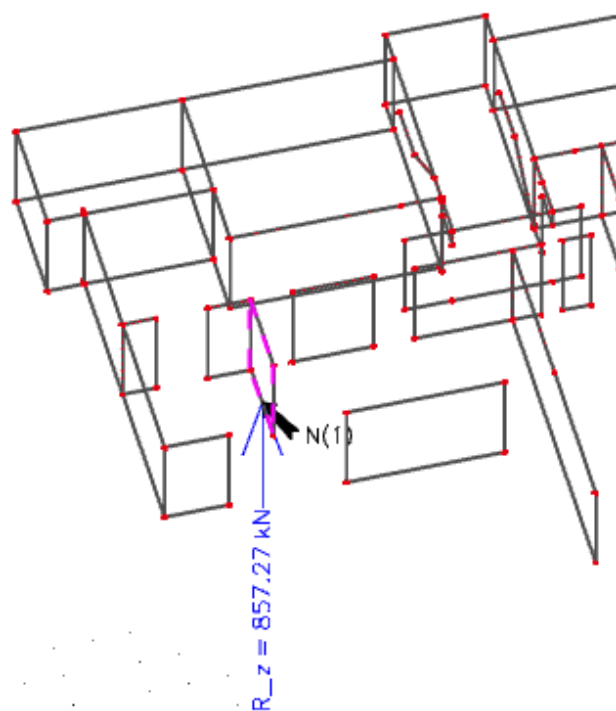




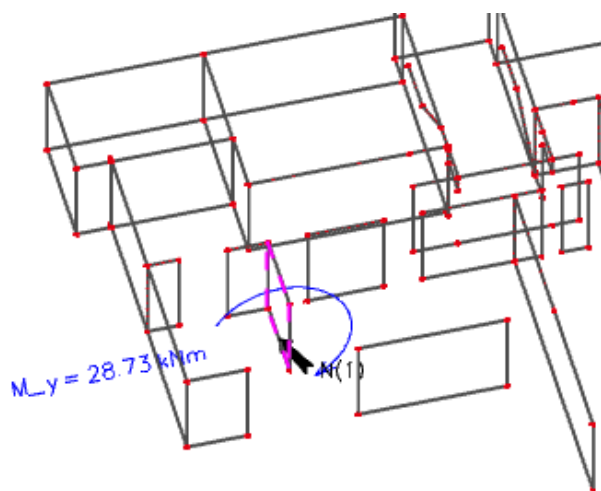
Slika 16.2.  $M_{y,\text{pripadni}}$  - GSN  $S_x$



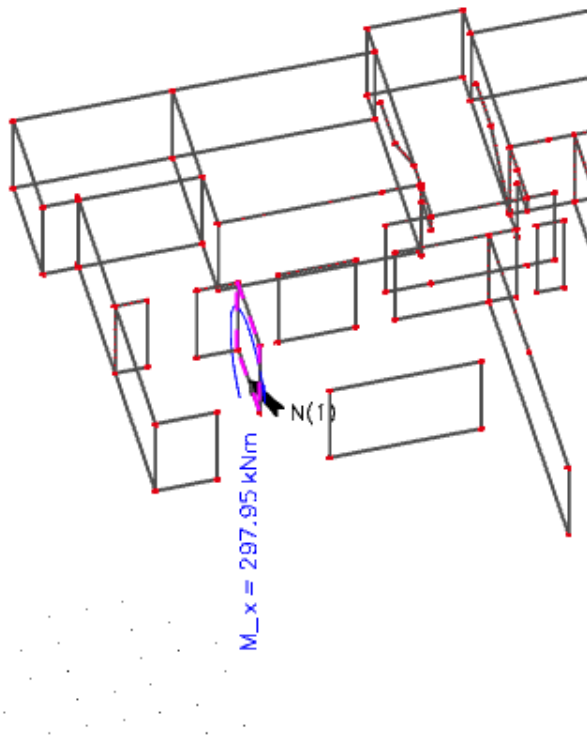
Slika 16.3.  $M_{x,\text{pripadni}}$  - GSN  $S_x$



Slika 16.4.  $N_{\text{pripadni}}$  - GSN  $S_y$



Slika 16.5.  $M_{y,\text{max}}$  - GSN  $S_y$

Slika 16.6.  $M_{x,max}$  - GSN  $S_y$ 

### 16.1.2. Dimenzioniranje temelja

Težina temelja:  $W = B \cdot h \cdot L \cdot \gamma_B = B \cdot 0.6 \cdot 2.1 \cdot 25 = B \cdot 31.5$

$$V_d = 975.65 + B \cdot 31.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 2.1$$

$$W = \frac{b \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 2.1^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{975.65 + B \cdot 31.5}{B \cdot 2.1} + \frac{102.27}{\frac{B \cdot 2.1^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{975.65 + B \cdot 31.5}{B \cdot 2.1} + \frac{102.27}{\frac{B \cdot 2.1^2}{6}} > 500$$

$$B > 1.25 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = \frac{975.65 + B \cdot 31.5}{B \cdot 2.1} - \frac{102.27}{\frac{B \cdot 2.1^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{975.65 + B \cdot 31.5}{B \cdot 2.1} - \frac{102.27}{\frac{B \cdot 2.1^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$B > 0.67 \text{ m}$$

Težina temelja:  $W = B \cdot h \cdot L \cdot \gamma_B = B \cdot 0.6 \cdot 2.3 \cdot 25 = B \cdot 34.5$

$$V_d = 857.27 + B \cdot 34.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 2.3$$

$$W = \frac{b \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 2.3^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{857.27 + B \cdot 34.5}{B \cdot 2.3} + \frac{297.95}{\frac{B \cdot 2.3^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{857.27 + B \cdot 34.5}{B \cdot 2.3} + \frac{297.95}{\frac{B \cdot 2.3^2}{6}} > 500$$

$$B > 1.47 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = \frac{857.27 + B \cdot 34.5}{B \cdot 2.3} - \frac{297.95}{\frac{B \cdot 2.3^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{857.27 + B \cdot 34.5}{B \cdot 2.3} - \frac{297.95}{\frac{B \cdot 2.3^2}{6}} < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$B > 0.072 \text{ m}$$

Odabrana debljina temelja:  $B_{ODABRANO} = 2 \text{ m}$

$$\sigma_1 = \frac{975.65 + 2 \cdot 31.5}{2 \cdot 2.1} + \frac{102.27}{\frac{2 \cdot 2.1^2}{6}} = 316.87 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{975.65 + 2 \cdot 31.5}{2 \cdot 2.1} - \frac{102.27}{\frac{2 \cdot 2.1^2}{6}} = 177.73 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{857.27 + 2 \cdot 34.5}{2 \cdot 2.3} + \frac{297.95}{\frac{2 \cdot 2.3^2}{6}} = 370.34 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{857.27 + 2 \cdot 34.5}{2 \cdot 2.3} - \frac{297.95}{\frac{2 \cdot 2.3^2}{6}} = 32.39 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) = 316.87 - \frac{0.875}{2} \cdot (316.87 - 177.73) = 256 \text{ kN/m}^2$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{b'^2}{3} = 256 \cdot \frac{0.875^2}{2} + (316.87 - 256) \cdot \frac{0.875^2}{2} = 113.54 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) = 370.34 - \frac{0.875}{2} \cdot (370.34 - 32.39) = 222.49 \text{ kN/m}^2$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{b'^2}{3} = 222.49 \cdot \frac{0.875^2}{2} + (370.34 - 222.49) \cdot \frac{0.875^2}{3} = 122.91 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 122.91 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12291}{200 \cdot 55^2 \cdot 1.67} = 0.012$$

$$O\check{c}itano: \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} ; \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} ; \zeta = 0.981$$

$$A_{s1,min} = 0.15\% \cdot b \cdot h = 0.0015 \cdot 200 \cdot 60 = 18 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12291}{0.981 \cdot 55 \cdot 43.48} = 5.24 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA U OBADVIJE ZONE:  $12\emptyset 10$  ( $A_{s1} = 9.42 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )  
 + ( $A_{s2} = 9.42 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 17. GRAFIČKI PRILOZI

1. Tlocrt prizemlja 1- plan pozicija 100	M1:250	9. Pročelja	M1:250
2. Tlocrt prizemlja 2 – plan pozicija 200	M1:250	10. Armatura ploče pozicije 100- donja zona	M1:200
3. Tlocrt 1. kata – plan pozicija 300	M1:250	11. Armatura ploče pozicije 100- gornja zona	M1:200
4. Tlocrt 2. kata – plan pozicija 400	M1:250	12. Armatura ploče pozicije 200- donja zona	M1:200
5. Tlocrt 3. kata – plan pozicija 500	M1:250	13. Armatura ploče pozicije 200- gornja zona	M1:200
6. Tlocrt nadgrađa 1 – plan pozicija 600	M1:250	14. Armatura ploče pozicije 300- donja zona	M1:200
7. Tlocrt nadgrađa 2 – plan pozicija 700	M1:250	15. Armatura ploče pozicije 300- gornja zona	M1:200
8. Presjek A-A	M1:200	16. Armatura ploče pozicije 400- donja zona	M1:200
17. Armatura ploče pozicije 400- gornja zona	M1:200	25. Plan pozicija temelja	M1:250
18. Armatura ploče pozicije 500- donja zona	M1:200	26. Armatura temelja T1 i T2	M1:20
19. Armatura ploče pozicije 500- gornja zona	M1:200	27. Armatura temelja T3	M1:20
20. Armatura ploče pozicije 600- donja zona	M1:200	28. Armatura temelja T4	M1:20
21. Armatura ploče pozicije 600- gornja zona	M1:200	29. Armatura temelja T5	M1:20
22. Armatura ploče pozicije 700- donja zona	M1:200	30. Plan pozicija i armatura zidova	M1:20
23. Armatura ploče pozicije 700- gornja zona	M1:200	31. Armatura stubišta	M1:20
24. Plan pozicija i armatura greda pozicije 700	M1:20	32. Armatura potpornog zida	M1:20

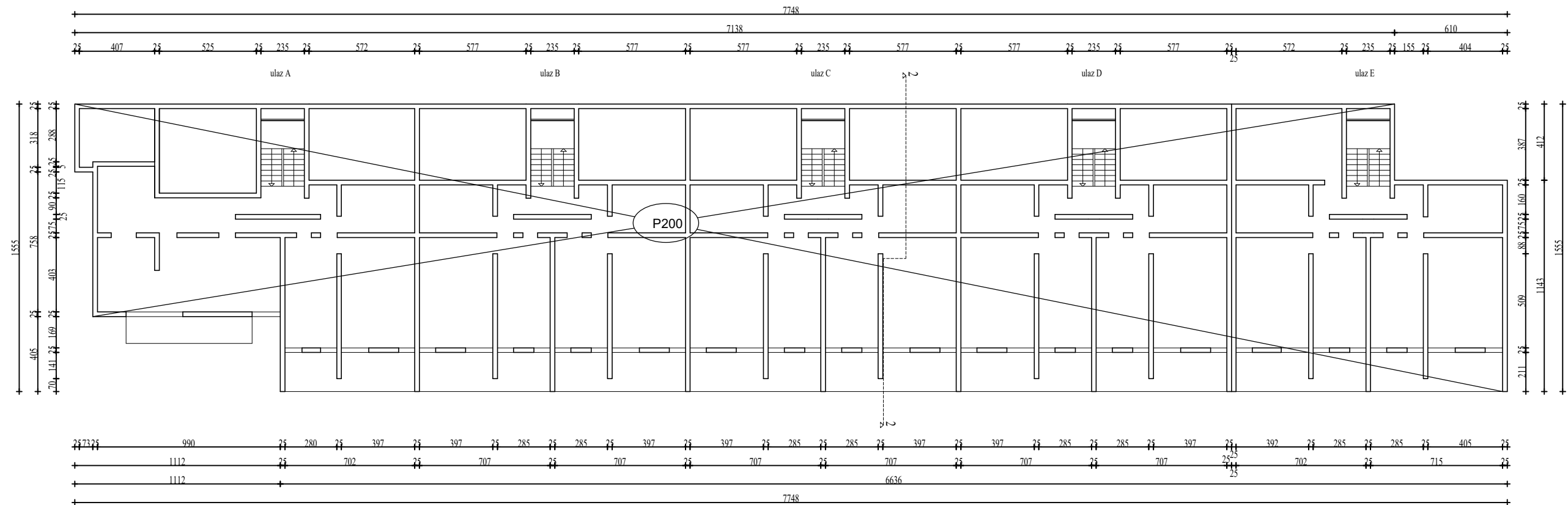
## 18. LITERATURA


- (1) A. Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta- zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split
- (2) I. Tomičić : Betonske konstrukcije -3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996
- (3) EN 1990:2008 Eurokod- osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008+A1:2005+AC:2008)
- (4) EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukciju
- (5) EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija –Dio 1-1 :Opća pravila i pravila za zgrade
- (6) EN 1998:2008 Eurokod 8 –Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1.dio

Računalni programi:

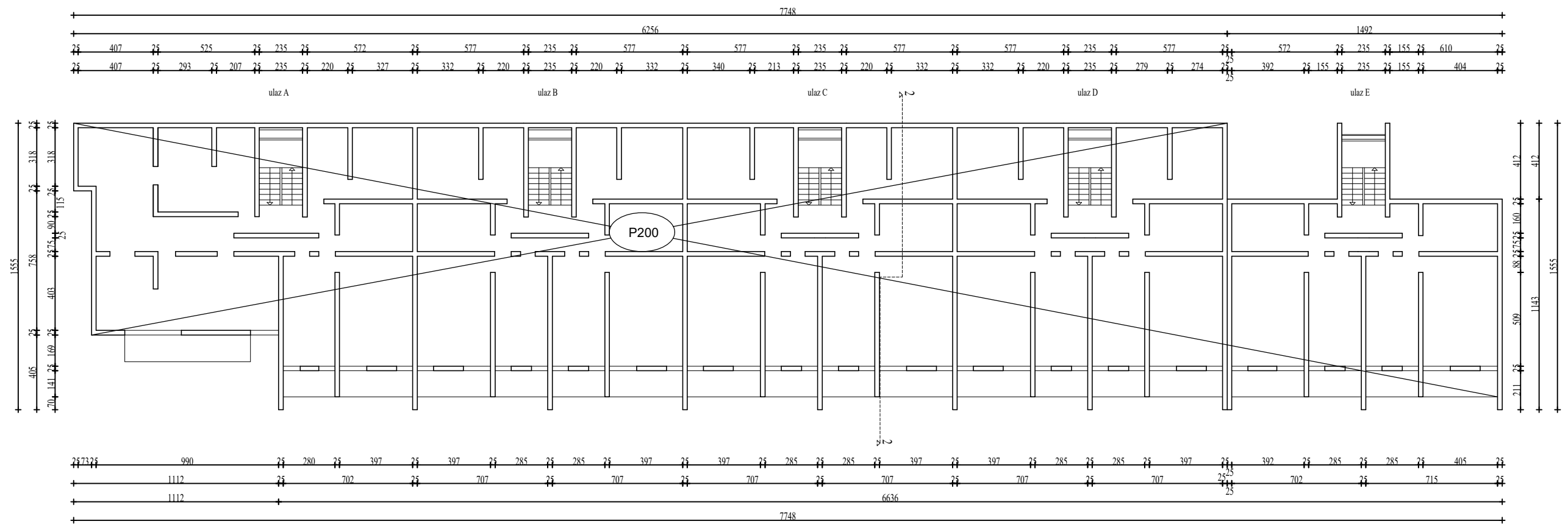
1. AutoCad 2018
2. Scia Engineer 19.0.
3. Allplan 2019
4. Microsoft Word
5. Microsoft Excel


# TLOCRT PRIZEMLJA 1 PLAN POZICIJA 100 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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Tlocrt prizemlja 1 - plan pozicija 100	BROJ PRILOGA: <b>1</b>

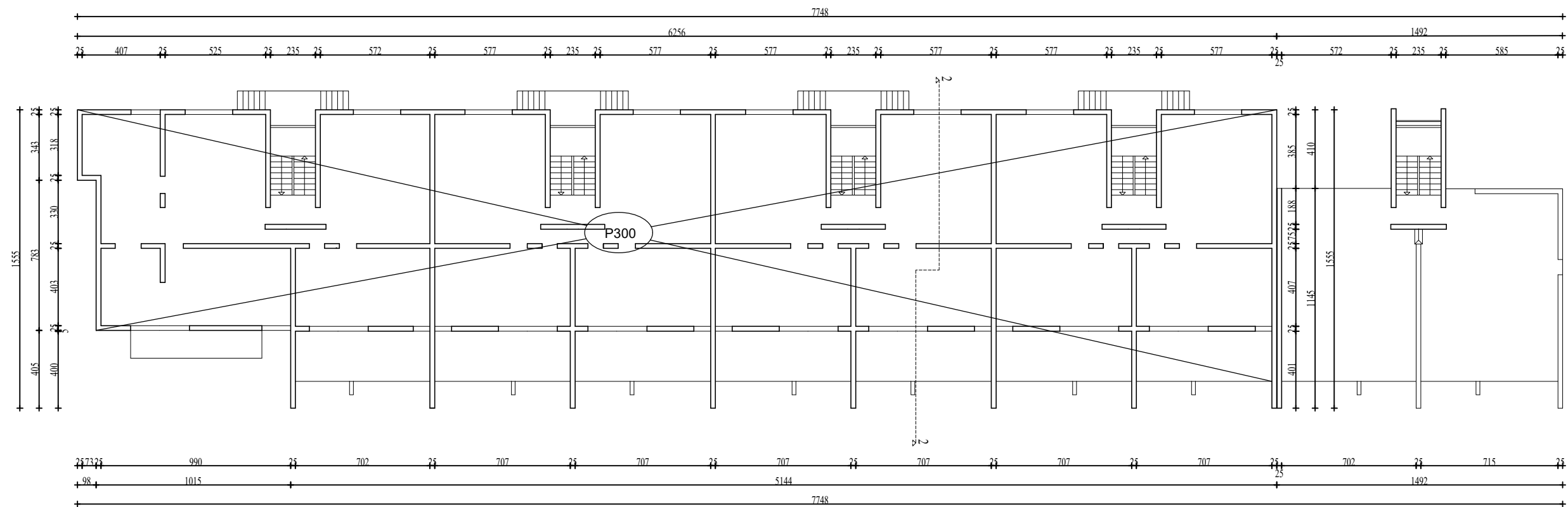
# TLOCRT PRIZEMLJA 2 PLAN POZICIJA 200 M 1:250




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:250</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtića u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Antonio Galac</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt prizemlja 2 - plan pozicija 200</b>	BROJ PRILOGA: <b>2</b>



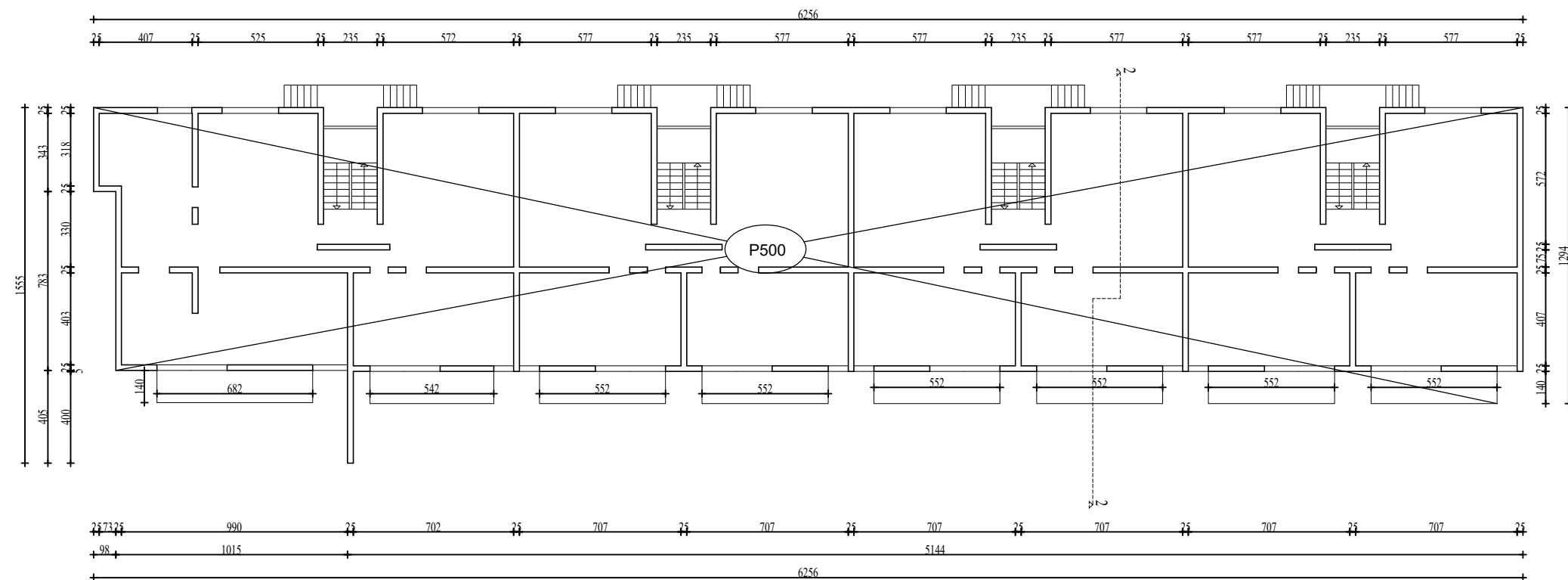
# TLOCRT 1. KATA PLAN POZICIJA 300 M 1:250




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtića u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Tlocrt 1. kata - plan pozicija 300	BROJ PRILOGA: <b>3</b>

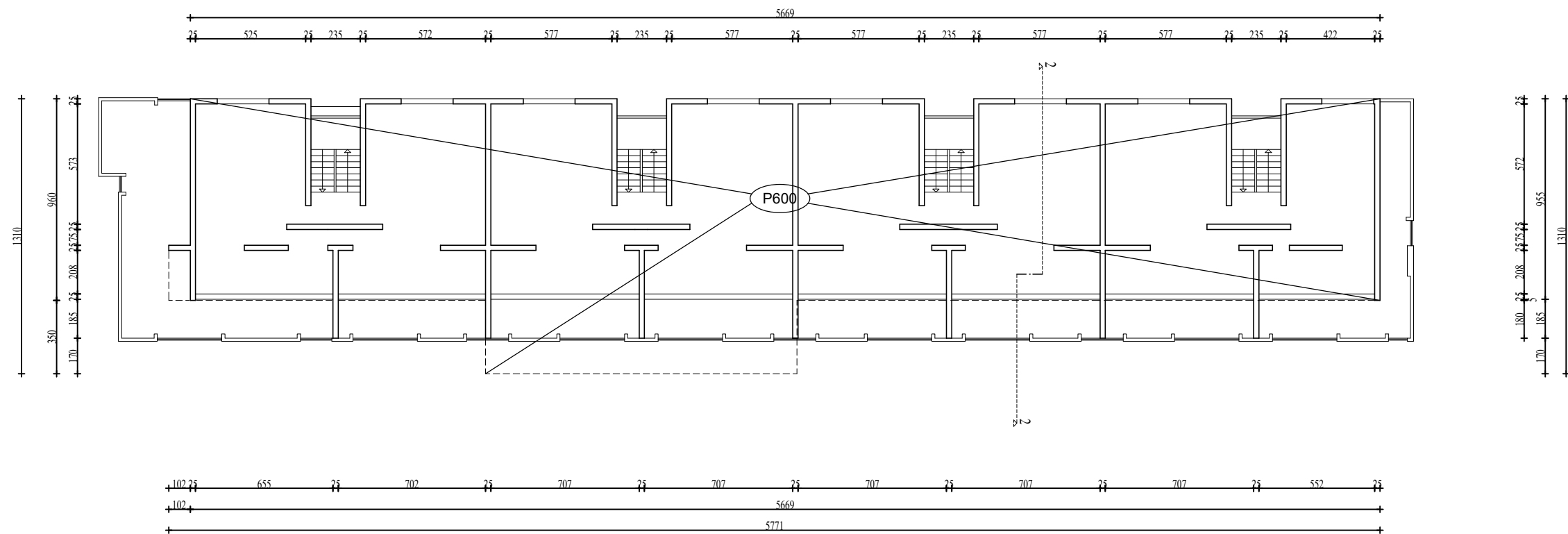



# TLOCRT 3. KATA PLAN POZICIJA 500 M 1:250



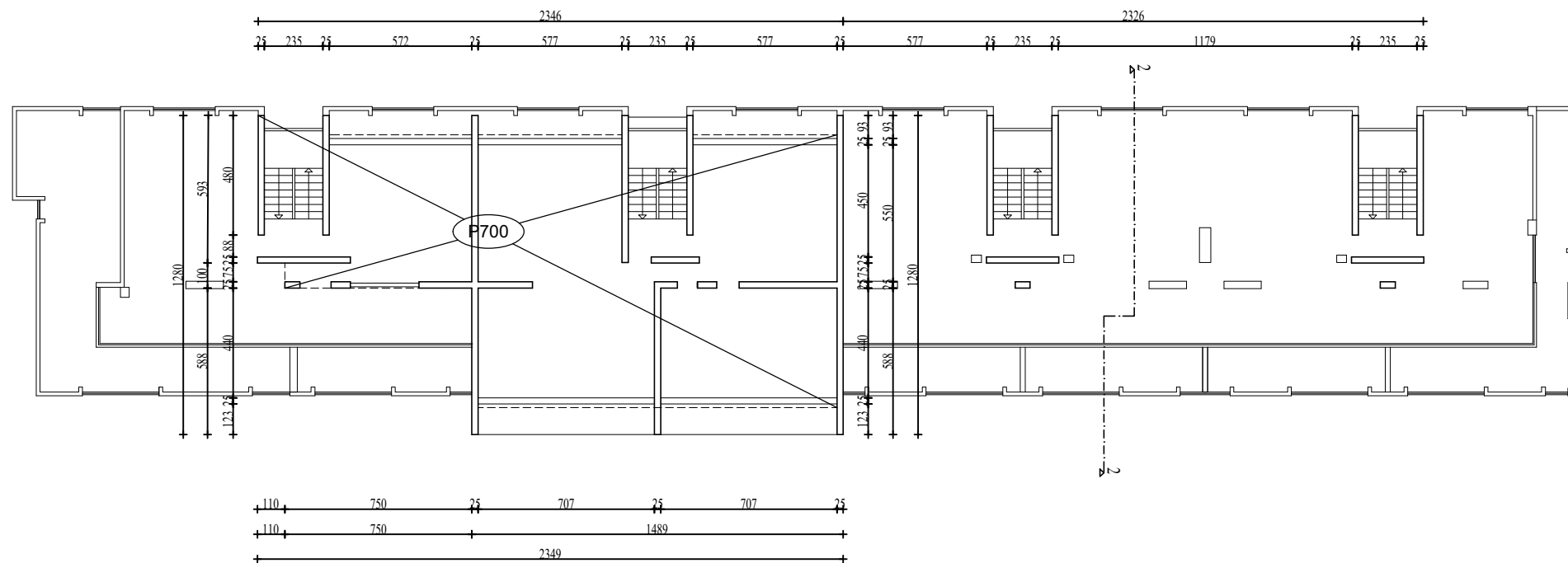
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:250</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Antonio Galac</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt 3. kata - plan pozicija 500</b>	BROJ PRILOGA: <b>5</b>


# TLOCRT NADGRAĐA 1 PLAN POZICIJA 600 M 1:250



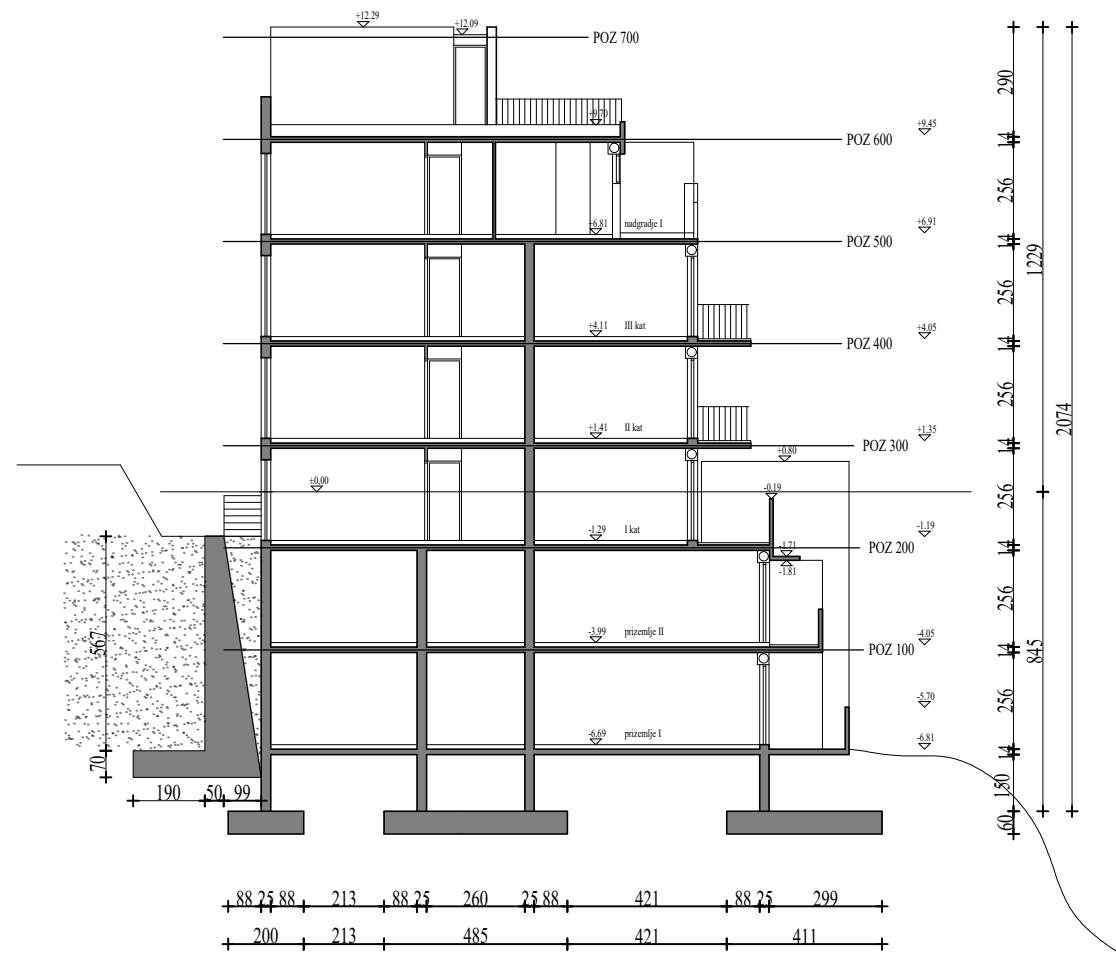
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Tlocrt nadgrađa 1 - plan pozicija 600	BROJ PRILOGA: <b>6</b>


# TLOCRT NADGRAĐA 2 PLAN POZICIJA 700 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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Tlocrt nadgrađa 2 - plan pozicija 700	BROJ PRILOGA: <b>7</b>

# PRESJEK 2-2 PLAN POZICIJA M 1:200

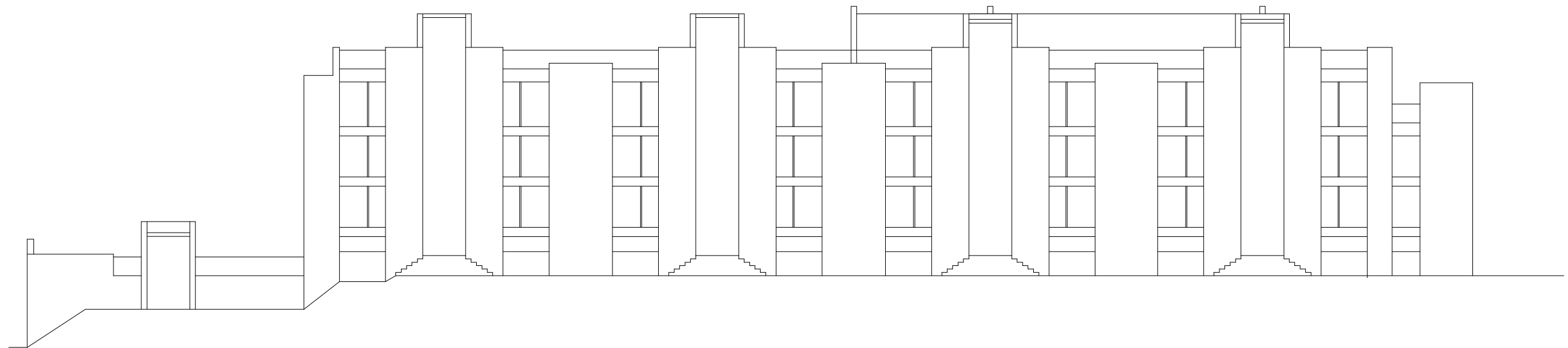



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Presjek 2-2	BROJ PRILOGA: 8

Jugo-zapadno pročelje  
M 1:250

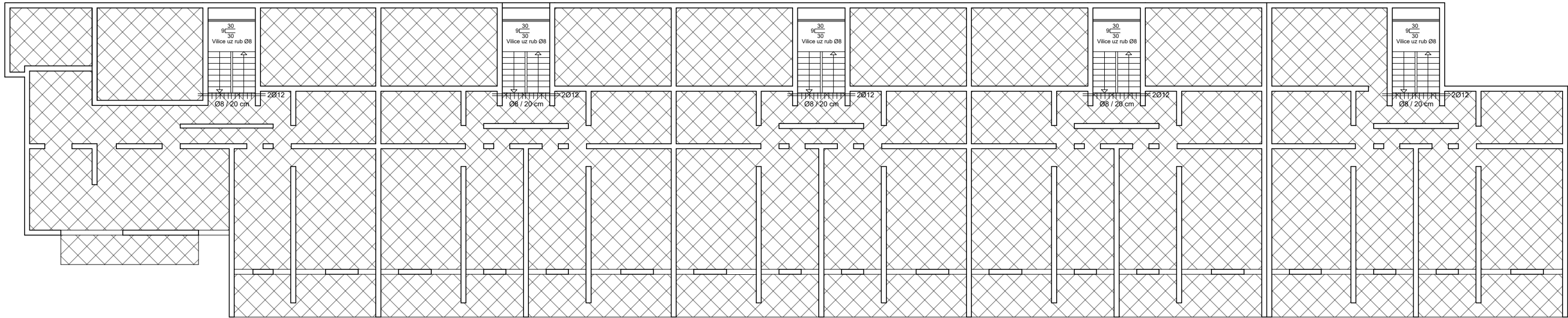


Sjeverno-istočno pročelje  
M 1:250



 <p>SVELIČIŠTE 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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtića u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: Antonio Galac
SADRŽAJ: Sjeverno-istočno pročelje Jugo-zapadno pročelje	BROJ PRILOGA: <b>9</b>	

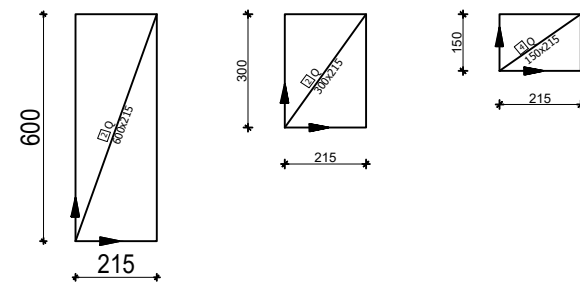
# ARMATURA PLOČE POZICIJA 100 DONJA ZONA M 1:200




 Q-335

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

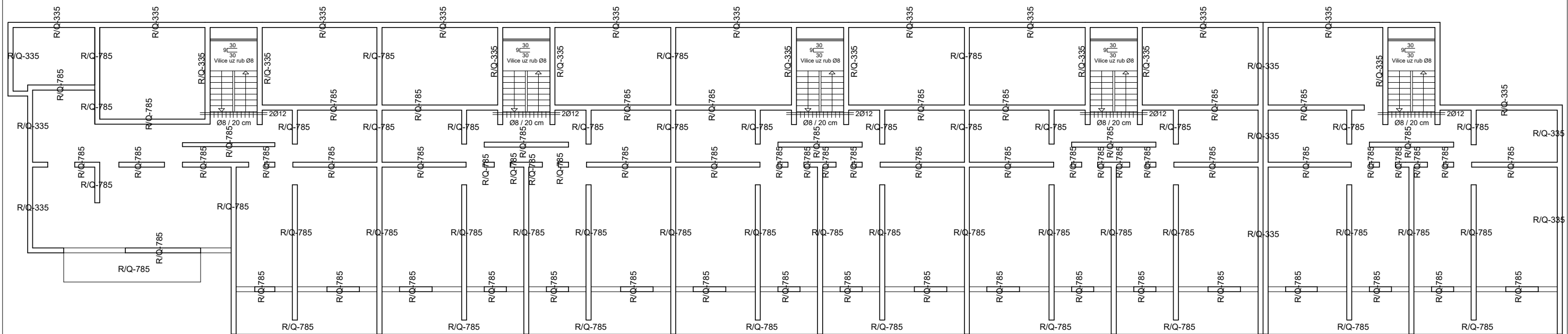
Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



 SVELUČIŠTE 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: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 100 - donja zona	BROJ PRILOGA: 10

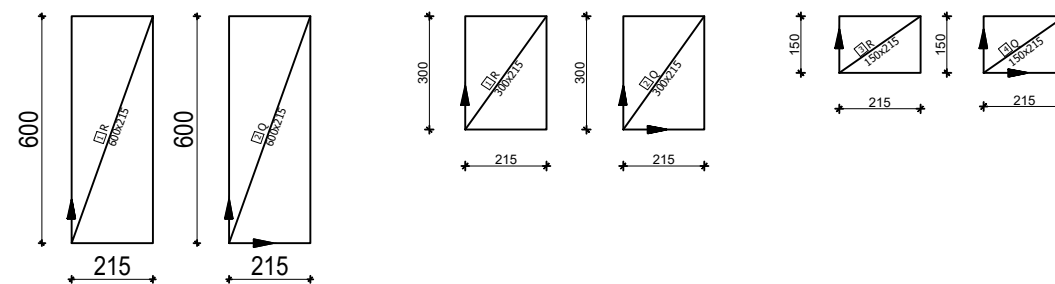



# ARMATURA PLOČE POZICIJA 100 GORNJA ZONA M 1:200



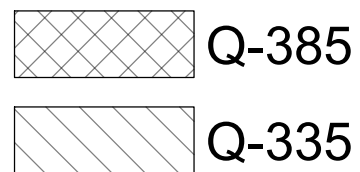
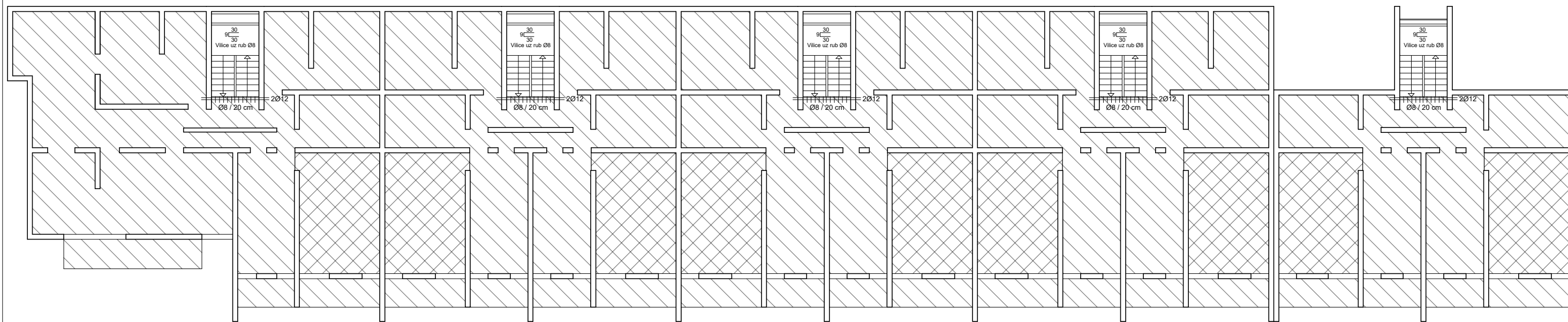
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



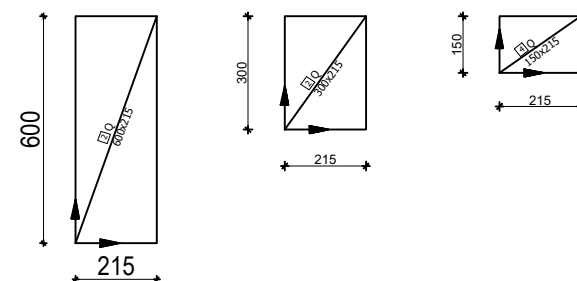
 SVELUČIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 11

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 200 DONJA ZONA M 1:200



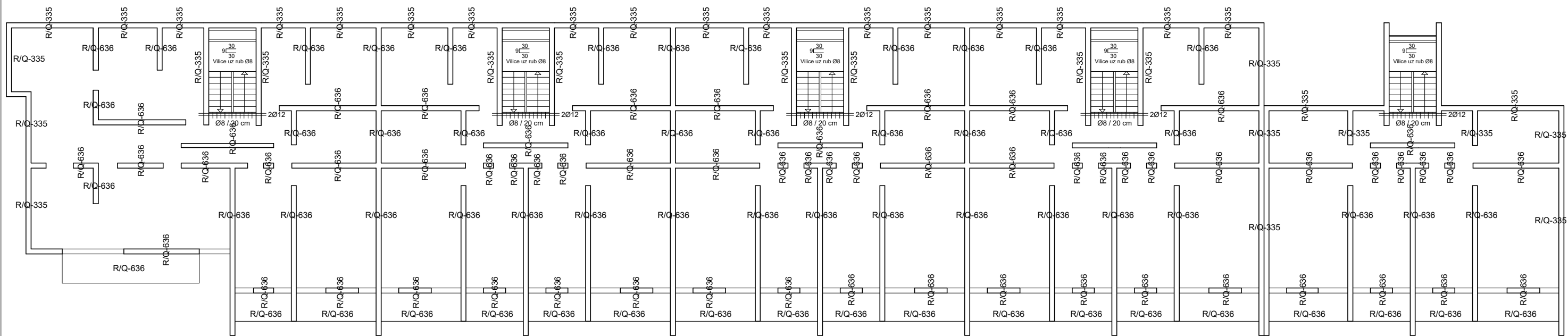
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklopima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



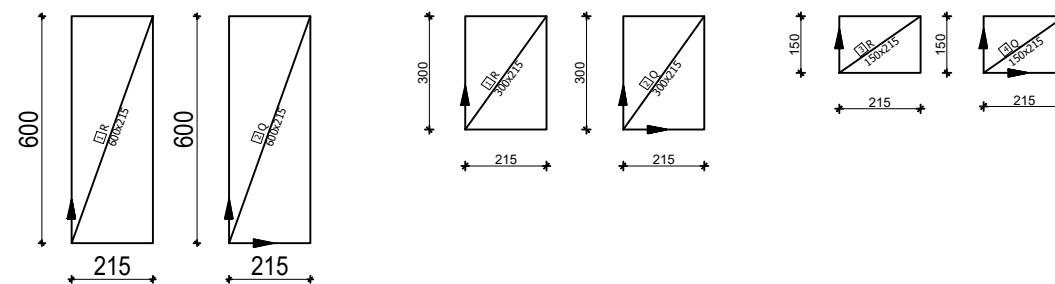
<p>SVELUČIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 200 - donja zona	BROJ PRILOGA: 12

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 200 GORNJA ZONA M 1:200



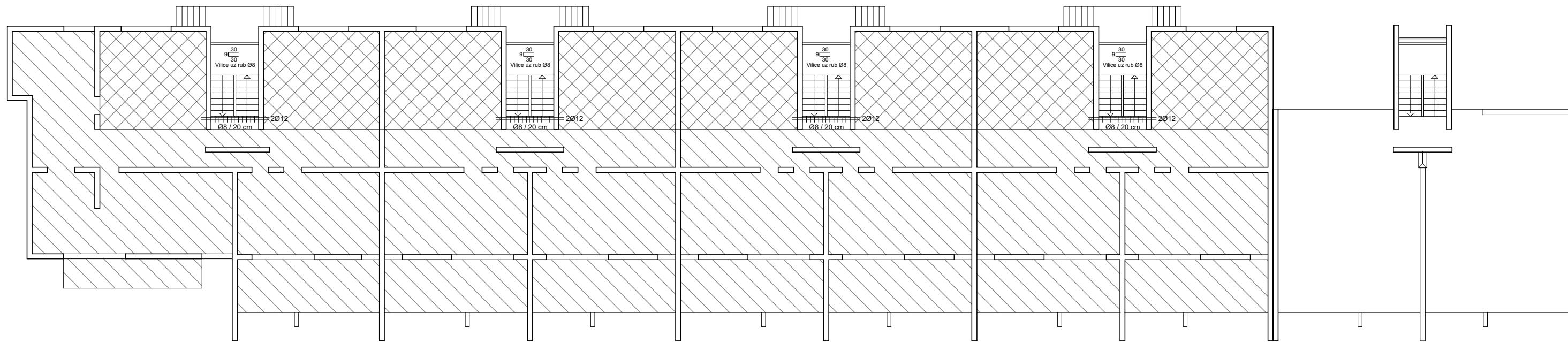
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335



Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE 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: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 200 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 13

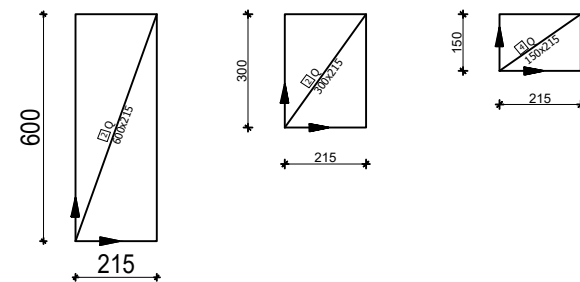
# ARMATURA PLOČE POZICIJA 300 DONJA ZONA M 1:200




 **Q-424**  
 **Q-335**

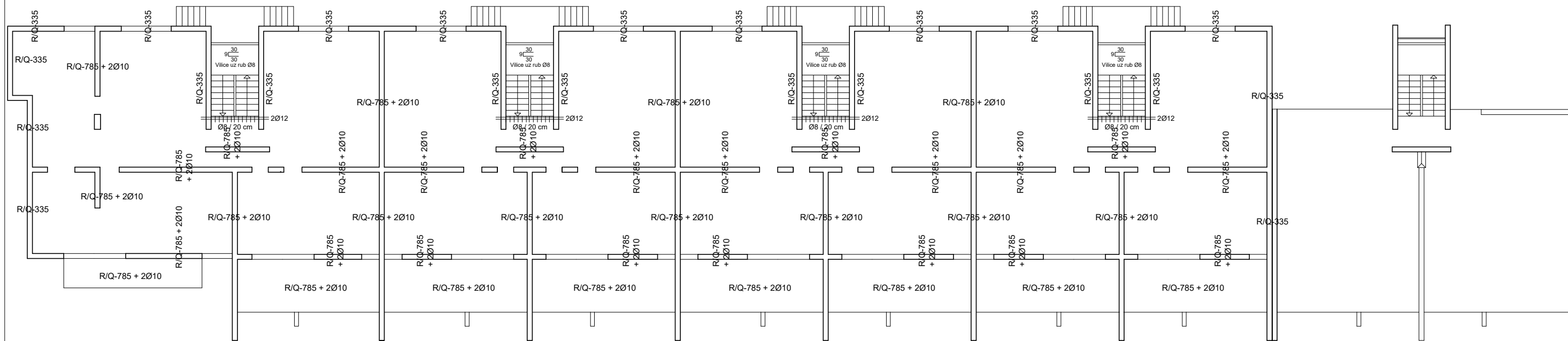
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



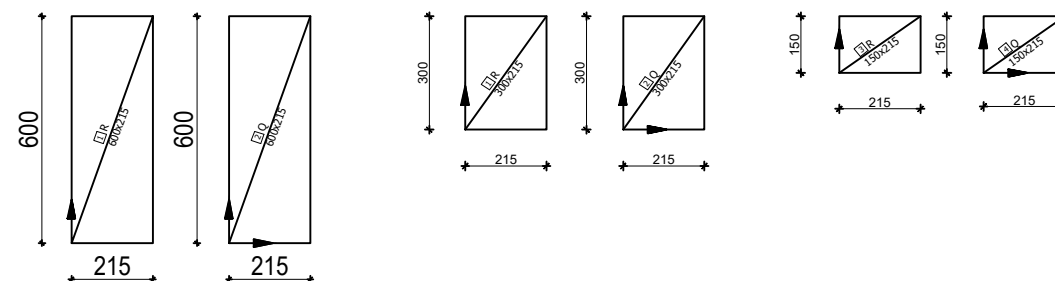
 <small>SVELUČIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15          MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</small>	<small>INVESTITOR / NARUČITELJ:</small> <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	<small>MJERILO:</small> <b>1:200</b>
	<small>GRAĐEVINA:</small> <b>Stambena zgrada          u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu</b>	<small>DATUM:</small> <b>Rujan, 2020.</b>
	<small>VRSTA PROJEKTA:</small> <b>Projekt konstrukcije</b>	<small>BROJ PROJEKTA:</small> <b>kk-09-2020.</b>
	<small>RAZINA PROJEKTA:</small> <b>GLAVNI PROJEKT</b>	<small>PROJEKTANT:</small> <b>Antonio Galac</b>
	<small>SADRŽAJ:</small> <b>Armatura ploče pozicije 300 - donja zona</b>	<small>BROJ PRILOGA:</small> <b>14</b>

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 300 GORNJA ZONA M 1:200



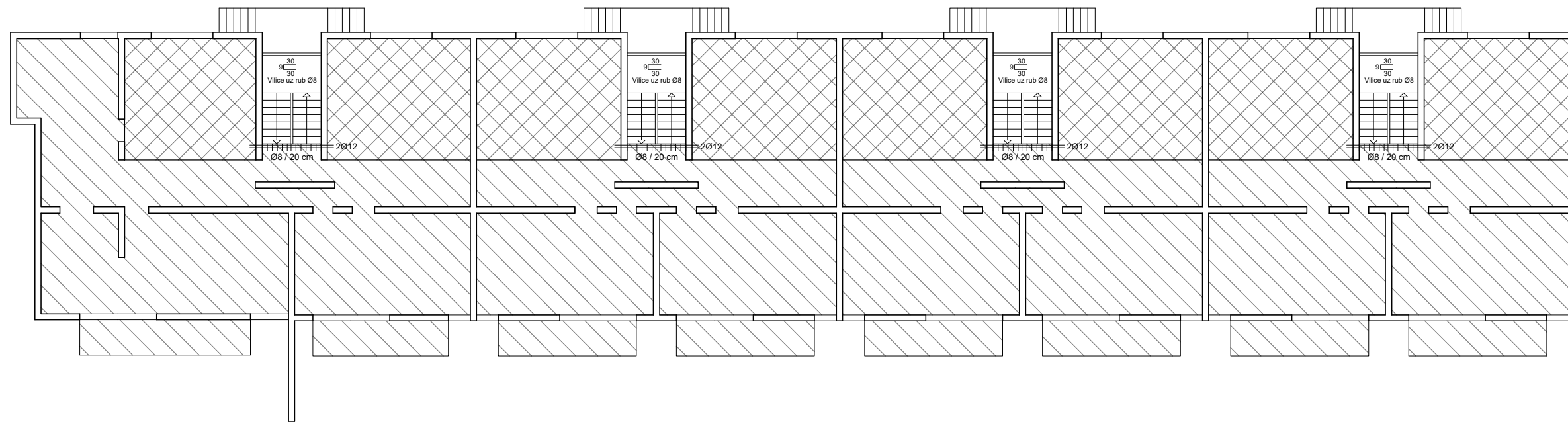
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335



Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE 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: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 300 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 15

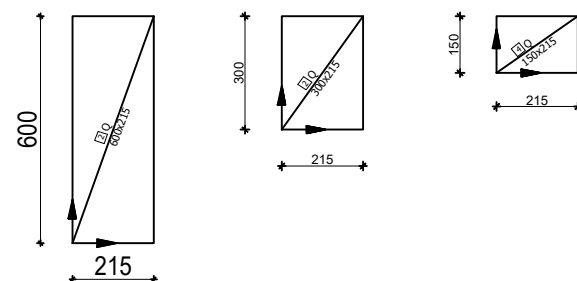
# ARMATURA PLOČE POZICIJA 400 DONJA ZONA M 1:200




 Q-424  
 Q-335

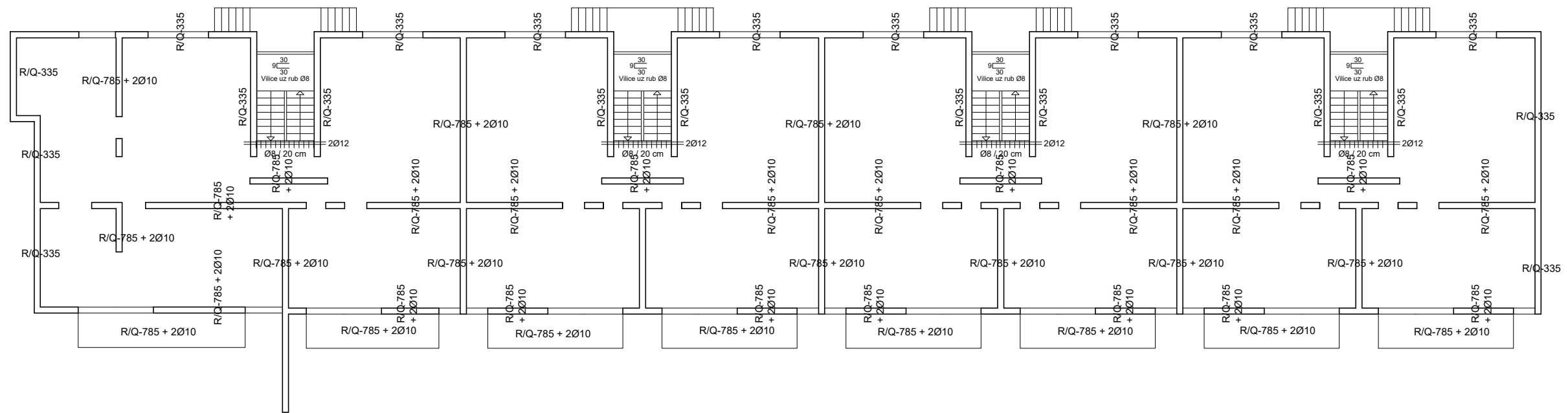
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



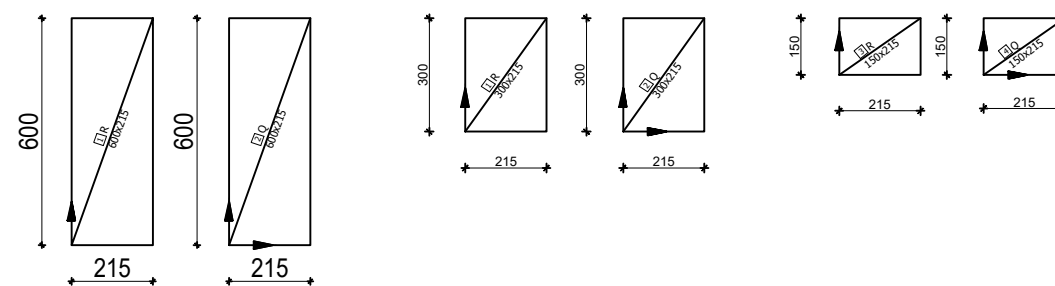
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 400 - donja zona	BROJ PRILOGA: 16

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 400 GORNJA ZONA M 1:200



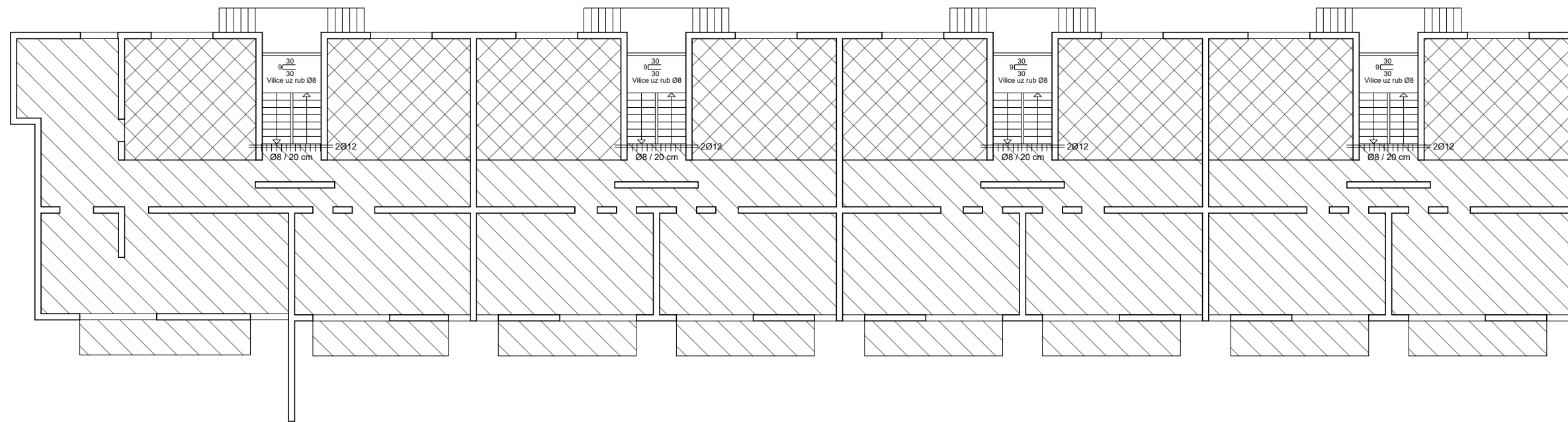
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335



Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZJE          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: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrljića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 400 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 17

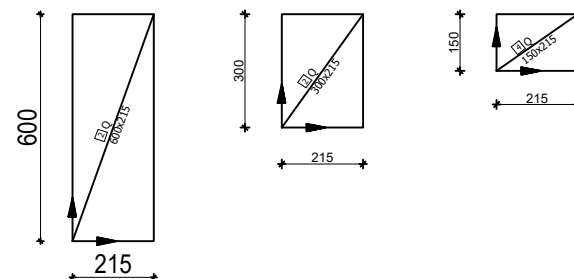
# ARMATURA PLOČE POZICIJA 500 DONJA ZONA M 1:200




 Q-424  
 Q-335

Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklopima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

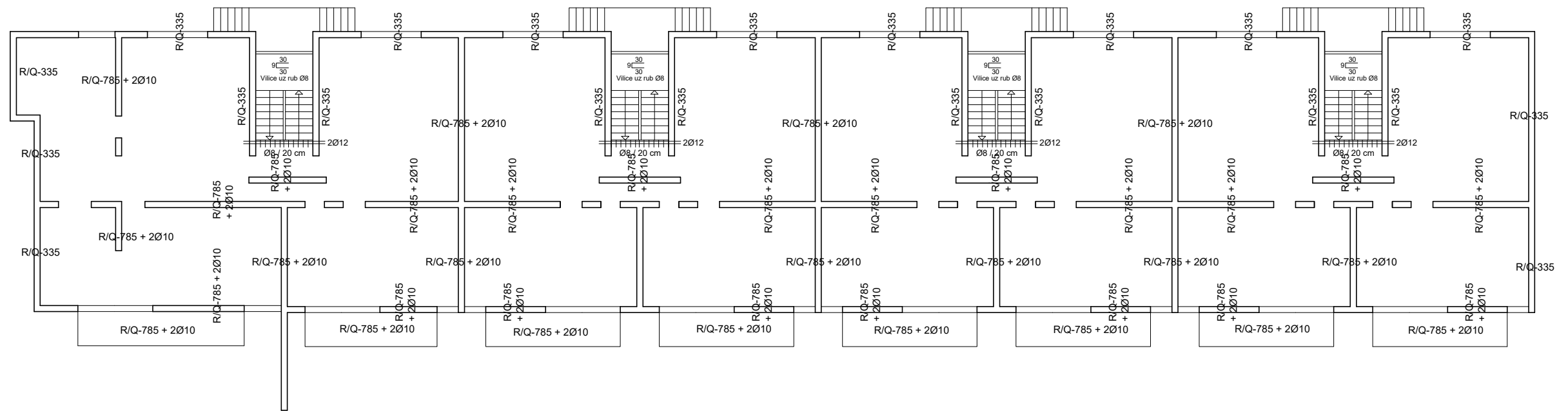
Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



 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: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 500 - donja zona	BROJ PRILOGA: 18

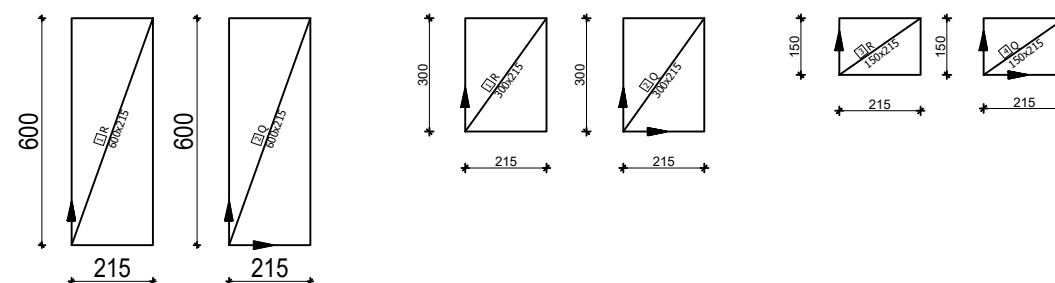


# ARMATURA PLOČE POZICIJA 500 GORNJA ZONA M 1:200



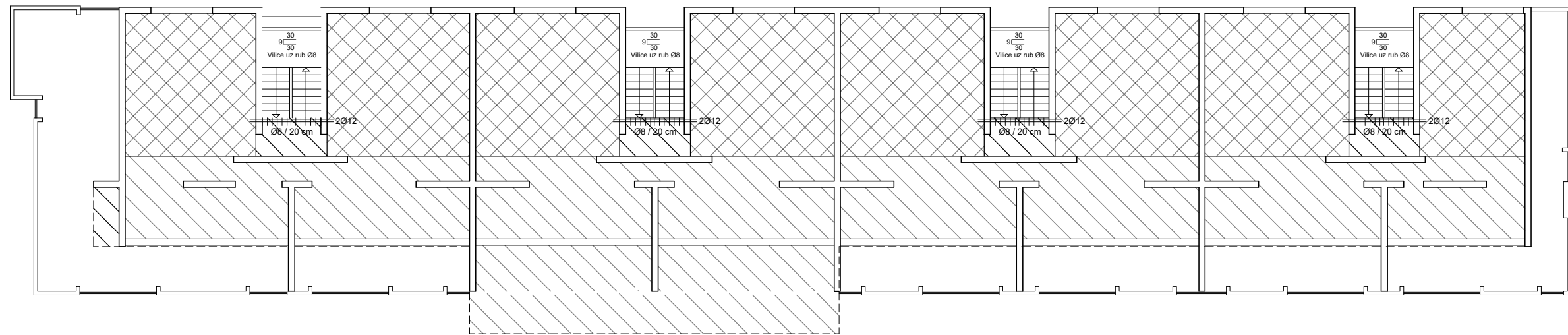
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZJE          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: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 500 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 19

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 600 DONJA ZONA M 1:200

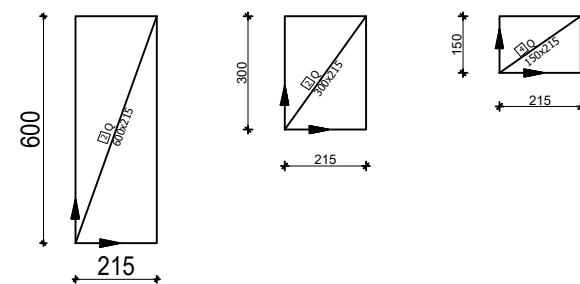



 Q-636

 Q-335

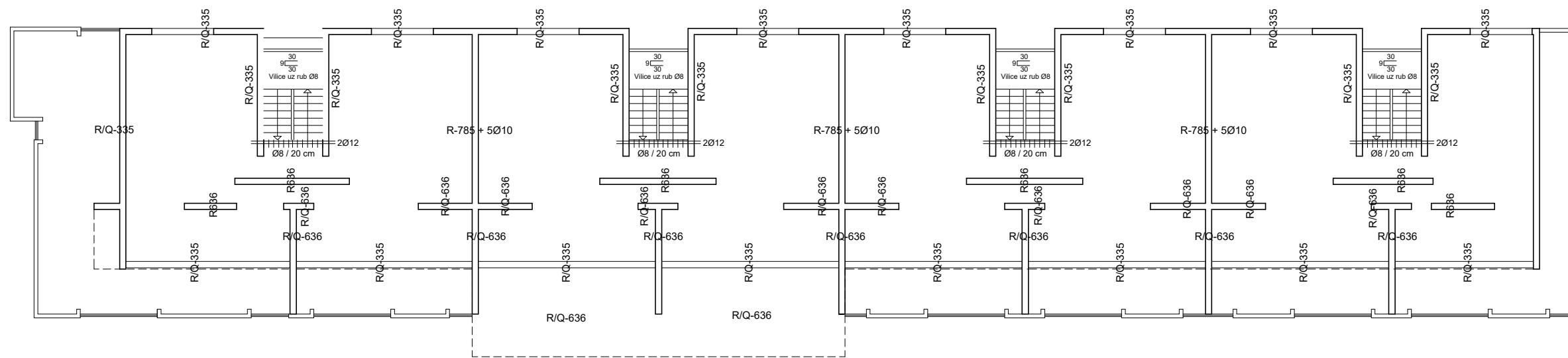
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



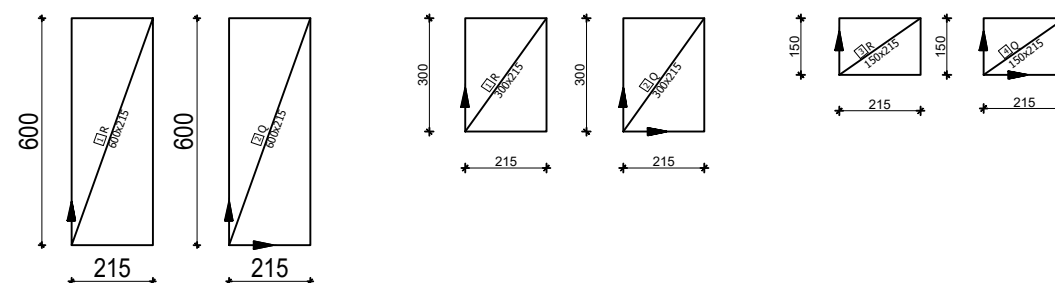
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 600 - donja zona	BROJ PRILOGA: <b>20</b>


# ARMATURA PLOČE POZICIJA 600 GORNJA ZONA M 1:200



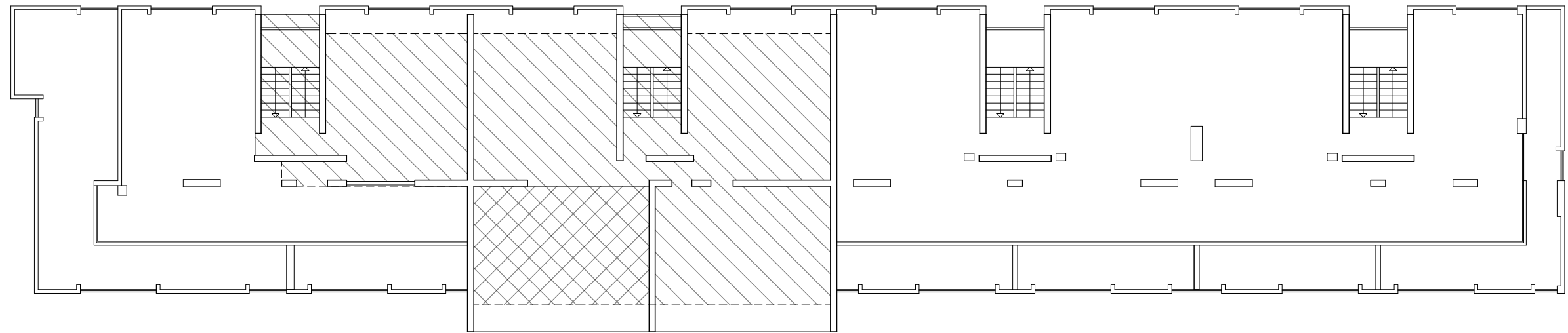
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



 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: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrljića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 600 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 21

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 700 DONJA ZONA M 1:200

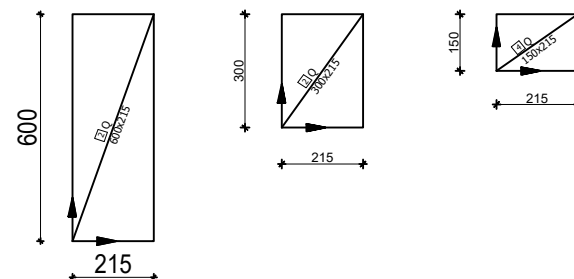



 Q-385

 Q-283

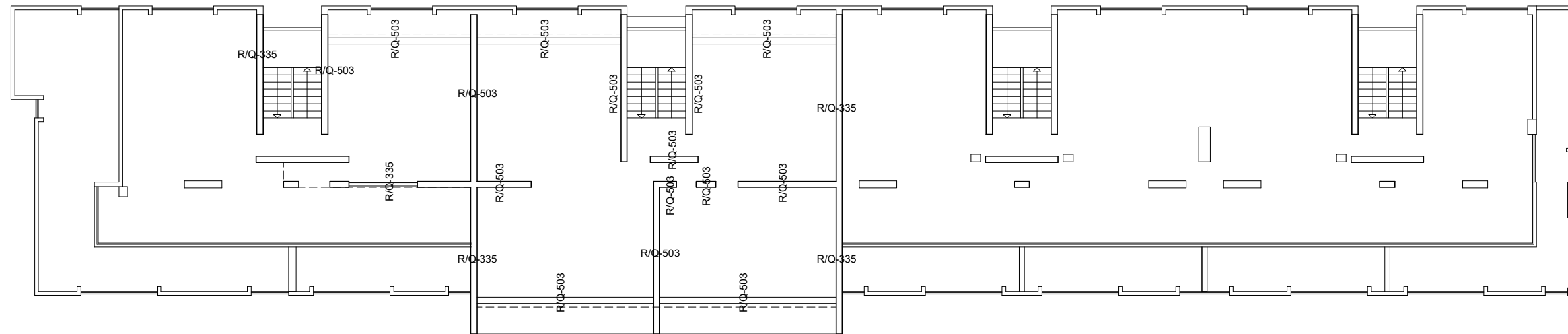
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



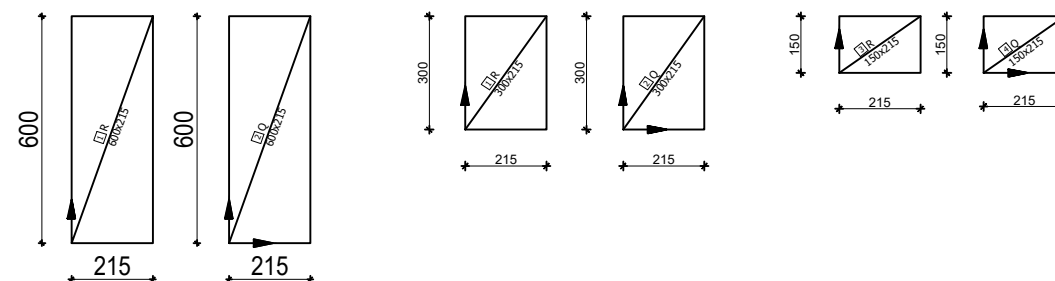
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 700 - donja zona	BROJ PRILOGA: <b>22</b>


# ARMATURA PLOČE POZICIJA 700 GORNJA ZONA M 1:200



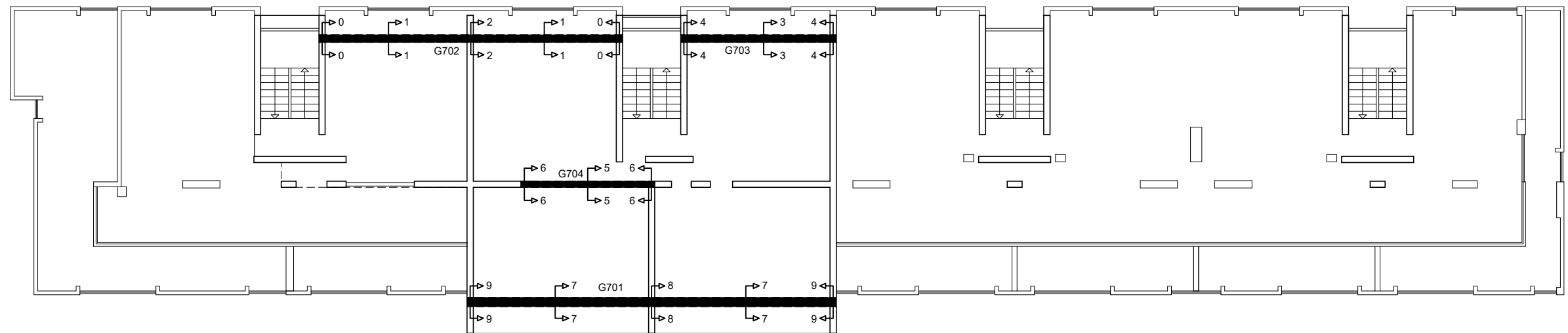
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-335, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-335

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B

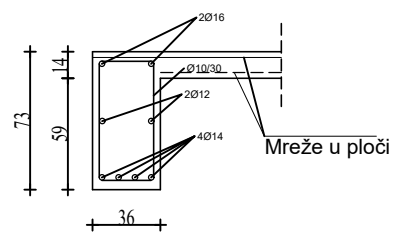


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15          MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 700 - gornja zona	BROJ PRILOGA: 23

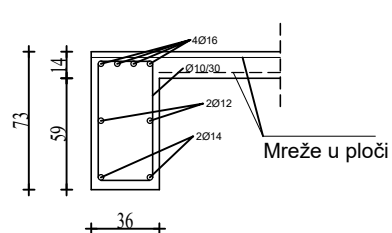
# ARMATURA GREDA POZICIJA G701, G702, G703 i G704 M 1:200



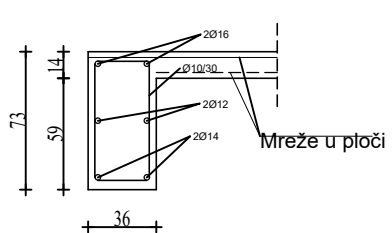
GREDA POZ G701  
PRESJEK 7-7  
M 1:20



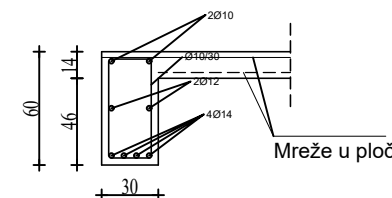
GREDA POZ G701  
PRESJEK 8-8  
M 1:20



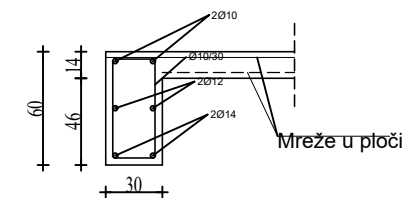
GREDA POZ G701  
PRESJEK 9-9  
M 1:20



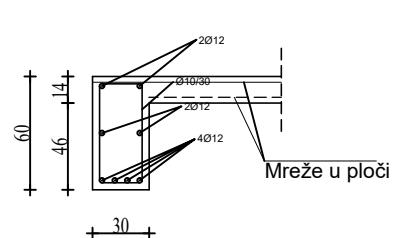
GREDA POZ G703  
PRESJEK 3-3  
M 1:20



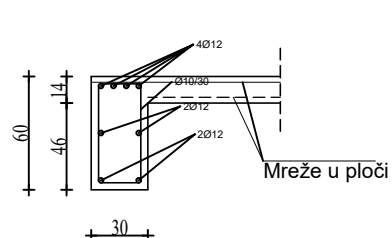
GREDA POZ G703  
PRESJEK 4-4  
M 1:20



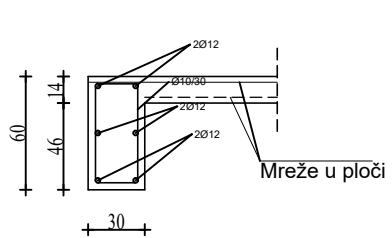
GREDA POZ G702  
PRESJEK 1-1  
M 1:20



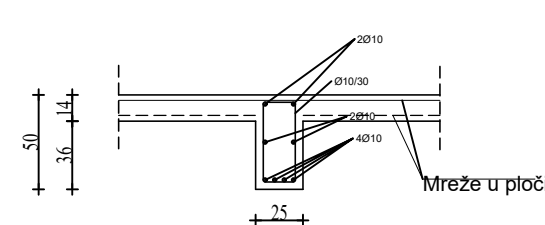
GREDA POZ G702  
PRESJEK 2-2  
M 1:20



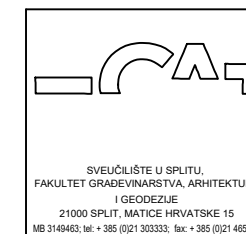
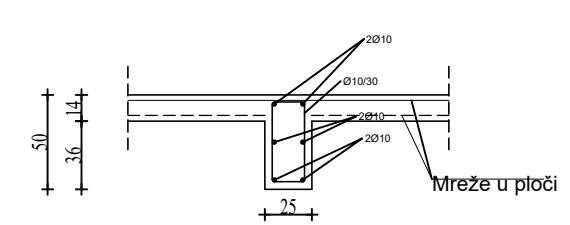
GREDA POZ G702  
PRESJEK 0-0  
M 1:20



GREDA POZ G704  
PRESJEK 5-5  
M 1:20



GREDA POZ G704  
PRESJEK 6-6  
M 1:20

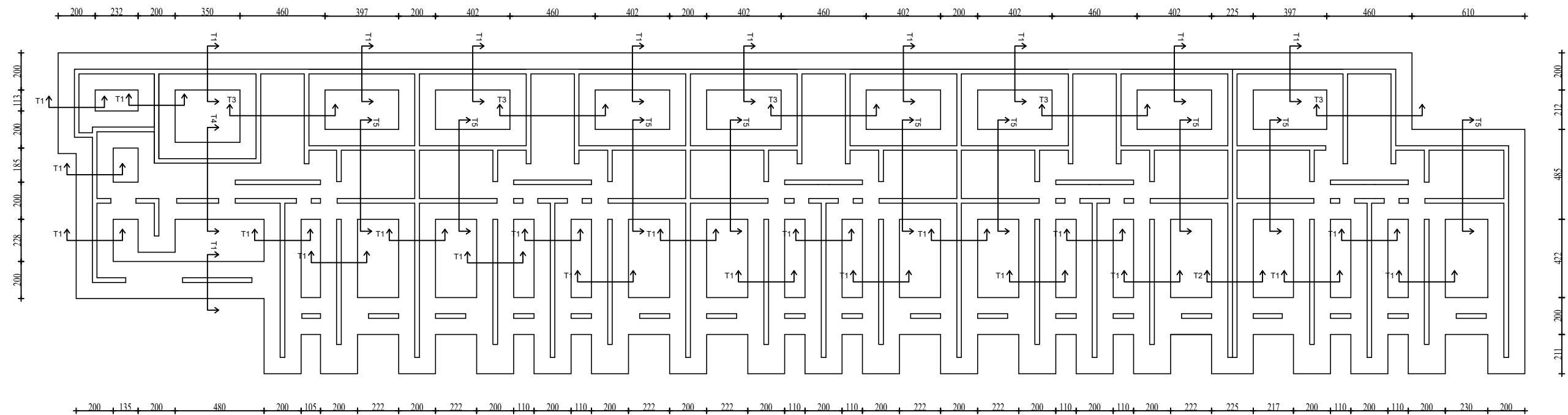



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split  
GRAĐEVINA:  
Stambena zgrada  
u Ulici Fra Stjepana Vrljića u Omišu  
VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije  
RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT  
SADRŽAJ:  
Armatura greda pozicije 700

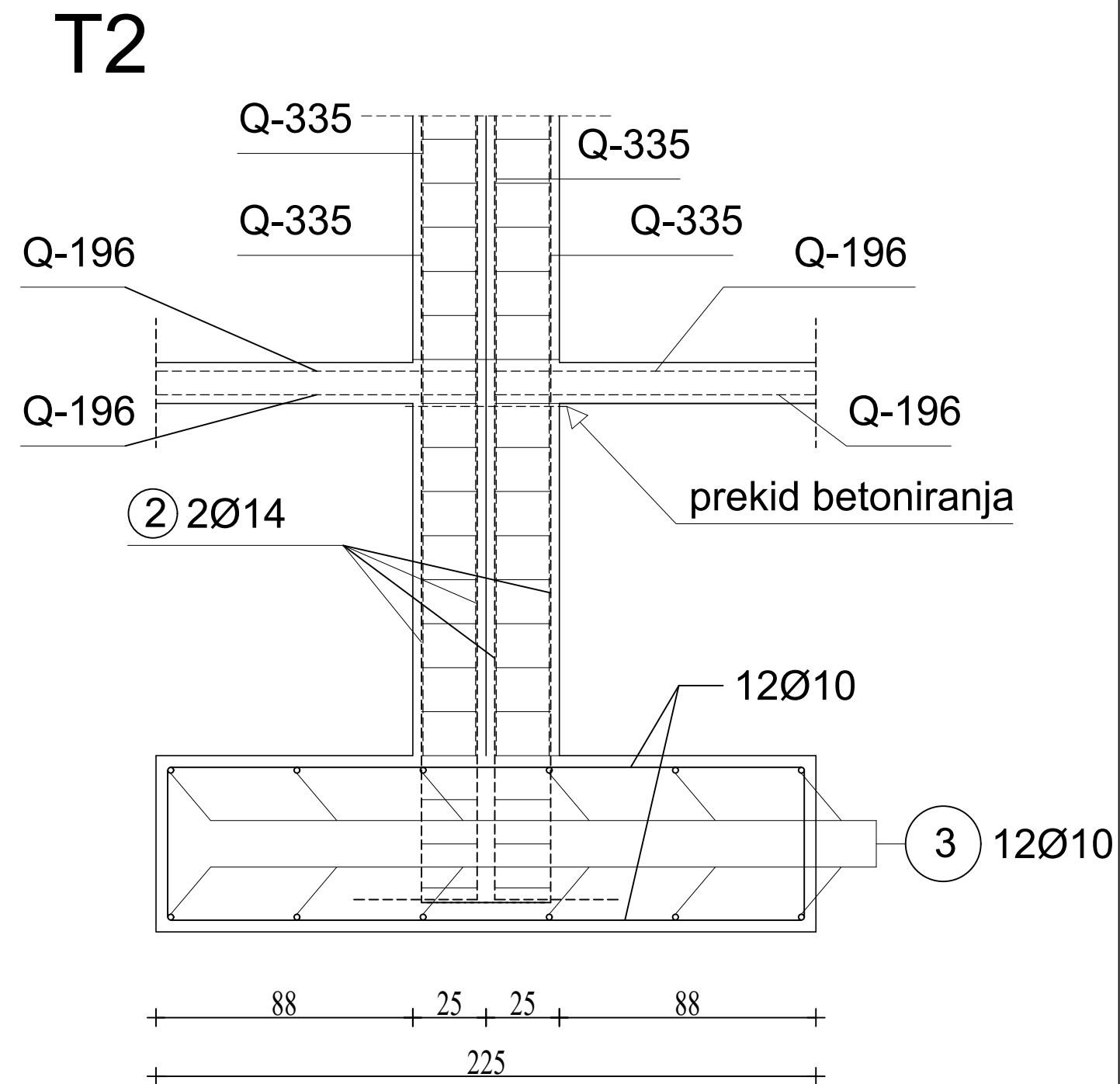
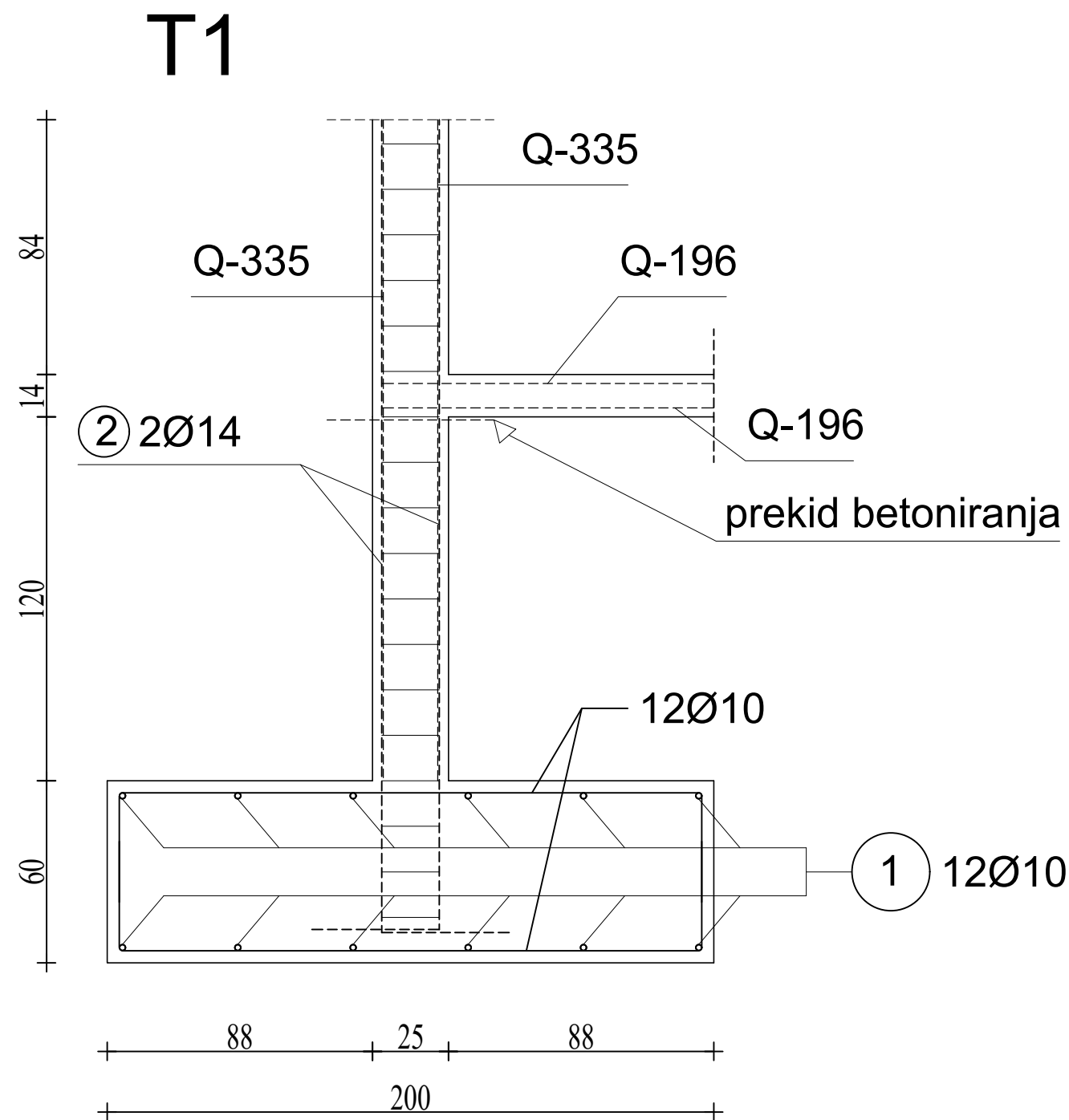
MJERILO:  
1:200  
DATUM:  
Rujan, 2020.  
BROJ PROJEKTA:  
kk-09-2020.  
PROJEKTANT:  
Antonio Galac  
BROJ PRILOGA:  
24


# PLAN POZICIJA TEMELJA 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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:250</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Antonio Galac</b>
	SADRŽAJ: <b>Plan pozicija temelja</b>	BROJ PRILOGA: <b>25</b>

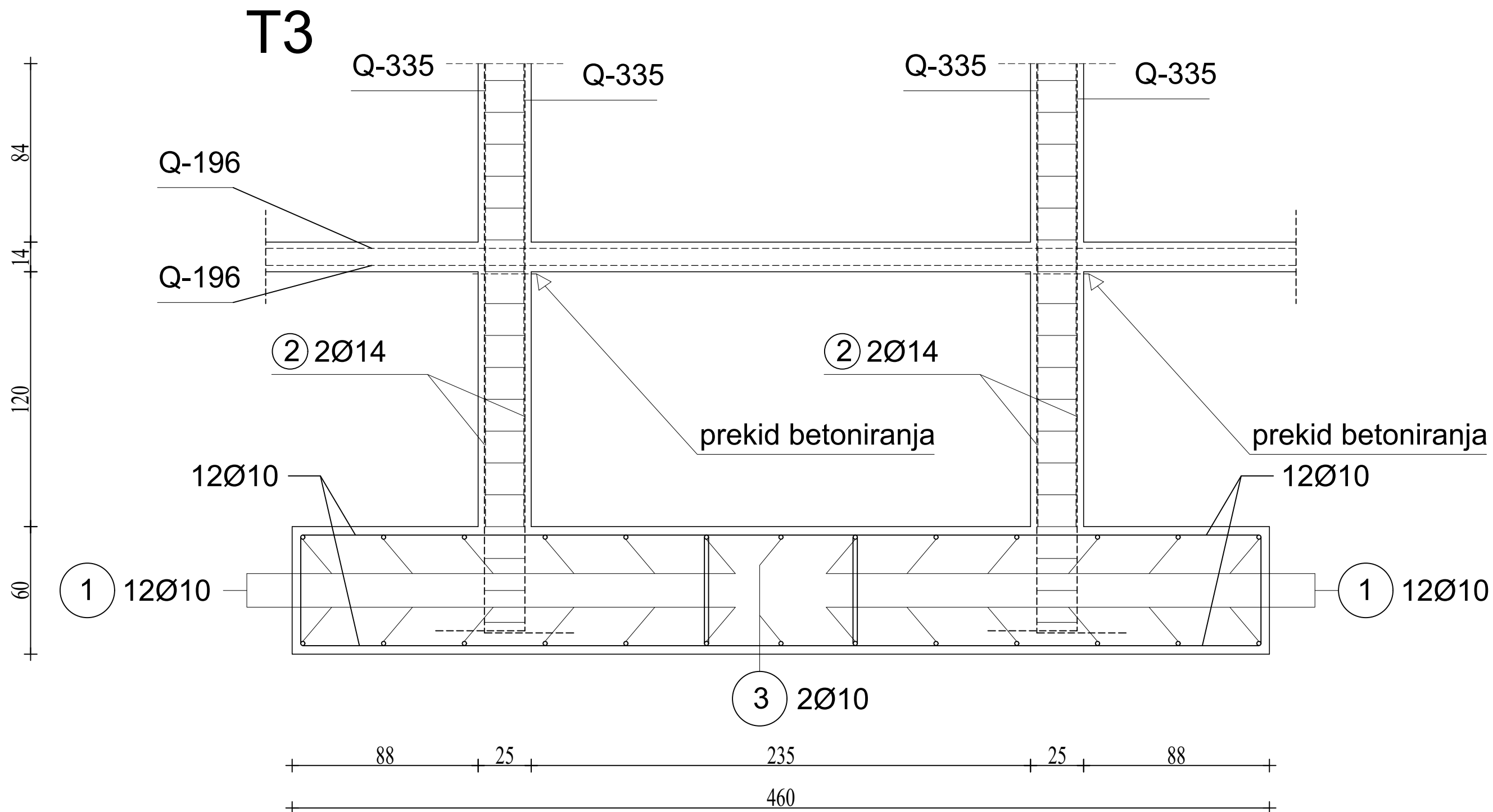
ARMATURA TEMELJA  
PRESJEK T1 I T2  
M 1:20



 <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: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura temelja - presjek T1 i T2	BROJ PRILOGA: 26

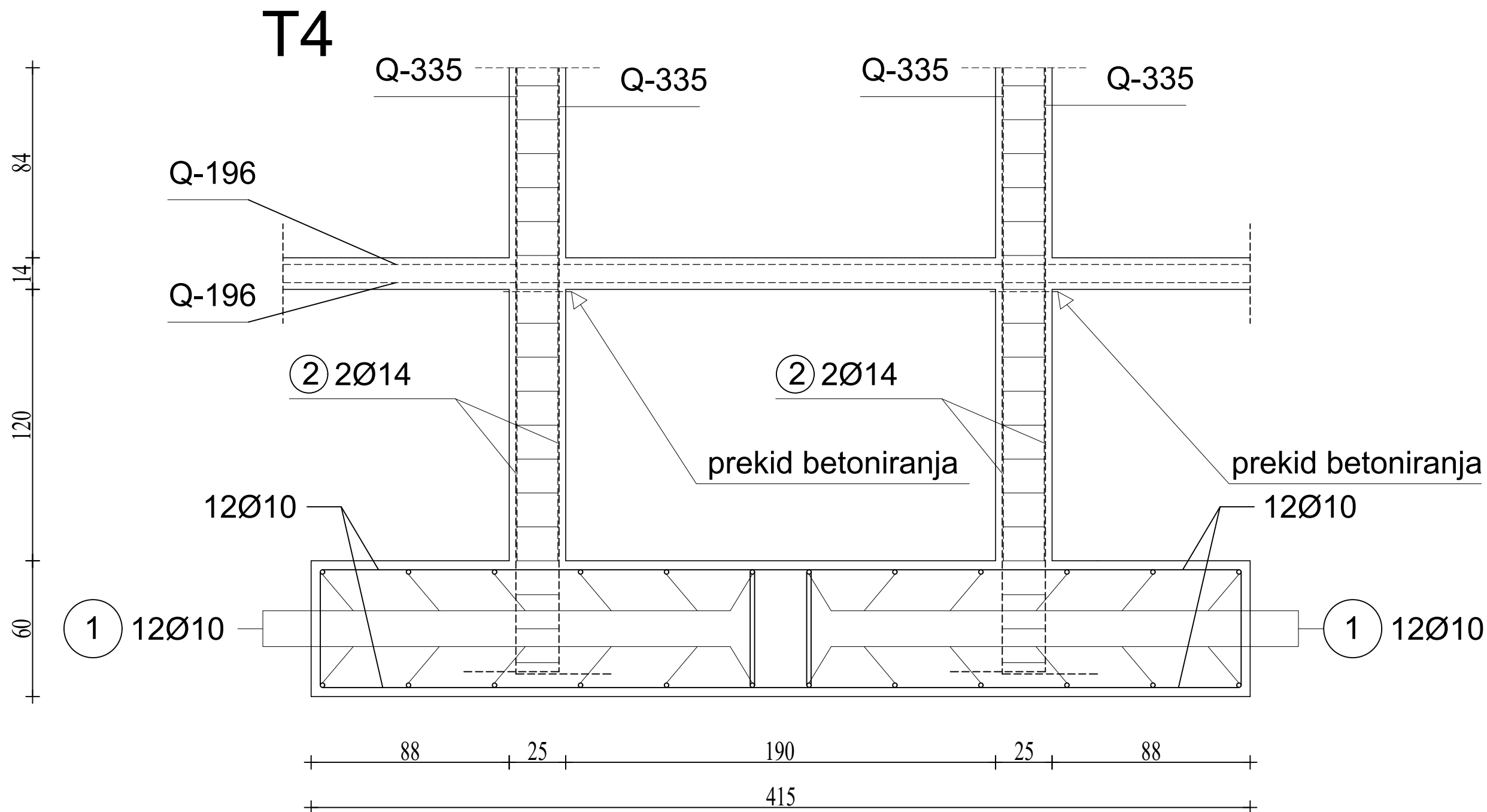



ARMATURA TEMELJA  
PRESJEK T3  
M 1:20



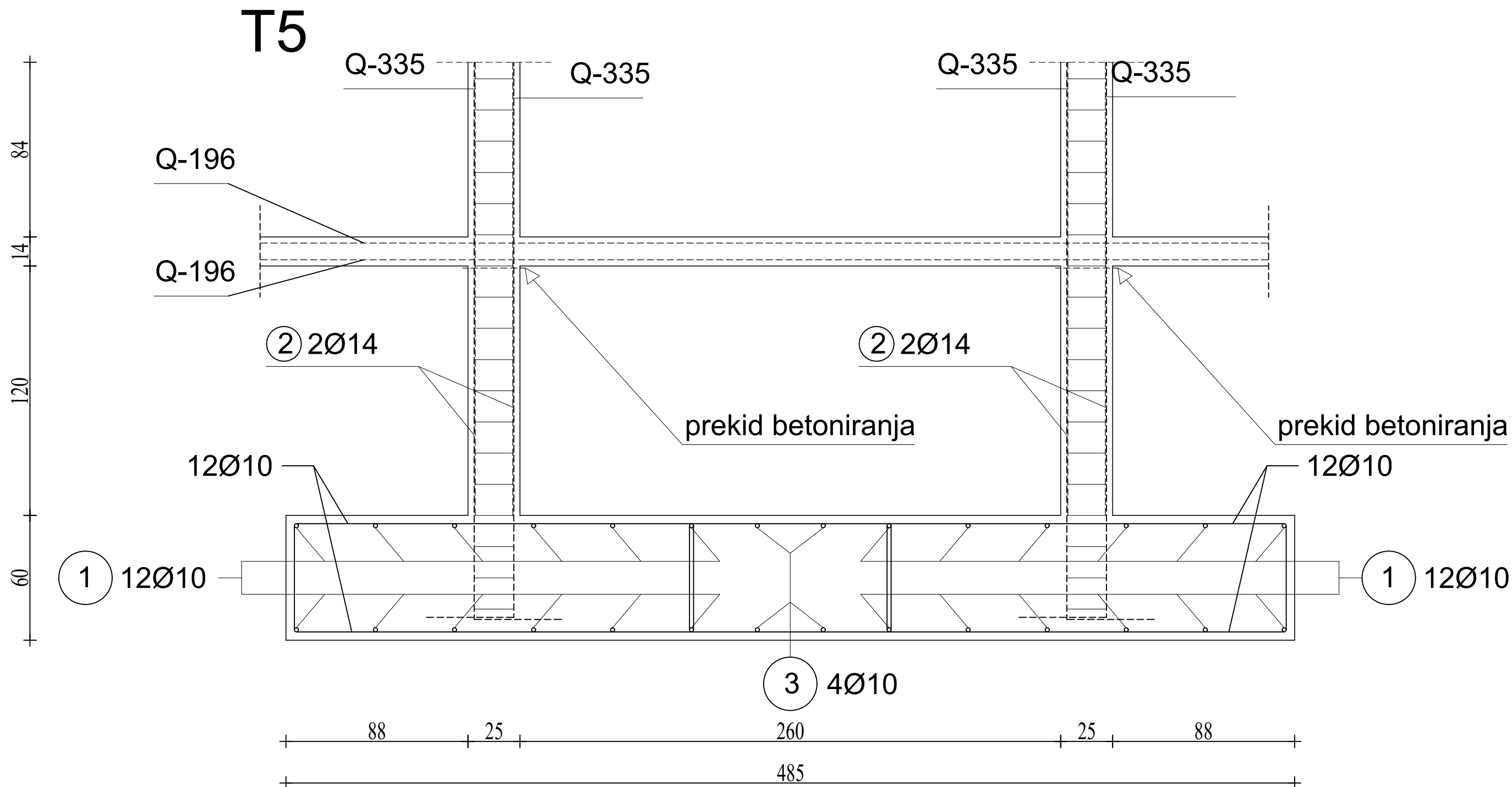
<p>SVELUČIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel. + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura temelja - presjek T3	BROJ PRILOGA: <b>27</b>

ARMATURA TEMELJA  
PRESJEK T4  
M 1:20



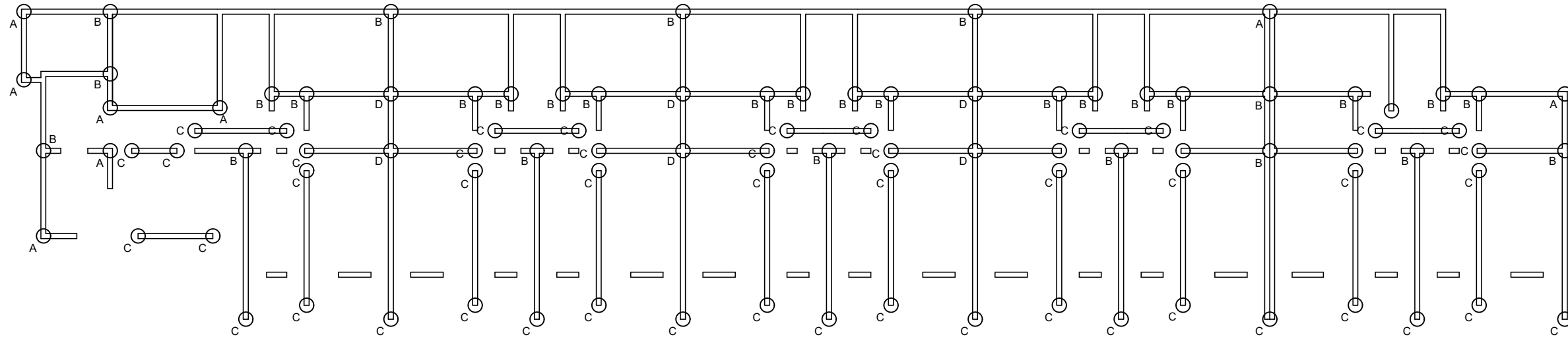
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel. + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura temelja - presjek T4	BROJ PRILOGA: <b>28</b>

ARMATURA TEMELJA  
PRESJEK T5  
M 1:20

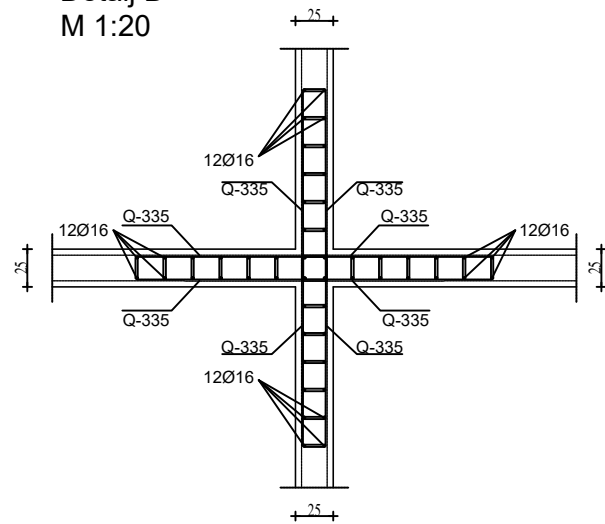


<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel. + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura temelja - presjek T5	BROJ PRILOGA: <b>29</b>

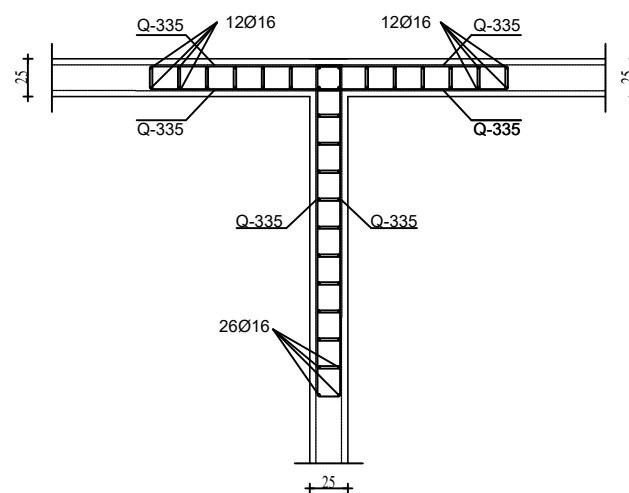
# PLAN POZICIJA I ARMATURA ZIDOVA M 1:250



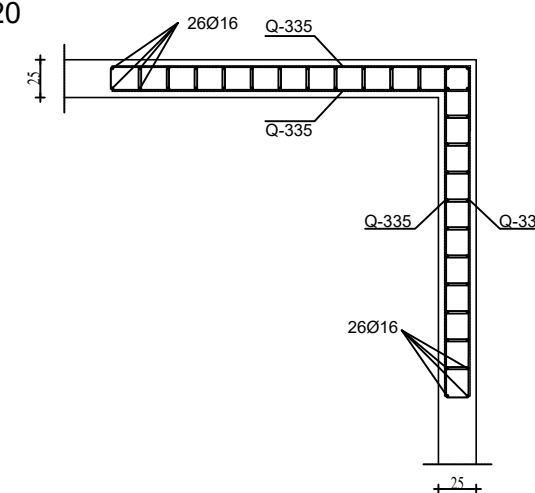
Detalj D  
M 1:20



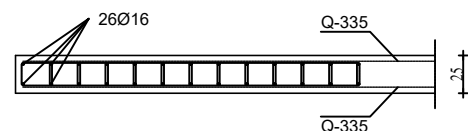
Detalj B  
M 1:20




Detalj A  
M 1:20

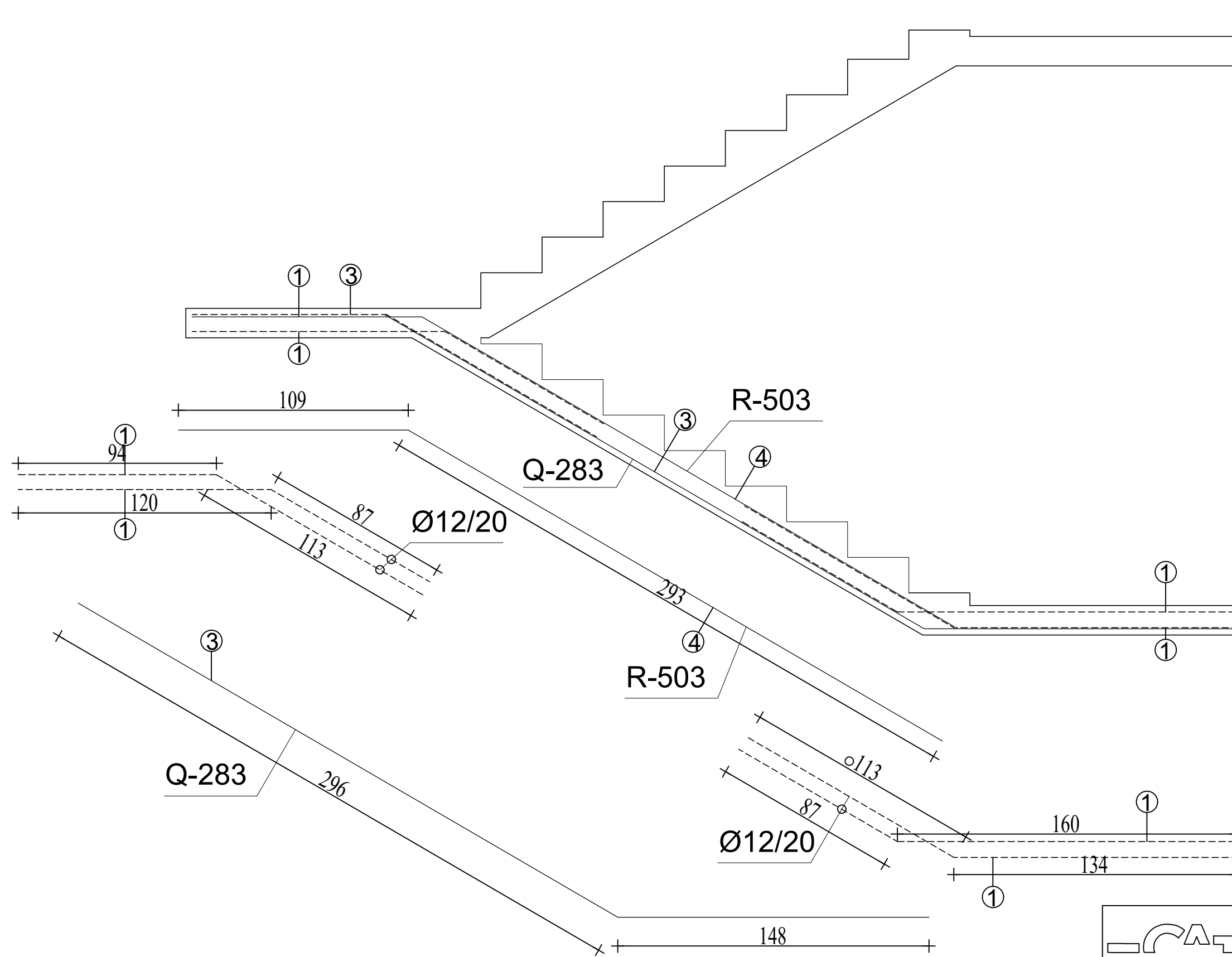



Detalj C  
M 1:20



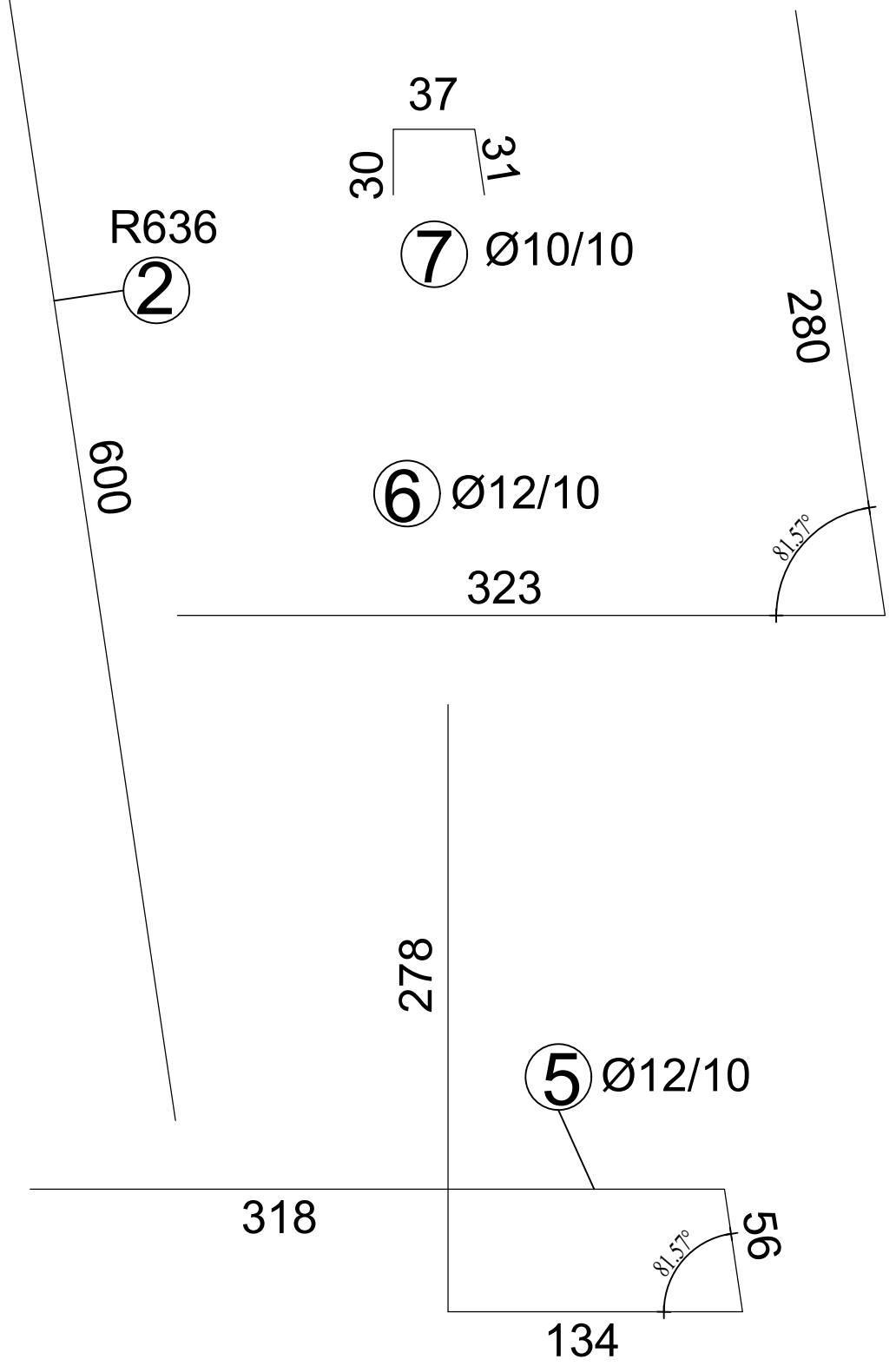
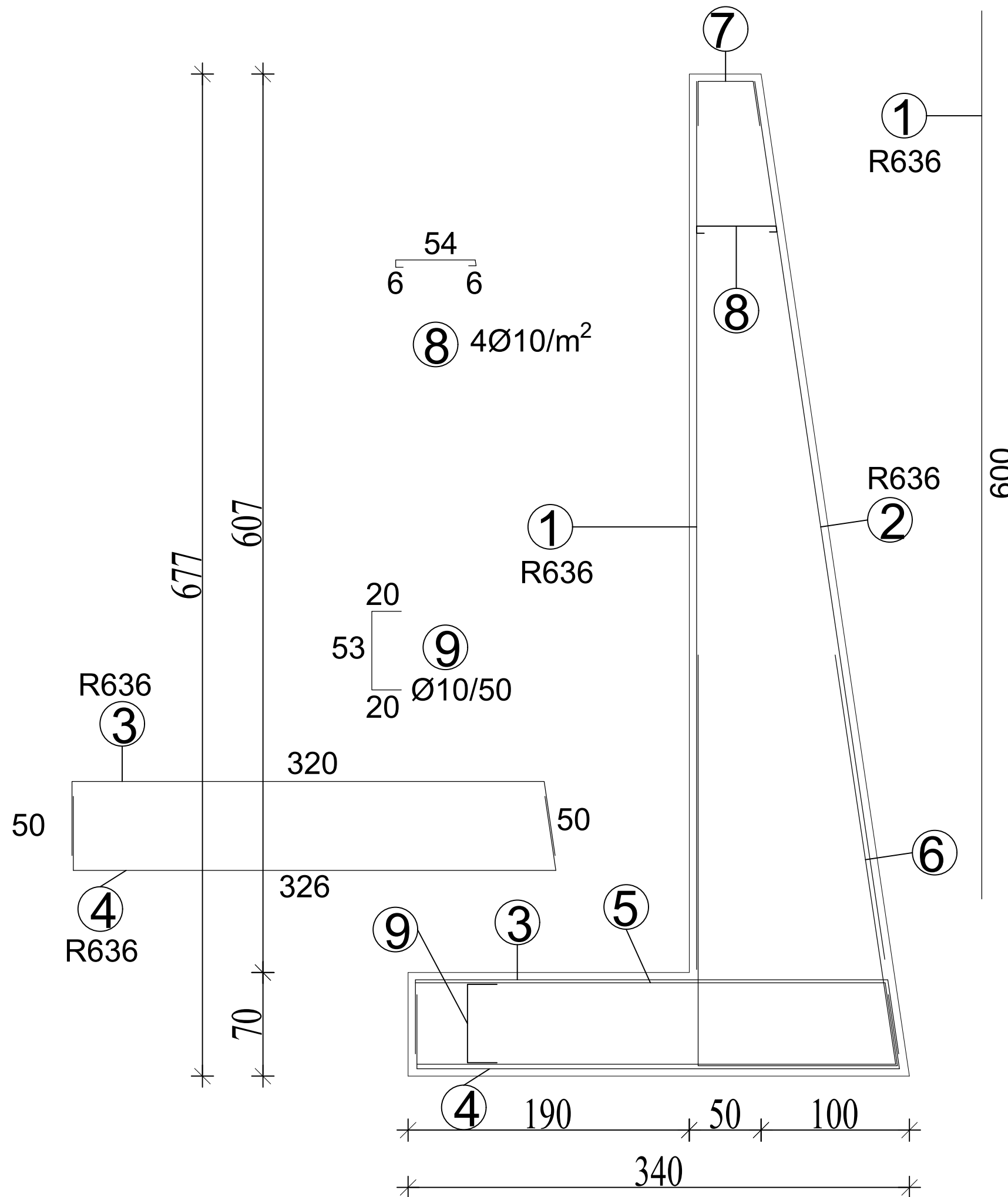
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vrtlića u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Plan pozicija i armatura zidova	BROJ PRILOGA: <b>30</b>

# ARMATURA STUBIŠTA M 1:20



 <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: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura stubišta	BROJ PRILOGA: 31

# ARMATURA POTPORNOG ZIDA M 1:30



	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:30
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Fra Stjepana Vričića u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Antonio Galac
	SADRŽAJ: Armatura potpornog zida	BROJ PRILOGA: 32