

# Projekt zidane stambene zgrade u gradu Sinju

---

**Bandić, Jerko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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:123:139915>*

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

*Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-05***

*Repository / Repozitorij:*



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



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

**DIPLOMSKI RAD**

**Jerko Bandić**

**Split, 2021.**

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

**Jerko Bandić**

**Projekt zidane stambene zgrade u gradu Sinju**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

# **Projekt zidane stambene zgrade u gradu Sinju**

## ***Sažetak:***

U ovom diplomskom radu je prikazan proračun stambene zgrade sa konstruktivnim sustavom od zidanih zidova. Potresna otpornost konstrukcije određena je pojednostavljenim proračnom prema pravilima za jednostavne zidane zgrade. Proveden je proračun i analiza ploča i temelja na djelovanja vertikalnog opterećenja. Iz proračuna su dobivene rezne sile u elementima konstrukcije koji su prema tome i armirani.

## ***Ključne riječi:***

Zidana zgrada, armirani beton, potresna otpornost, stambena zgrada, Sinj

# **Project of the residential building in the city of Sinj**

## ***Abstract:***

The thesis of this graduate work is calculation of the residential building with structural system made of masonry walls. Seismic resistance is determined by the simplified calculation, according to rules for simple masonry building. The calculation and the analysis of plates and foundations is made due to vertical load. Internal forces in the construction elements were calculated, which were accordingly reinforced.

## ***Keywords:***

Masonry building, reinforced concrete, seismic resistance, residential building, Sinj

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

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Jerko Bandić**

**MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083218572**

**KATEDRA: Katedra za građevinske materijale**

**PREDMET: Zidane konstrukcije**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Projekt zidane stambene zgrade u gradu Sinju

Opis zadatka: Potrebno je izraditi projekt zidane zgrade na određenoj lokaciji u gradu Sinju, katnosti 4 etaže. Nosiva konstrukcija predmetne građevine je zidana, omeđena armiranobetonskim serklažima. Međukatnu konstrukciju čine armiranobetonske ploče. Potrebno je analizirati i opisati koncept nosive konstrukcije, djelovanja i njihove kombinacije, vrstu i svojstva gradiva, podatke o tlu i način temeljenja građevine. Proračunati horizontalne i vertikalne nosive elemente konstrukcije, te proračunati naprezanja u tlu ispod temelja i dimenzionirati temelje. Izraditi građevinske nacrte, planove pozicija i armaturne planove. Proračunom je potrebno dokazati mehaničku otpornost i stabilnost konstrukcije prema važećim europskim normama, dopunjeno podacima o opterećenjima prema odgovarajućim hrvatskim normama, propisima i pravilnicima.

U Splitu, 01.ožujka 2021.

Voditelj Diplomskog rada:

doc.dr.sc. Goran Baloević

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Doc.dr.sc. Ivo Andrić

Komentor:

dr.sc. Ante Buzov



**Tema:** Projekt zidane stambene zgrade u gradu Sinju

Potrebno je za zadalu geometriju građevine i podatke:

- Analizirati koncept nosive konstrukcije
- Opisati nosivu konstrukciju, djelovanja, kombinacije djelovanja, vrstu i svojstva gradiva, podatke o tlu, načinu temeljenja.
- Proračunati horizontalne i vertikalne konstrukcije
- Proračunati naprezanja u tlu i dimenzionirati temelje.
- Izraditi građevinske nacrte, planove pozicija i armaturne planove

**Zadano:**

- geometrija prema skici
- ziđe blok opeka tlačne čvrstoće  $f_b=10.0$  MPa, mort **M10**
- razred tlačne čvrstoće betona prema konstruktivnom elementu i razredu izloženosti
- armatura B500B
- područje izgradnje objekta: Sinj
- računska nosivost tla:  $\sigma_{Rd}=450.0$  kPa

Proračun provesti u skladu s:

- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17) ([www.nn.hr](http://www.nn.hr))
- HRN EN 1991: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije
- HRN EN 1996: Projektiranje zidanih konstrukcija
- HRN EN 1997: Geotehničko projektiranje
- HRN EN 1998: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres

**Student: Jerko Bandić**

Split, ak. god. 2020/21.

Mentor:  
doc.dr.sc. **Goran Baloević**  
[goran.baloevic@gradst.hr](mailto:goran.baloevic@gradst.hr)

Komentor:  
dr.sc. **Ante Buzov**  
[ante.buzov@gradst.hr](mailto:ante.buzov@gradst.hr)

*Zahvaljujem mentoru doc. dr .sc. Goranu Baloeviću i komentoru dr.sc. Anti Buzovu na stručnoj pomoći i suradnji tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Posebnu zahvalnost dugujem svojim roditeljima i prijateljima koji su uvijek bili tu i podržavali me tijekom studiranja.*

## Sadržaj

1	ZIDANE KONSTRUKCIJE .....	1
1.1	Općenito o zidanim konstrukcijama .....	1
1.2	Vrste zidnih elemenata .....	1
1.3	Svojstva zidnih elemenata .....	3
1.4	Mort .....	4
1.5	Vrste ziđa.....	7
1.5.1	Nearmirano ziđe .....	7
1.5.2	Armirano ziđe.....	7
1.5.3	Omeđeno ziđe.....	8
1.6	Mehanička svojstva ziđa.....	9
1.6.1	Tlačna čvrstoća ziđa $f_k$ .....	9
1.6.2	Posmična čvrstoća ziđa $f_{vk}$ .....	11
1.6.3	Savojna čvrstoća ziđa .....	14
1.6.4	Vlačna čvrstoća ziđa.....	15
1.7	Deformacijska svojstva ziđa.....	16
1.7.1	Module elastičnosti .....	16
1.7.2	Modul posmika $G$ .....	17
2	TEHNIČKI OPIS .....	18
2.1	Konstruktivne pojedinosti.....	19
3	MATERIJALI .....	20
3.1	Zidni element.....	20
3.2	Beton.....	22
3.3	Armatura.....	23
4	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	25
4.1	Stalno opterećenje.....	26
4.1.1	Vlastita težina.....	26

4.1.2	Dodatno stalno opterećenje .....	26
4.2	Promjenjivo opterećenje .....	27
4.2.1	Korisno opterećenje.....	27
4.2.2	Opterećenje snijegom.....	27
4.2.3	Opterećenje vjetrom .....	28
4.3	Izvanredno opterećenje.....	36
4.3.1	Seizmičko opterećenje.....	36
5	DIMENZIONIRANJE .....	41
5.1	Dimenzioniranje ploča.....	41
5.1.1	Ploče pozicija 100 .....	42
5.1.2	Ploče pozicija 200, 300 .....	50
5.1.3	Ploča pozicije 400 (krovna ploča) .....	58
5.2	Dimenzioniranje stubišta .....	65
5.2.1	Stubište .....	65
6	POJEDNOSTAVLJENI PRORAČUN ZIDOVA .....	72
6.1	Izračun udjela nosivih zidova u ukupnoj površini etaže.....	73
6.2	Vertikalno djelovanje .....	77
6.3	Proračun zidova na djelovanje potresa .....	85
6.3.1	Proračun sile od potresa .....	85
6.3.2	Razdioba potresne sile po zidovima.....	87
6.3.3	Dokaz nosivosti .....	88
6.4	Proračun zidova na pritisak tla .....	92
6.5	Proračun temelja .....	96
7	Literatura .....	99

## 1 ZIDANE KONSTRUKCIJE

### 1.1 Općenito o zidanim konstrukcijama

Konstrukcije izvedene od zidnih elemenata (opeke ili blokova) koji se povezuju vezivom (mortom) se nazivaju zidane konstrukcije. Mogu biti izvedene zidanjem na gradilištu ili se izvoditi kao predgotovljeni zidovi u tvornici koji se na gradilištu spajaju u jednu cjelinu.

Zidni element je građevinski proizvod koji dolazi predgotovljen, a namijenjen je za izvedbu ziđa. Građevinski kompozit nastaje naizmjeničnim polaganjem zidnih elemenata između vezivnog materijala, što omogućava postizanje raznovrsnih struktura i tekstura zidanih konstrukcija.

Glavne prednosti zidanih konstrukcija su jednostavna i brza gradnja, dobra protupožarna otpornost, dobra termoizolacijska svojstva, dobra izolacijska svojstva od buke, niska cijena, velika otpornost na vertikalna djelovanja.

Velik nedostatak zidanih konstrukcija je loša otpornost na horizontalna djelovanja, a to se najviše pokazuje kod potresnih opterećenja. Razlog tome leži u mehaničkim svojstvima zidnih elemenata, u samoj njihovoj geometrijskoj konfiguraciji kao i u nedostatnom učinku spojeva između konstrukcijskih elemenata.

Za proračun zidanih konstrukcija se koristi Eurocode 6, a proračun na potresno djelovanje se vrši prema Eurocode 8.

### 1.2 Vrste zidnih elemenata

Zidne elemente dijelimo na više načina kao što su: prema materijalu od kojeg su izrađeni, postotku šupljina, kontroli proizvodnje, itd.

Prema vrsti matrijala postoje:

- Glineni zidni elementi (opeka, opečni blokovi) – proizvode se pečenjem elemenata od sirove gline na visokim temperaturama
- Vapneno-silikatne zidne elemente (kalcijsko-silikatni) – proizvode se pod visokim tlakom i parom od smjese silicijskog – agregata, vapna i drugih materijala
- Betonski zidni elementi – proizvode se od cementa i kamenog agregata ili drugih materijala, obrađene pod tlakom ili vibriranjem

- Betonski zidni elementi od lakog agregata – proizvode se od smjese lakog agregata, načeve ekspandirane šljake visokih peći ili ekspandirane gline, i veziva, te se ugrađuju u kalupe uz vibriranje
- Porasti betonski zidni elementi (aerirani i autoklavirani) – proizvode se od smjese finog silicijskog agregata, cementa, vapna i dodataka za stvaranje mjehurića, obrađene u autoklavama i oblikovane rezanjem
- Kameni zidni elementi – napravljeni od blokova kamenja, pravilni komadi određenih dimenzija nastaju klesanjem ili rezanjem komada kamenja, a nepravilni se dobivaju lomljenjem



Slika 1 Neke vrste zidnih elemenata[1]

Zidne elemente prema kontroli proizvodnje dijelimo u dvije kategorije:

- Zidni elementi I. kategorije – oni proizvodi za koje je proizvođač osigurao stalnu kontrolu kvalitete prema odgovarajućim normama i koji u pošiljci imaju deklariranu tlačnu čvrstoću s 5% fraktila
- Zidni elementi II. kategorije – oni koji imaju srednju vrijednost tlačne čvrstoće jednaku deklariranoj, ali ne ispunjavaju dodatne kriterije koji vrijede za I. kategoriju elemenata

Prema postotku šupljina zidne elemente dijelimo na četiri skupine, kao što je prikazano u tablici u nastavku. [1]

Tablica 1 Podjela zidnih elemenata s obizirom na postotak šupljina

Skupina 1 (svi materijali)	Materijali i ograničenja za zidne elemente				
	Zidni elementi	Skupina 2		Skupina 3	Skupina 4
		Vertikalne šupljine		Horizontalne šupljine	
Obujam svih šupljina (% od bruto obujma)	$\leq 25$	opečni	$> 25; \leq 55$	$\geq 25; \leq 70$	$\geq 25; \leq 70$
		vapneno silikatni	$> 25; \leq 55$	ne upotrebljava se	ne upotrebljava se
		betonski <sup>b</sup>	$> 25; \leq 60$	$\geq 25; \leq 70$	$\geq 25; \leq 50$
Obujam bilo koje šupljine (% od bruto obujma)	$\leq 12,5$	opečni	svaka od višestrukih šupljina $\leq 2$ udubine za prihvati do ukupno 12,5	svaka od višestrukih šupljina $\leq 2$ udubine za prihvati do ukupno 12,5	svaka od više šupljina $\leq 30$
		vapneno silikatni	svaka od višestrukih šupljina $\leq 15$ udubine za prihvati do ukupno 30	ne upotrebljava se	ne upotrebljava se
		betonski <sup>b</sup>	svaka od višestrukih šupljina $\leq 30$ udubine za prihvati do ukupno 30	svaka od višestrukih šupljina $\leq 30$ udubine za prihvati do ukupno 30	svaka od višestrukih šupljina $\leq 25$
Objavljene vrijednosti debljina unutarnjih i vanjskih stijenki	Nema zahtjeva		unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka
		opečni	$\geq 5$	$\geq 8$	$\geq 3$
		vapneno silikatni	$\geq 5$	$\geq 10$	ne upotrebljava se
		betonski <sup>b</sup>	$\geq 15$	$\geq 18$	$\geq 15$
Objavljena vrijednost kombinirane debljine unutarnjih i vanjskih stijenki (% ukupne širine)	Nema zahtjeva	opečni	$\geq 16$		$\geq 12$
		vapneno silikatni	$\geq 20$		ne upotrebljava se
		betonski <sup>b</sup>	$\geq 18$		$\geq 15$
				$\geq 45$	

<sup>a</sup> Kombinirana debljina je debljina unutarnje stijenke i vanjske stijenke mjerena horizontalno u odgovarajućem smjeru. Ovu provjeru treba shvatiti kao kvalifikacijsko ispitivanje koje treba ponoviti u slučaju glavnih promjena dimenzija zidnih elemenata.

<sup>b</sup> U slučaju stožastih šupljina ili čelijastih šupljina, treba računati sa srednjom vrijednosti debljine vanjskih i unutarnjih stijenki.

### 1.3 Svojstva zidnih elemenata

Osnovna svojstva zidnih elemenata su tlačna čvrstoća i trajnost. Do sada se zidni element nazivao po tlačnoj čvrstoći, ali uz to treba uzeti u obzir i oblik, širinu i visinu, zbog toga što, na primjer, kod blokova manje visine imamo veći broj horizontalnih sljubnica morta koje su najslabiji dio ziđa. Zbog toga se prešlo na takozvanu normaliziranu tlačnu čvrstoću zidnog elementa  $f_b$ . Normalizirana tlačna čvrstoća zidnog elementa  $f_b$  je tlačna čvrstoća zidog elementa svedena na tlačnu čvrstoću za zraku sušenog zidnog uzorka širine 100 mm i visine 100 mm, a duljina zidnog elementa nije mjerodavna. Srednja tlačna čvrstoća dobiva se eksperimentalno

(uzorci moraju biti uronjeni 24 sata u vodu) te se pretvara u normaliziranu tlačnu čvrstoću  $f_b$  za suhe zidne elemente na način da se pomnoži s koeficijentom 1,10 za blokove od pečene gline, a za sve ostale blokove s 1,20. Potom se dobivene vrijednosti množe s faktorom oblika  $\delta$ , koji je prikazan u tablici ispod.

**Tablica 2 Faktor oblika**

Visina zidnog elementa (mm)	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	$\geq 250$
50	0.85	0.75	0.70	-	-
65	0.95	0.85	0.75	0.70	0.65
100	1.15	1.00	0.90	0.80	0.75
150	1.30	1.20	1.10	1.00	0.95
200	1.45	1.35	1.25	1.15	1.10
$\geq 250$	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15

Zidni elementi moraju imati srednju tlačnu čvrstoću na tlak okomito na horizontalnu sljubnicu morta (vertikalno) minimalno  $2.5 \text{ N/mm}^2$ . Paralelno kroz horizontalnu sljubnicu morta u ravnini zida tlačna čvrstoća mora biti minimalno  $2.0 \text{ N/mm}^2$ .

## 1.4 Mort

Mort je vezivni materijal koji nastaje miješanjem anorganskog veziva, agregata i vode, a po potrebi mu se mogu dodavati i aditivi za povećanje vodonepropusnosti, čvrstoće, plastificiranje, itd. Svrha morta je povezivanje zidnih elemenata čime se ostvaruje čvrstoća ziđa. Omogućava međusobno povezivanje zidnih elemenata, neutralizaciju utjecaja geometrijskih nepravilnosti blokova te ravnomjernu raspodjelu tlačnih naprezanja.

Glavni sastojci morta su:

- vezivo: cement, gips, hidratizirano vapno, hidrauličko vapno,...
- agregat: pijesak ili neki drugi materijal koji zadovoljava norme
- voda: čista (ne smije sadržavati štetne tvari)

Za gradnju se može koristiti neki od navedenih mortova:

- cementni mort – mort izrađen od cementa, vode i pijeska uz dodavanje aditiva ako je to potrebno
- cementno-vapneni mort (produžni mort) – smjesa cementa, pijeska, vapna i vode
- hidraulični vapneni mort – smjesa hidratiziranog vapna, vode i pijeska

- unaprijed pripremljeni mort – gotova smjesa koja se u suhom stanju doprema na gradilište u vrećama ili već spreman za uporabu, uz dodatak usporivača vezanja
- tankoslojni mort – unaprijed pripravljen cementni mort sa zrnom pjeska maksimalne veličine do 1 mm sa kemijskim dodacima, debljina horizontalnih sljubnica kod ovog morta je 1-3 mm
- lakoagregatni mort – mort izrađen od lakog agregata (perlit, plovučac, ekspandirana glina), gustoće obično do 1000 kg/m<sup>3</sup>

Klasifikacija morta se vrši po njegovoj proračunskoj tlačnoj čvrstoći. Označava se slovom M, nakon kojeg se izražava tlačna čvrstoća iskazana u N/mm<sup>2</sup>. U većem dijelu propisa u svijetu se susrećemo sa prikazivanjem odnosa komponenti morta u volumenskom obliku, međutim maseni omjeri su mnogo precizniji i zbog toga bi trebalo težiti korištenju istih. U nastavku je prikazana tablica u kojoj su izraženi približni omjeri volumena komponenti za pojedine tlačne čvrstoće mortova. Ukoliko je tlačna čvrstoća morta manja ili značajno veća u odnosu na prikazane u tablici dopušteno je mijenjanje omjera komponenti da bi se postigla tražena tlačna čvrstoća, a to onda zahtijeva da se ispitivanjem dokaže svojstva takve mješavine.

Mort se klasificira prema proračunskoj tlačnoj čvrstoći, a označava se slovom M i iznosom tlačne čvrstoće u N/mm<sup>2</sup>. U većini propisa u svijetu odnos komponenata morta je određen volumenski, ali maseni omjeri su daleko precizniji i trebalo bi se težiti korištenju masenih omjera. U tablici u nastavku prikaz približnih volumenskih sastava mortova različite tlačne čvrstoće. U slučaju kada je čvrstoća morta manja i značajno veća od one u tablici dozvoljeno je mijenjati omjere komponenata kako bi se postigla zadana tlačna čvrstoća, ali tada je potrebno ispitivanjem dokazati zahtijevanu čvrstoću.

**Tablica 3 Volumenski sastav morta**

Vrsta morta	Minimalna tlačna čvrstoća nakon 28 dana (N/mm <sup>2</sup> )	Približni sastav		
		cement	hidratizirano vapno	pjesak
M20	20	treba odrediti ispitivanjem		
M15	15	1	0 - 1/4	3
M10	10	1	1/4 - 1/2	4 - 4 1/4
M5	5	1	1/2 - 1 1/4	5 - 6
M2	2	1	1 1/4 - 2 1/2	8 - 9

Najslabiji dopušteni mort za izradu nearmiranog zida je M2, dok je za armirano i prednapeto ziđe to mort M5. Tankoslojni mortovi moraju biti najmanje oznake M5, što vrijedi i za lakoagregatne mortove.

Veću trajnost imaju čvršći mortovi, a to se postiže povećanjem sadržaja cementa. Međutim povećanjem čvrstoće se povećava i tendencija pojave pukotina u konstrukciji. Povećanu sposobnost na prilagođavanje pomacima se može postići uporabom slabijih mortova koji imaju manji sadžaj cementa, a veći vapna. Povećanje otpornosti na mraz se postiže dodavanjem plastifikatora, međutim uporabom plastifikatora se smanjuje prionjivost morta i otpornost na prodiranje kiše u konstrukciju.

Ako postoji potreba da se mortu dodaju neki aditivi kao što su plastifikatori ili usporivači vezanja, ili ako se dodaje agregat koji nije pjesak, takvom mortu je potrebno ispitati prionjivost na zidni element koja ne bi smjela biti smanjena u odnosu na onu koja je uspostavljena bez upotrebe tih dodataka.

## 1.5 Vrste zida

### 1.5.1 Nearmirano zidje

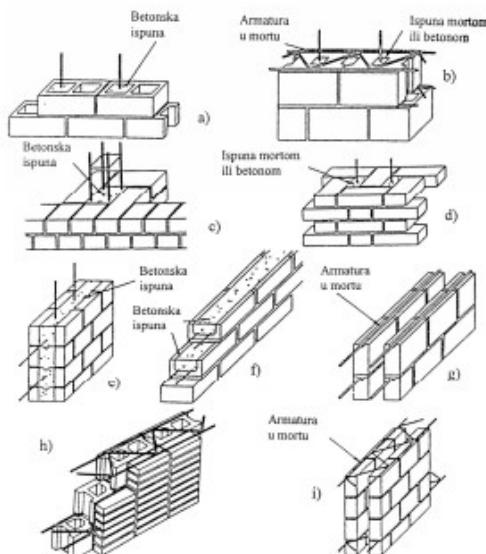
Nearmirano zidje je zidje kod kojeg se ne primjenjuju nikakva ojačanja koja bi mogla preuzeti vlačnu silu. Ukoliko se dogodi slom posmikom ovakvo zidje se ponaša kao krti konstrukcijski element sa ograničenom sposobnosti apsorpcije energije i dovoljna je samo jedna dijagonalna pukotina da dođe do ubrzanog krtog sloma. Iz tog razloga se rijetko koristi kod složenih konstrukcijskih zahtjeva.

### 1.5.2 Armirano zidje

Armiranje zida se vrši ugradnjom čeličnih šipki ili armaturnih mreža u mort ili beton. Time se postiže veća duktilnost i povoljnije ponašanje konstrukcije za različite vrste opterećenja. U usporedbi sa nearmiranim zidem armirano zidje ima puno veću otpornost na vlačna i posmična naprezanja, a to ima najveći utjecaj na povećanu otpornost na potresna opterećenja.

Zid je može armirati vertikalnom i horizontalnom armaturom. U mnogim slučajevima je dovoljno postaviti samo horizontalnu armaturu. Armatura koja se najčešće koristi je u obliku tanjih profila čelika (žica), pojedinačnih ili povezanih u razne oblike mreža ili rešetki. Kod zidnih elemenata koji su oblikovani tako da tvore horizontalni žlijeb u zidu ili su takvi da imaju veće vertikalne šupljine, armatura se može postaviti u te šupljine.

Kod zidova sa većom duljinom, kao i kod armiranih betonskih elemenata, treba voditi računa o nastavljanju armature u uzdužnom smjeru zavarivanjem ili preklapanjem.

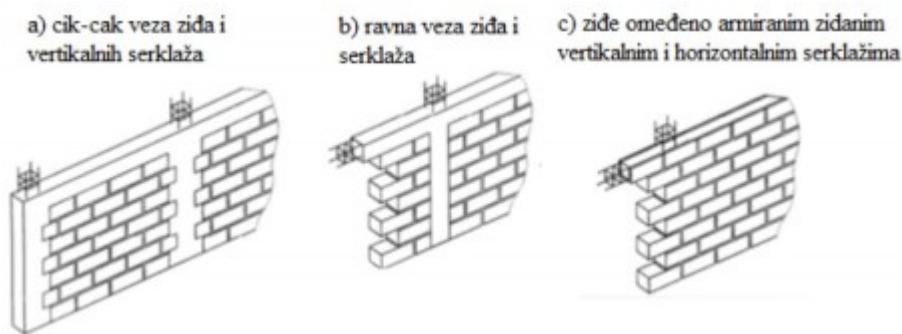


Slika 2 Vrste armiranog zida [ 1]

### 1.5.3 Omeđeno zide

Omeđeno ziđe je ziđe koje se nakon zidanja ojačava i poveziva armiranobetonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima koji djeluju zajedno sa ziđem. Uloga serklaža je da povećaju nosivost ziđa na tlak, posmik, savijanje i na opterećenja koja djeluju okomito i u ravnini samog ziđa. Također smanjuju i deformacije ziđa i omogućavaju stvaranje tlačnih dijagonala pri horizontalnom djelovanju. Iz tog razloga je uloga serklaža posebno bitna pri potresnom djelovanju.

Uloga vertikalnih serklaža je uglavnom preuzimanje vlačnih naprezanja, dok horizontalni serklaži preraspodjeljuju vertikalna opterećenja na ziđe, posebno pri pojavi koncentriranih sila.



Slika 3 Vrste omeđenog ziđa[1]

Važno je razlikovati omeđeno ziđe i okvire ispunjene ziđem. Ziđe se u takvom okviru ponaša tako da povećava krutost i otpornost na horizontalne sile te time poboljšava svojstva preuzimanja i trošenja seizmičkih sila. Međutim, zbog povećanja krutosti okviri s ispunom preuzimaju veću silu potresa nego što bi bila bez ispune.

Slabo poznavanje okvira s ispunom i nedostatak podataka o njihovom ponašanju, nosivosti i krutosti je dovelo do toga da je njihova upotreba ograničena propisima.

## 1.6 Mehanička svojstva zida

### 1.6.1 Tlačna čvrstoća zida $f_k$

Ziđe opterećeno jedoosnim tlakom uglavnom dostiže slom razvojem vlačnih pukotina u pravcu paralelnom sa pravcem djelovanja opterećenja, koja nastaju kao rezultat vlačnih naprezanja okomitih na smjer glavnih tlačnih naprezanja. Čvrstoća zida u tlaku je manja od nominalne tlačne čvrstoće bloka od kojeg je ziđe izrađeno, nasuprot tome čvrstoća zida može značajno prekoračiti slomnu tlačnu čvrstoću kocke morta.

Opća svojstva:

- sekundarno vlačno naprezanje, koje uzrokuje pukotinski slom zida, nastaje zbog spriječenih deformacija morta u sljubnicama zida
- prividna tlačna čvrstoća bloka u standardnim ispitivanjima na tlak nije prava mjera čvrstoće bloka u zidu, jer je način sloma različit
- mort može podnijeti povećana tlačna naprezanja u sljubnicama zbog pojave višeosnog stanja naprezanja

Karakterističnu tlačnu čvrstoću zida  $f_k$  se može odrediti iz granične čvrstoće zida visine kata koje se ispituje do sloma ili iz čvrstoće manjih uzoraka zida. Upotrebljavaju se materijali, način zidanja i vez onakvi kakvi bi se koristili i u stvarnosti. Mjeri se i zapisuje vлага u zidnom elementu u trenutku polaganja u sloj morta. Određuje se normalizirana tlačna čvrstoća  $f_b$  zidnog elementa. Ako dolazi do promjene čvrstoće zidnog elementa s vremenom, onda je potrebno njihovu tlačnu čvrstoću ispitati kada se ispituje i ziđe. Upotrebljava se mort koji je potrebno pripremiti na način da mu se sastojci vežu, a količine sastojaka se određuju po volumnim omjerima suhog materijala koji odgovaraju za određenu vrstu morta. Ukoliko se, kao što je uobičajeno, koristi vlažni pijesak, potrebno je uzeti u obzir količinu vlage. Koriste se najmanje tri uzorka, visina svakog uzorka zida mora biti minimano tri puta veća od širine uzorka, pet puta veća od visine zidnog elementa te veća od duljine uzorka. Ispitivanje zidova se vrši nakon 7 ili 28 dana starosti ili kada se dosegne određena čvrstoća morta. Uzorak se postavlja centrično, na način da se uzdužna os stroja za ispitivanje i uzdužna os uzorka poklope. Opterećivanje se vrši jednolikom površinom na vrhu i dnu zida. Neprekidno se povećava te se slom dosegne nakon 15 do 30 minuta ispitivanja. S pomoću četiri ekstenzometra, elektronska uređaja, mjeri se deformacije uzorka u vertikalnom smjeru. Ekstenzometri se postavljaju po dva na pojedinu plohu zida, a za relativnu deformaciju uzorka se uzima srednja vrijednost očitanja na svakom

pojedinom ekstenziometru. Potrebno je izdvojiti iznos izmjereno relativne deformacije  $\varepsilon_{1/3}$ , za silu iznosa jedne trećine maksimalne sile.

Rezultati ispitivanja tlačne čvrstoće prikazuju se u tablici ili preko izraza:

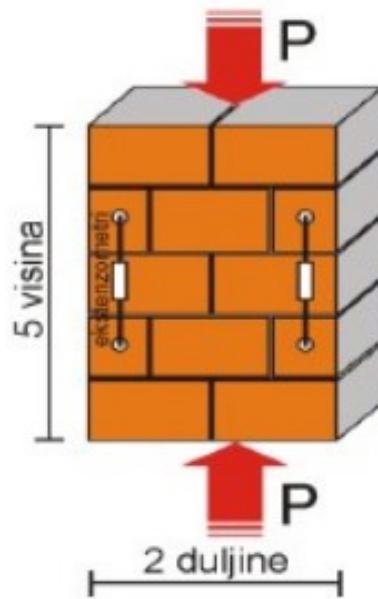
$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$$

Gdje je:

- $f_k$  – karakteristična tlačna čvrstoća ziđa u N/mm<sup>2</sup>
- $K$  – koeficijent ovisan o razredu bloka i tipu morta, prikazan u tablici u nastavku
- $f_b$  – normalizirana srednja tlačna čvrstoća zidnog elementa u N/mm<sup>2</sup>
- $f_m$  – tlačna čvrstoća morta u N/mm<sup>2</sup>
- $\alpha, \beta$ -konstante

**Tablica 4 Koeficijent K za različite vrste morta i tipove zidnih elemenata**

Zidni elementi		Mort opće namjene	Tankoslojni mort (horiz. sljubnica $\geq 0,5$ mm i $\leq 3$ mm)	Lagani mort obujamske mase	
				$600 \leq \rho_s \leq 800 \text{ kg/m}^3$	$800 < \rho_s \leq 1300 \text{ kg/m}^3$
Opečni	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vapnenosilikatni	Skupina 1	0,55	0,80	‡	‡
	Skupina 2	0,45	0,65	‡	‡
Betonски	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	‡	‡
	Skupina 4	0,35	‡	‡	‡
Porasti beton	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Umjetni kamen	Skupina 1	0,45	0,75	‡	‡
Obrađeni prirodni kamen	Skupina 1	0,45	‡	‡	‡
‡ Kombinacija morta i zidnih elemenata koja se obilno ne upotrebljava pa vrijednosti nisu dane.					



Slika 4 Ispitivanje tlačne čvrstoće zida [1]

Ukoliko nema na raspolaganju eksperimentalno dobivenih podataka o tlačnoj čvrstoći ziđa, karakterističnu tlačnu čvrstoću ziđa se može odrediti, ovisno o vrsti morta kao:

- mort opće namjene  $f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3}$  ( $\text{N/mm}^2$ )
- tankoslojni mort, opeka skupine 1 i 4, ostali blokovi  $f_k = 0.8 \cdot f_b^{0.85}$  ( $\text{N/mm}^2$ )
- tankoslojni mort, opeka skupine 2 i 3  $f_k = 0.8 \cdot f_b^{0.65}$  ( $\text{N/mm}^2$ )

### 1.6.2 Posmična čvrstoća ziđa $f_{vk}$

Zidane konstrukcije su najčešće podvrgnute istovremenom djelovanju posmičnih i tlačnih opterećenja. Poznato nam je da posmična čvrstoća opada s porastom visine zida, a raste s povećanjem debljine zida.

Do sloma zidnih panela zbog djevanja posmika uglavnom dolazi u dijagonalnom vlaku. Pri malom predtlačnom naprezanju, dolazi do pojave stepenastih pukotina uglavnom uzduž sljubnica, pod kutem od približno  $45^\circ$ . Ukoliko se predtlačno naprezanje poveća, glavna vlačna naprezanja prouzrokuju slom pod većim kutem u odnosu na horizontalnu ravninu, te pukotine prolaze vertikalno kroz sljubnice. Predloženo je da se za kriterij sloma uzme kritična vrijednost glavnih vlačnih naprezanja. Pojava prve pukotine u ziđu je usuglašena s ovakvim kriterijem, ali

do pojave vrijednosti glavnog vlačnog naprezanja pri slomu dolazi tek nakon povećavanja predtlačnog naprezanja.

Karakteristična posmična čvrstoća zida  $f_{vk}$  je ona čvrstoća za koju se smatra da više od 5% rezultata ispitivanja te čvrstoće neće biti manje od njenog iznosa. Vrijednost karakteristične posmične čvrstoće se može dobiti eksperimentalno ispitivanjem određenog broja uzoraka, ispitivanje na nekom izvedenom zidu ili iz karakterističnih čvrstoća.

Karakterističnu posmičnu čvrstoću nearmiranog zida  $f_{vk}$ , uz zadovoljen uvjet da su sljubnice, i horizontalne i vertikalne, ispunjene mortom, može se uzeti kao manja vrijednost od:

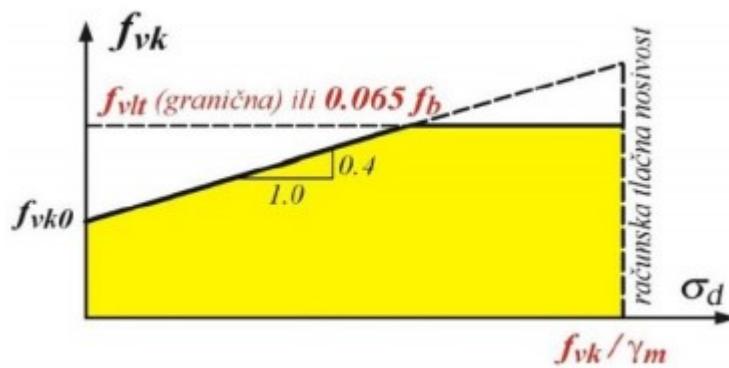
$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

ili

$$f_{vk} = 0.065 \cdot f_b ,$$

ali ne manja od  $f_{vk0}$  i ne veća od granične vrijednosti  $f_{vlt}$ , gdje su:

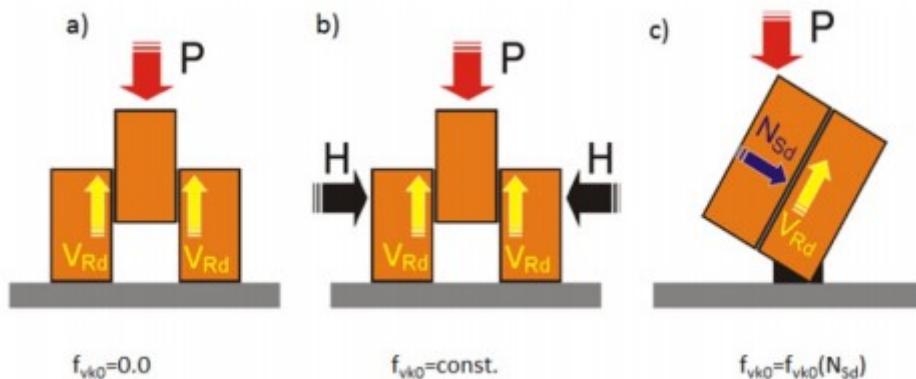
- $f_{vk0}$  – karakteristična posmična čvrstoća, pri nultom tlačnom naprezanju
- $f_{vlt}$  – limitirajuća vrijednost od  $f_{vk}$
- $\sigma_d$  – proračunsko tlačno naprezanje okomito na posmik u zidu na razini na kojoj se promatra, uzimajući u obzir odgovarajuću kombinaciju opterećenja koja se bazira na jednolikoj raspodjeli naprezanja u tlačnom dijelu zida koji pruža posmičnu nosivost
- $f_b$  – normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata za smjer djelovanja opterećenja na ispitane uzorce, okomito na naliježuću površinu



Slika 5 Ovisnost posmične čvrstoće i tlačnog naprezanja [1]

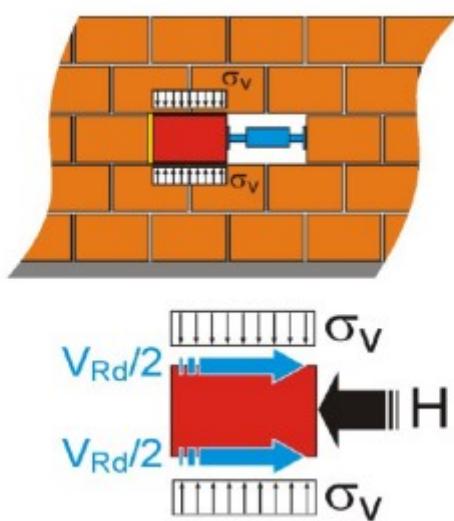
Eksperimentalno ispitivanje posmične čvrstoće  $f_{vk}$  se vrši na uzorcima:

- bez normalnog naprezanja
- dodavanjem normalnog naprezanja
- s uvijek prisutnim tlačnim naprezanjem



Slika 6 Ispitivanje posmične čvrstoće zida [1]

Da bi se ispitala posmična čvrstoća ziđa u nekoj postojećoj građevini, treba se ukloniti barem jedan element na čije se onda mjesto postavlja uređaj za nanošenje sile. Potrebno je ukloniti mort iz vertikalnih sljubnica ispred i iza ekimenta na kojem se vrši ispitivanje i koji će se pomaknuti. Sila se postepeno povećava sve dok ne dođe do pojave posmičnog sloma. Naprezanje na horizontalnoj sljubnici se treba izračunati.

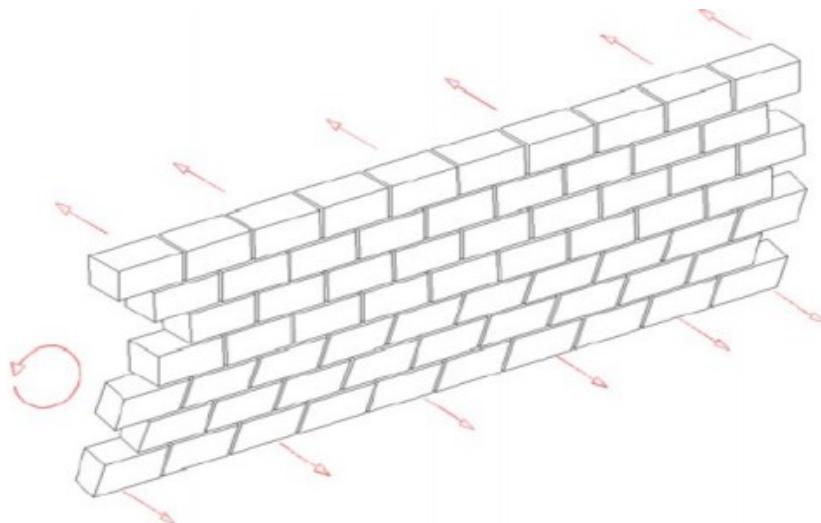


Slika 7 Ispitivanje posmične čvrstoće zida "in situ" [1]

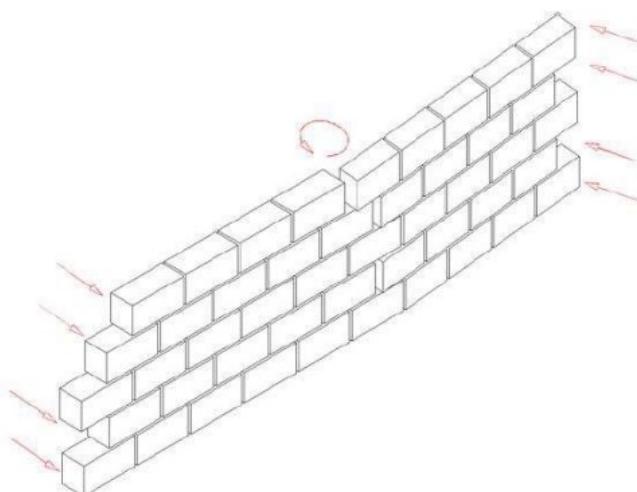
### 1.6.3 Savojna čvrstoća zida

Karakteristična čvrstoća nearmiranog ziđa na savijanje  $f_{xk}$  je čvrstoća za koju možemo reći da ispod nje ne pada više od 5% rezultata ispitivanja. Za savijanje ziđa izvan ravnine razlikujemo dvije situacije:

- čvrstoća na savijanje u slučaju kada je ravnina otkazivanja paralelna horizontalnim sljubnicama  $f_{xk1}$
- čvrstoća na savijanje u slučaju kada je ravnina otkazivanja paralelna vertikalnim sljubnicama  $f_{xk2}$



Slika 8 Ravnina otkazivanja paralelna horizontalnim sljubnicama  $f_{xk1}$  [1]



Slika 9 Ravnina otkazivanja paralelna vertikalnim sljubnicama  $f_{xk2}$  [1]

Karakteristična vrijednost čvrstoća na savijanje  $f_{xk1}$  i  $f_{xk2}$  određuje se ispitivanjem. U slučaju kada ispitni podaci za ziđe izrađenih sa mortom opće namjene, laganim, tankoslojnim mortom nisu dostupni, čvrstoću na savijanje se može usvojiti iz tablice, ali uz uvjet da su lagani mort i tankoslojni mort M5 ili više.

Tablica 5 Vrijednosti  $f_{xk1}$ (ravnina sloma paralelna horizontalnim sljubnicama )

Zidni element	$f_{xk1}$ (N/mm <sup>2</sup> )			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort	Lagani mort
	$f_m < 5$ N/mm <sup>2</sup>	$f_m \geq 5$ N/mm <sup>2</sup>		
Glineni	0,10	0,10	0,15	0,10
Kalcijsko-silikatni	0,05	0,10	0,20	Ne koristi se
Betonski	0,05	0,10	0,20	Ne koristi se
Porasti	0,05	0,10	0,15	0,10
Industrijski kamen	0,05	0,10	Ne koristi se	Ne koristi se
Obrađeni prirodni kamen	0,05	0,10	0,15	Ne koristi se

Tablica 6 Vrijednosti  $f_{xk2}$ (ravnina sloma okomita na horizontalne sljubnice)

Zidni element	$f_{xk2}$ (N/mm <sup>2</sup> )			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort	Lagani mort
	$f_m < 5$ N/mm <sup>2</sup>	$f_m \geq 5$ N/mm <sup>2</sup>		
Glineni	0,20	0,40	0,15	0,10
Kalcijsko-silikatni	0,20	0,40	0,30	Ne koristi se
Betonski	0,20	0,40	0,30	Ne koristi se
Porasti	$\rho < 400$ kg/m <sup>3</sup>	0,20	0,40	0,20
	$\rho \geq 400$ kg/m <sup>3</sup>	0,20	0,40	0,30
Industrijski kamen	0,20	0,40	Ne koristi se	Ne koristi se
Obrađeni prirodni kamen	0,20	0,40	0,15	Ne koristi se

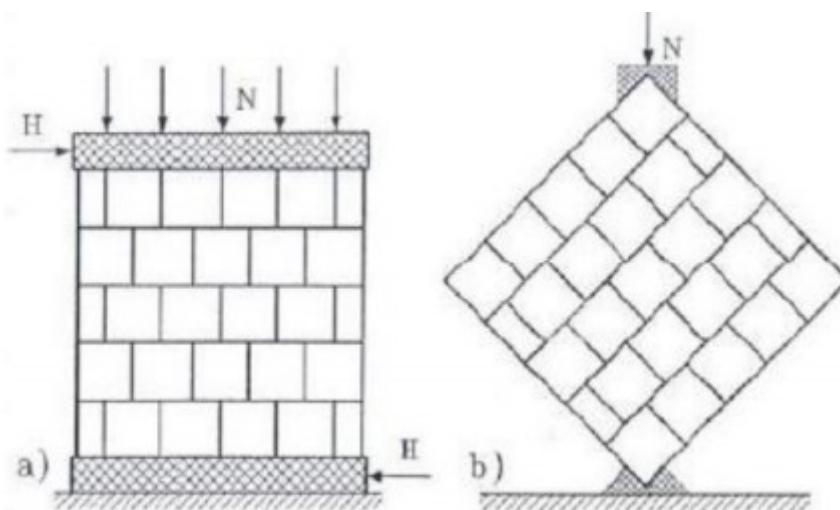
#### 1.6.4 Vlačna čvrstoća zida

Referentna vlačna čvrstoća  $f_t$  ziđa je ona kod koje dolazi do vlačnog otkazivanja kad je zid opterećen istodobno vertikalnim i horizontalnim opterećenjem. Vertikalno je opterećenje stalno prisutno, a horizontalno je povremeno, uzrokovano vjetrom ili potresom.

Vlačna čvrstoća ziđa zidanog sa standardnim mortom (cement/vapno/pijesak) je relativno mala i promjenjiva. Vlačna čvrstoća ziđa može se povećati zbog ravninskog savijanja ili savijanja van ravnine ziđa. U slučaju ravninskog savijanja, vlačna čvrstoća ovisi o adheziji bloka i morta. Stvaranje etringita, na dodiru gline i cementa, koje ovisi o odnosu promjera pora u bloku i veličini mikrokristala etringita, presudno je za vlačnu čvrstoću na kontaktu bloka i cementne paste. Za ostvarivanje mehaničke veze potrebna je veličina pora u bloku veća od 0.05 mm, te

ispravno hidratizirani cement iza sloja etringita, usprkos povlačenju dijela vode zbog upijanja bloka. Ako je blok suh i ima visok kapacitet upijanja vode, postojat će djelomično hidratizirane zone u cementnoj pasti debljine nekoliko milimetara, te zbog toga smanjena mehanička čvrstoća. Zato treba naglasiti da je količina vlage u trenutku zidanja od velike važnosti pri određivanju vlačne čvrstoće veze bloka i morta.

Referentnu vlačnu čvrstoću se može odrediti ispitivanjem zida opterećenog nepromjenjivim vertikalnim opterećenjem, silom  $N$ , i postupno rastućom horizontalnom silom  $H$  do dijagonalnog sloma ili pomoću propisanih tablica.



Slika 10 Ispitivanje vlačne čvrstoće [1]

## 1.7 Deformacijska svojstva zida

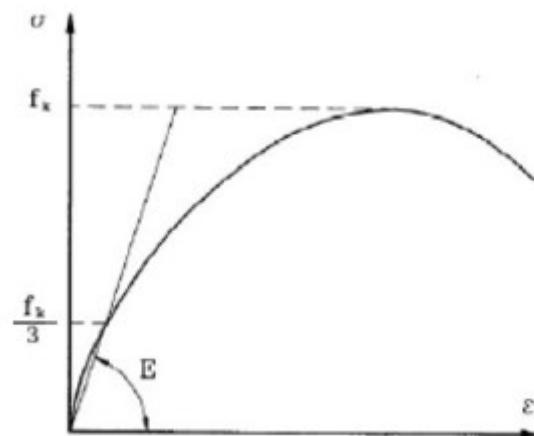
### 1.7.1 Modul elastičnosti

Modul elastičnosti se određuje ispitivanjem u slučajevima kada se ne proučavaju dugotrajni efekti. U nedostatku eksperimentalnih ispitivanja, sekantni modul elastičnosti pod optrećenjem (do 1/3 slomnog optrećenja) za sve vrste zida se uzima kao:

$$E = K_E \cdot f_k ,$$

gdje su:

- $K_E$  – koeficijent čija je preporučena vrijednost 1000, osim ako nije posebno definirano u nacionalnom dodatku
- $f_k$  – karakteristična tlačna čvrstoća zida



Slika 11 Dijagram naprezanja - relativna deformacija [1]

Dugotrajni modul elastičnosti bazira se na kratkotraјnom sekantnom modulu elastičnosti, reduciranim tako da zadovolji utjecaje puzanja, te se računa kao:

$$E_{dugotrajno} = \frac{E}{1 + \phi_\infty}$$

gdje je:

- $\phi_\infty$  – konačni koeficijent puzanja

### 1.7.2 Modul posmika G

Modul posmika  $G$  uzima se kao 40% vrijednosti modula elastičnosti  $E$ , tj  $G = 0.4 E$ , a pri proračunu potresa se uzima kao:  $G = 0.167 E$ .

## 2 TEHNIČKI OPIS

Tema ovog diplomskog rada je proračun stambene zgrade sa konstruktivnim sustavom od zidanih zidova. Građevina se nalazi u gradu Sinju, relativno je pravilnog pravokutnog tlocrta, maksimalnih tlocrtnih dimenzija  $19.75 \text{ m} \times 11.00 \text{ m}$  te katnosti P+3. Građevinska brutto površina zgrade je  $797.30 \text{ m}^2$ . Visina svih etaža je 2.88 m, pa je ukupna visina građevine od 12.12 m mjerenu od gornje kote podne ploče suterena do vrha nadozida na krovu.

Vertikalni elementi nosive konstrukcije zgrade su zidovi izrađeni od omeđenog ziđa debljine 25 cm. Kako se najdonja etaža zgrade nalazi u suterenu, zidovi koji su u doticaju sa okolnim tlom se izvode kao armirano-betonski. Horizontalne konstrukcije su armirano betonski serklaži i armirano betonske ploče debljine 18 cm. Krovna ploča je isto kao i ostale od armiranog betona debljine 18 cm s odgovarajućim završnim slojevima termoizolacije i hidroizolacije. Podna ploča je armirano betonska, debljine 15 cm.

Iznad prozora i vrata se izvode nadvoji. Armirano betonski elementi, vertikalni i horizontalni serklaži, ploče i nadvoji se izvode od betona klase C30/37 i armiraju se čelikom za armiranje B 500B.

Temelji zgrade se izvode kao armirano betonski, u obliku temeljnih traka ispod zidova. Svi elementi temelja su izvedeni od betona klase C 30/37 i armirani čelikom za armiranje B 500B.

Vertikalna djelovanja se preko međukatnih konstrukcija prenose na zidove te horizontalne i vertikalne serklaže sve do temelja. Horizontalna djelovanja dominantno preuzimaju zidovi.

## 2.1 Konstruktivne pojedinosti

Vanjski nosivi zidovi su izgrađeni od opeke Porotherm 25 S debljine 25 cm. Blokove karakterizira velika vlačna čvrstoća, dobra toplinska svojstva i brza gradnja. Posebna karakteristika ovih blokova je mortni džep koji poboljšava svojstva ziđa pri potresnom djelovanju.

Za zidanje je korišten mort opće namjene M10. Tlačna čvrstoća ziđa koje je izvedeno ovom opekom i mortom je  $f_k = 4.96 \text{ MPa}$ .

Međukatna konstrukcija je armirano betonska ploča debljine 18 cm, korišteni beton je klase C 30/37, armirana armaturnim mrežama B 500B u obje zone. Horizontalni serklaži su dimenzija  $b/h=25/38 \text{ cm}$  te se izvode zajedno s pločom, od betona klase C 30/37 i armiraju se čelikom B 500B.

Podna ploča se izvodi na dobro zbijenoj podlozi debljine 15 cm, korišteni beton je klase C 30/37, armirana konstruktivno armaturnim mrežama B 500B u obje zone.

Temelji su izvedeni na tlu tipa C, u obliku temeljnih traka ispod zidova. Temeljne trake se međusobno povezuju da bi se dobio temeljni roštilj. Na taj način se osigurava velika kontaktna površina i dobra povezanost konstrukcije u oba smjera. Temeljne trake su dimenzija  $0.7 \times 0.5 \text{ m}$  i  $1.0 \times 0.5 \text{ m}$ , zbog uvjeta da kontaktna naprezanja ne premaže nosivost tla. Nadtemeljni zid je debljine 25 cm. Svi elementi temelja su izrađeni od betona klase C 30/37 i armirani čelikom B 500B.

Krov je izведен kao ravni neprohodni, sastoji se od armirano betonske ploče debljine 18 cm i potrebnih slojeva termoizolacije i hidroizolacije.

Vertikalni serklaži su postavljeni prema pravilima za zidane zgrade, uglavnom dimenzija  $25 \times 25 \text{ cm}$ . Iznad vrata i prozora su postavljeni nadvoji dimenzija  $25 \times 38 \text{ cm}$ .

### 3 MATERIJALI

#### 3.1 Zidni element

Blok opeka korištena pri proračunu predmetne zgrade je Porotherm 25 S. Korištena opeka ima dobra toplinska i zvučna svojstva, paropropusna je, nije zapaljiva te je otporna na starenje.

#### TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Dimenzije	37,5x25x23,8 cm	
Debljina zida	d	25 cm
NF		11,44
Masa	m	14 kg/kom
Potrošnja opeke m <sup>2</sup>		10,67 kom/m <sup>2</sup>
Potrošnja opeke m <sup>3</sup>		42,7 kom/m <sup>3</sup>
Utrošak morta sa zapunjavanjem mortnih džepova		27 l/m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup> od m <sup>3</sup> opeke		4 m <sup>2</sup>
Težina za m <sup>3</sup> zida		7,92 kN/m <sup>3</sup>
Težina za m <sup>2</sup> zida*		1,97 kN/m <sup>2</sup>

#### MEHANIČKE KARAKTERISTIKE

Tlačna čvrstoća	f <sub>b</sub>	10 N/mm <sup>2</sup>
Karakteristična tlačna čvrstoća zida (tankslojni/DRYFIX.extra)	f <sub>k</sub>	4,48 N/mm <sup>2</sup>

#### FIZIKALNA SVOJSTVA

Toplinska provodljivost	$\lambda_{design,max}$	0,162 W/mK
U-vrijednost		0,65 W/m <sup>2</sup> K
Bruto volumen	p	630 kg/m <sup>3</sup>
Ekvivalentni specifični toplinski kapacitet	c <sub>equ</sub>	920 J/kgK
Ekvivalentni faktor otpora difuziji vodene pare	$\mu_{equ}$	5/10
Računska dozvoljena vlažnost	x <sub>r</sub>	2,6 %
Maks. dozvoljena vlažnost	x <sub>max</sub>	5,4 %
Računska debljina sloja kondenzirane vodene pare		0,05 m
Razred raspona / Razred dopuštenih odstupanja		T1/R1
Reakcija pri požaru		A1
Otpornost na smrzavanje		F0
Sadržaj aktivnih topivih soli		S0
Grupa prema HRN EN 1996-1-1		2

Slika 12 Karakteristike opeke dobivene od proizvođača [2]

Zidanje je predviđeno uporabom morta opće namjene M10. U nastavku su prikazana svojstva zidnih elemenata, morta i ziđa:

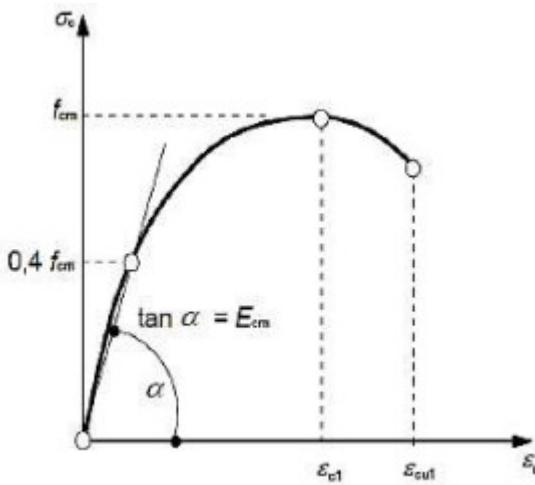
- dimenzije opeke:  $37.5 \times 25 \times 25 \text{ cm}$
- srednja tlačna čvrstoća bloka:  $f_{ck,sred} = 10.0 \text{ MPa}$
- normalizirana tlana čvrstoća bloka:  $f_b = f_{ck,sred} \cdot \delta = 10 \cdot 1.15 = 11.5 \text{ MPa}$
- skupina zidnih blokova: 1 (K=0.45)
- tlačna čvrstoća ziđa:  $f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3} = 0.45 \cdot 11.5^{0.7} \cdot 10^{0.3} = 4.96 \text{ MPa}$
- modul elastičnosti ziđa:  $E = K_E \cdot f_k = 1000 \cdot 4.96 = 4960 \text{ MPa}$
- modul posmika ziđa:  $G = \frac{E}{6} = \frac{4960}{6} = 826 \text{ MPa}$
- faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost:  $\Phi_{i,m} = 0.70$
- parcijalni koeficijent sigurnosti za materijale:  $\gamma_M = 2.2$



Slika 13 Porotherm 25 S [2]

### 3.2 Beton

Konstruktivni elementi zgrade su izrađeni od betona projektiranog sastava. Za ovaj projekt korišten je beton klase C 30/37.



Slika 14 Radni dijagram betona [3]

S obzirom da obradivost betona s vremenom opada, konzistencija mjerena slijeganjem (prema HRN EN 12350-2) na mjestu proizvodnje će se kretati oko 21 cm, a na mjestu ugradnje će se kretati od 16 do 21 cm. Do pada obradivosti dolazi iz više razloga (duljina transporta, vremenske okolnosti, kombinacija dodataka betonu), pa je zbog od situacije do situacije treba korigirati. Korekciju može vršiti samo odgovorni tehnolog za beton. To je bitna veza, jer propusti mogu značajno utjecati na konačnu kvalitetu betona građevine. Za konzistenciju mjerenu slijeganjem (prema HRN EN12350-2) dopušteno odstupanje iznosi  $\pm 30$  mm u odnosu na projektirano slijeganje koje je utvrđeno u postupku prethodnih ispitivanja betona.

Ovim projektom zahtjeva se provedba ispitivanja na uzorcima betona, sve u svrhu dokazivanja zahtijevanih svojstava betona.

Kontrolni uzorci na kojima će se ispitivati zahtijevana svojstva očvrslog betona su u obliku kocke brida 150 mm, kocke brida 200 mm ili valjci dimenzija 150 x 300 mm, sukladni normi HRN EN12390-1, izrađuju se i njegovani prema normi HRN EN 12350-1 i HRN EN 12390-2. Uzorci se uzimaju na licu mjestu ugradnje. Uzorci betona se ugrađuju vibratorima  $\phi 25$  mm ili se nabijaju metalnom šipkom i gumenim čekićem..

Uzorke treba označavati odabranom oznakom, a osnovne podatke o uzimanju istih upisivati u za to predviđene tiskanice za kontrolu kvalitete betona, koje treba supotpisati predstavnik izvođača radova i predstavnik ovlaštene organizacije. Cijeli postupak oduzimanja uzorka do dopreme uzorka u laboratorij vrši radnik laborant izviđača radova. Izvođač radova je dužan osigurati stručnu osobu, koja će biti zadužena za praćenje kontrole betona i dokumentaciji na građevini. Tlačnu čvrstoću betona je potrebno izraziti kao  $f_{c/koc}$  ako se određuje na uzorcima kocke i  $f_{c/valj}$  ako se određuje na uzorcima valjka. Tlačna čvrstoća se određuje na uzorcima ispitanim pri starosti od 28 dana, a u nekim posebnim slučajevima se tlačna čvrstoća betona može ispitivati i pri starosti manjoj od 28 dana (tehnološki uvjeti, npr. skidanje oplate).

Karakteristike betona klase C 30/37:

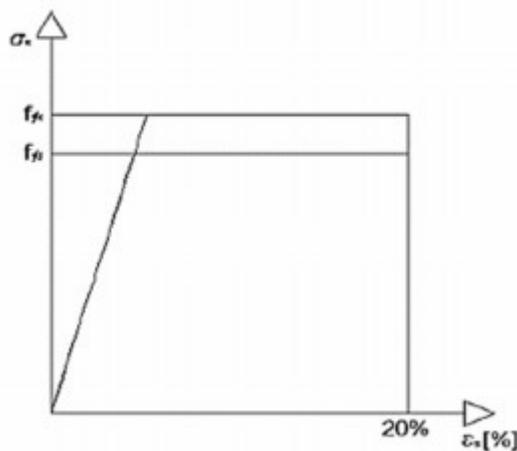
- Karakteristična tlačna čvrstoća  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Posmična čvrstoća  $\tau_{Rd} = 0.34 \text{ MPa}$
- Srednja vlačna čvrstoća  $f_{ct,m} = 2.9 \text{ MPa}$
- Modul elastičnosti  $E = 33000 \text{ MPa}$
- Modul posmika  $G = 13750 \text{ MPa}$

### 3.3 Armatura

Za sve armirano betonske elemente je korišten armaturni čelik B 500B svojstava:

- karakteristična tlačna i vlačna čvrstoća  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- modul elastičnost  $E = 21000 \text{ MPa}$

Debljinu zaštitnog sloja potrebno je osigurati dovoljnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja treba osigurati kvalitetnom oplatom premazanom uljem za oplatu i pravilnom ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona, kojeg je dužan napraviti izvođač radova. Debljina i kvaliteta zaštitnog sloja betona imaju značajnu ulogu u ostvarivanju trajnosti objekta. Projektirani raspored i položaj armaturnih šipki treba poštovati u potpunosti, te one trebaju biti nepomične pri betoniranju. Sva uporabljenia armatura u gradnji objekta mora imati odgovarajuće ateste o kvaliteti.



Slika 15 Radni dijagram čelika [3]

## 4 ANALIZA OPTEREĆENJA

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost građevine proračunate u ovom radu, dijele se na:

- stalna djelovanja G – djelovanja za koja se smatra da će djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja konstrukcije ili će imati malu promjenu intenziteta koja je zanemariva u odnosu na srednju vrijednost (vlastita težina, nepokretna oprema, prednapinjanje pritisak tla, pritisak vode, deformacije uslijed načina izgradnje, slijeganje oslonaca, itd.)
- promjenjiva djelovanja Q – djelovanja za koje je vjerojatno da će se pojaviti tijekom uporabe konstrukcije, te da neće imati stalan intenziteta tijekom vremena (uporabno opterećenje, opterećenje vjetrom i snijegom, djelovanje temperature, promjena razine površinske vode, opterećenje ledom, itd.)
- izvanredna djelovanja A – djelovanja kratkog trajanja, najčešće su velikog intenziteta, mala vjerojatnost pojavljivanja u planiranom vijeku trajanja konstrukcije (potres, požar, eksplozija, udar vozila, slijeganje, itd.)

## 4.1 Stalno opterećenje

### 4.1.1 Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elemenata se automatski računa u programskom paketu Scia Engineer.

### 4.1.2 Dodatno stalno opterećenje

#### Ravni krov

betonske ploče na plastičnim podlošcima	1.25 kN/m <sup>2</sup>
izolacije, instalacije, žbuka	0.60 kN/m <sup>2</sup>
beton za pad; d=8cm; $\gamma=24\text{ kN/m}^3$	1.95 kN/m <sup>2</sup>
	3.80 kN/m <sup>2</sup>

#### Međukatne ploče

pregradni zidovi	0.50 kN/m <sup>2</sup>
završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka	0.50 kN/m <sup>2</sup>
a-c estrih; d=6cm; $\gamma=22\text{ kN/m}^3$	1.30 kN/m <sup>2</sup>
	2.30 kN/m <sup>2</sup>

#### Stubište

završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka	0.50 kN/m <sup>2</sup>
a-c estrih; d=6cm; $\gamma=22\text{ kN/m}^2$	1.30 kN/m <sup>2</sup>
	1.80 kN/m <sup>2</sup>

#### Balkoni

završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka	0.50 kN/m <sup>2</sup>
a-c estrih; d=6cm; $\gamma=22\text{ kN/m}^2$	1.30 kN/m <sup>2</sup>
	1.80 kN/m <sup>2</sup>

## 4.2 Promjenjivo opterećenje

### 4.2.1 Korisno opterećenje

Minimalno korisno (pokretno, promjenjivo) opterećenje za stambene zgrade definirano je u normi HRN EN 1991-1-1. Takvo korisno opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti za proračun konstrukcije zgrade. Ukoliko investitora zahtjeva ili sam projektant procjeni da je potrebno, smije se koristiti i veće pokretno opterećenje. Za potrebe proračuna predmetne građevine, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća promjenjiva opterećenja:

- Ravn krov:  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Međukatne ploče – stambeni prostori:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubište:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Balkoni:  $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

**NAPOMENA:** Neće se raditi kombinacija korisnog opterećenja, tj. postavljanje korisnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je potrebno dobivenu armaturu umanjiti nad ležajem za cca 15-20 % i povećati u polju cca 25-30%.

### 4.2.2 Opterećenje snijegom

Predmetna građevina se nalazi u Sinju. Prema preporukama HRN EN 1991-1-3:1995, iznos opterećenja snijegom iznosi  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ , gdje su:

$\mu_i$  – koeficijent oblika opterećenja snijegom – za krov nagiba do  $30^\circ$   $\mu_i = 0.8$

$C_e$  – koeficijent izloženosti – uobičajeno  $C_e = 1.0$

$C_t$  – toplinski koeficijent – uobičajeno  $C_t = 1.0$

$s_k$  – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu – očitanos $s_k = 0.70 \text{ kN/m}^2$

Tablica 7 Prikaz iznosa karakterističnog opterećenja snijegom

Nadmorska visina [m]	$s_k [\text{kN/m}^2]$			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	



**Slika 16 Podjela RH na zone opterećenja snijegom**

$$s = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.7 = 0.56 \text{ kN}$$

Napomena: Za opterećenje krova korišteno je mjerodavno korisno opterećenje od  $q = 1.0 \text{ kN/m}^2$

#### 4.2.3 Opterećenje vjetrom

Prema preporukama norme HRN EN 1991-1-4, iznos opterećenja vjetrom se definira prema:

$$\text{pritisak vjetra na vanjske površine: } w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$\text{pritisak vjetra na unutarnje površine: } w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

gdje su:

$q_p(z_{e(i)})$  – pritisak brzine vjetra pri udaru

$z_{e(i)}$  – referentna visina za vanjski (unutarnji) pritisak

$c_{pe(i)}$  – koeficijent pritiska za vanjski (unutarnji) vjetar

Osnovni pritisak vjetra  $q_b$  određuje se prema formuli  $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$ , gdje je:

$\rho$  – gustoća zraka – usvaja se iz propisa  $1,25 \text{ kg/m}^3$

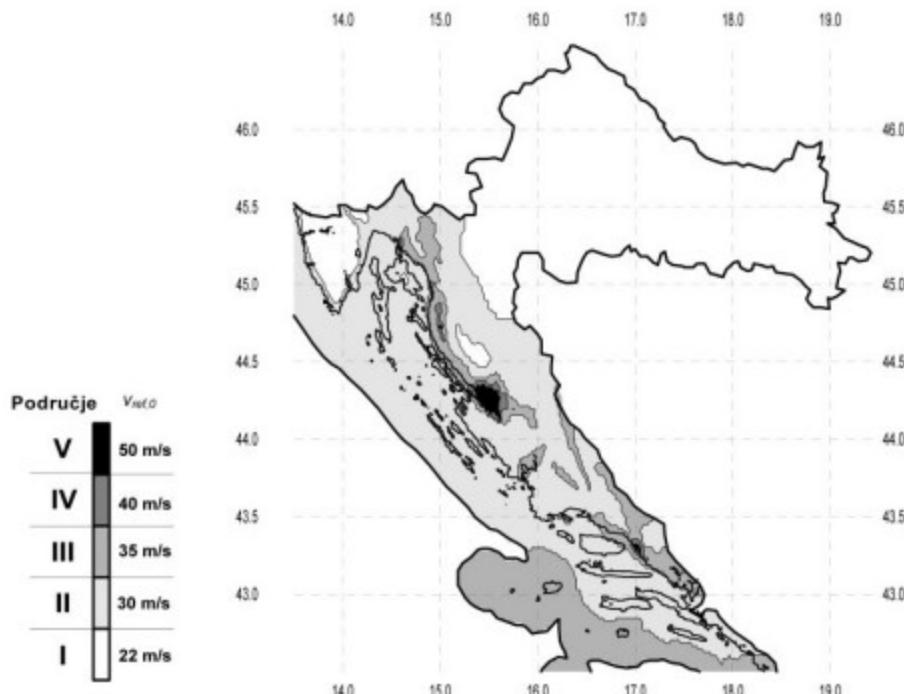
$v_b$  – osnovna brzina vjetra

Osnovna brzina vjetra  $v_b$  se računa kao  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ , gdje je:

$c_{dir}$  – faktor smjera vjetra – uobičajeno  $c_{dir} = 1.0$

$c_{season}$  – faktor doba godine – uobičajeno  $c_{season} = 1.0$

$v_{b,0}$  – fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra – očitano  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$



Slika 17 Karta podjele RH na područja opterećenja vjetrom

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 30 = 30 \text{ m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 30^2 = 0.56 \text{ kN/m}^2$$

Srednja brzina vjetra na visini  $z$  definira se kao  $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$  , gdje je:

- $c_r(z)$  – faktor hrapavosti terena
- $c_0(z)$  – faktor orografije ili opisivanje brežuljaka i gora – uobičajeno  $c_0(z) = 1.0$

Faktor hrapavosti terena  $c_r(z)$  se određuje prema  $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$  , gdje je:

- $z_0$  – duljina hrapavosti
- $k_r$  – faktor terena ovisan o duljini hrapavosti – očitano  $k_r = 0.19$

Tablica 8 Vrijednosti faktora terena  $k_r$ 

	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

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.19 \cdot \ln\left(\frac{11.52}{0.05}\right) = 1.034$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1.034 \cdot 1.0 \cdot 30 = 31.02 \text{ m/s}$$

Intenzitet turbulencije  $I_v(z)$  računa se prema izrazu :  $I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}}$ , gdje je:

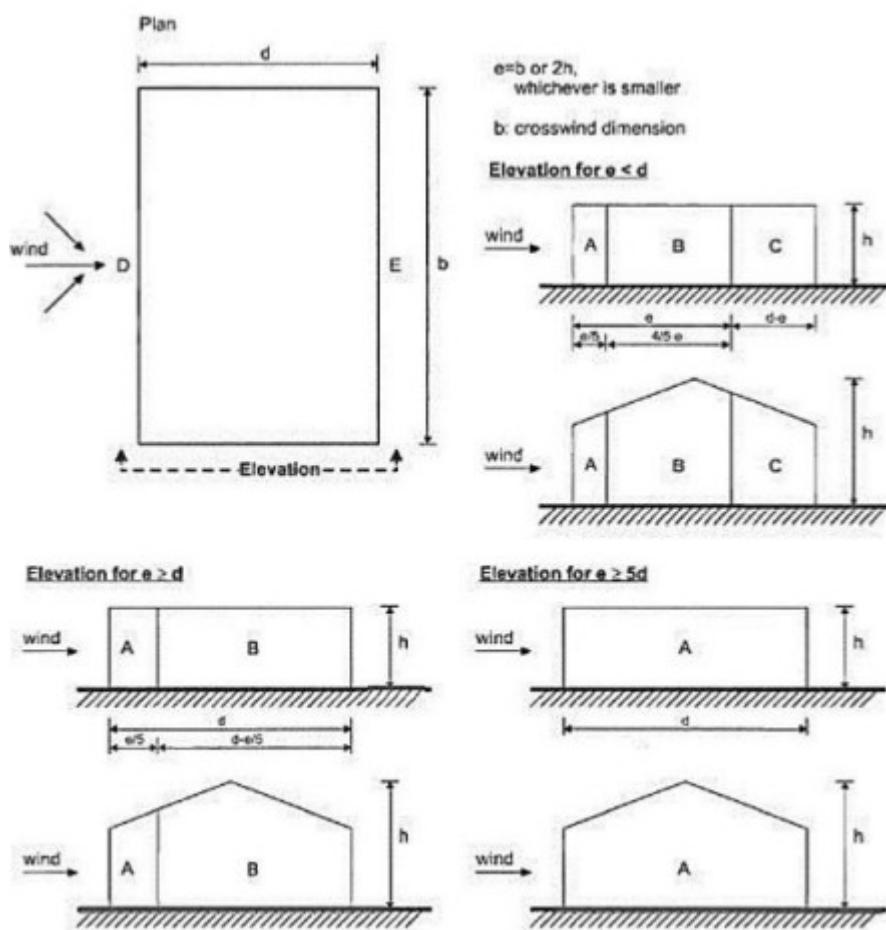
–  $k_I$  – koeficijent turbulencije – uobičajeno  $k_I = 1.0$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{11.52}{0.05}\right)} = 0.184$$

Pritisak brzine vjetra se računa iz izraza:  $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0.184] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 31.02^2 = 1.376 \text{ kN/m}^2$$

## Vertikalni zidovi



Slika 18 Podjela na zone A, B, C, D i E u ovisnosti o e i d

Tablica 9 Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za vertikalne zidove

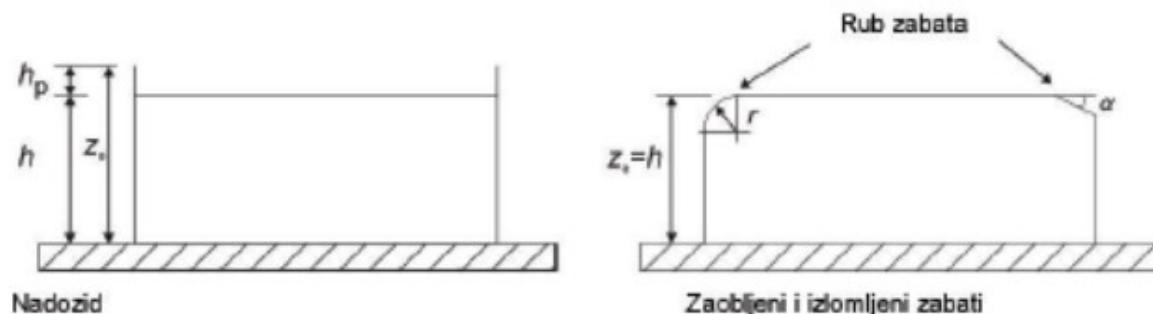
Područje	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$								
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.

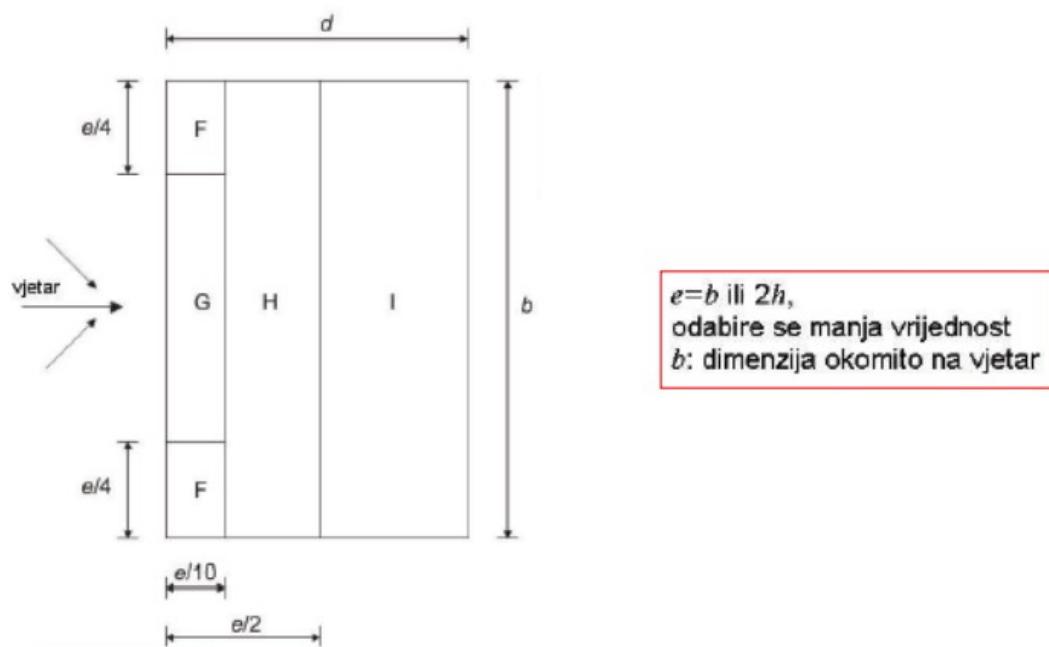
Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.

Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

## Ravni krov



Slika 19 Način izedbe ravnog krova



Slika 20 Prikaz područja vjetra za ravni krov

Tablica 10 Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja ravnog krova

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

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

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

NAPOMENA 3: U području I, gdje su dane i pozitivne i negativne vrijednosti, u obzir (i) treba (ii) uzeti obe vrijednosti.

NAPOMENA 4: Za sami izlomjeni zabati, koeficijenti vanjskog taka dati su u tablici 7.4a „Koeficijenti vanjskog taka za dvostrešne krovove; smjer vjetra 0°“, područje F i G, ovisno o nagibu izlomljenog zabata.

NAPOMENA 5: Za sami zaobljeni zabati, koeficijenti vanjskog taka dati su u linearom interpolacijom duž krivulje, između vrijednosti na zidu i na krovu.

(i) NAPOMENA 6: Za mansardne strehe (i) su horizontalne dimenzije manje od  $a/10$  treba uzeti vrijednosti za ostre strehe. Za definiciju a vidjeti sliku 7.6 (ii).

$$e = \min\{b, 2h\} = 19,55m$$

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0.6}{11.52} = 0.052$$

Tablica 11 Vanjski koeficijenti pritiska prema područjima konstrukcije

PODRUČJE	F	G	H	I
$c_{pe,10}$	1,39	0,89	0,70	0,2

Pritisak na vanjske površine:

$$w_e = q_p \cdot c_{pe} [kN/m^2]$$

$$q_p(z) = 1.376 kN/m^2$$

**Tablica 12 Vanjski koeficijenti pritiska prema područjima konstrukcije**

PODRUČJE	F	G	H	I
$c_{pe,10}$	-1.39	-0.89	-0,70	-0,2
$w_{e1} (kN/m^2)$	-1.91	-1.22	-0.96	-0,28

Rezultirajuće djelovanje vjetra:

$$w_k = w_e + w_i [kN/m^2]$$

Vjetar W1 pozitivni unutarnji pritisak ( $c_{pi} = +0,2$ ) , pritisak:

**Tablica 13 Proračun sila prema područjima konstrukcije za pozitivni pritisak**

PODRUČJE	F	G	H	I
$w_{e1} (kN/m^2)$	-1.91	-1.22	-0.96	0.28
$w_i (kN/m^2)$	0.28	0.28	0.28	0.28
$w_k (kN/m^2)$	-2.19	-1.50	-1.24	0.00

Vjetar W2 negativni unutarnji pritisak ( $c_{pi} = -0,3$ ) , odizanje:

**Tablica 14 Proračun sila prema područjima konstrukcije za pozitivan pritisak**

PODRUČJE	F	G	H	I
$w_{e2} (kN/m^2)$	-1.91	-1.22	-0.96	0.28
$w_i (kN/m^2)$	-0.41	-0.41	-0.41	-0.41
$w_k (kN/m^2)$	-1.50	-0.81	-0.55	0.69

Vjetar W3 pozitivni unutarnji pritisak ( $c_{pi} = +0,2$ ) , odizanje:

**Tablica 15 Proračun sila prema područjima konstrukcije za negativan pritisak**

PODRUČJE	F	G	H	I
$w_{e2}$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1.91	-1.22	-0.96	-0.28
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.28	0.28	0.28	0.28
$w_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	-2.19	-1.50	-1.24	-0.56

Vjetar W4 negativni unutarnji pritisak ( $c_{pi} = -0,3$ ) , pritisak:

**Tablica 16 Proračun sila prema područjima konstrukcije za pozitivan pritisak**

PODRUČJE	F	G	H	I
$w_{e1}$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1.91	-1.22	-0.96	-0.28
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	-0.41	-0.41	-0.41	-0.41
$w_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1.50	-0.81	-0.55	0,13

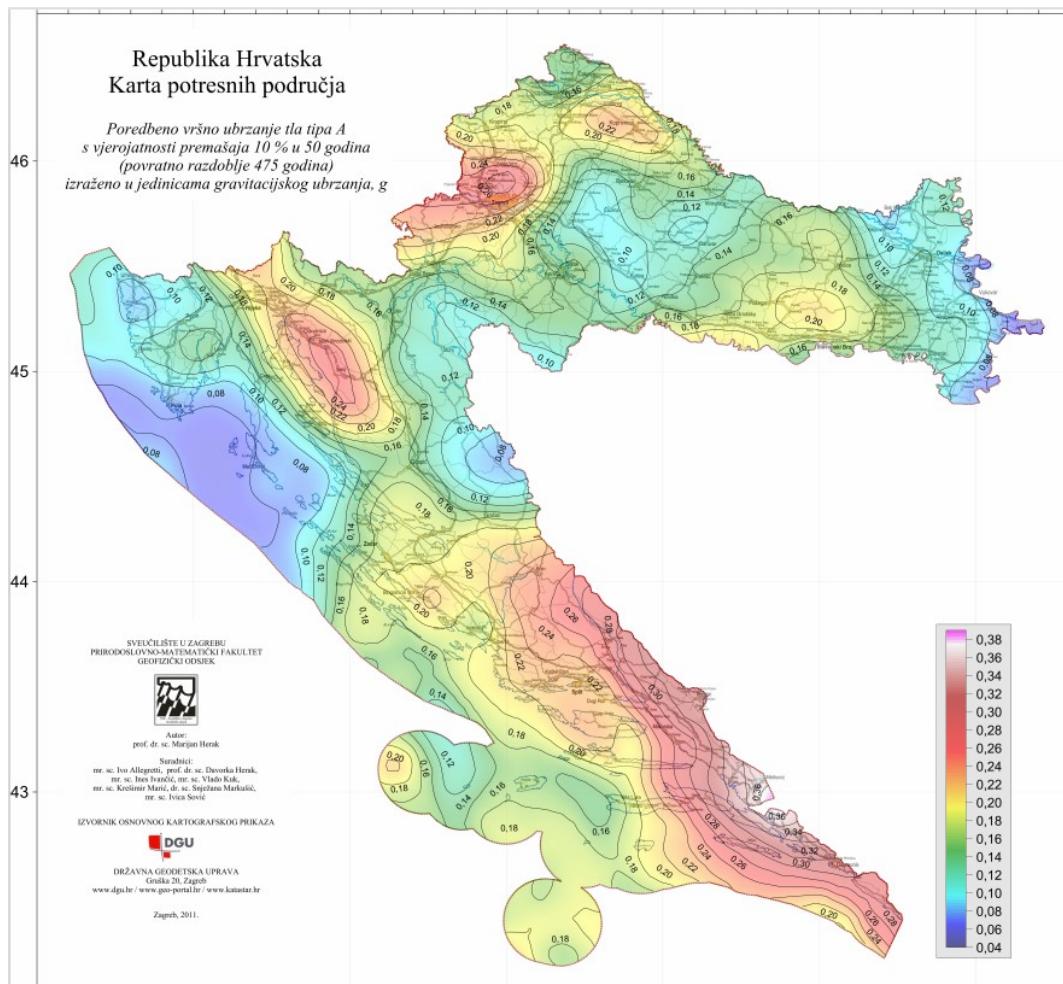
Napomena: pri proračunu konstrukcije, djelovanje vjetra na krov je uključeno u korisno opterećenje u iznosu od 1 kN/m<sup>2</sup>.

## 4.3 Izvanredno opterećenje

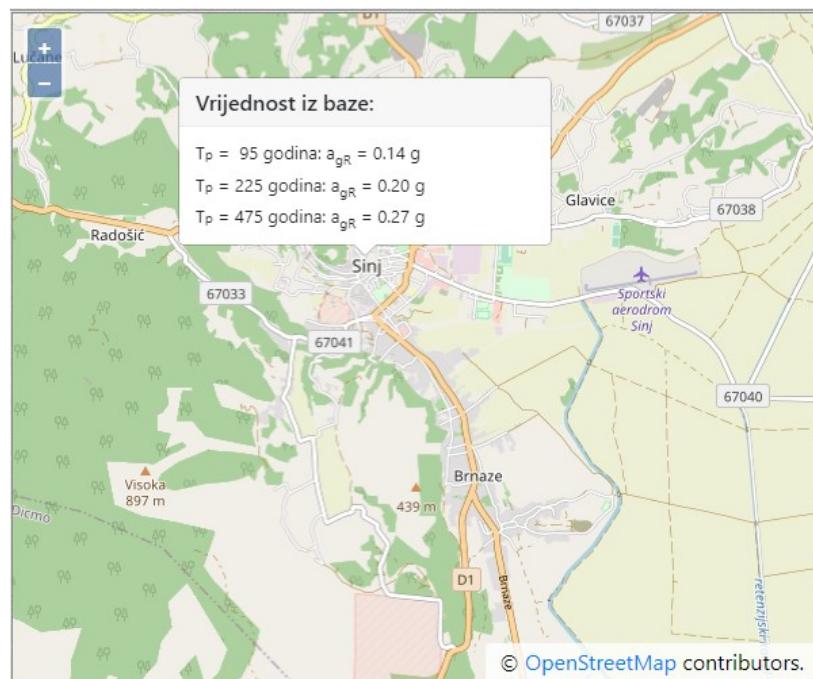
### 4.3.1 Seizmičko opterećenje

Potresne sile su proračunate metodom bočnih sila. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje) i 30% korisnog opterećenja.

Predmetna konstrukcija se nalazi na području grada Sinja gdje je poredbeno vršno ubrzanje tla iznosa  $a_{gR} = 0,27g$  prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske. Računsko ubrzanje očitano je za povratni period od 475 godina.



Slika 21 Seizmološka karta Republike Hrvatske



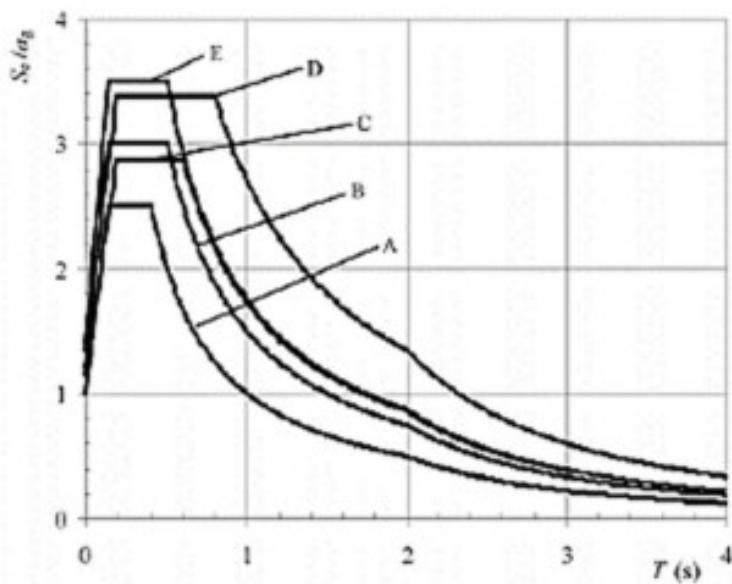
Slika 22 Seizmički parametri za grad Sinj

Tablica 17 Razred važnost zgrade

Razred važnosti	Zgrada
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost, npr. poljoprivredne zgrade itd.
II	Obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem, npr. škole, dvorane za skupove, kulturne institucije itd.
IV	Zgrade čija je cjelovitost tijekom potresa od životne važnosti za civilnu zaštitu, npr. bolnice, vatrogasne postaje, energane itd.

Horizontalno gibanje tla na površini Zemlje uzrokovano potresom modelira se s elastičnim spektrom odgovora ubrzanja podloge. Računsko ubrzanje tla  $a_g$  ovisi o stupnju seizmičkog rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seismoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za seizmička područja državnog teritorija.

Seizmičko djelovanje obično se predstavlja sa tri komponente (gibanje točke se opisuje s jednom vertikalnom i dvije horizontalne komponente). Za određivanje jedne komponente seizmičkog djelovanja obično se koristi spektar seizmičkog ubrzanja tla u jednom translatačijskom smjeru. Elastični spektar odgovora (ubrzanja) definira se analitički i kvalitativno prema sljedećoj slici.



Slika 23 Preporučeni elastični spektar odziva tipa 1 za temeljna tla tipa A do E za 5% -tno prigušenje [8]

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$$

gdje su:

- $S_e(T)$  – elastični spektar odziva
- $T$  – period vibracija linearog sustava s jednim stupnjem slobode
- $\alpha_g$  – proračunsko ubrzanje na temeljnog tlu tipa A ( $a_g = \gamma 1$  agR)
- $T_B$  – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja
- $T_C$  – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja
- $T_D$  – vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odzivau spektru pomaka
- $S$  – faktor tla
- $\eta$  – faktor korekcije prigušenja uz poredbenu vrijednost  $\eta = 1$  za 5%-tno viskozno prigušenje

Utjecaj potresa na konstrukciju ovisi o vrsti tla na kojem se gradi. Proračunska konstrukcija spada u razred tla C za koji vrijedi:

- Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara
- brzina širenja poprečnih valova  $v_s = 180\text{-}360 \text{ m/s}$

**Tablica 18 Vrijednosti parametara koje opisuju preporučeni elastični spektar odziva tipa 1**

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

Kapacitet konstrukcijskog sustava koji preuzima potresno djelovanje u nelinearnome području općenito dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih koje odgovaraju linearnom elastičnom odzivu. Da bi se izbjegao nelinearni proračun, uzimamo u obzir kapacitet trošenja energije u konstrukciji putem uglavnom duktilnog ponašanja njezinih elemenata i/ili nekih drugih mehanizama te se provodi linearni proračun utemeljen na spektru odziva umanjenom u odnosu na elastični spektar. Taj spektar se naziva "proračunski spektar". Umanjenje se postiže uvođenjem faktora ponašanja  $q$ . Faktor ponašanja  $q$  približno je omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kada bi njezin odziv bio u potpunosti elastičan uz 5% -tno viskozno prigušenje i stvarnih potresnih sila koje bi se pojavile na određenom sustavu.

Izrazi za računski spektar:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_d(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_d(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_d(T) = \left\{ \alpha_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] \geq \beta \cdot \alpha_g \right\}$$

$$T_D \leq T \leq 4s \quad S_d(T) = \left\{ \alpha_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \geq \beta \cdot \alpha_g \right\}$$

Faktori ponašanja konstrukcije ovise o tipu konstrukcije. Veći faktor pokazuje duktilnije ponašanje konstrukcije što znači i smanjuje ukupne seizmičke sile na konstrukciju.

Predmetna konstrukcija se sastoji od zidova od opeke izvedenih kao omeđeno ziđe.

**Tablica 19 Faktor ponašanja za zide i različite tipove gradnje**

Tipovi gradnje	Faktor ponašanja $q$	
	EN 1998-1	NA <sup>10</sup>
Nearmirano zide – samo EN 1996 (preporuka: mala seizmičnost)	1,5	
Nearmirano zide – EN 1996 i EN 1998-1	1,5 – 2,5	2,0
Omedeno zide	2,0 – 3,0	2,5
Amirano zide	2,5 – 3,0	2,5

## 5 DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje konstruktivnih elemenata, osim ako nije drugačije naglašeno, provedeno je na osnovnom modelu s fiksnim osloncima.

### 5.1 Dimenzioniranje ploča

Ploče su u programskom paketu Scia Engineer 19.1 modelirane kao 2D elementi. Sve ploče su debljine 18 cm, klase betona C 30/37 i armirane čelikom B 500B. Zaštitni sloj betona iznosi 2.5 cm. Podna ploča suterena Poz 000 se izvodi na tlu debljine 15 cm i armira se konstruktivno u dvije zone mrežama Q-226. Proračunom je obuhvaćena ploča Poz 100, ploče Poz 200 i Poz 300 su jednake pa je proračunata karakteristična ploča jedne etaže Poz 200 i ploča krova Poz 400.

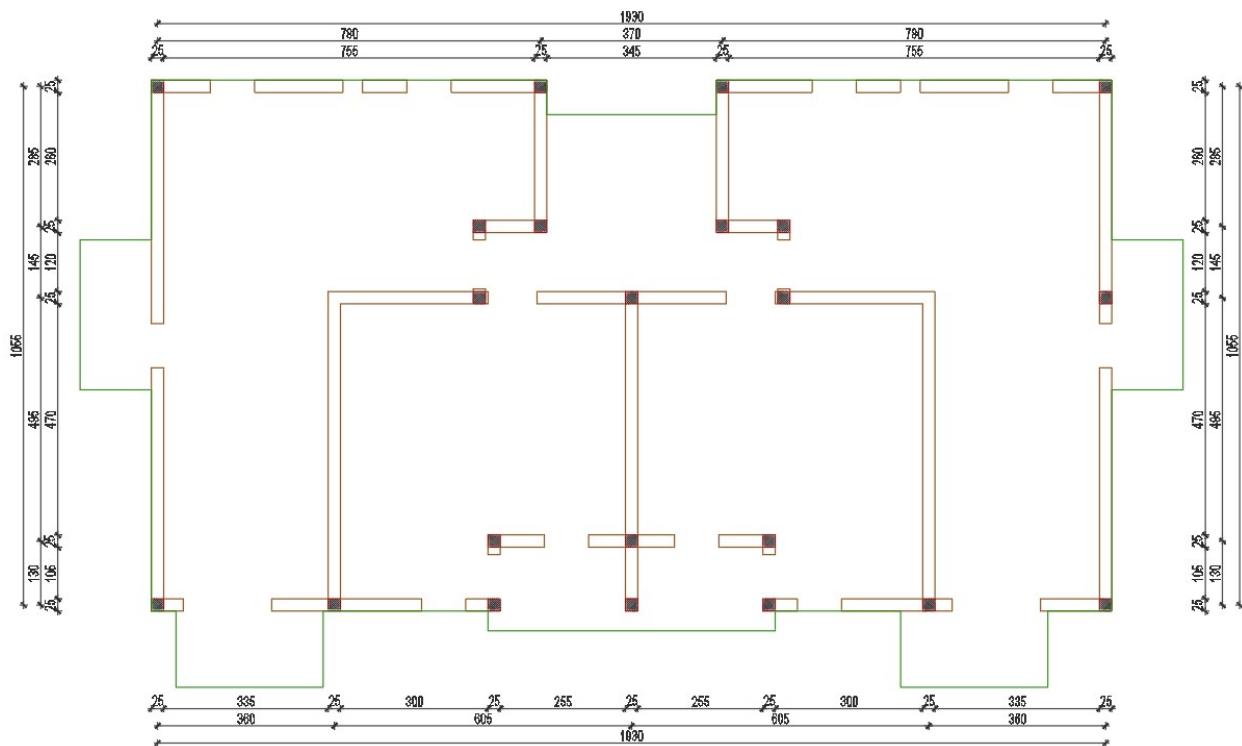
Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti predmetnih ploča iznosi:  $1,35G "+" 1,35\Delta G "+" 1,50Q$ .

Mjerodavna kombinacija za granično stanje uporabljivosti predmetnih ploča iznosi:  $1,0G "+" 1,0\Delta G "+" 1,0Q$ .

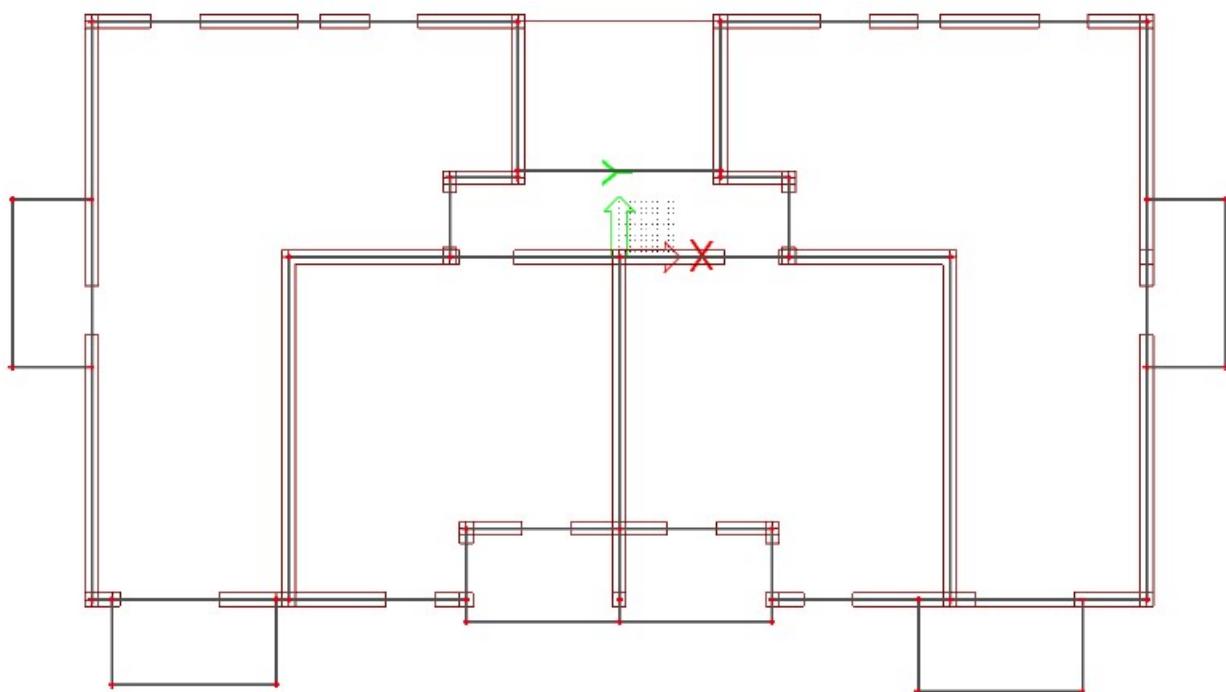
Minimalna potrebna armatura za ploče:

- za ploču  $d=15.0 \text{ cm} \rightarrow 0.0015 \cdot 100 \cdot 15 = 2.25 \text{ cm}^2/\text{m}' \rightarrow \text{odabrano minimalno Q-226}$
- za ploču  $d=18.0 \text{ cm} \rightarrow 0.0015 \cdot 100 \cdot 18 = 2.7 \text{ cm}^2/\text{m}' \rightarrow \text{odabrano minimalno Q-283}$

### 5.1.1 Ploče pozicija 100



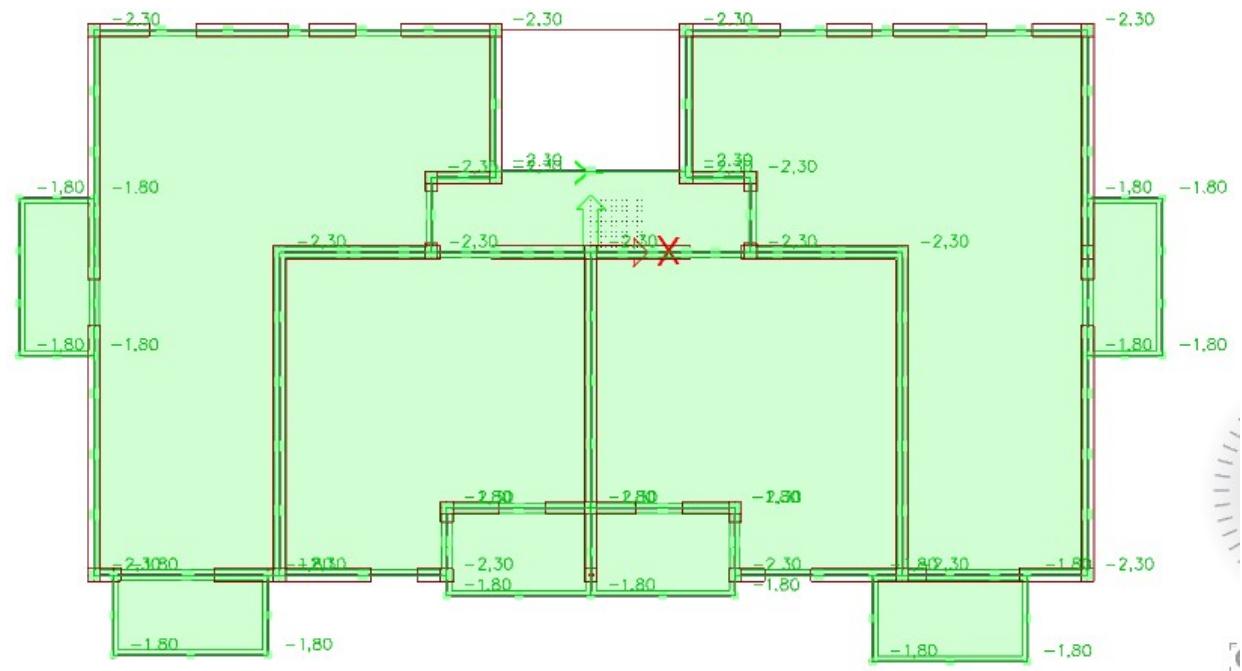
Slika 24 Prikaz tlocrta



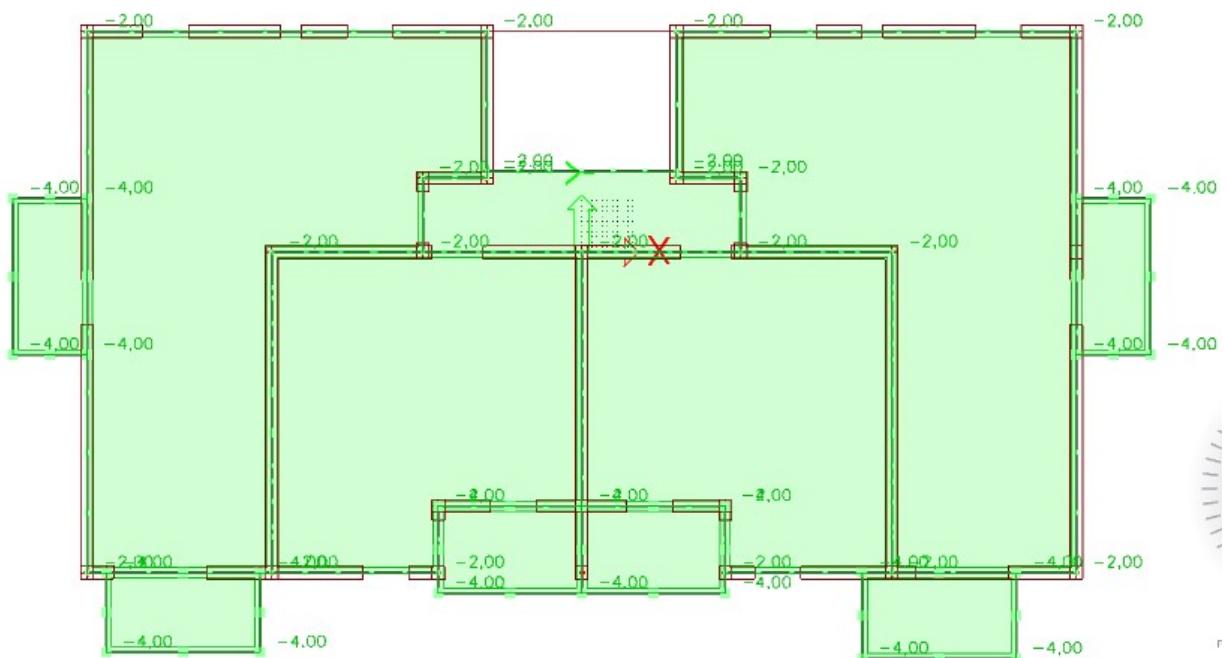
Slika 25 Računski model

### Računsko opterećenje po ploči POZ 100:

Vlastita težina ploče (uključena u SCIA Engineer software)

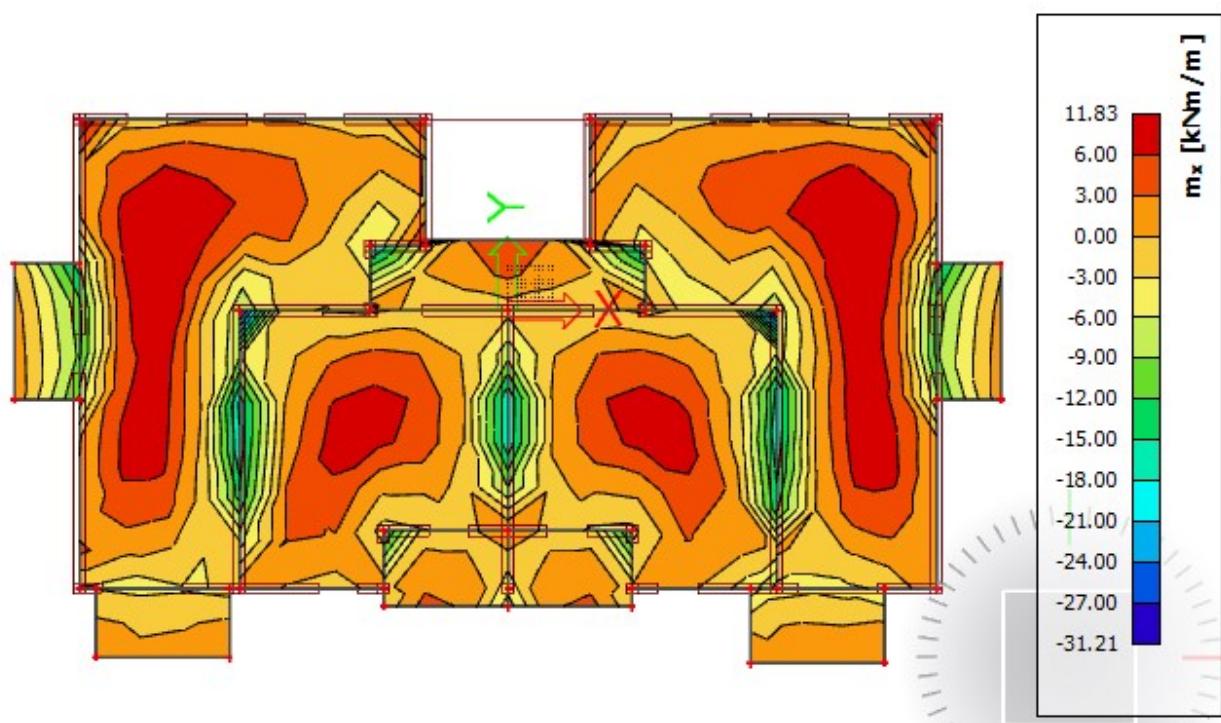


Slika 26 Dodatno stalno opterećenje [kN/m<sup>2</sup>]

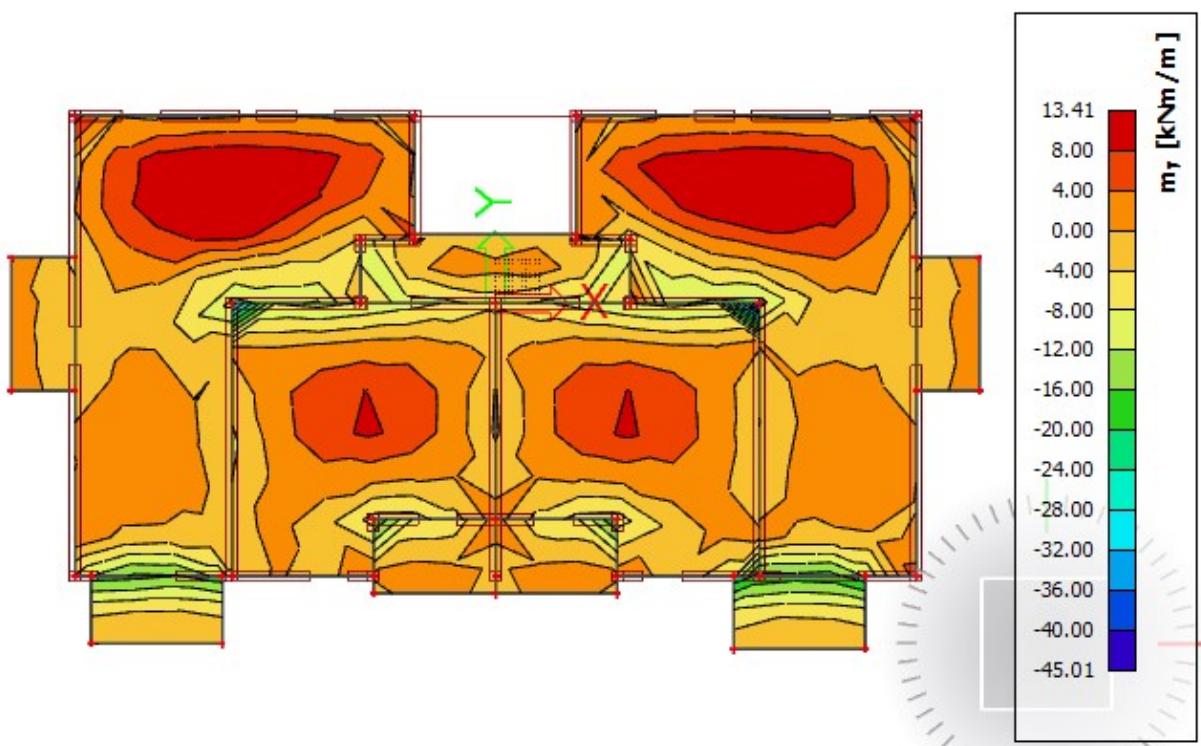


Slika 27 Promjenjivo opterećenje [kN/m<sup>2</sup>]

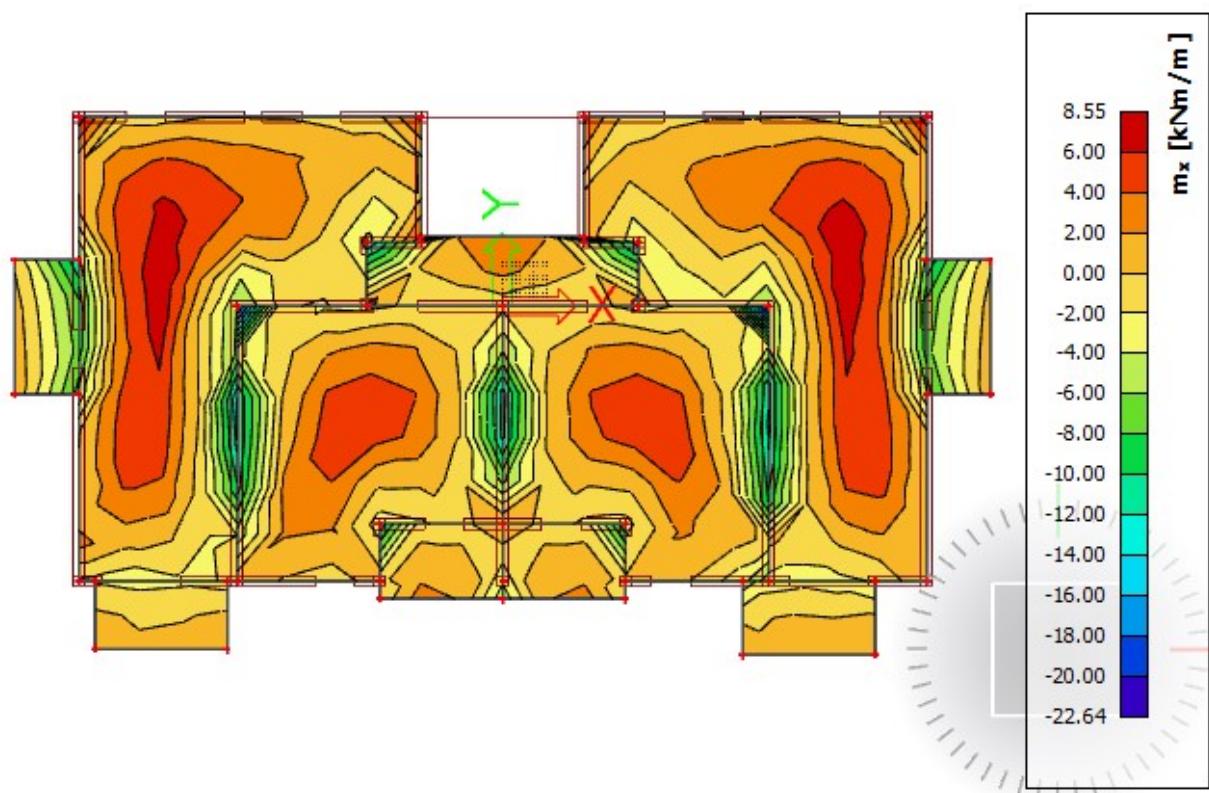
Rezultati proračuna:



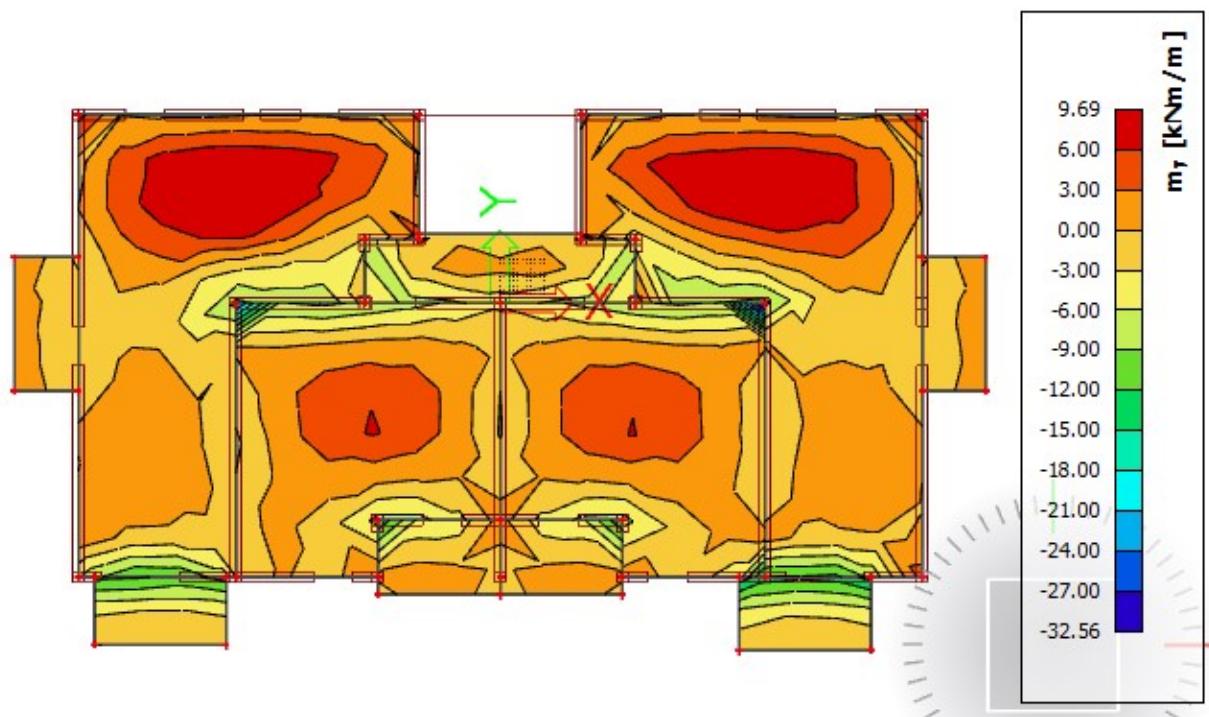
Slika 28  $M_{sd,x}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 29  $M_{sd,y}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 30  $M_{Sd,x}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 \text{ G} + 1.0Q$



Slika 31  $M_{Sd,y}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 \text{ G} + 1.0Q$

Dimenzioniranje na savijanje POZ 100:

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{30,0}{1,5}=20,00 \text{ MPa}$

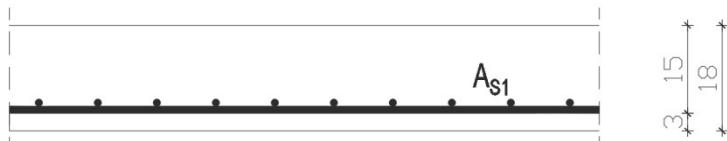
Armatura: B 500 B;  $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434.8 \text{ Mpa}$

$$d = h - d_1$$

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

\*c → zaštitni sloj

$$d = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju:

Mjerodavan moment koji se javlja u polju 101:

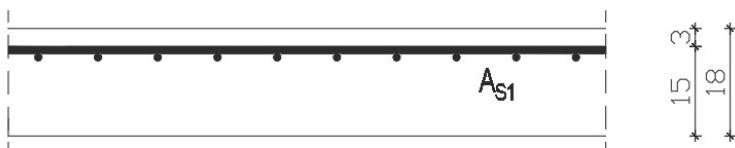
$$M_{Ed} = 13,41 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1341}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0307$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \% \quad \varepsilon_{c2} = 1,0 \% \quad \zeta = 0,968 \quad \xi = 0,032$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1341}{0,968 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,19 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **Q-283** As = 2,83 cm<sup>2</sup>

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja nad ležajem:

Mjerodavan moment na ležaju 101-102:

$$M_{Ed} = 24,00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2400}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0533$$

$$\text{Očitano: : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \% \quad \varepsilon_{c2} = 1,4 \% \quad \zeta = 0,956 \quad \xi = 0,056$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2400}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,84 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **R-385** As = 3,85 cm<sup>2</sup>

Napomena: Dobivenu armaturu umanjiti nad ležajem za cca 15-20 % i povećati u polju cca 25-30%.

Odabrana armatura:

donja zona: Q -283 (As = 2,83 cm<sup>2</sup> /m')

gornja zona: R-385 (As = 3,85 cm<sup>2</sup> /m')

### Kontrola pukotina ploče pozicije 100

Tražena površina armature u donjoj zoni ploče 2.19 cm<sup>2</sup> - na tom mjestu, usvojena mreža Q-283.

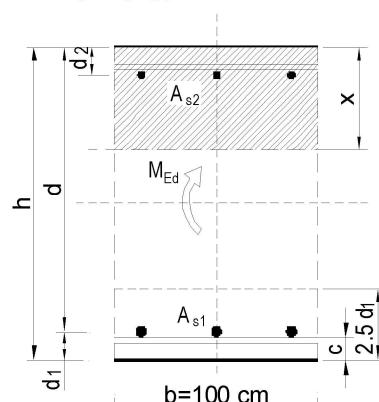
Proračunata računska (karakteristična) vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti:

$$w_k \leq w_g,$$

gdje je usvojeno w<sub>g</sub> = 0,3 mm.

Računska širina pukotine, prema EC-2 može se prognozirati pomoću izraza:

b =	100,0 cm	d =	15,0 cm	h =	18,0 cm
f <sub>ck</sub> =	30,0 MN/m <sup>2</sup>	f <sub>cim</sub> =	2,90 MN/m <sup>2</sup>	w <sub>g</sub> =	0,30 mm
A <sub>s1</sub> =	2,83 cm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	d <sub>1</sub> = d <sub>2</sub> =	3,0 cm
E <sub>s</sub> =	200,00 GN/m <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub> =	32,80 GN/m <sup>2</sup>	0 <sub>e</sub> = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> =	6,10
M <sub>Ed</sub> =	10,0 kNm	k <sub>t</sub> =	0,40		
κ <sub>s</sub> =	246,41 MN/m <sup>2</sup>				
x =	2,11 cm	δ <sub>p,eff</sub> =	0,0038		
0 <sub>sm</sub> γ, cm <sup>2</sup>	-0,000338 <	0,6 σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0,000739		
Ø =	6,0 mm	c =	2,50 cm		
k <sub>1</sub> =	0,8	k <sub>2</sub> =	0,50		
k <sub>3</sub> =	3,4	k <sub>4</sub> =	0,43		
s <sub>r,max</sub> =	355,32 mm				
w <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (0 <sub>sm</sub> 1 0 <sub>cm</sub> ) =	0,263 mm	<	w <sub>g</sub>		



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

$s_{r,\max}$  - najveći razmak pukotina

$\varepsilon_{sm}$  - srednja deformacija armature za odgovarajuću kombinaciju opterećenja

$\varepsilon_{cm}$  - srednja deformacija betona između pukotina

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

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

$\sigma_s$  - naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine

$\alpha_e$  - omjer modula elastičnosti betona i armature

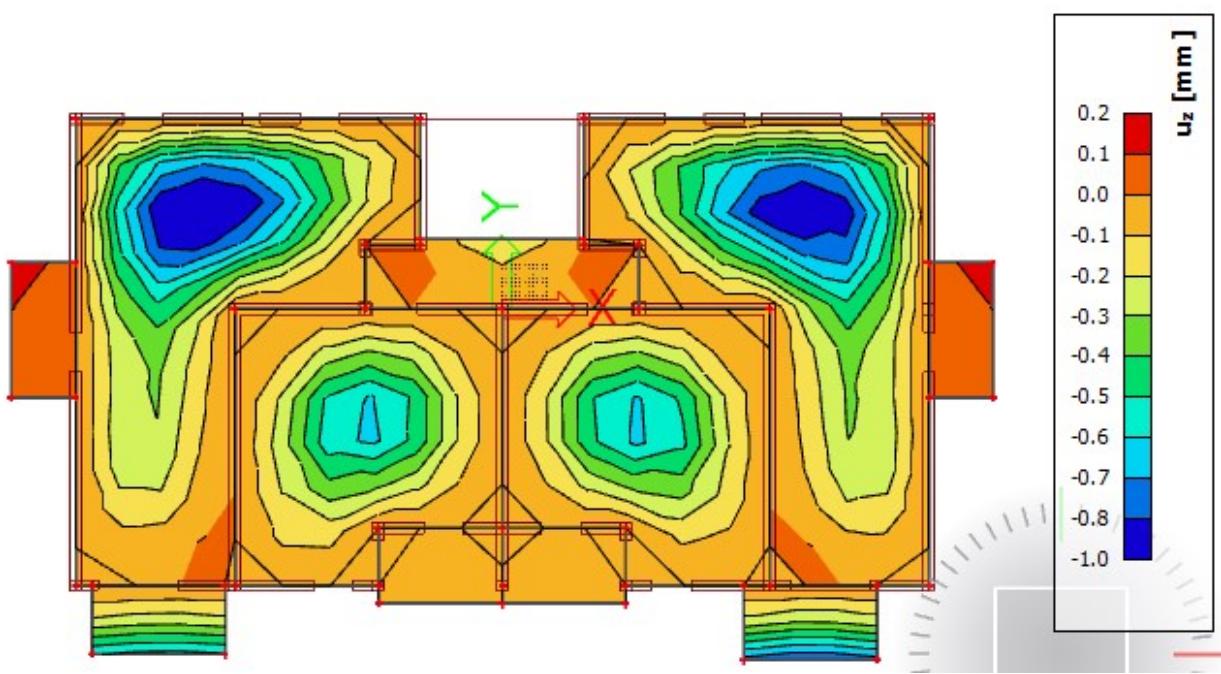
$f_{ct,eff}$  - efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm}$

$k_t$  - koeficijent kojim se uzima u obzir trajanje opterećenja

$k_t = 0,4$  - dugotrajno opterećenje

$\rho_{p,eff}$  - djelotvorni koeficijent armiranja glavnog vlačnom armaturom

Provjera progiba:



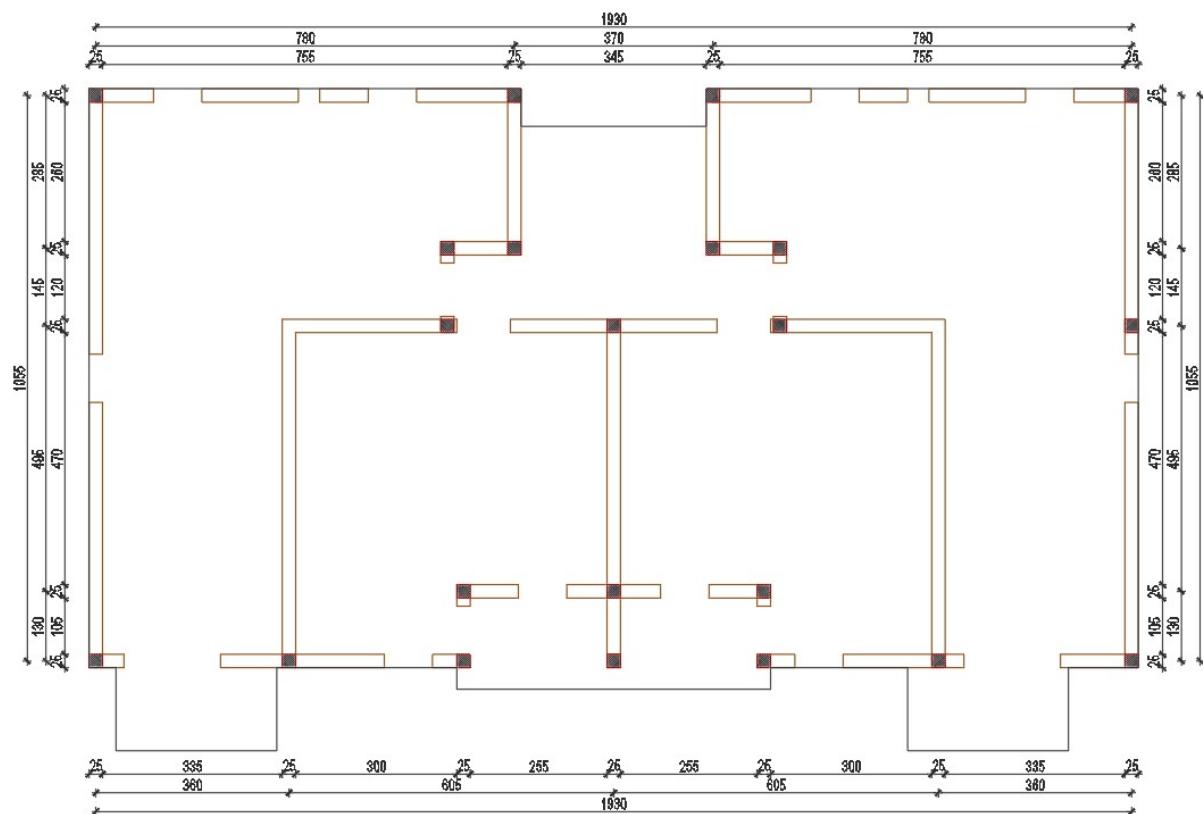
Slika 32 Progibi - rezultati prikazani u mm

Granična vrijednost progiba ploče:

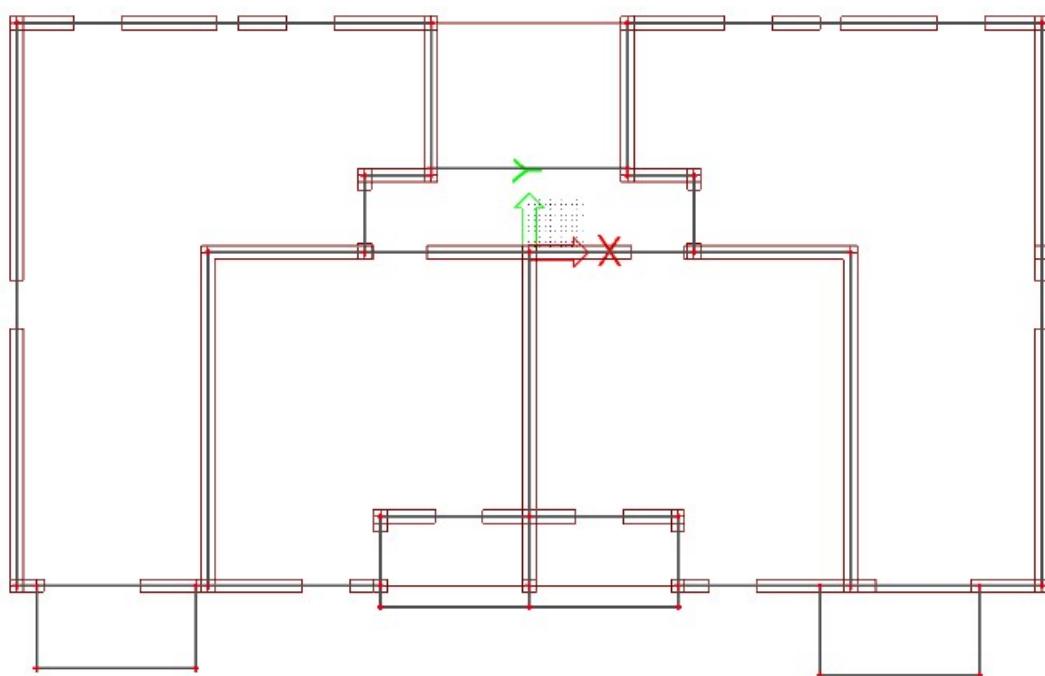
$$f_{p,dop} = \frac{l}{250}$$

$$f_{p,dop} = \frac{4000}{250} = 16.0 \geq 1.0 \text{ mm}$$

### 5.1.2 Ploče pozicija 200, 300



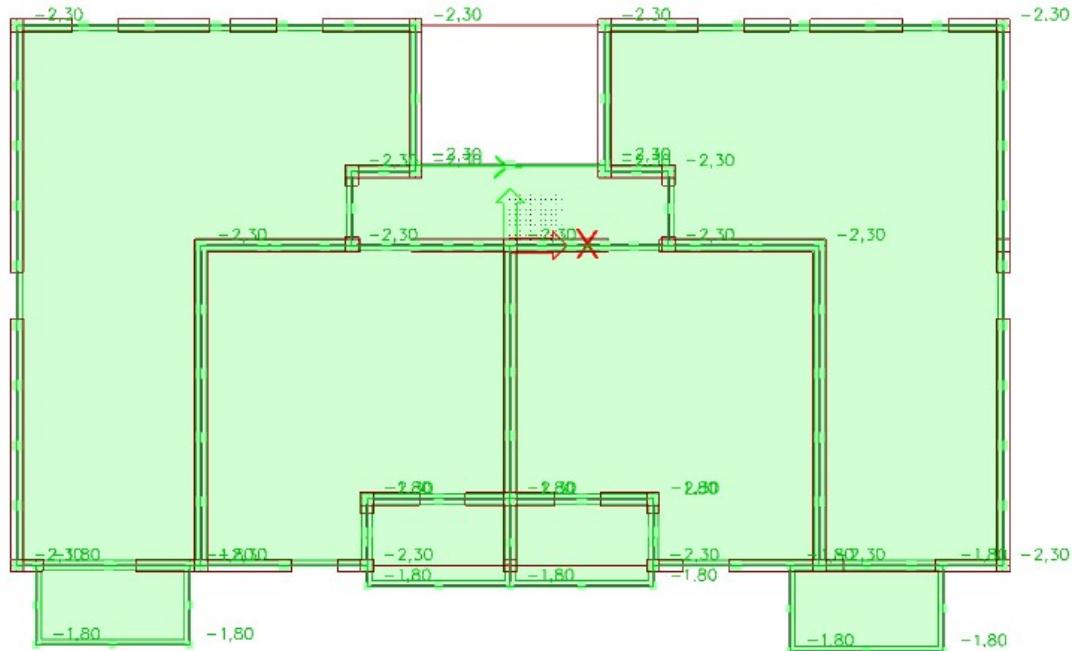
Slika 33 Prikaz tlocrta



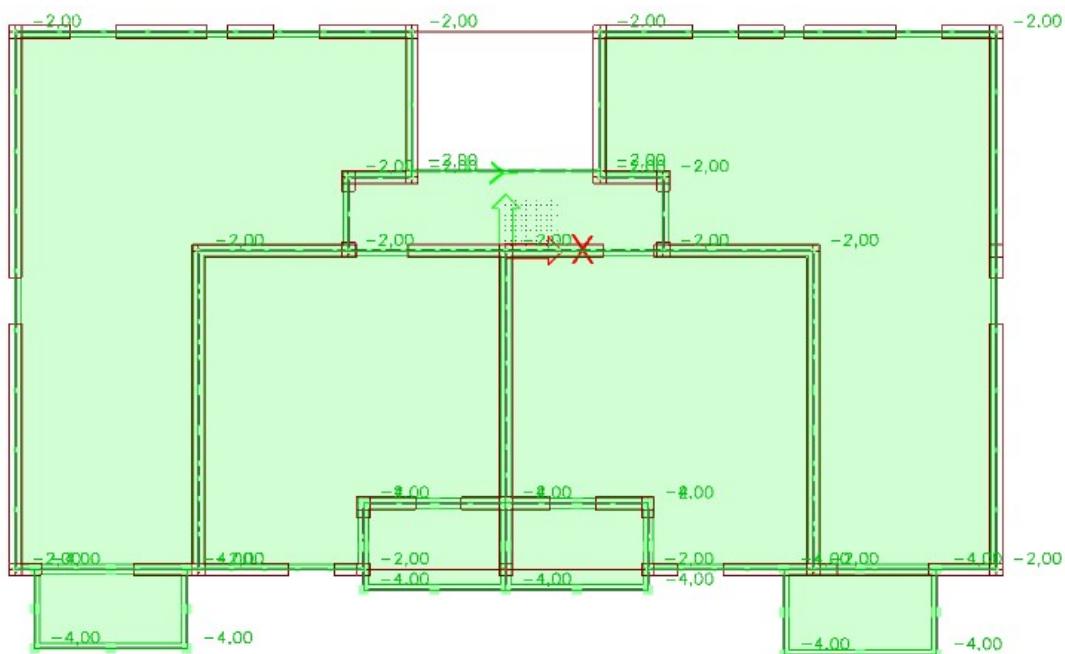
Slika 34 Računski model

Računsko opterećenje po pločama POZ 200, 300:

Vlastita težina ploče (uključena u SCIA Engineer software)

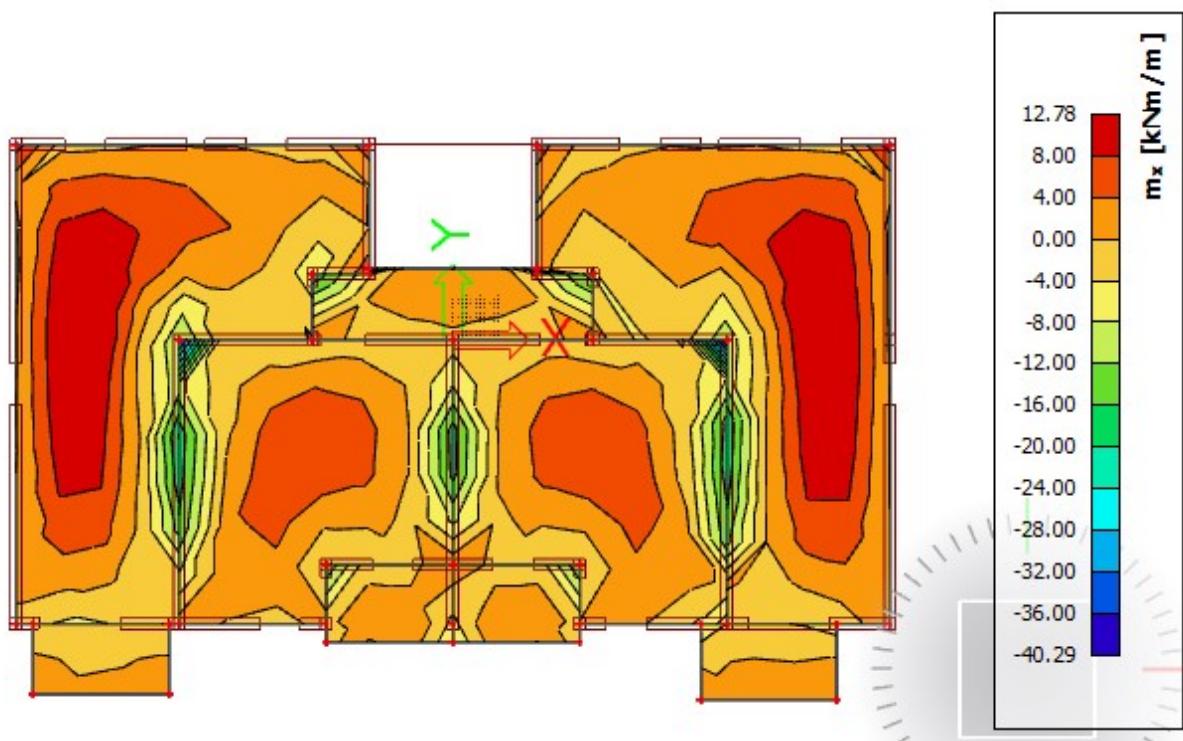


Slika 35 Dodatno stalno opterećenje [kN/m<sup>2</sup>]

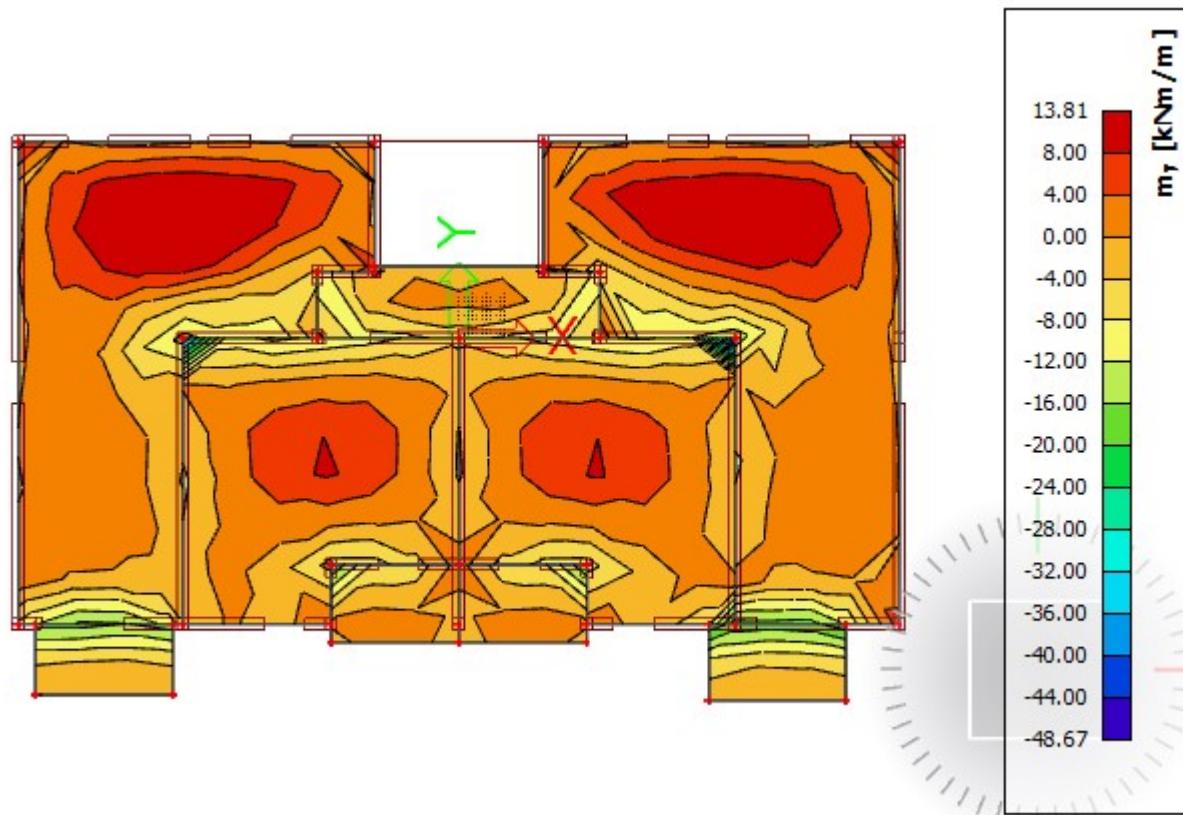


Slika 36 Promjenjivo opterećenje [kN/m<sup>2</sup>]

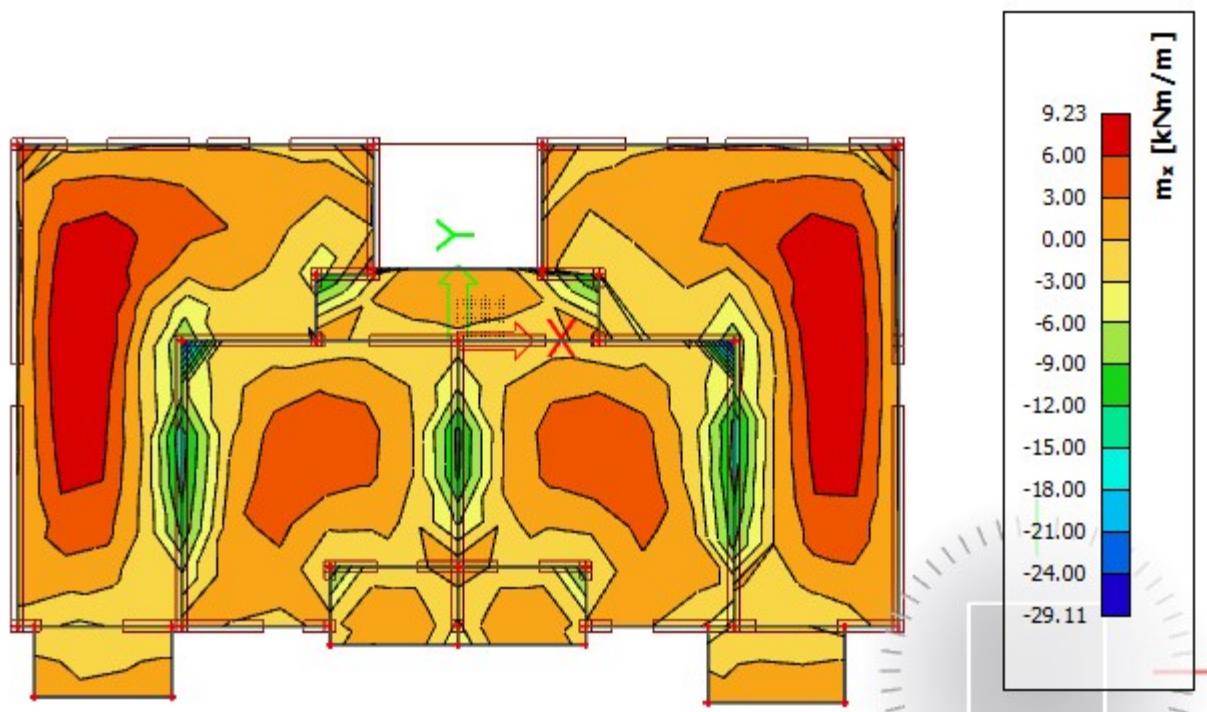
Rezultati proračuna:



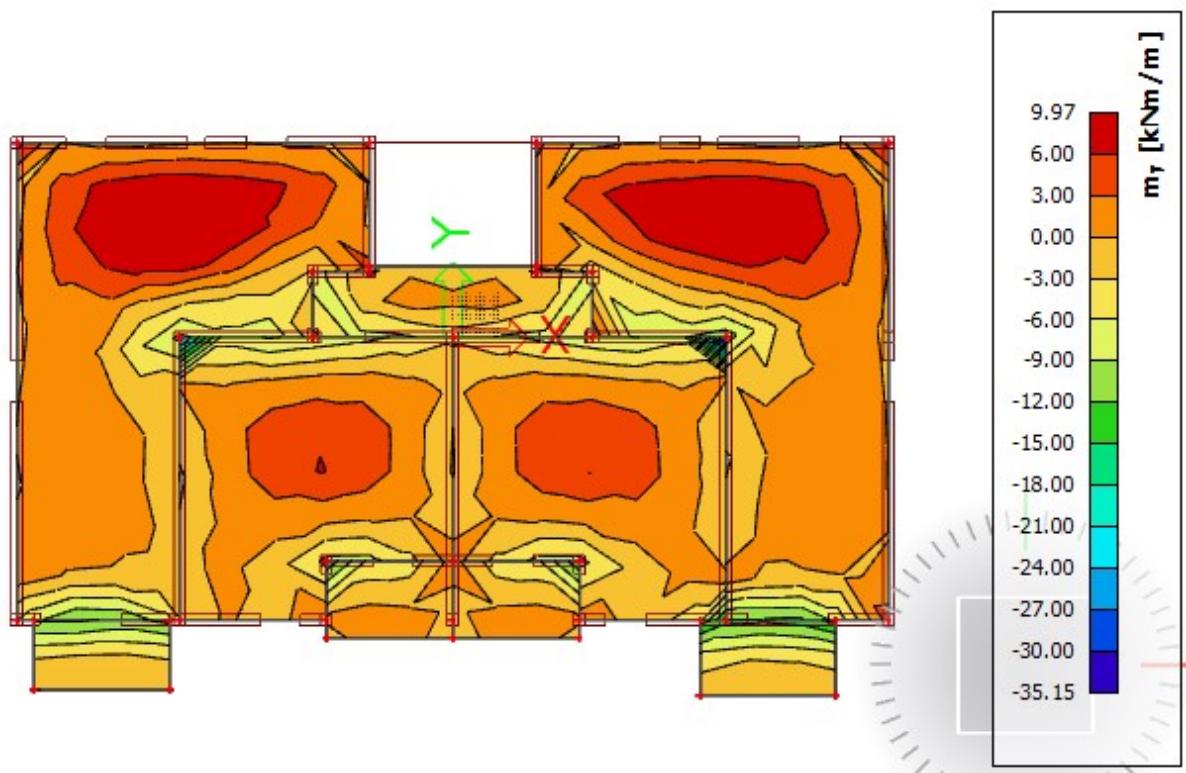
Slika 37  $M_{Sd,x}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 38  $M_{Sd,y}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 39  $M_{Sd,x}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 \text{ G} + 1.0\text{Q}$



Slika 40  $M_{Sd,y}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 \text{ G} + 1.0\text{Q}$

Dimenzioniranje na savijanje POZ 200, 300:

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{30,0}{1,5}=20,00 \text{ MPa}$

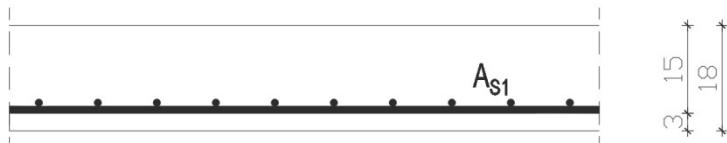
Armatura: B 500 B;  $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434.8 \text{ Mpa}$

$$d = h - d_1$$

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

\*c → zaštitni sloj

$$d = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju:

Mjerodavan moment koji se javlja u polju 101:

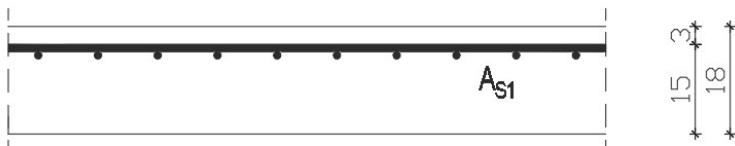
$$M_{Ed} = 13,81 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1381}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0307$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \% \quad \varepsilon_{e2} = 1,0 \% \quad \zeta = 0,968 \quad \xi = 0,032$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1381}{0,968 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,19 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **Q-283** As = 2,83 cm<sup>2</sup>

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja nad ležajem:

Mjerodavan moment na ležaju 101-102:

$$M_{Ed} = 24,00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2400}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0533$$

$$\text{Očitano: : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \% \quad \varepsilon_{c2} = 1,4 \% \quad \zeta = 0,956 \quad \xi = 0,056$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2400}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,84 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **R-385** As = 3,85 cm<sup>2</sup>

Napomena: Dobivenu armaturu umanjiti nad ležajem za cca 15-20 % i povećati u polju cca 25-30%.

Odabrana armatura:

donja zona: Q-283 (As = 2,83 cm<sup>2</sup> /m')

gornja zona: R-385 (As = 3,85 cm<sup>2</sup> /m')

### Kontrola pukotina ploča pozicija 100,200,300

Tražena površina armature u donjoj zoni ploče 2.19 cm<sup>2</sup> - na tom mjestu, usvojena mreža Q-283.

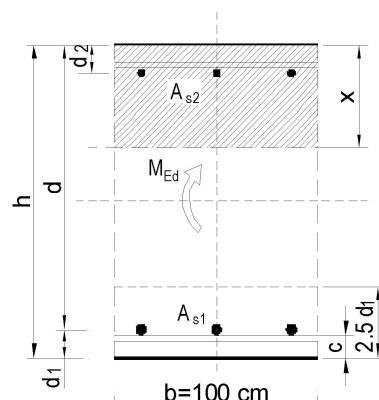
Proračunata računska (karakteristična) vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti:

$$w_k \leq w_g,$$

gdje je usvojeno w<sub>g</sub> = 0.3 mm.

Računska širina pukotine, prema EC-2 može se prognozirati pomoću izraza:

b =	100,0 cm	d =	15,0 cm	h =	18,0 cm
f <sub>ck</sub> =	30,0 MN/m <sup>2</sup>	f <sub>c'm</sub> =	2,90 MN/m <sup>2</sup>	w <sub>g</sub> =	0,30 mm
A <sub>s1</sub> =	2,83 cm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	d <sub>1</sub> = d <sub>2</sub> =	3,0 cm
E <sub>s</sub> =	200,00 GN/m <sup>2</sup>	E <sub>c'm</sub> =	32,80 GN/m <sup>2</sup>	0 <sub>e</sub> = E <sub>s</sub> /E <sub>c'm</sub> =	6,10
M <sub>Ed</sub> =	10,0 kNm	k <sub>t</sub> =	0,40		
κ <sub>s</sub> =	246,41 MN/m <sup>2</sup>				
x =	2,11 cm	δ <sub>p,eff</sub> =	0,0038		
0 <sub>sm</sub> γ, cm <sup>2</sup>	-0,000338 <	0,6 σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0,000739		
Ø =	6,0 mm	c =	2,50 cm		
k <sub>1</sub> =	0,8	k <sub>2</sub> =	0,50		
k <sub>3</sub> =	3,4	k <sub>4</sub> =	0,43		
s <sub>r,max</sub> =	355,32 mm				
w <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (0 <sub>sm</sub> 1 0 <sub>c'm</sub> ) =	0,263 mm	<	w <sub>g</sub>		



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

$s_{r,\max}$  - najveći razmak pukotina

$\varepsilon_{sm}$  - srednja deformacija armature za odgovarajuću kombinaciju opterećenja

$\varepsilon_{cm}$  - srednja deformacija betona između pukotina

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

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

$\sigma_s$  - naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine

$\alpha_e$  - omjer modula elastičnosti betona i armature

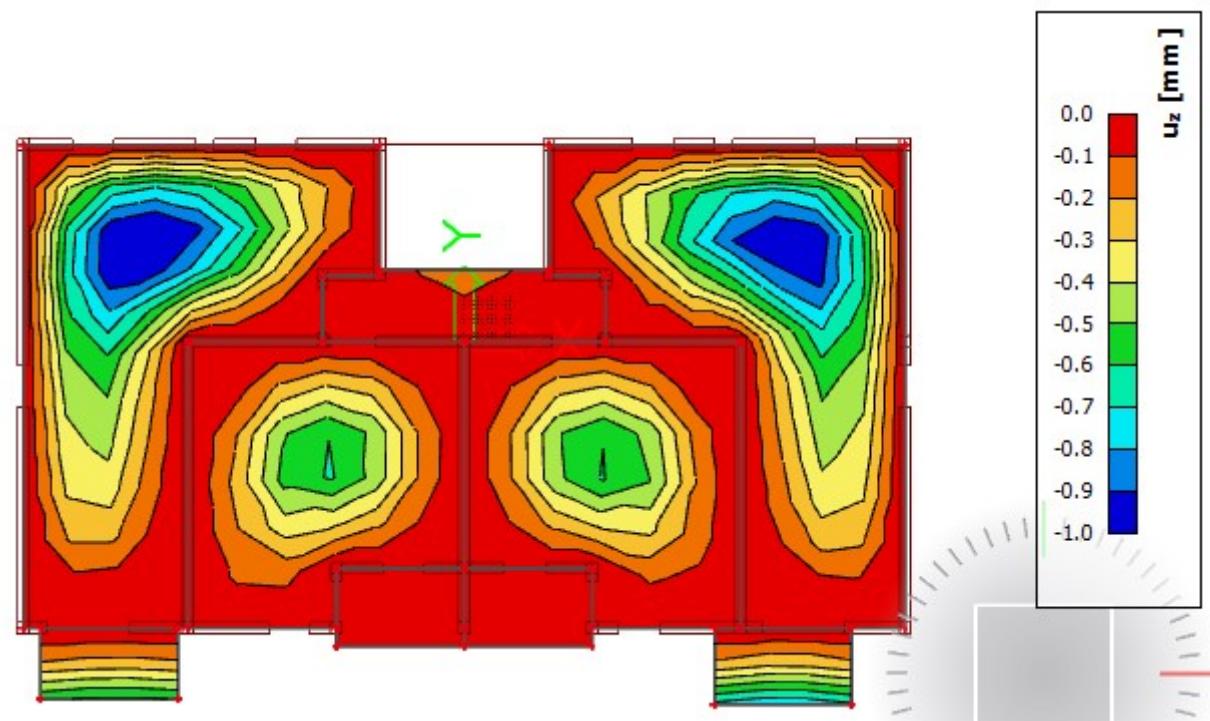
$f_{ct,eff}$  - efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm}$

$k_t$  - koeficijent kojim se uzima u obzir trajanje opterećenja

$k_t = 0,4$  - dugotrajno opterećenje

$\rho_{p,eff}$  - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

Provjera progiba:

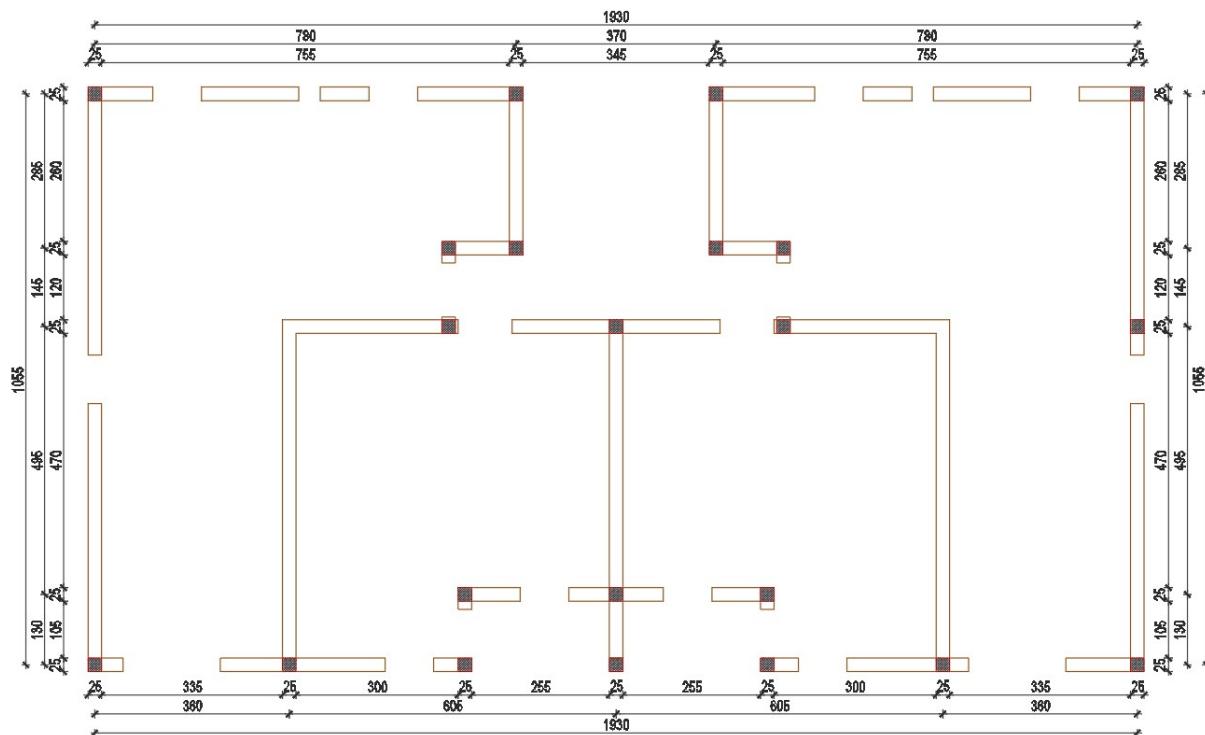


Slika 41 Progibi - rezultati prikazani u mm

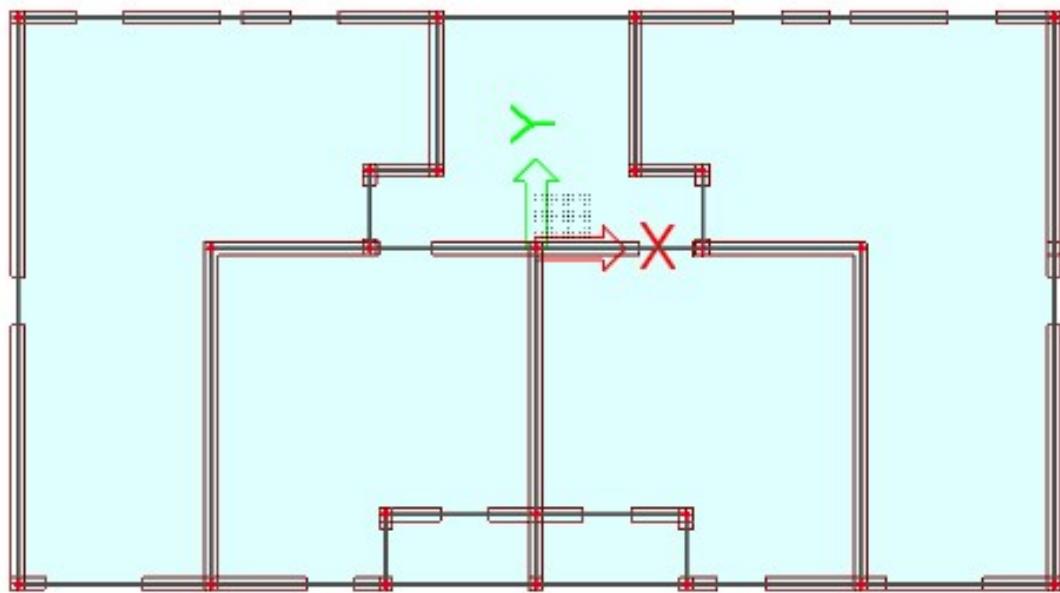
Granična vrijednost progiba ploče:

$$f_{p,dop} = \frac{l}{250}$$
$$f_{p,dop} = \frac{4000}{250} = 16.0 \geq 1.0 \text{ mm}$$

### 5.1.3 Ploča pozicije 400 (krovna ploča)



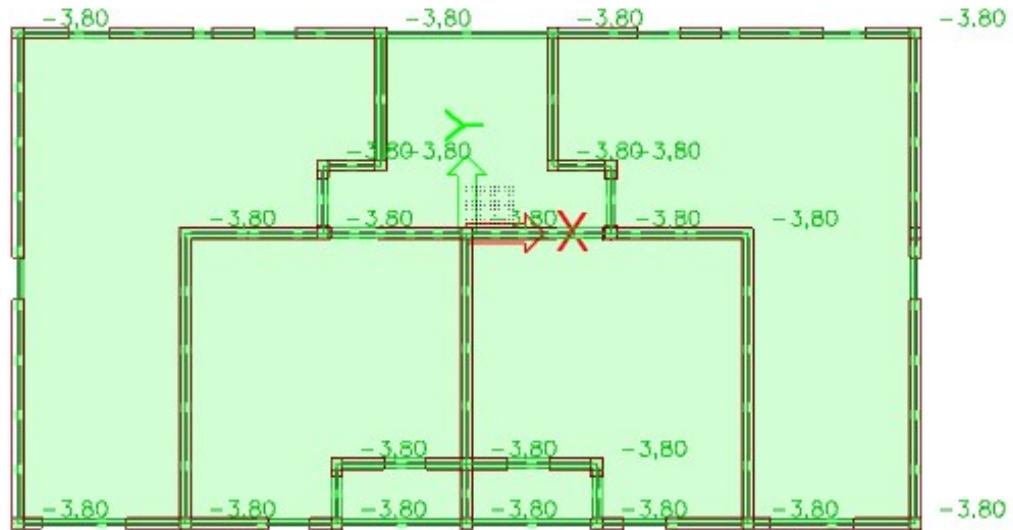
Slika 42 Prikaz tlocrta



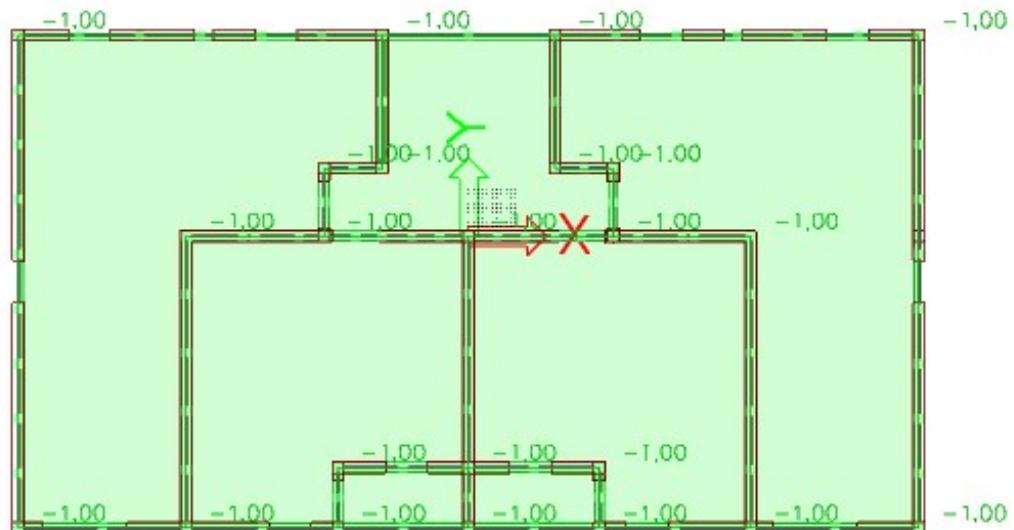
Slika 43 Računski model

Računsko opterećenje po ploči 400:

Vlastita težina ploče (uključena u SCIA Engineer software)



Slika 44 Dodatno stalno opterećenje [ $\text{kN}/\text{m}^2$ ]

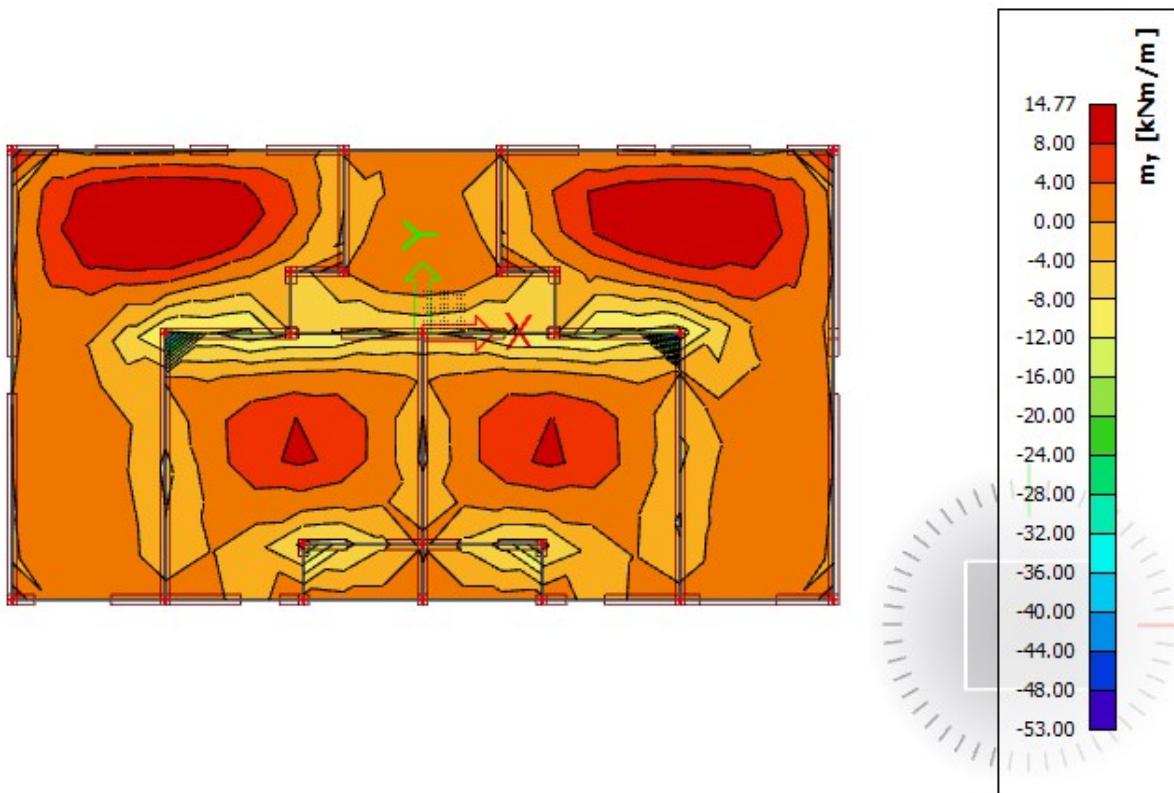


Slika 45 Promjenjivo opterećenje [ $\text{kN}/\text{m}^2$ ]

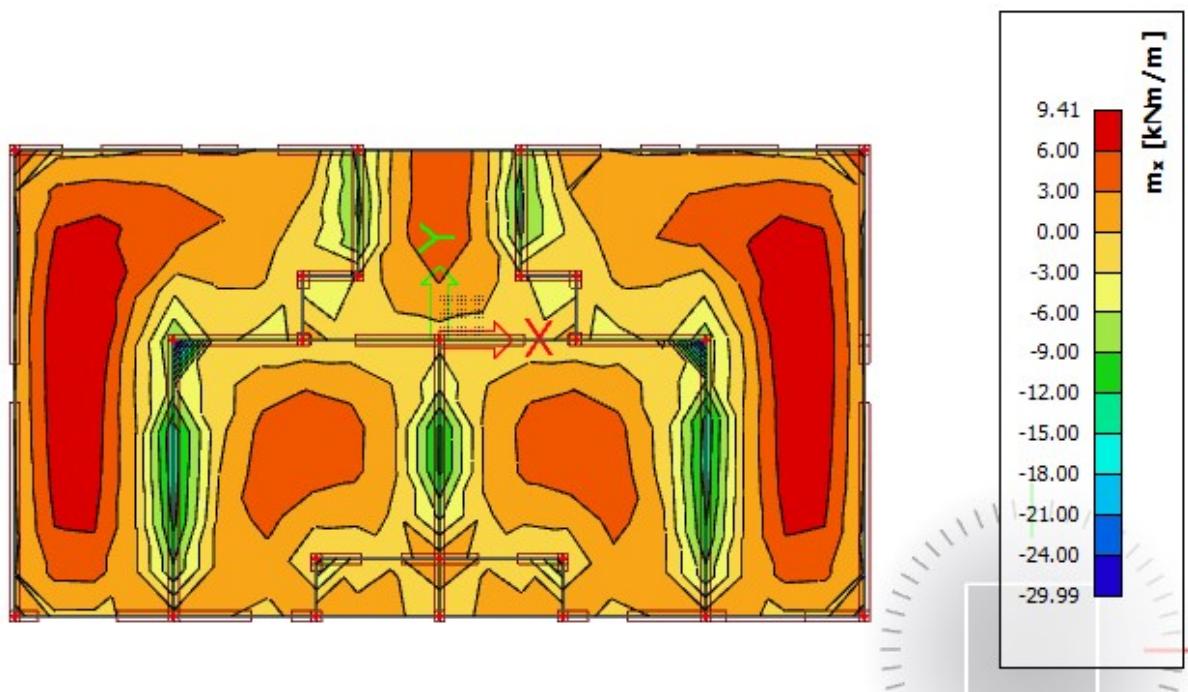
Rezultati proračuna:



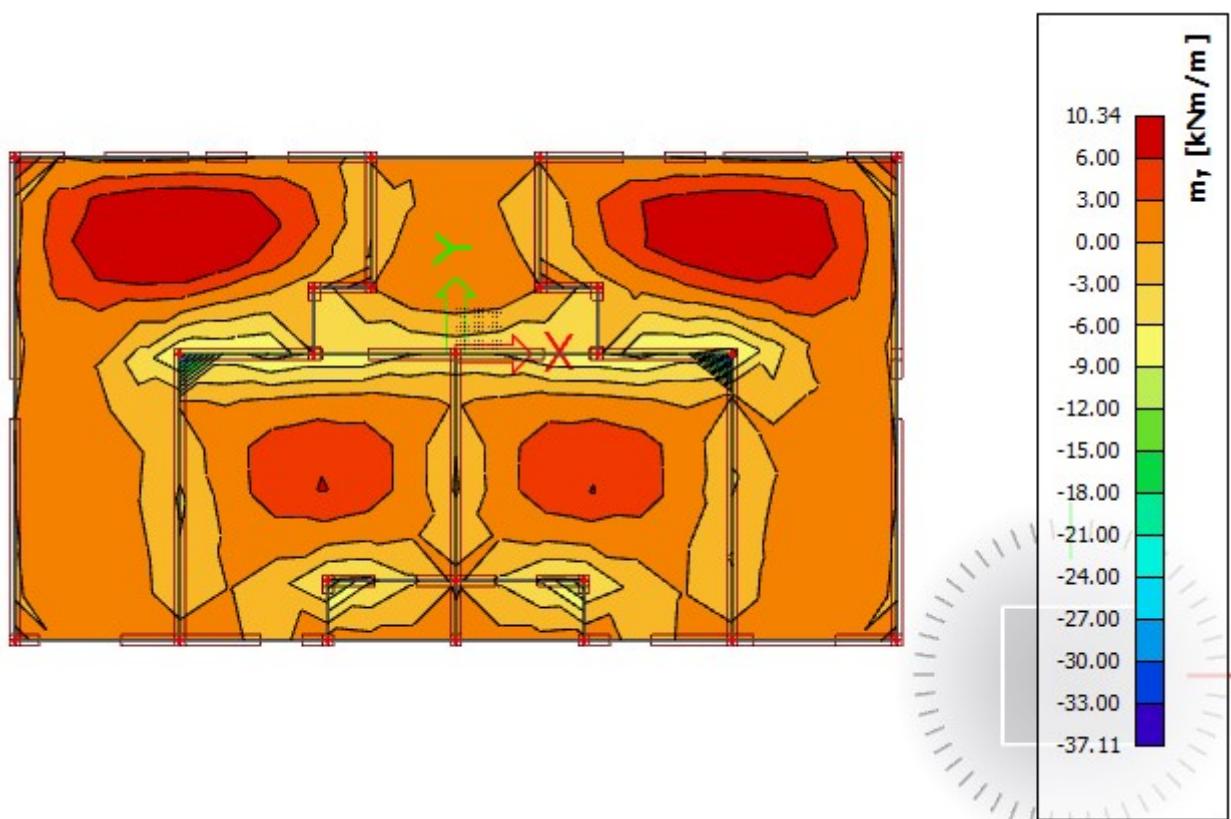
Slika 46  $M_{sd,x}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 47  $M_{sd,y}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 48  $M_{sd,x}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.0 \text{ G} + 1.0 \text{ Q}$



Slika 49  $M_{sd,y}$  [ $\text{kNm}/\text{m}$ ] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{sd}=1.0 \text{ G} + 1.0 \text{ Q}$

Dimenzioniranje na savijanje POZ 400:

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{30,0}{1,5}=20,00 \text{ MPa}$

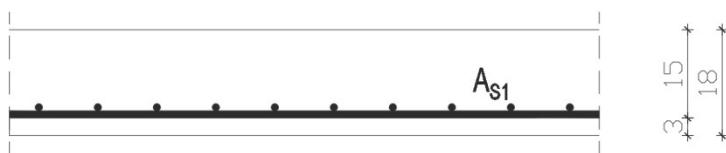
Armatura: B 500 B;  $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434.8 \text{ MPa}$

$$d = h - d_1$$

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

\*c → zaštitni sloj

$$d = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju:

Mjerodavan moment u polju 401:

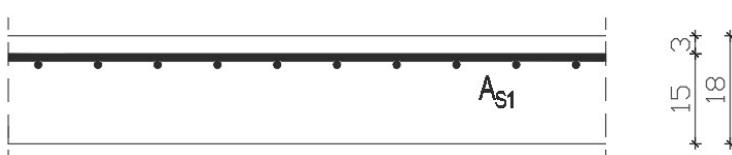
$$M_{Ed} = 14,77 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1477}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0328$$

Očitano: :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \%$   $\varepsilon_{c2} = 1,1 \%$   $\zeta = 0,965$   $\xi = 0,038$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1477}{0,965 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,35 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **Q-283** As = 2,83 cm<sup>2</sup>

Dimenzioniranje ploča na moment savijanja nad ležajem:

Mjerodavan moment na ležaju 401-402:

$$M_{Ed} = 24,00 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2400}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,00} = 0,0533$$

Očitano: :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \%$   $\varepsilon_{c2} = 1,4 \%$   $\zeta = 0,956$   $\xi = 0,056$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2400}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,84 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **R-385** As = 3,85 cm<sup>2</sup>

Napomena: Dobivenu armaturu umanjiti nad ležajem za cca 15-20 % i povećati u polju cca 25-30%.

Odabrana armatura:

Donja zona: Q-283 s preklopom 40cm (As = 3,36 cm<sup>2</sup> /m')

gornja zona: R-385 (As = 3,85 cm<sup>2</sup> /m')

### Kontrola pukotina ploča pozicije 400

Tražena površina armature u donjoj zoni ploče 2.35 cm<sup>2</sup> - na tom mjestu, usvojena mreža Q-283.

Proračunata računska (karakteristična) vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti:

$$w_k \leq w_g,$$

gdje je usvojeno w<sub>g</sub>= 0,3 mm.

Računska širina pukotine, prema EC-2 može se prognozirati pomoću izraza:

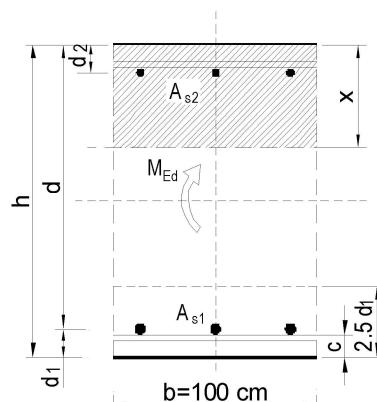
b =	100,0 cm	d =	15,0 cm	h =	18,0 cm
f <sub>ck</sub> =	30,0 MN/m <sup>2</sup>	f <sub>ctm</sub> =	2,90 MN/m <sup>2</sup>	w <sub>g</sub> =	0,30 mm
A <sub>s1</sub> =	2,83 cm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	d <sub>1</sub> = d <sub>2</sub> =	3,0 cm
E <sub>s</sub> =	200,00 GN/m <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub> =	32,80 GN/m <sup>2</sup>	2 <sub>e</sub> = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> =	6,10
M <sub>Ed</sub> =	10,3 kNm	k <sub>t</sub> =	0,40		
s =	255,56 MN/m <sup>2</sup>				
x =	2,11 cm	0 <sub>p,eff</sub> =	0,0038		
ξ <sub>sm</sub> =	-0,000293 <	0,62 <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0,000767		
Ø =	6,0 mm	c =	2,50 cm		
k <sub>1</sub> =	0,8	k <sub>2</sub> =	0,50		
k <sub>3</sub> =	3,4	k <sub>4</sub> =	0,43		
s <sub>r,max</sub> =	355,32 mm				
w <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (k <sub>sm</sub> k <sub>cm</sub> ) =	0,272 mm	<	w <sub>g</sub>		

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \text{gdje je:}$$

s<sub>r,max</sub> - najveći razmak pukotina

ε<sub>sm</sub> - srednja deformacija armature za odgovarajuću kombinaciju opterećenja

ε<sub>cm</sub> - srednja deformacija betona između pukotina



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

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

$\sigma_s$  - naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine

$\alpha_e$  - omjer modula elastičnosti betona i armature

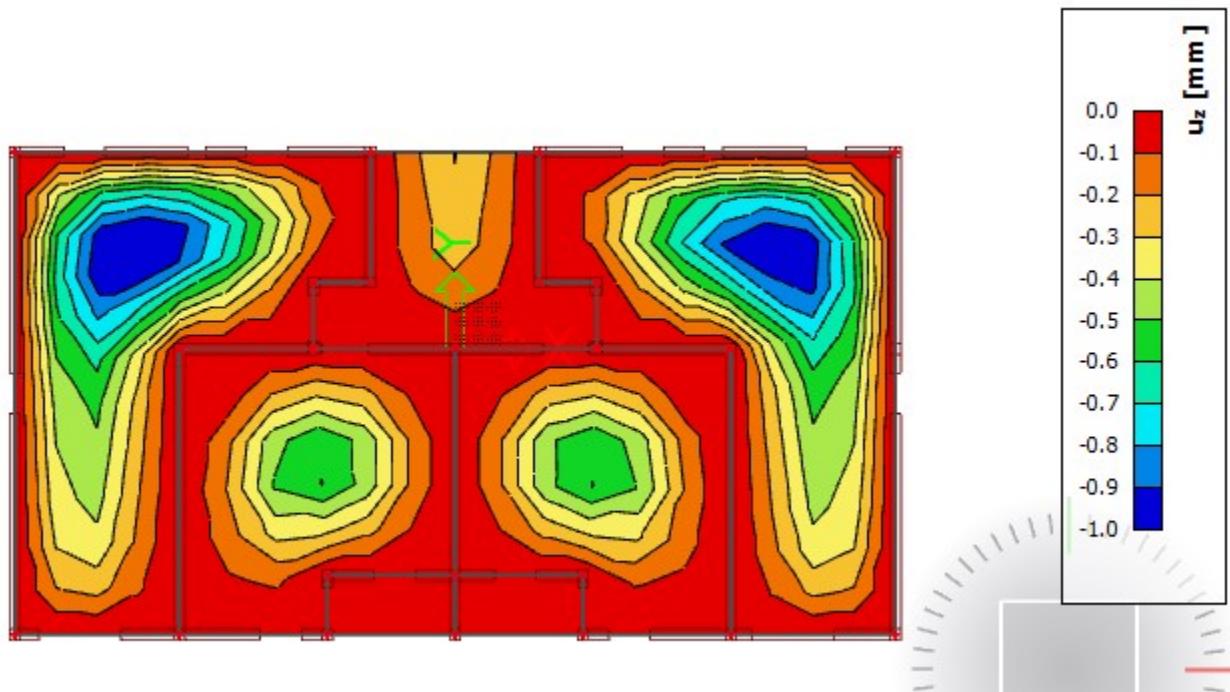
$f_{ct,eff}$  - efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm}$

$k_t$  - koeficijent kojim se uzima u obzir trajanje opterećenja

$k_t = 0,4$  - dugotrajno opterećenje

$\rho_{p,eff}$  - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

#### Provjera progiba:



Slika 50 Progibi - rezultati prikazani u mm

Granična vrijednost progiba ploče:

$$f_{p,dop} = \frac{l}{250}$$

$$f_{p,dop} = \frac{4000}{250} = 16.0 \geq 1.0 \text{ mm}$$

## 5.2 Dimenzioniranje stubišta

Stubište je u programskom paketu Scia Engineer 19.1 modelirano kao 3D element. Ploča stubišta je debljine 15 cm, klase betona C 30/37 i armirane čelikom B 500B. Zaštitni sloj betona iznosi 2.5 cm.

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti stubišta iznosi:  $1,35G + 1,35\Delta G + 1,50Q$ .

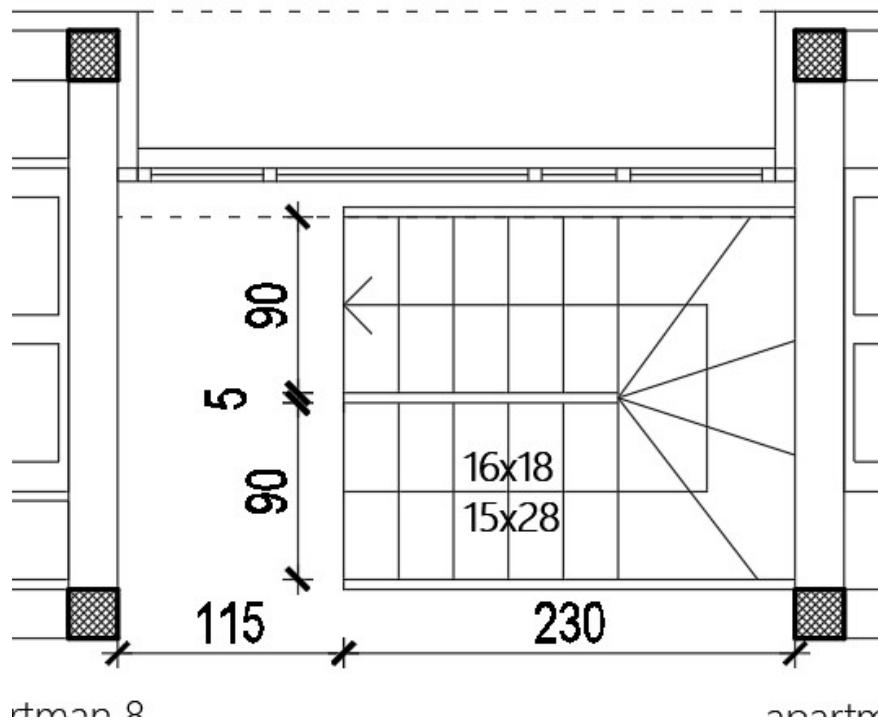
Mjerodavna kombinacija za granično stanje uporabljivosti stubišta iznosi:  $1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$ .

Minimalna potrebna armatura za ploče:

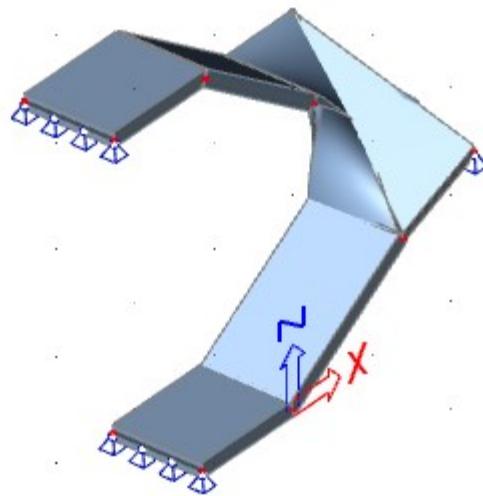
→ za ploču  $d=15.0$  cm →  $0.0015 \cdot 100 \cdot 15 = 2.25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  → **odabrano minimalno Q-226**

Sva stubišta Poz 105, 205, 305 su ista pa se proračun provodi samo za jedno stubište i vrijedi za sva stubišta.

### 5.2.1 Stubište



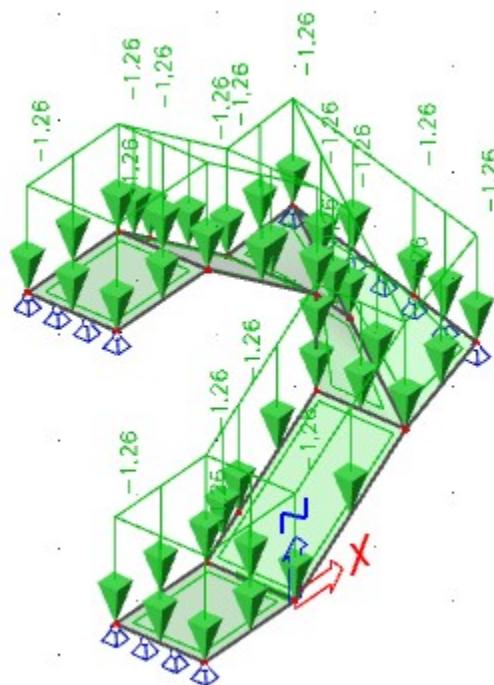
Slika 51 Prikaz tlocrta stubišta



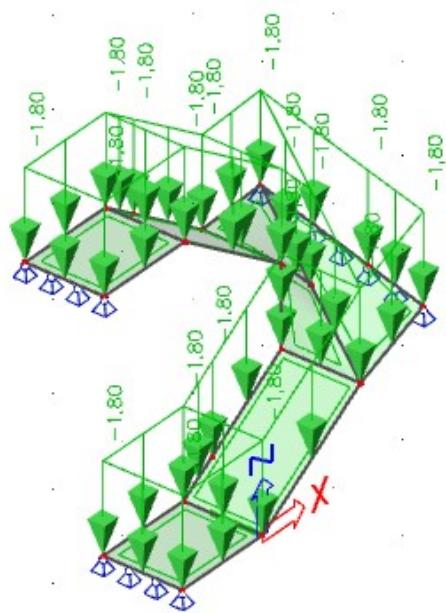
Slika 52 Računski model

Računsko opterećenje na stubištu:

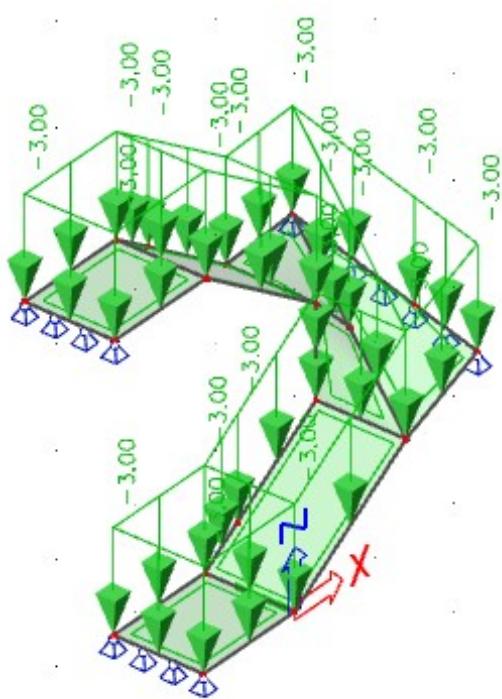
Vlastita težina ploče stubišta (uključena u SCIA Engineer software)



Slika 53 Težina stuba [kN/m<sup>2</sup>]

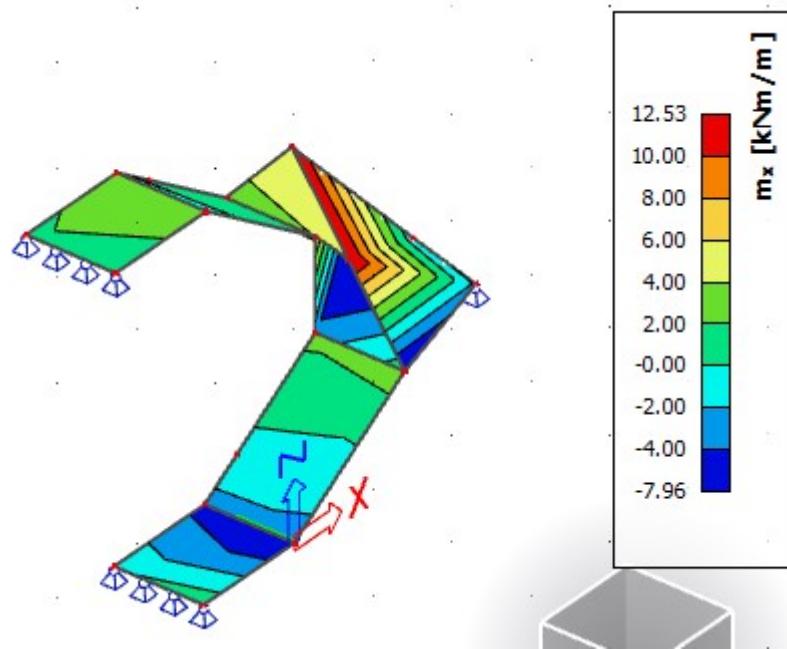


Slika 54 Dodatno stalno opterećenje [ $\text{kN}/\text{m}^2$ ]

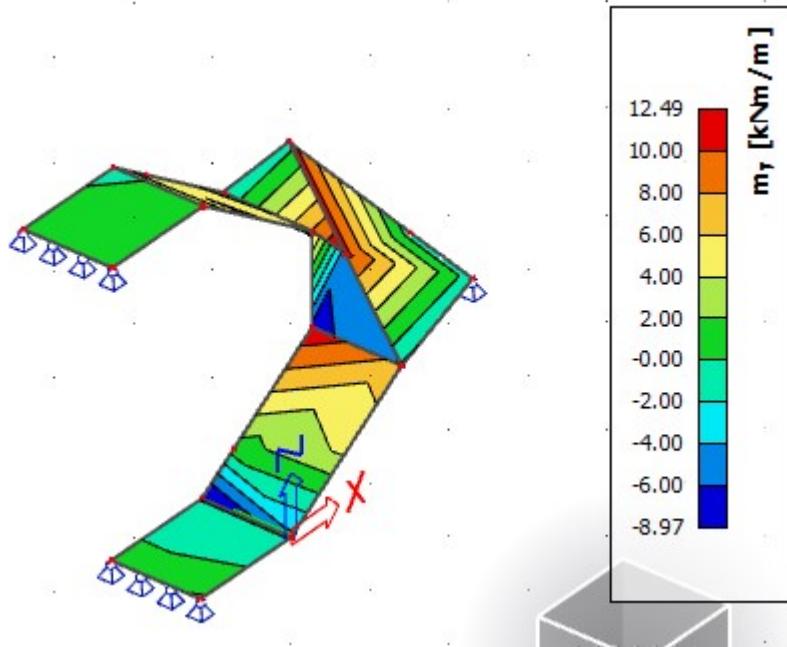


Slika 55 Promjenjivo opterećenje [ $\text{kN}/\text{m}^2$ ]

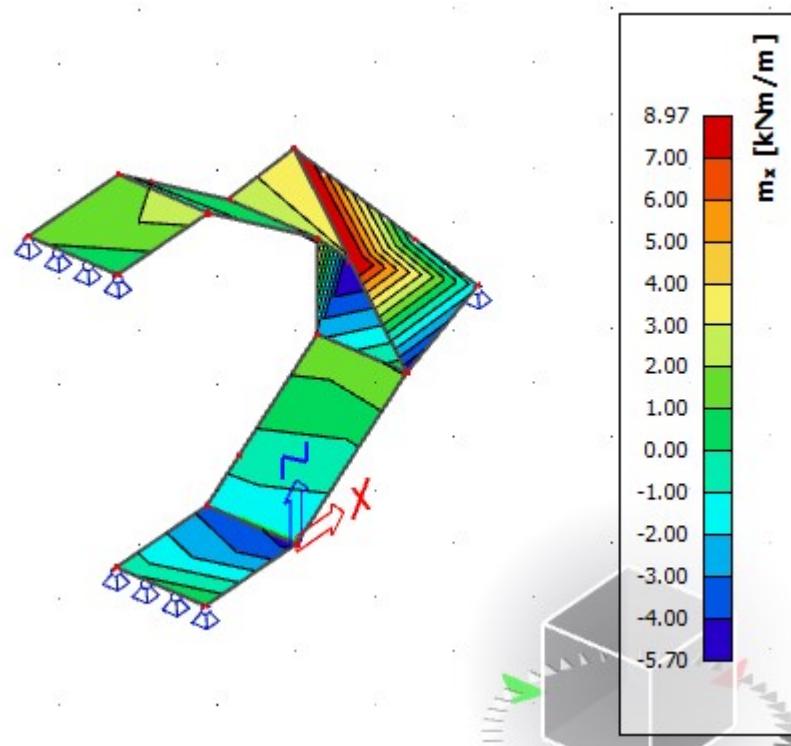
Rezultati proračuna:



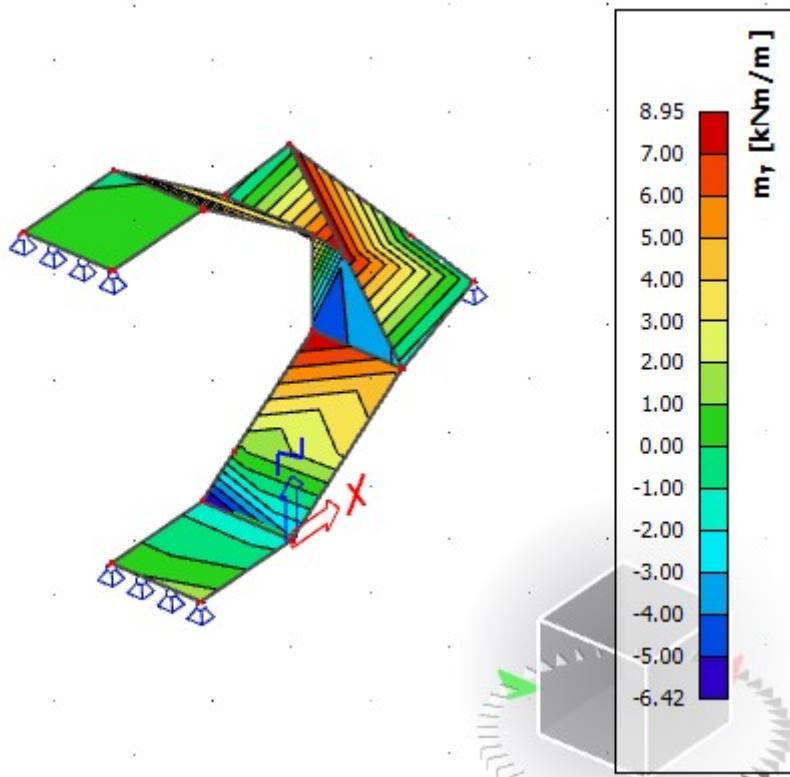
Slika 56  $M_{Sd,x}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 57  $M_{Sd,y}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.35 G + 1.5Q$



Slika 58  $M_{Sd,x}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 G + 1.0Q$



Slika 59  $M_{Sd,y}$  [kNm/m] = računski momenti savijanja u smjeru lokalnih osi za  $q_{Sd}=1.0 G + 1.0Q$

Dimenzioniranje stubišta na savijanje :

Beton: C 30/37;  $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,00 \text{ MPa}$

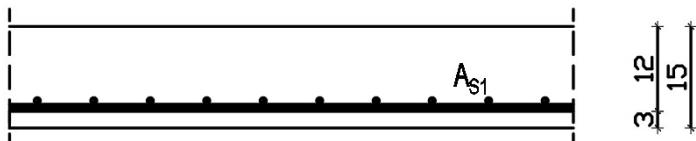
Armatura: B 500 B;  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434.8 \text{ Mpa}$

$$d = h - d_1$$

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ cm}$$

\*c → zaštitni sloj

$$d = 15 - 3 = 12 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje stubišta na moment savijanja u polju:

$$M_{Ed} = 12,53 \text{ kNm}$$

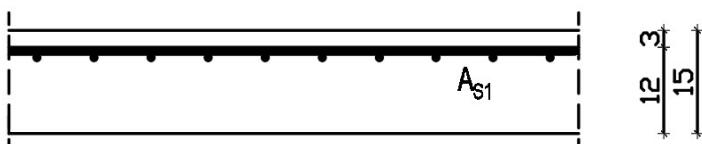
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1253}{90 \cdot 12^2 \cdot 2,00} = 0,048$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \%$   $\varepsilon_{c2} = 1,3 \%$   $\zeta = 0,959$   $\xi = 0,050$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1253}{0,959 \cdot 12 \cdot 43,48} = 2,50 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **Q-283** As = 2,83 cm<sup>2</sup>

## Dimenzioniranje ploča na moment savijanja nad ležajem:



$$M_{Ed} = 8,97 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{897}{90 \cdot 12^2 \cdot 2,00} = 0,035$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \%$   $\varepsilon_{c2} = 1,1 \%$   $\zeta = 0,965$   $\xi = 0,038$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{897}{0,956 \cdot 12 \cdot 43,48} = 1,80 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: **Q-283** As = 2,83 cm<sup>2</sup>

Napomena: Dobivenu armaturu umanjiti nad ležajem za cca 15-20 % i povećati u polju cca 25-30%.

Odabrana armatura:

donja zona: Q-385 ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

gornja zona: Q-283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

## 6 POJEDNOSTAVLJENI PRORAČUN ZIDOVA

Da bi se zgrada mogla svrstati u "jednostavne zidane zgrade" mora zadovoljavati sljedeće odredbe. Kod takvih zgrada nije obavezna izričita provjera sigurnosti. Pravila za jednostavne zidane zgrade:

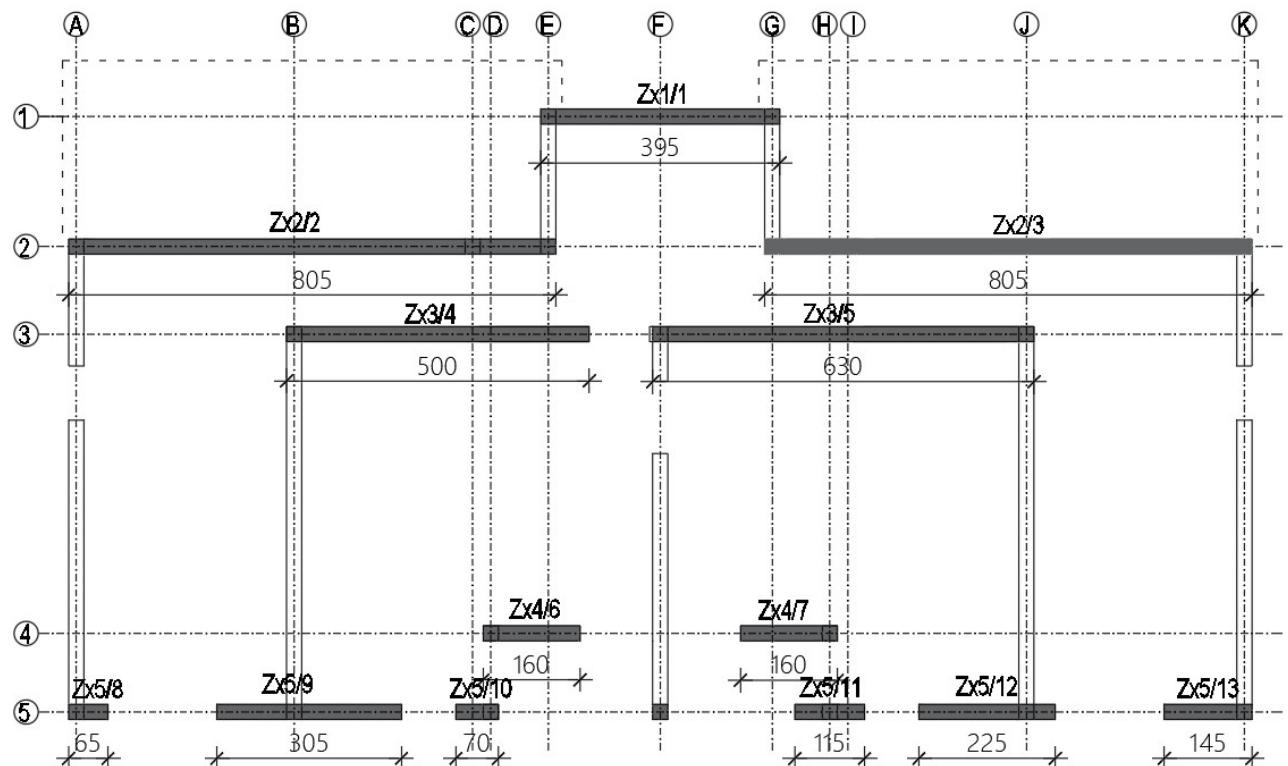
- Broj dopuštenih katova n iznad temeljnog tla je potrebno ograničiti ovisno o umnošku  $a_g S$  za lokaciju i tip gradnje, a u oba ortogonalna smjera treba predvidjeti nosive zidove čija je najmanja površina presjeka  $A_{min}$  izražena kao najmanji postotak ukupne površine stropa po katu  $\rho A_{min}$
- Tlocrtni raspored zgrade treba zadovoljiti sljedeće uvjete:
  - a) treba biti približno pravokutan;
  - b) omjer duljine kraće i dulje stranice u tlocrtu ne treba biti manji od 0,25
  - c) površina projekcije uvučenih dijelova pravokutnog oblika ne treba biti veća od 15%
- Nosivi zidovi zgrade trebaju zadovoljiti sljedeće uvjete:
  - a) zgrada treba biti ukrućena nosivim zidovima raspoređenim u tlocrtu gotovo simetrično u dva ortogonalna pravca
  - b) treba postaviti najmanje po dva usporedna zida u dva okomita smjera, duljina svakog zida treba biti veća od 30% duljine zgrade u promatranom smjeru i
  - c) razmak između tih zidova treba biti veći od 75% duljine zgrade u drugom smjeru, najmanje za zidove jednog smjera
  - d) nosivi zidovi trebaju nositi najmanje 75% vertikalnih opterećenja
  - e) nosivi zidovi trebaju biti neprekinuti od vrha do podnožja zgrade
- U oba horizontalna smjera razlika masa i razlika površina presjeka nosivih zidova susjednih katova treba biti ograničena na maksimalno 20%

## 6.1 Izračun udjela nosivih zidova u ukupnoj površini etaže

Debljina ziđa u x i y smjeru: 25 cm

Tlocrtna površina etaže: 163.9 m<sup>2</sup>

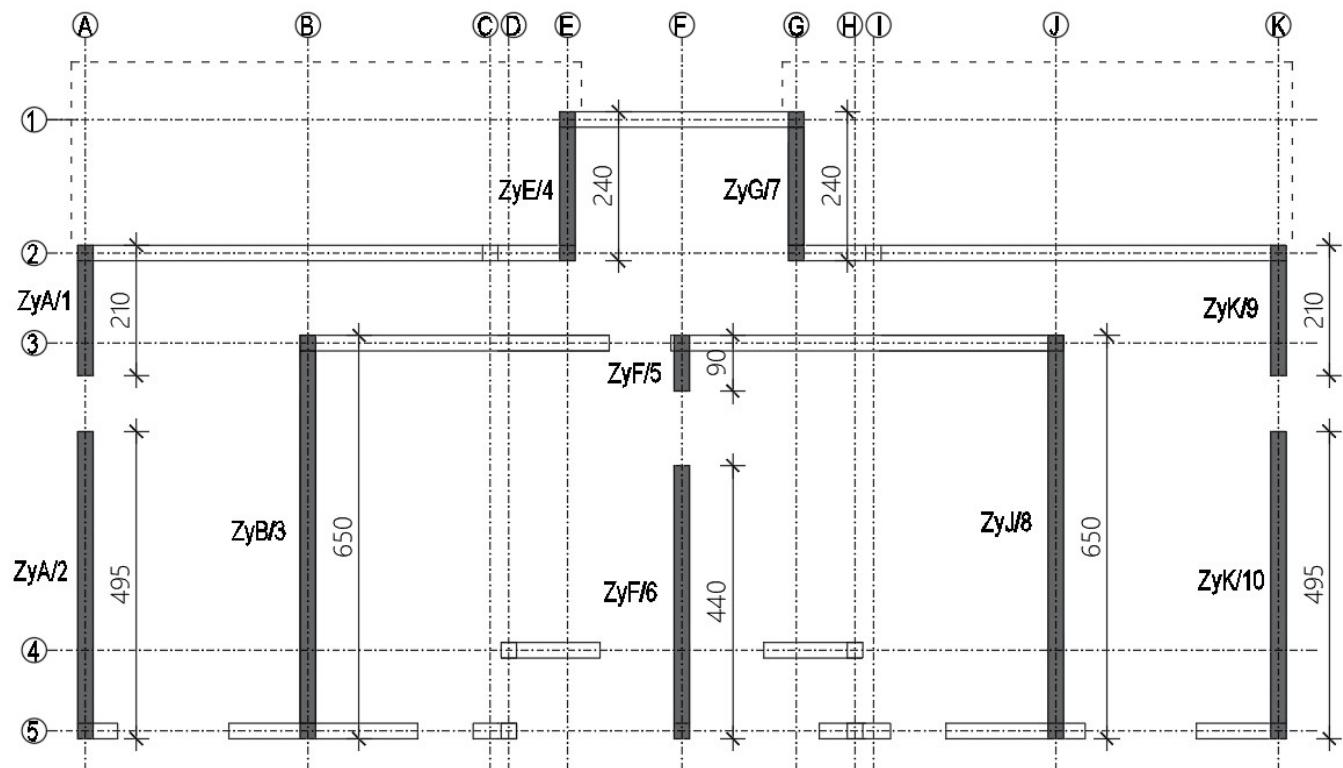
X smjer



Slika 60 Prikaz zidova za x smjer

**Tablica 20 Izračun udjela zidova u x smjeru**

ZID	debljina t (m)	duljina L (m)	visina otvora uz zid	L/h>0,3	površina	
			h (m)		t * L (m <sup>2</sup> )	
<b>Smjer X</b>						
Zx1/1	0,25	3,95	-	-	1,0	
Zx2/2	0,25	8,05	-	-	2,0	
Zx2/3	0,25	8,05	-	-	2,0	
Zx3/4	0,25	5,00	2,2	2,3	1,3	
Zx3/5	0,25	6,30	2,2	2,9	1,6	
Zx4/6	0,25	1,60	2,2	0,7	0,4	
Zx4/7	0,25	1,60	2,2	0,7	0,4	
Zx5/8	0,25	0,65	2,2	0,3	0,2	
Zx5/9	0,25	3,05	2,2	1,4	0,8	
Zx5/10	0,25	0,70	2,2	0,3	0,2	
Zx5/11	0,25	1,15	2,2	0,5	0,3	
Zx5/12	0,25	2,25	2,2	1,0	0,6	
Zx5/13	0,25	1,45	2,2	0,7	0,4	
				Ax=	11,0	m <sup>2</sup>
			Površina etaže	Abrutto=	163,9	m <sup>2</sup>
				P <sub>Ax</sub>	6,7	%

Y smjer

**Tablica 21 Izračun udjela zidova u y smjeru**

ZID	debljina t (m)	duljina L (m)	visina otvora uz zid	L/h>0,3	površina
			h (m)		t * L (m <sup>2</sup> )
<b>Smjer Y</b>					
ZyA/1	0,25	2,10	2,2	1,0	0,5
ZyA/2	0,25	4,95	2,2	2,3	1,2
ZyB/3	0,25	6,50	-	-	1,6
ZyE/4	0,25	2,40	-	-	0,6
ZyF/5	0,25	0,90	2,2	0,4	0,2
ZyF/6	0,25	4,40	2,2	2,0	1,1
ZyG/7	0,25	2,40	-	-	0,6
ZyJ/8	0,25	6,50	-	-	1,6
ZyK/9	0,25	2,10	2,2	1,0	0,5
ZyK/10	0,25	4,95	2,2	2,3	1,2
			Ay= 9,3	m <sup>2</sup>	
			Površina etaže	Abrutto= 163,9	m <sup>2</sup>
				P <sub>Ay</sub> 5,7	%

## 6.2 Vertikalno djelovanje

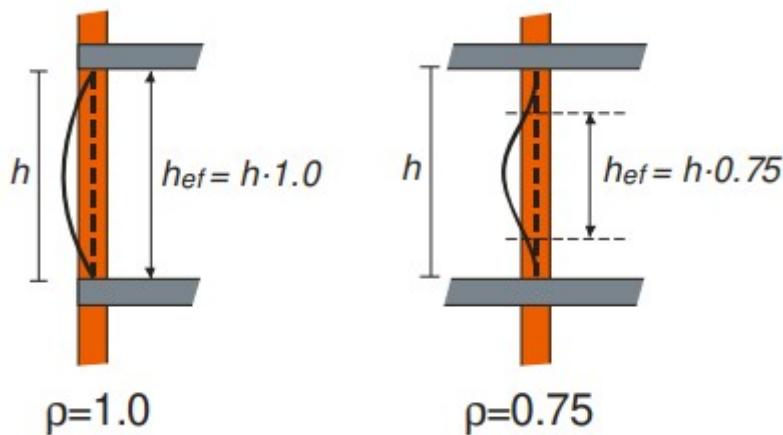
Vanjski i unutarnji nosivi zidovi su izvedeni od opeke. Karakteristike korištenih zidnih elemenata date su u nastavku:

- dimenzije opeke:  $37.5 \times 25 \times 23.8$
- obujamska masa:  $\gamma = 792 \text{ kg/m}^3$
- normalizirana tlačna čvrstoća bloka:  $f_b = 10.0 \cdot \delta = 10 \cdot 1.15 = 11.5 \text{ MPa}$
- grupa zidnih blokova: 1 ( $K=0.45$ )
- tlačna čvrstoća ziđa:  $f_k = K \cdot f_b^{0.70} \cdot f_m^{0.30} = 0.45 \cdot 11.5^{0.70} \cdot 10.0^{0.30} = 4.96 \text{ MPa}$
- faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost:  $\Phi_s = 0.70$
- parcijalni koeficijent sigurnosti za materijale  $\gamma_M = 2.2$  (razred kontrole zidanja 3, razred izvedbe B – zidni elementi kategorije II; zadani mort)

Faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost  $\Phi$  računa se po formuli:

$$\Phi_s = 0.85 + 0.0011 \cdot \left( \frac{h_{eff}}{t_{eff}} \right)^2 \quad \text{-za unutarnje zidove}$$

$$\Phi_s = 1.3 - \frac{l_{eff}}{8} \leq 0.85 \quad \text{-za vanjske zidove}$$



Slika 62 Efektivna visina zida [1]

U proračunu zidova na vertikalna opterećenja dokazuje se da je  $N_{Ed} < N_{Rd}$ , pri čemu je:

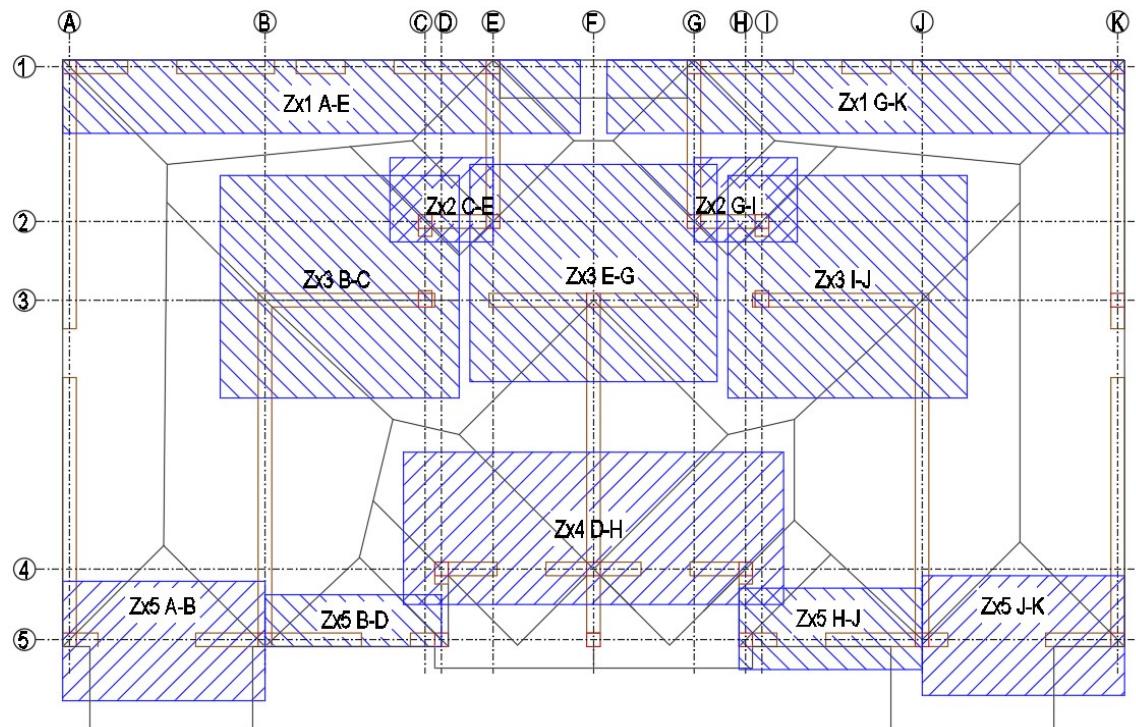
$$N_{Ed} = 1.35 \cdot N_g + 1.5 \cdot N_q \quad \text{-računska uzdužna sila}$$

$$N_{Rd} = \frac{\Phi_{i,m} \cdot A \cdot f_k}{\gamma_M} \quad \text{-računska nosivost na uzdužnu silu}$$

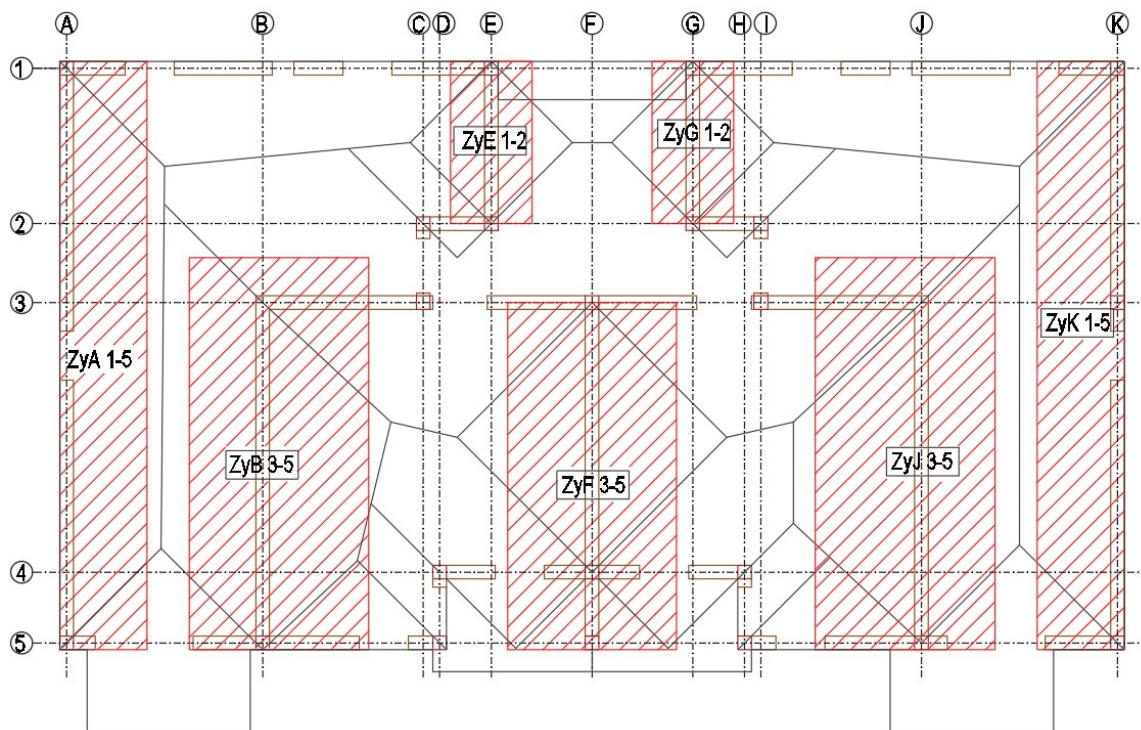
Proračun se provodi tablično kao što je prikazano u nastavku, gdje su:

- L – računska duljina zida [m]
- t – debljina zida [m]
- g – stalno opterećenje na jednoj međukatnoj konstrukciji
- q – promjenjivo opterećenje na jednoj međukatnoj konstrukciji
- $g_z$  – vlastita težina zida:  $g_{zida} = t \cdot \gamma_z + g_{zbuke} = 0.25 \cdot 7.92 + 0.5 = 2.48 \text{ kN/m}^3$
- L' i b' – utjecajna duljina i širina međukatne ploče koja se oslanja na zid [m]
- n – broj etaža (broj međukatnih ploča)
- $N_g$  – stalno vertikalno djelovanje
- $N_q$  – promjenjivo vertikalno djelovanje
- duljina otvora u zidu [m]
- $A_z$  – računska površina zida;  $A_z = (L - o) \cdot t [m]$

### Proračun zidova prvog kata



Slika 63 Karakteristične površine za x smjer



Slika 64 Karakteristične površine za y smjer

**Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)**

$h = 2,90 \text{ m}$  = katna visina  
 $f_c = 4,96 \text{ MPa}$  = tlatica čvrstoće zida  
 $f_{c,k} = 30,0 \text{ MPa}$  = tlatica čvrstoće betona

$\gamma_m = 2,20$  = parocijalni faktor sigurnosti za zide  
 $\gamma_c = 1,50$  = parocijalni faktor sigurnosti za beton  
 $n = 3$  = broj etaža

$$N_{Ed} = 1,3N_g + 1,5N_q$$

$$N_{Rd} = \Phi f_{cd} A$$

Tablica 22 Proračun u x smjeru

zid / stup	dimenzije zida i otvora			ploha utjecaja			opt. međukatne k.		opt. krov		vertikalno djelovanje dje	vertikalno djelovanje dje	računsko	koef. vlastnosti	računsko	koef. nosivost	računsko	koef. nosivost
	debljina zida [m]	duljina zida [m]	duljina otvora [m]	netto pov. zida/stupa [m <sup>2</sup> ]	utjecajna duljina [m]	utjecajna širina [kNm/m]	stalno opter. g [kNm/m]	pronići opter. q [kNm/m]	stalno opter. g [kNm/m]	pronići opter. q [kNm/m]								
Z1/AE	0,25	8,05	2,20	1,46	9,53	1,35	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	434	64	683	0,70	2308	30	
Z1/GK	0,25	8,05	2,20	1,46	9,53	1,35	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	434	64	683	0,70	2308	30	
Z2/CE	0,25	1,50	0,00	0,38	1,90	1,55	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	104	15	162	0,70	592	27	
Z2/GI	0,25	1,50	0,00	0,38	1,90	1,55	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	104	15	162	0,70	592	27	
Z3/BC	0,25	3,20	0,00	0,80	4,40	4,10	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	479	90	781	0,70	1263	62	
Z3/EG	0,25	3,85	0,00	0,96	4,55	4,00	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	499	91	810	0,70	1519	53	
Z3/IU	0,25	3,20	0,00	0,80	4,40	4,10	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	479	90	781	0,70	1263	62	
Z4/DH	0,25	5,85	1,80	1,01	7,00	2,80	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	535	98	869	0,70	1598	54	
Z5/AB	0,25	3,72	1,80	0,48	3,72	2,20	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	229	41	371	0,70	758	49	
Z5/BD	0,25	3,37	0,90	0,62	3,37	0,95	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	135	16	206	0,70	975	21	
Z5/HJ	0,25	3,37	0,90	0,62	3,37	1,50	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	175	25	274	0,70	975	28	
Z5/JK	0,25	3,72	1,80	0,48	3,72	2,20	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	229	41	371	0,70	758	49	

Tablica 23 Proračun u y smjeru

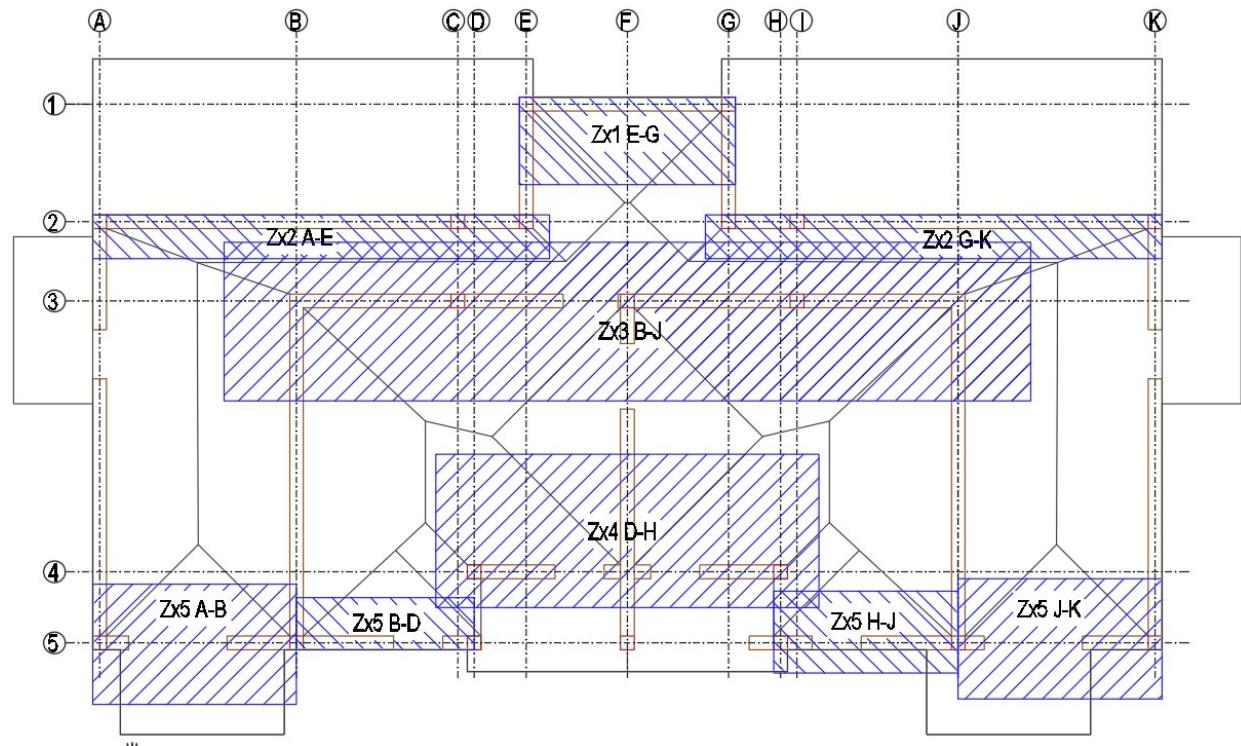
**Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)**

$h =$	2,90 m	= katna visina	$\gamma_{M} =$	2,20 = parcijalni faktor sigurnosti za zide
$f_c =$	4,96 MPa	= tlачna čvrstoća zida	$\gamma_c =$	1,50 = parcijalni faktor sigurnosti za beton
$f_{ck} =$	30,0 MPa	= tlачna čvrstoća betona	$n =$	3 = broj etaža

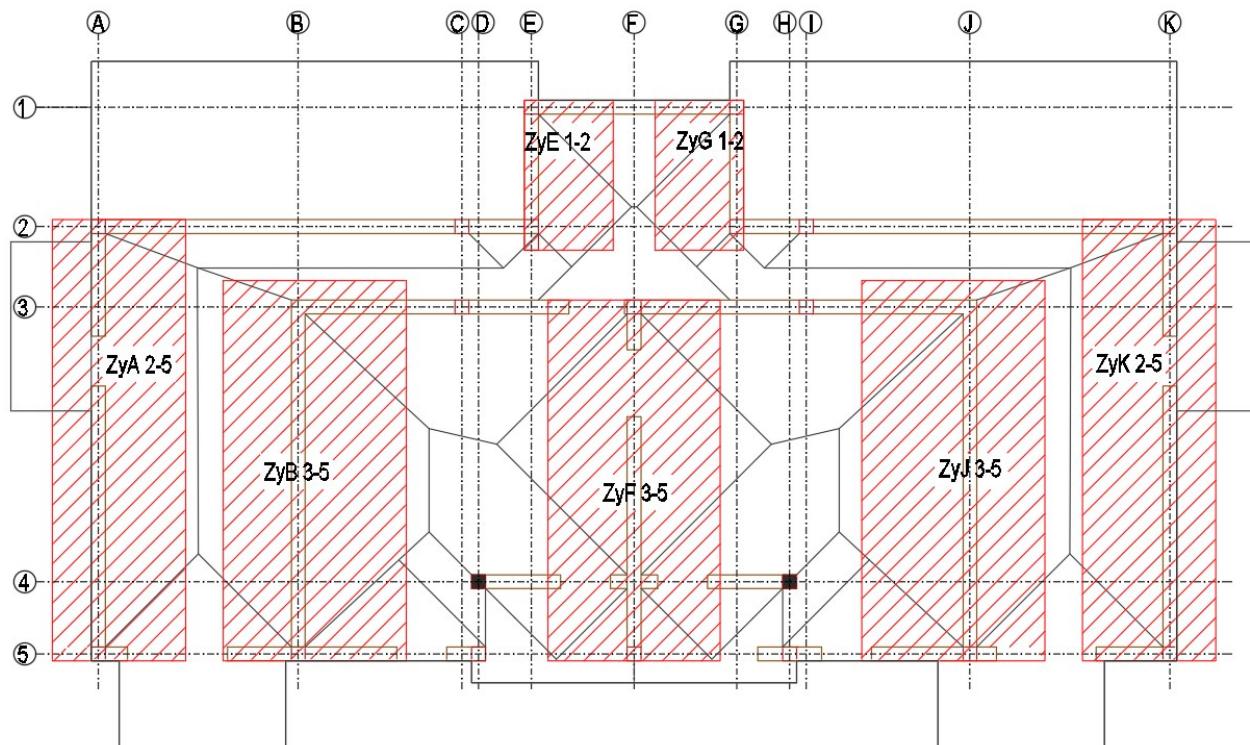
zid / stup	dimenzije zida i obvora			ploha utjecaja		opt. međukatne k.	opt. krov	$N_{Ed} = 1,3N_e + 1,5N_q$	$N_{Rd} = \Phi f_d A$
	debljina [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. utjecajna zida/stupa A [m <sup>2</sup> ]	utjecajna širina L' [m]				
ZyA1-5	0,25	10,80	2,00	2,20	10,80	1,60	6,8	2,0	8,3
ZyB3-5	0,25	6,40	0,00	1,60	7,20	3,30	6,8	2,0	8,3
ZyE1-2	0,25	3,10	0,00	0,78	3,00	1,50	6,8	2,0	8,3
ZyF1-5	0,25	6,50	0,00	1,63	6,40	3,10	6,8	2,0	8,3
ZyG1-2	0,25	3,10	0,00	0,78	3,00	1,50	6,8	2,0	8,3
ZyJ3-5	0,25	6,50	0,00	1,60	7,20	3,30	6,8	2,0	8,3
ZyK1-5	0,25	10,80	2,00	2,20	10,80	1,60	6,8	2,0	8,3

zid / stup	dimenzije zida i obvora			ploha utjecaja	opt. međukatne k.	opt. krov	$N_{Ed} = 1,3N_e + 1,5N_q$	$N_{Rd} = \Phi f_d A$	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	$\frac{\text{računska}}{\text{vrijnosti nosivosti}} \cdot \Phi$	$\frac{\text{računska}}{\text{vrijnosti nosivosti}} \cdot \Phi$	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \cdot \Phi$
	debljina [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]									
ZyA1-5	0,25	10,80	2,00	2,20	10,80	1,60	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	608
ZyB3-5	0,25	6,40	0,00	1,60	7,20	3,30	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	687
ZyE1-2	0,25	3,10	0,00	0,78	3,00	1,50	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	179
ZyF1-5	0,25	6,50	0,00	1,63	6,40	3,10	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	604
ZyG1-2	0,25	3,10	0,00	0,78	3,00	1,50	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	179
ZyJ3-5	0,25	6,50	0,00	1,60	7,20	3,30	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	690
ZyK1-5	0,25	10,80	2,00	2,20	10,80	1,60	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	608

### Proračun zidova suterena



Slika 65 Karakteristične površine za x smjer



Slika 66 Karakteristične površine za y smjer

Tablica 24 Proračun u x smjeru

**Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)**

$h =$	2,90 m	= katna visina	$\gamma_m =$	2,20 = parcijalni faktor sigurnosti za zide
$f_k =$	4,96 MPa	= itačna čvrstoća zida	$\gamma_c =$	1,50 = parcijalni faktor sigurnosti za beton
$f_{ck} =$	30,0 MPa	= itačna čvrstoća betona	$n =$	4 = broj etaža

zid / stup	dimenzije zida i otvora				ploha utjecaja		opt. meduljkane k.		opt. krov		vl. težina zida/stupa djelovanje djelovanje [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_g$ [kN]	$N_q$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	računska vert.diel. vrijnosti $\Phi$	računska nosivost $N_{Ed}/N_{Rd}$ [%]	
	debljina zida [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	neto pov. zida/stupa A <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ]	utjecajna djeljina l' [m]	utjecajna širina opfer. g	stalno proni. opfer. g	stalno promj. opfer. g	vertikalno djelovanje djelovanje [kN/m <sup>2</sup> ]	vertikalno djelovanje djelovanje [kN/m <sup>2</sup> ]							
Zx1/EG	0,25	3,95	0,00	0,99	3,95	1,60	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	77	44	171	0,70	1558	11
Zx2/AE	0,25	8,05	0,00	2,01	8,35	0,80	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	472	47	707	0,70	3176	22
Zx2/GK	0,25	8,05	0,00	2,01	8,35	0,80	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	472	47	707	0,70	3176	22
Zx3/BJ	0,25	12,35	0,00	3,09	14,75	2,90	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	1657	299	2687	0,70	4873	55
Zx4/DH	0,25	5,85	1,01	7,00	2,80	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	703	137	1155	0,70	1598	72	
Zx5/JB	0,25	3,72	1,80	0,48	3,72	2,20	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	302	57	493	0,70	758	65
Zx5/HK	0,25	3,37	0,90	0,62	3,37	0,95	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	178	22	274	0,70	975	28
Zx5/HK	0,25	3,37	0,90	0,62	3,37	1,50	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	231	35	365	0,70	975	37
Zx5/HK	0,25	3,72	1,80	0,48	3,72	2,20	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	302	57	493	0,70	758	65

Tablica 25 Proračun u y smjeru

**Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)**

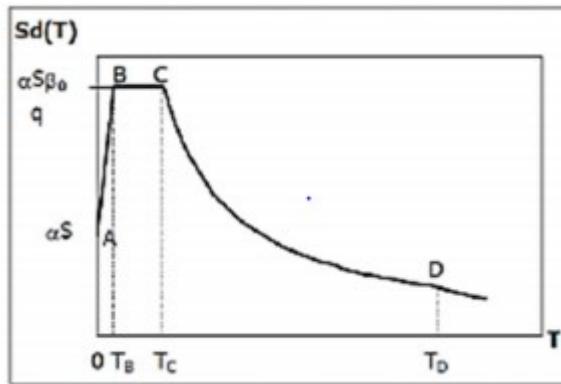
$h =$	2,90 m	= katna visina	$\gamma_m =$	2,20 = parcijalni faktor sigurnosti za zid
$f_k =$	6,06 MPa	= tlачna čvrstoća zida	$\gamma_c =$	1,50 = parcijalni faktor sigurnosti za beton
$f_{ck} =$	30,0 MPa	= tlачna čvrstoća betona	$n =$	4 = broj etaža

zid / stup	dimenzije zida i otvora			ploha ulječajna		opt. međukatne k.		opt krov		$N_{Ed} = 1,3N_g + 1,5N_q$	$N_{Rd} = \Phi f_d A$	
	debljina [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	neto pov. ulječajna zida/stupa	ulječajna duljina širina	stalno opter. g	promj. opter. q	vli. težna zida/stupa	vertikalno djelovanje djelovanje			
ZyA/2-5	0,25	7,95	0,90	1,76	7,95	2,40	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	793
ZyB/3-5	0,25	6,50	1,20	1,33	6,85	3,30	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	833
ZyE/1-2	0,25	2,40	0,00	0,60	2,70	1,60	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	208
ZyF/3-5	0,25	6,50	1,20	1,33	6,50	3,10	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	763
ZyG/1-2	0,25	2,40	0,00	0,60	2,70	1,60	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	208
ZyJ/3-5	0,25	6,50	1,20	1,60	6,85	3,30	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	833
ZyK/2-5	0,25	7,95	0,90	1,76	7,95	2,40	6,8	2,0	8,3	1,0	12,0	793

### 6.3 Proračun zidova na djelovanje potresa

Ulazni podaci:

- Zona seizmičnosti: VIII ( $ag = 0,27$ ) – područje Sinja
- Kategorija tla: C (nanos)  $\rightarrow S = 1,15$  (faktor tla)
- Tip spektra: 1 (visoka seizmičnost)
- Broj katova: 4
- Visina kata:  $h = 2,9 \text{ m}$



Slika 67 Računski spektar odgovora

#### 6.3.1 Proračun sile od potresa

$$T_1 = C_t \cdot H^{\frac{3}{4}}$$

$$H = 11.6 \text{ m}$$

$$C_t = 0.050 \text{ ili } C_t = 0.075 \cdot \sqrt{A_c}; A_c = \sum \left( 0.2 + \left( \frac{l_{wt}}{H} \right)^2 \right)$$

gdje je:

- $T_1$  – osnovni period vibracija zgrade
- $H$  – ukupna visina zgrade
- $A_c$  – ukupna efektivna površina zidova prvog kata zgrade
- $A_i$  – efektivna površina poprečnog presjeka i-tog zida prvog kata u  $\text{m}^2$
- $L_{wi}$  – dužina i-tog zida 1. kata zgrade u pravcu paralelnom sa traženom silom

$$T_1 = C_t \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.050 \cdot 11.6^{\frac{3}{4}} = 0.31s \text{ ,stoga vrijedi } T_b < T_1 < T_c$$

$$S_d(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} = 0.27 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{2.5} = 3.05 m/s^2$$

Ukupna sila od potresa:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda,$$

gdje je:

- $S_d(T_1)$  – ordinata račnskog spektra za  $T_1$
- $m$  – ukupna masa
- $\lambda$  – korekcijski faktor,  $\lambda=0.85$  za  $T_1 < 2T_c$  i više od 2 kata,  $\lambda=1.0$  za ostalo

$W$ = računska težina zgrade

#### 4. ETAŽA I POZ 400

$$\text{POZ 400: } (g + \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot q) \cdot A = (8.3 + 1.0 \cdot 0.3 \cdot 1.0) \cdot 211.14 = 1815.80 kN$$

$$\text{Hor. serklaži i grede 400: } b \cdot h \cdot L_{uk} \cdot \gamma_C = 0.25 \cdot 0.25 \cdot 103.75 \cdot 25 = 162.11 kN$$

$$\text{Vert. Serklaži: } n \cdot h \cdot b \cdot H \cdot \gamma_C = 33 \cdot 0.25 \cdot 0.25 \cdot 2.55 \cdot 25 = 131.48 kN$$

$$\text{Zidovi 4.etaže: } g_z \cdot h_z \cdot L_{uk} = 3.0 \cdot 2.55 \cdot 85.65 = 655.22 kN$$

$$\text{Nadozid: } A \cdot L_{uk} \cdot \gamma_c = 0.125 \cdot 60.70 \cdot 25 = 189.69 kN$$

$$W_4 = 2954.30 kN$$

#### 3.ETAŽA I POZ 300

$$\text{POZ 300: } (g + \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot q) \cdot A = (6.8 + 1.0 \cdot 0.3 \cdot 2.0) \cdot 211.14 = 1562.44 kN$$

$$(g + \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot q) \cdot A = (6.3 + 1.0 \cdot 0.3 \cdot 4.0) \cdot 18.1 = 135 kN$$

$$\text{Hor. serklaži i grede 300: } b \cdot h \cdot L_{uk} \cdot \gamma_C = 0.25 \cdot 0.25 \cdot 103.75 \cdot 25 = 162.11 kN$$

$$\text{Vert. Serklaži: } n \cdot h \cdot b \cdot H \cdot \gamma_C = 33 \cdot 0.25 \cdot 0.25 \cdot 2.55 \cdot 25 = 131.48 kN$$

$$\text{Zidovi 3.etaže: } g_z \cdot h_z \cdot L_{uk} = 3.0 \cdot 2.55 \cdot 85.65 = 655.22 kN$$

$$W_3 = 2646.25 kN$$

#### 1.ETAŽA I POZ 100

$$\text{POZ 100: } (g + \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot q) \cdot A = (6.8 + 1.0 \cdot 0.3 \cdot 2.0) \cdot 163.9 = 1212.86 kN$$

$$(g + \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot q) \cdot A = (6.3 + 1.0 \cdot 0.3 \cdot 4.0) \cdot 18.1 = 135 kN$$

$$\text{Hor. serklaži i grede 100: } b \cdot h \cdot L_{uk} \cdot \gamma_C = 0.25 \cdot 0.25 \cdot 91.65 \cdot 25 = 143.20 kN$$

$$\text{Vert. Serklaži: } n \cdot h \cdot b \cdot H \cdot \gamma_C = 33 \cdot 0.25 \cdot 0.25 \cdot 2.55 \cdot 25 = 131.48 kN$$

$$\text{Zidovi 1.etaže: } g_z \cdot h_z \cdot L_{uk} = 3.0 \cdot 2.55 \cdot 57.40 + 23.85 \cdot 2.55 \cdot 6.25 = 819.22 kN$$

$$W_1 = 2441.76 kN$$

$$W_2 = W_3$$

Izračun težina koncentriranih na razinama međukatnih konstrukcija;

$$W_{400} = \frac{W_4}{2} = \frac{2954.30}{2} = 1477.15 \text{ kN}$$

$$W_{300} = \frac{W_4}{2} + \frac{W_3}{2} = \frac{2954.30}{2} + \frac{2646.25}{2} = 2800.28 \text{ kN}$$

$$W_{200} = \frac{W_3}{2} + \frac{W_2}{2} = \frac{2646.25}{2} + \frac{2646.25}{2} = 2646.25 \text{ kN}$$

$$W_{100} = \frac{W_2}{2} + \frac{W_1}{2} = \frac{2646.25}{2} + \frac{2441.76}{2} = 2544.00 \text{ kN}$$

Ukupna računska težina zgrade:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 2954.30 + 2646.25 + 2646.25 + 2441.76 = 10688.56 \text{ kN}$$

Ukupna računska masa zgrade:

$$m = \frac{W}{g} = \frac{10688.56}{9.81} = 1089.56 \text{ t}$$

Specifična računska težina zgrade:

$$w = \frac{\sum W_i}{A_{uk}} = \frac{1089.56}{3 \cdot 211.14 + 163.9} = 1.367 \text{ t/m}^2$$

Ukupna sila od potresa:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda = 3.05 \cdot 1089.56 \cdot 0.85 = 2824.68 \text{ kN}$$

### 6.3.2 Razdioba potresne sile po zidovima

Ukupna poprečna potresna sila iznosi:  $V_{Ed}=2824.68 \text{ kN}$

$$F_{b,i} = F_b \cdot \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i}$$

gdje su:

- $F_{b,i}$  – potresna sila na svakom pojedinom katu
- $F_b$  – potresna poprečna sila
- $W_i$  – računska težina
- $h_i$  – katna visina

$$\begin{aligned}\sum(W_i \cdot h_i) &= (2544.00 \cdot 2.9 \cdot 1 + 2646.25 \cdot 2.9 \cdot 2 + 2800.28 \cdot 2.9 \cdot 3 + 1477.15 \cdot 2.9 \cdot 4) \\ &= 64223.23 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$F_{b,100} = 2824.68 \cdot \frac{2544.00 \cdot 2.9 \cdot 1}{64223.23} = 324.48 \text{ kN}$$

$$F_{b,200} = 2824.68 \cdot \frac{2646.25 \cdot 2.9 \cdot 2}{64223.23} = 675.05 \text{ kN}$$

$$F_{b,300} = 2824.68 \cdot \frac{2800.28 \cdot 2.9 \cdot 3}{64223.23} = 1071.51 \text{ kN}$$

$$F_{b,400} = 2824.68 \cdot \frac{1477.15 \cdot 2.9 \cdot 4}{64223.23} = 753.63 \text{ kN}$$

$$2772.45 \text{ kN}$$

Ukupni moment savijanja:

$$M_{Ed} = \sum F_{b,i} \cdot h_i$$

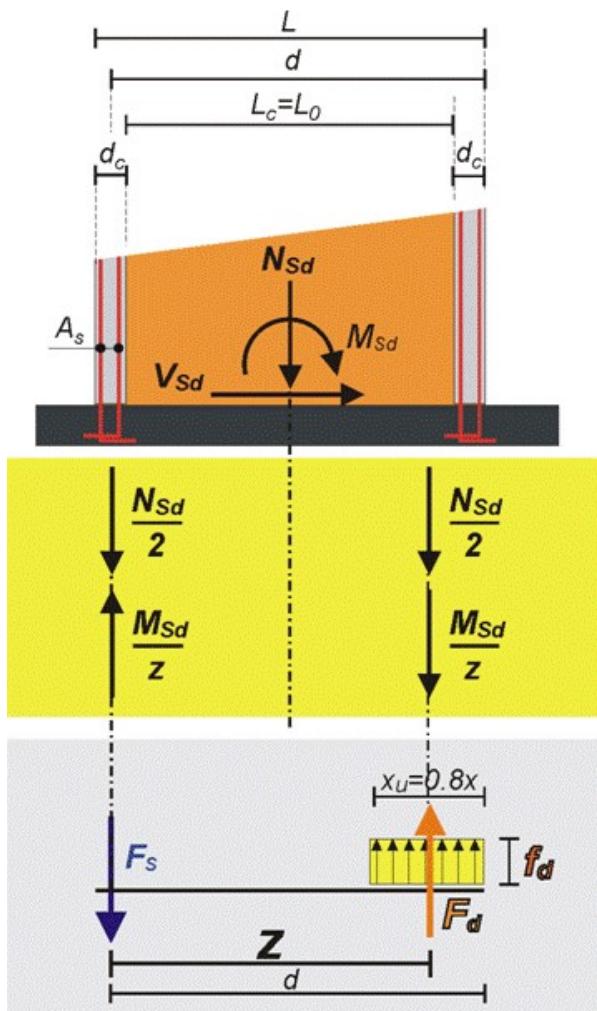
$$\begin{aligned}M_{Ed} &= (324.48 \cdot 2.9 \cdot 1) + (675.05 \cdot 2.9 \cdot 2) + (1071.51 \cdot 2.9 \cdot 3) + (753.63 \cdot 2.9 \cdot 4) \\ &= 22920.53 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### 6.3.3 Dokaz nosivosti

Podaci za proračun zidova:

- tlačna čvrstoća ziđa:  $f_k = 4.96 \text{ MPa}$
- parcijalni koef. sigurnosti za materijale:  $\gamma_M = 2.2$  (razred proizvodnje II., razred izvedbe B)
- karakteristična posmična čvrstoća:  $f_{vk} = f_{vk,0} + 0.4\sigma_d$ , ali ne veće od  $0.065f_b = 0.75 \text{ MPa}$   
u proračunu je uzeta karakteristična posmična čvrstoća od 0,75 Mpa

U proračunu zidova dokazuje se da je:



Slika 68 Raspodjela potresnih sila[1]

...te se izračunava potrebna površina armature vertikalnih serklaža:

$$A_{s1} = \frac{\left( \frac{M_{Ed}}{z} - \frac{N_{Ed}}{2} \right)}{f_{yd}} \quad [cm^2]$$

-računska uzdužna sila:  $N_{Ed} = N_g \cdot \varphi \cdot \psi_{21}$

U nastavku je prikazan tablični proračun potresne otpornosti zidova u dva međusobno okomita smjera.

Napomena: u proračunu su u obzir uzeti samo zidani zidovi, dok su betonski zidovi zanemareni čime smo na strani sigurnosti.

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

-računska poprečna sila:

$$V_{Ed} = V_{Ed} \cdot \gamma_I = V_{Ed} \cdot 1.00$$

-računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd} = f_{vk} \cdot A / \gamma_M$$

$$F_{Ed} < F_{Rd}$$

-računska tlačna sila:  $F_d = M_{Ed} / z$

-računska vlačna sila:  $F_s = M_{Ed} / z$

-računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = M_{Ed} \cdot \gamma_I = M_{Ed} \cdot 1.00$$

$z$  = krak unutarnjih sila

Tablica 26 Proračun u x smjeru

## Proračun sila od potresa

$V_{se} = 2824.68 \text{ kN}$  = ukupna proprečna sila od potresa  
 $M_{sd} = 229205.3 \text{ kNm}$  = ukupan moment od potresa  
 $E = 19600 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti  
 $G = 826.7 \text{ MPa}$  – modul posmika  
 $f_t = 4.96 \text{ MPa}$  = tračna čvrstoća zida  
 $f_{ve} = 0.75 \text{ MPa}$  = posmorna čvrstoća betona  
 $\gamma_M = 1.50$  = parcialni faktor sigurnosti za beton  
 $\gamma_F = 1.00$  = parcialni faktor sigurnosti za armaturu

$E = 33000$  – modul elastičnosti betona  
 $G = 13750$  – modul posmika betona  
 $f_t = 30$  = tračna čvrstoća betona  
 $f_{ve} = 5.8$  = posmorna čvrstoća betona  
 $\gamma_M = 1.5$  = parcialni faktor sigurnosti za beton  
 $\gamma_F = 1$  = parcialni faktor sigurnosti za armaturu

	1	2	3	4	5	6	7	0	9	10	11	12	13	*4	15	16	17	10	19	20	21	Armat.	
Zid	zida	zida	zida	zida	zida	zida	zida	početna	momen	priprema	stano	promjenjiva	računska	stat	karakterist.	računska	dužina	računska	računska	računska	računska	Armata.	
Zid	zida	zida	zida	zida	zida	zida	zida	k1	kutost	od potresa	sila od pot.	djelovanje	djelovanje	vert. sila	visina	sila	člananje	člananje	člananje	člananje	člananje	člananje	
OKJBI	0,25	12,35	3,09	1,00	2,50	0,90	1,46	147,8	12606	1554	165 / 259	114 / 3	12,2	9,18	2162,6	4,89	1543,8	6063,6	100,6	35,7	9,5		
740TH	0,25	5,35	1,46	1,80	2,50	0,64	1,80	35,9	3060	377	703	1,77	744,6	5,7	4,58	1040,5	2,29	731,3	2839,6	51,6	36,6	6,8	
Z5AD	0,25	7,10	1,78	2,70	2,50	0,55	42,5	3627	447	470	77	493,5	7,0	5,58	896,8	2,79	887,5	3459,6	50,4	26,9	9,2		
Z5HK	0,25	1,78	2,70	2,50	0,55	42,5	3627	447	470	77	493,5	7,0	5,58	896,8	2,79	887,5	3459,6	50,4	26,9	9,3			

Tablica 27 Proračun u y smjeru

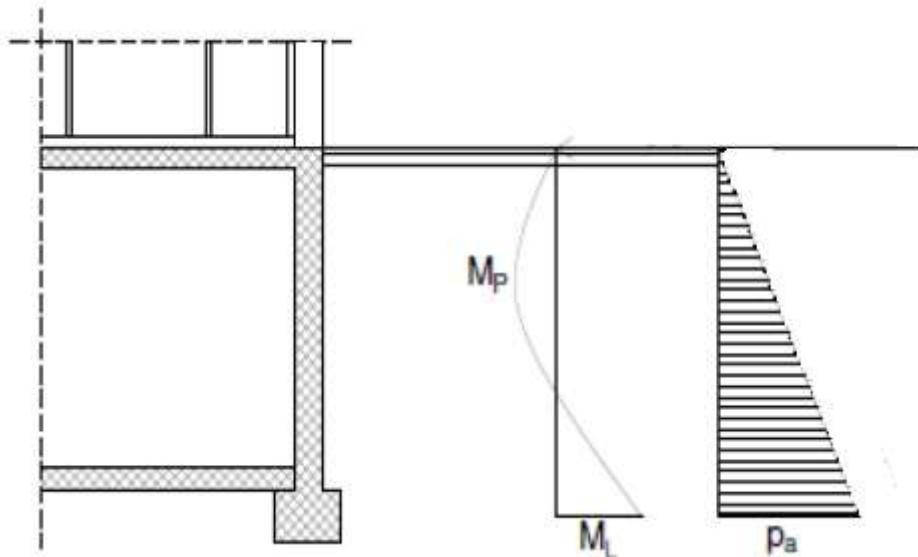
## Proračun sile od potresa

$V_{sd} =$	2824,68 kN	- ukupna poprečna sila od potresa
$M_{sd} =$	22920,53 kNm	= ukupan moment od potresa
$E =$	4061,0 MPa	= modul elastičnosti
$G =$	023,7 MPa	= modul posmaka
$t_f =$	4,96 MPa	= tlak na životoču zidu
$f_{vk} =$	0,75 MPa	= posmakačna čvrstoća betona
$\gamma_M =$	1,50	= povećajni faktor sigurnosti za zid
$\gamma_F =$	1,00	= povećajni faktor sigurnosti za armaturu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Armati.
$\gamma_{rl}$	duljina zida	duljina zida	površina zida	duljina otvora	visina zida	k1	početna krutost	moment od potresa	opraćena stalno	promjenljivo od potresa	računska sila od potresa	stat. sila	računska sila	stat. sila	krak jnut.	računska duljina djelovanje	računska sila	računska sila	računska masivnost	$V_{sd}/V_{sd}$	As	
$t [m]$	$L [m]$	$A [m^2]$	$U [m]$	$H [m]$																		
$ZK/25$	0,25	7,95	1,99	0,90	2,90	0,87	79,0	5744	708	633	95	661,6	7,8	6,26	1248,3	3,13	993,8	3881,2	712	32,2	13,5	
$ZB/35$	0,25	6,50	1,63	1,20	2,90	0,78	52,4	3811	470	833	158	880,5	6,4	5,10	1187,5	2,55	812,5	3162,0	57,8	37,6	7,1	
$ZH/33$	0,25	6,50	1,63	1,20	2,90	0,78	52,4	3811	470	163	141	805,1	6,4	5,10	1144,8	2,55	812,5	3162,0	57,8	35,4	7,9	
$ZJ/35$	0,25	6,70	1,63	1,20	2,90	0,78	52,4	3811	470	833	158	880,7	6,4	5,10	1187,6	2,55	812,5	3162,0	57,8	37,6	7,1	
$ZK/25$	0,25	7,95	1,99	0,90	2,90	0,87	79,0	5744	708	633	95	661,6	7,8	6,26	1248,3	3,13	993,8	3881,2	712	32,2	13,5	

#### 6.4 Proračun zidova na pritisak tla

Zidovi suterena koji se nalaze do tla su opterećeni i aktivnim tlakom tla stoga se oni izvode od armiranog betona. Uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji ti zidovi imaju i ulogu potpornog zida. Dodatni tlak vode se ne uzima u obzir budući da je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 69 Prikaz opterećenja na zid

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tlom računamo kao:  $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

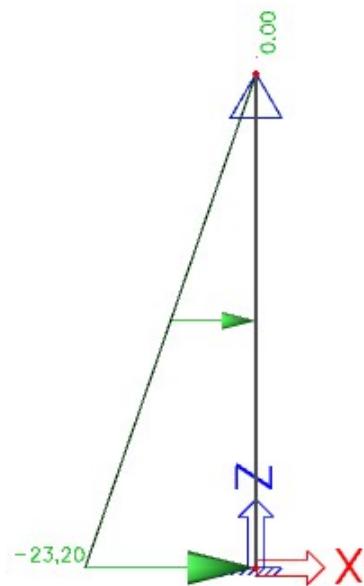
$K_0 = 0.4$  – koeficijent aktivnog tlaka

$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H$  – vertikalno naprezanje u tlu

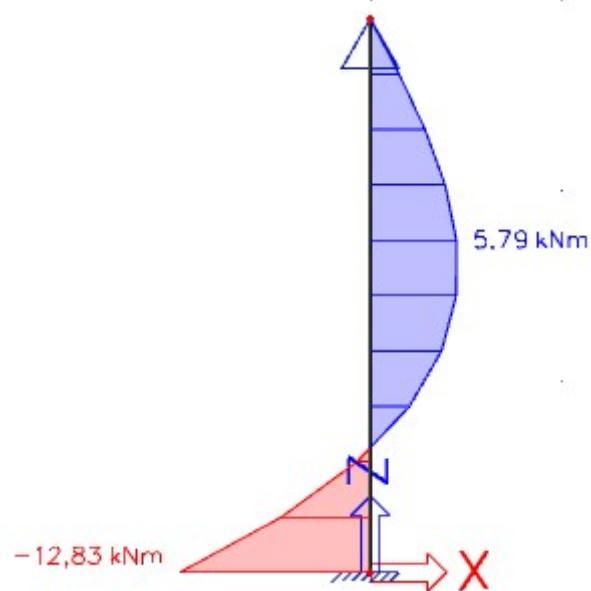
$\gamma_{tla} = 20 \text{ kN/m}^3$  – specifična težina zasipa

$H = 2.8 \text{ m}$  – visina zida ispod tla

$$p_a = 20 \cdot 2.9 \cdot 0.4 = 23.2 \text{ kN/m}^2 \text{ – horizontalni tlak zasipa}$$



Slika 70 Prikaz opterećenja na betonski zid



Slika 71 Rezultati proračuna: moment savijanja

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}$$

### **Proračun armature za unutarnju stranu zidu:**

$$d_1 = 5\text{cm} (\text{zaštitni sloj}), d = 20\text{cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 127.20 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 20 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 2.0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40.0 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 5.79 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{579}{100 \cdot 20^2 \cdot 2.0} = 0.001$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 0.2\% \quad \zeta = 0.993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{579}{0.993 \cdot 20 \cdot 43.48} = 0.67 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

### **ODABRANA ARMATURA: Q-226 ( $A_s = 2.26 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### **Proračun armature za vanjsku stranu zida:**

$$d_1=5\text{cm}, d=20\text{cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 20^2 \cdot 2 = 127.20 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 20 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 2.0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40.0 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 12.83 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1283}{100 \cdot 20^2 \cdot 2.0} = 0.02$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 0.2\%$   $\zeta = 0.993$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1283}{0.993 \cdot 20 \cdot 43.48} = 1.49 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: O-226 ( $A_s = 2.26 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Obavezna drenažna zasipa i izvedba hidroizolacije!**

**Zidove zasipati tek nakon izvođenja ploče pozicije 100!**

## 6.5 Proračun temelja

Računska nosivost tla:  $\sigma_{dop} = 450 \text{ kPa}$

Težina nadtemeljnog zida:  $G_{ntz} = 322.24 \text{ kN}$

Težina temelja:  $G_{tem} = 1107.88 \text{ kN}$

Ukupna težina građevine:  $G = W_1 + 2 \cdot W_3 + W_4 + G_{tem} + G_{ntz} = 2441.76 + 2 \cdot 2646.25 + 2954.30 + 322.24 + 1107.88 = 12118.68 \text{ kN}$

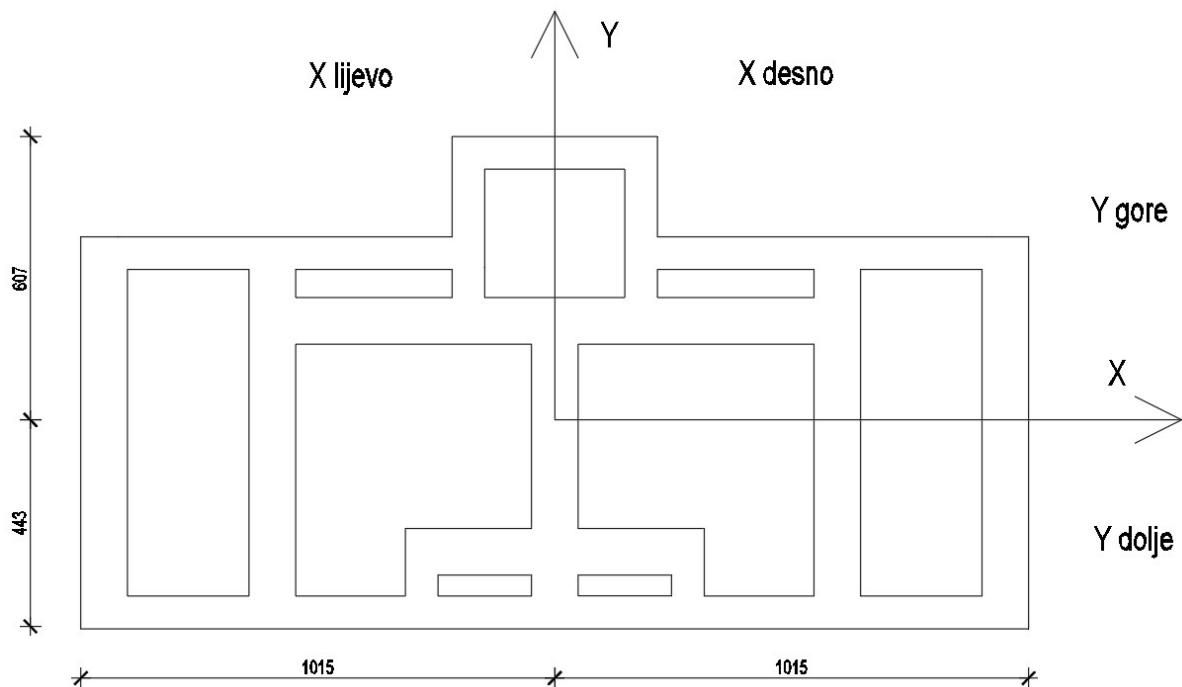
Ukupna masa građevine:  $m = \frac{W}{g} = \frac{12118.68}{9.81} = 1235.34 \text{ t}$

Ukupna potresna poprečna sila na razini temelja:  $F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda = 3.05 \cdot 1235.34 \cdot 0.85 = 3202.62 \text{ kN}$

Ukupan moment savijanja na temeljima:  $M_{Ed} = F_b \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot H + h_{tem} + h_{ntz} \right) = 3202.62 \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot 11.52 + 0.25 + 0.25 \right) = 26197.43 \text{ kNm}$

**Tablica 28 Geometrijske karakteristike temelja**

----- REGIONS -----		
Area:	179.9800	
Perimeter:	61.7000	
Bounding box:	X: -10.1500 -- 10.1500 Y: -4.4769 -- 6.0731	
Centroid:	X: 0.0000 Y: 0.0003	
Moments of inertia:	X: 1255.6964 Y: 5871.0610	
Product of inertia:	XY: 0.0000	
Radii of gyration:	X: 2.6414 Y: 5.7114	
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 1255.6963 along [1.0000 0.0000] J: 5871.0610 along [0.0000 1.0000]	



Slika 72 Položaj težišta poprečnog presjeka

Kontrola naprezanja u tlu - smjer x:

$$W_g^x = \frac{I_x}{y_g} = \frac{1255.69}{6.0731} = 206.76 m^3$$

$$W_d^x = \frac{I_x}{y_d} = \frac{1255.69}{4.4769} = 280.48 m^3$$

$$\sigma_g = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_g} = \frac{12118.68}{82.98} \pm \frac{26197.43}{206.76} = 146.04 \pm 126.70$$

$$\sigma_g = 272.74 kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_g = 19.34 kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_d} = \frac{12118.68}{82.98} \pm \frac{26197.43}{280.48} = 146.04 \pm 93.40$$

$$\sigma_d = 239.44 kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = 52.64 kPa \leq \sigma_{dop}$$

Kontrola naprezanja u tlu - smjer y:

$$W_d^y = \frac{I_y}{x_d} = \frac{5871.061}{10.15} = 578.43 m^3$$

$$W_l^y = \frac{I_y}{x_l} = \frac{5871.061}{10.15} = 578.43 m^3$$

$$\sigma_d = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_d} = \frac{12118.68}{82.98} \pm \frac{26197.43}{578.43} = 146.04 \pm 45.29$$

$$\sigma_d = 191.33 \text{ kPa} \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = 100.75 \text{ kPa} \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_l = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_l} = \frac{12118.68}{82.98} \pm \frac{26197.43}{578.43} = 146.04 \pm 45.29$$

$$\sigma_l = 191.33 \text{ kPa} \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_l = 100.75 \text{ kPa} \leq \sigma_{dop}$$

### Proračun armature temelja:

Minimalna površina armature:

U uzdužnom smjeru:

Temelj TT1/E-G,TT2/A-E,TT2/G-K,TT5/A-K,TTD/4-5,TTE/1-3,TTG/1-3,TTH/4-5  $\longrightarrow$  T1

$$A_{s\min} = \frac{0,15}{100} \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 70 \cdot 50 = 5,25 \text{ cm}^2 \text{ odabрано } 4\phi 16 (A_s = 8,04 \text{ cm}^2)$$

Temelj TT3/B-J,TT4/D-H,TTA/2-5,TTB/2-5,TTF/3-5,TTJ/2-5,TTK/2-5  $\longrightarrow$  2

$$A_{s\min} = \frac{0,15}{100} \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 50 = 7,5 \text{ cm}^2 \text{ odabрано } 4\phi 16 (A_s = 8,04 \text{ cm}^2)$$

U poprečnom smjeru zbog male širine temelja nema potrebe za ugrađivanjem dodatne armature.

### Proračun armature nadtemeljnog zida:

$$A_{s\min} = \frac{0,15}{100} \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 25 \cdot 90 = 3,38 \text{ cm}^2 \text{ odabрано } 3\phi 16 (A_s = 6,03 \text{ cm}^2)$$

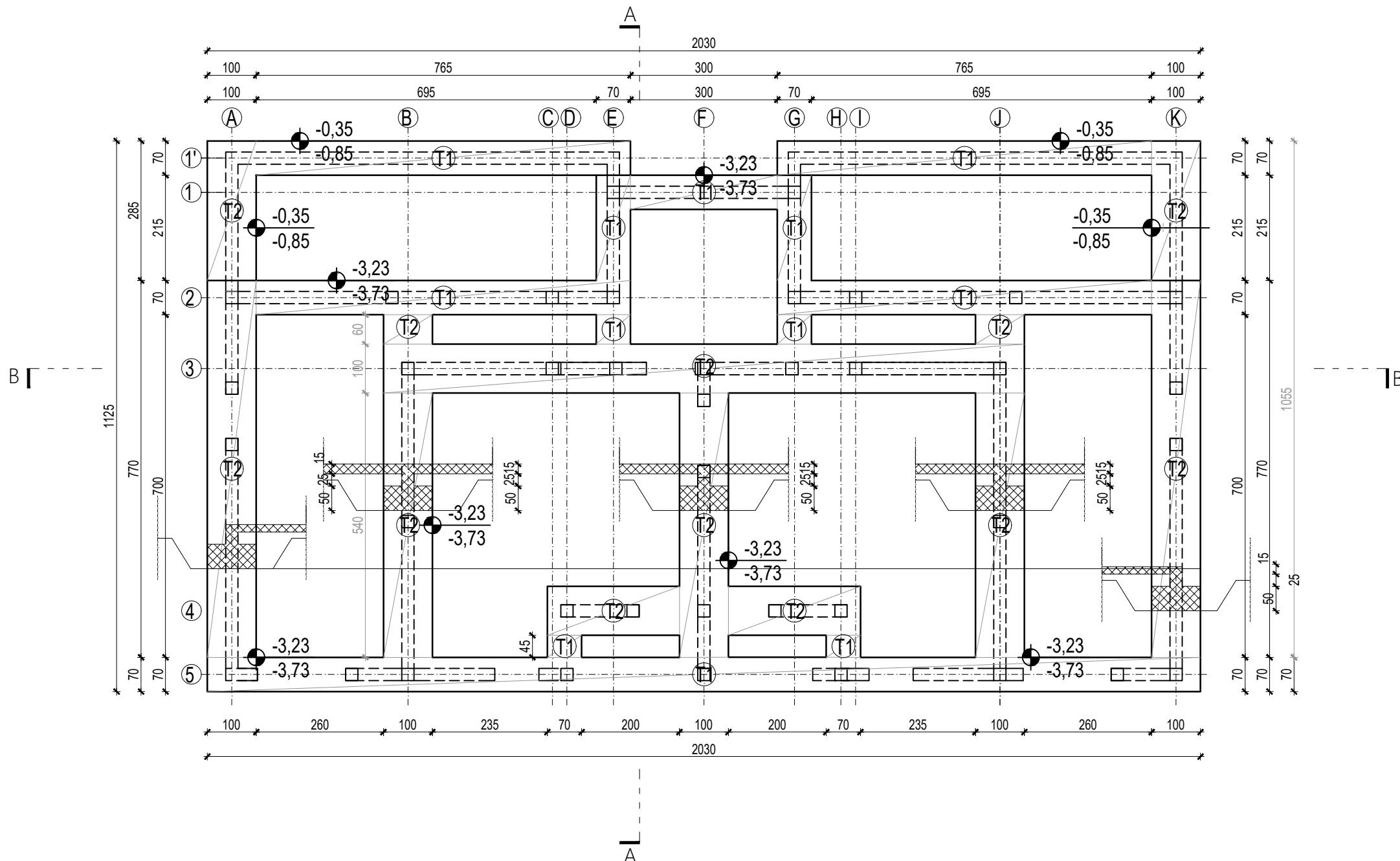
## 7 Literatura

- [1] Trogrlić B. Zidane konstrukcije- predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018.
- [2] <https://www.wienerberger.hr/>
- [3] Radnić J., Harapin A. Osnove betonskih konstrukcija – Interna skripta, Split 2015.
- [4] [Karte potresnih područja Republike Hrvatske \(gfz.hr\)](#)
- [5] Mihanović A., Dinamika konstrukcija, udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995.
- [6] Europska norma EN 1992 – Projektiranje betonskih konstrukcija, 2004.
- [7] Europska norma EN 1996 – Projektiranje zidanih konstrukcija, 2004.
- [8] Europska norma EN 1997 – Geotehničko projektiranje, 2004.
- [9] Europska norma EN 1998 – Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija, 2004.
- [10] Miščević P., Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2017.
- [11] Tehnički propis za građevinske konstrukcije

Korišteni računalni programi:

1. AutoCad 2021.
2. Scia Engineer 19.1
3. Microsoft Word
4. Microsoft Excel

# TLOCRT TEMELJA



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

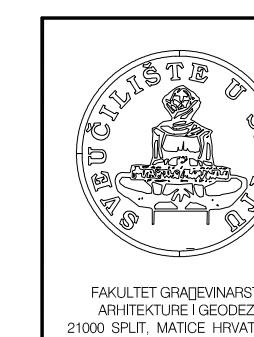
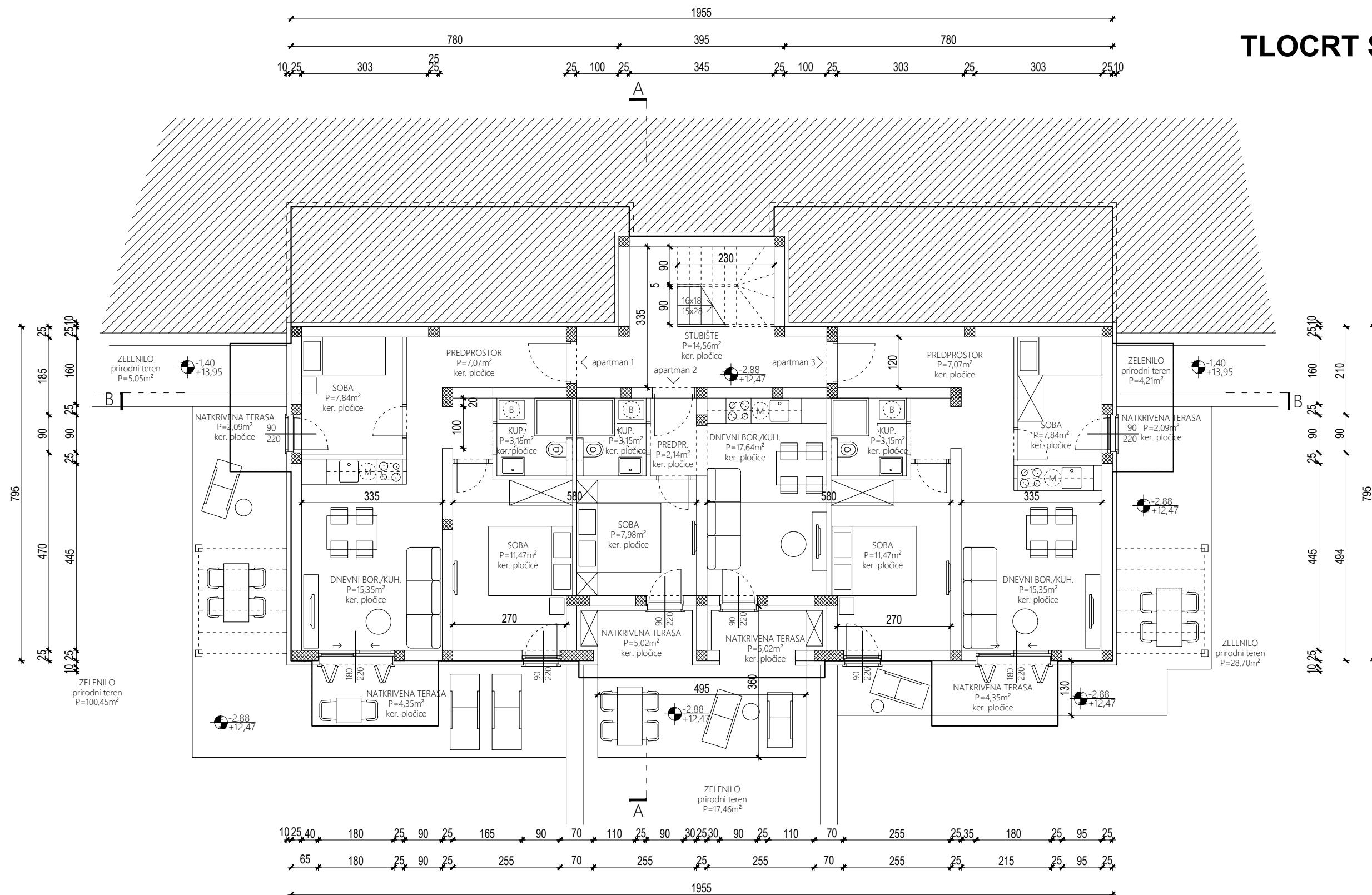
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

TLOCRT TEMELJA

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# TLOCRT SUTERENA



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

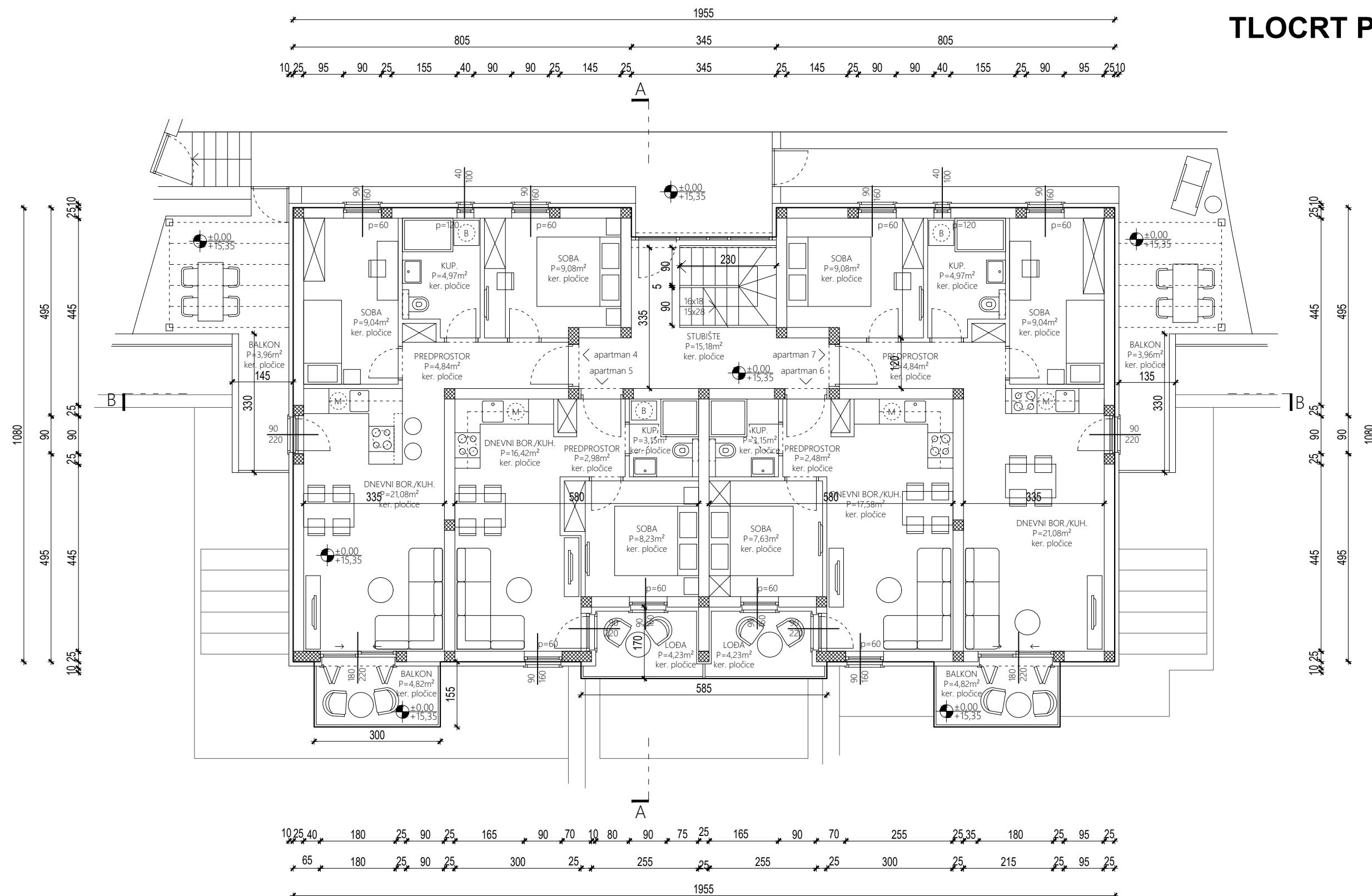
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

TLOCRT SUTERENA

DATUM 9/2021 MJERILA 1:100

# TLOCRT PRIZEMLJA



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

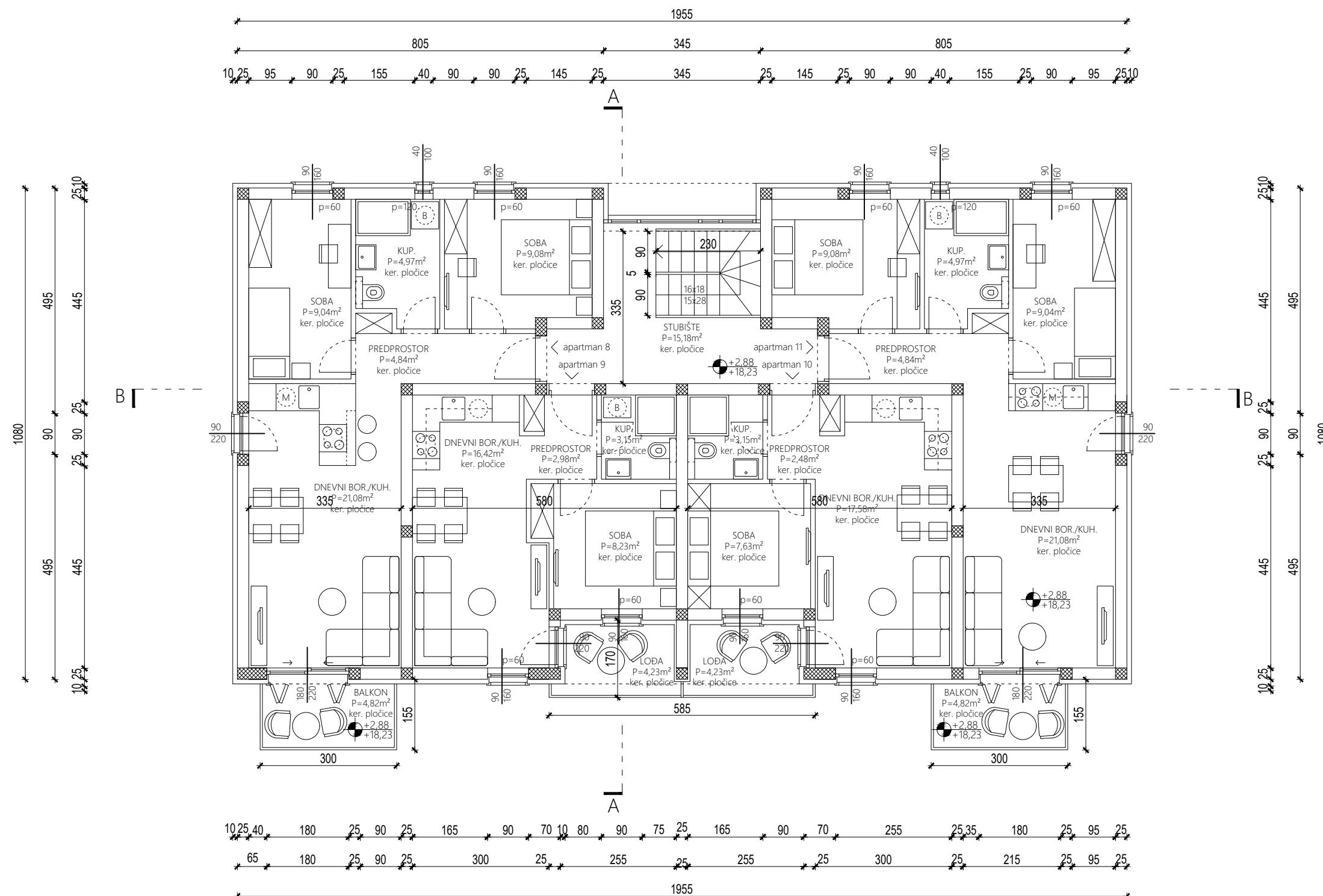
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

TLOCRT PRIZEMLJA

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

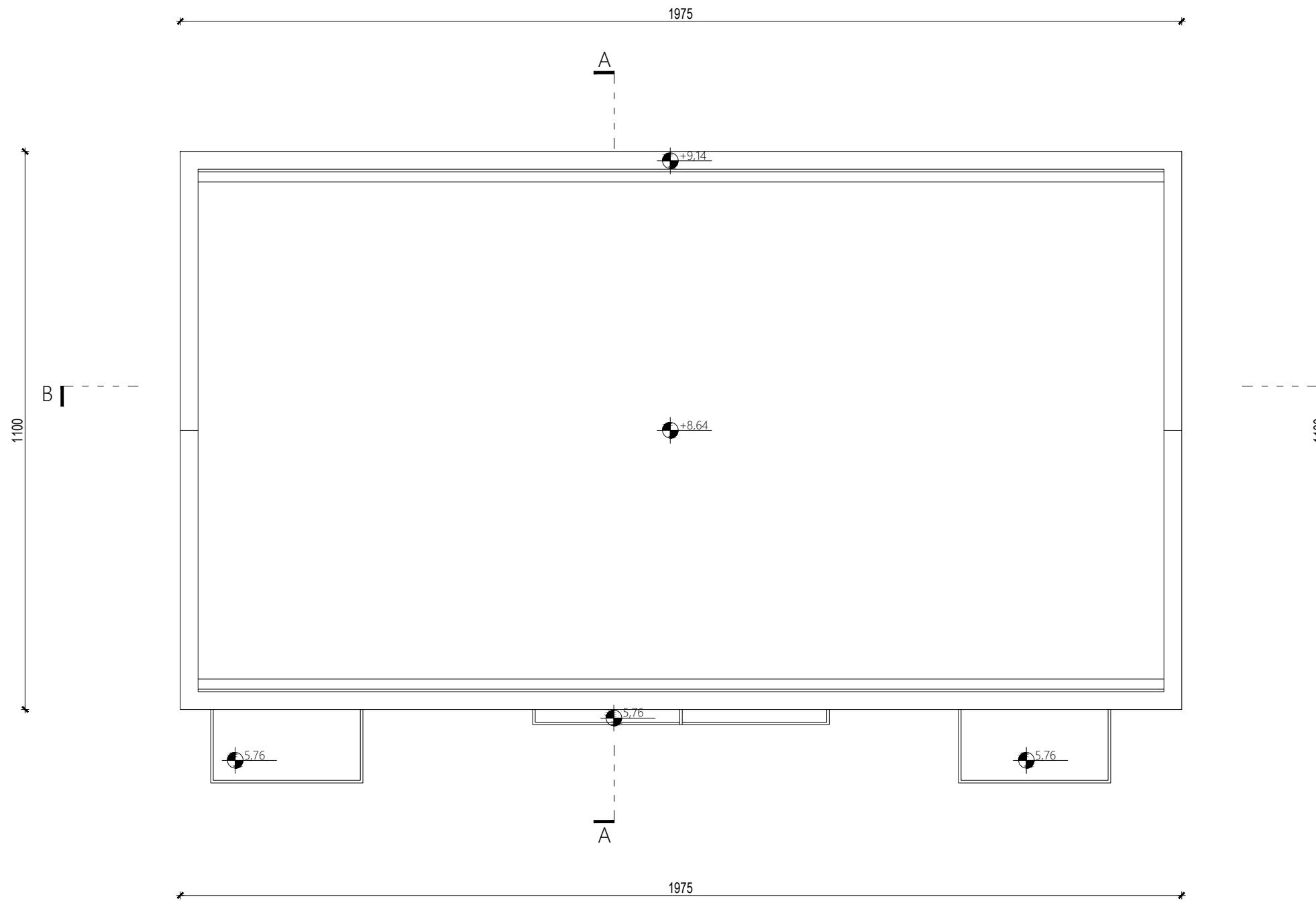
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT - PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# TLOCRT RAVNOG KROVA



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

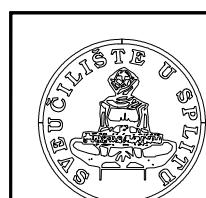
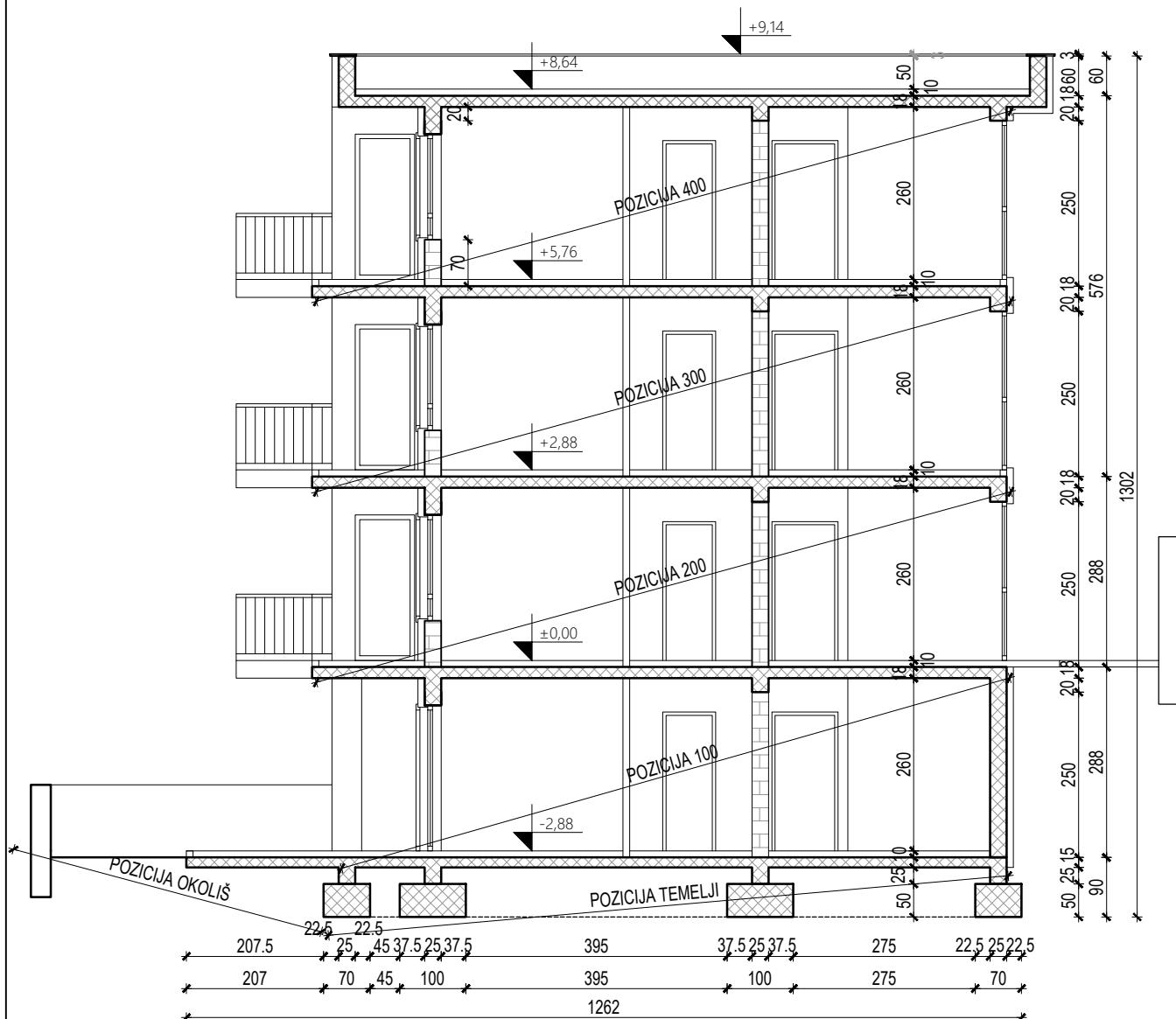
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

TLOCRT RAVNOG KROVA

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# PRESJEK A-A



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

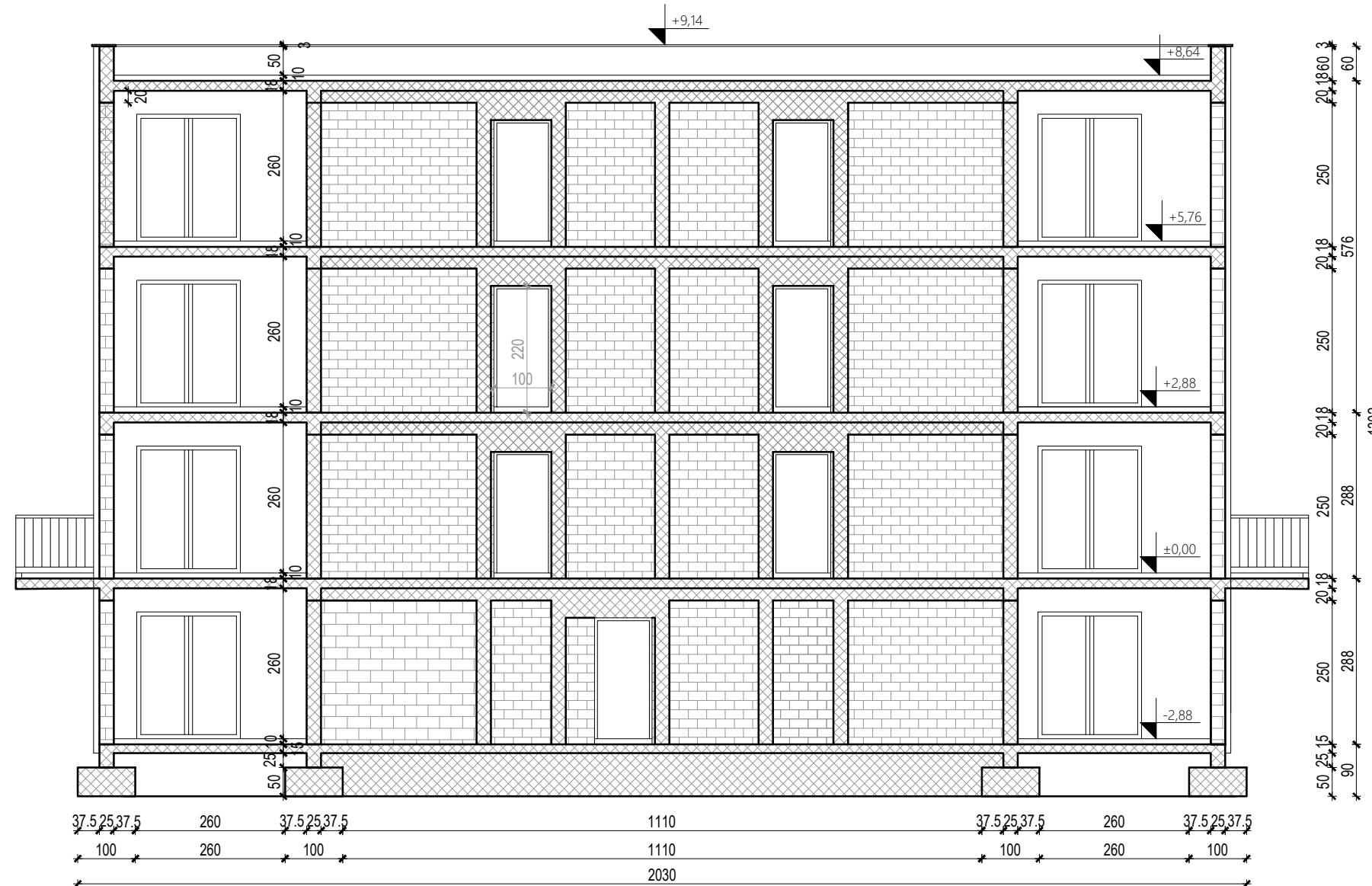
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

PRESJEK A-A

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# PRESJEK B-B



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

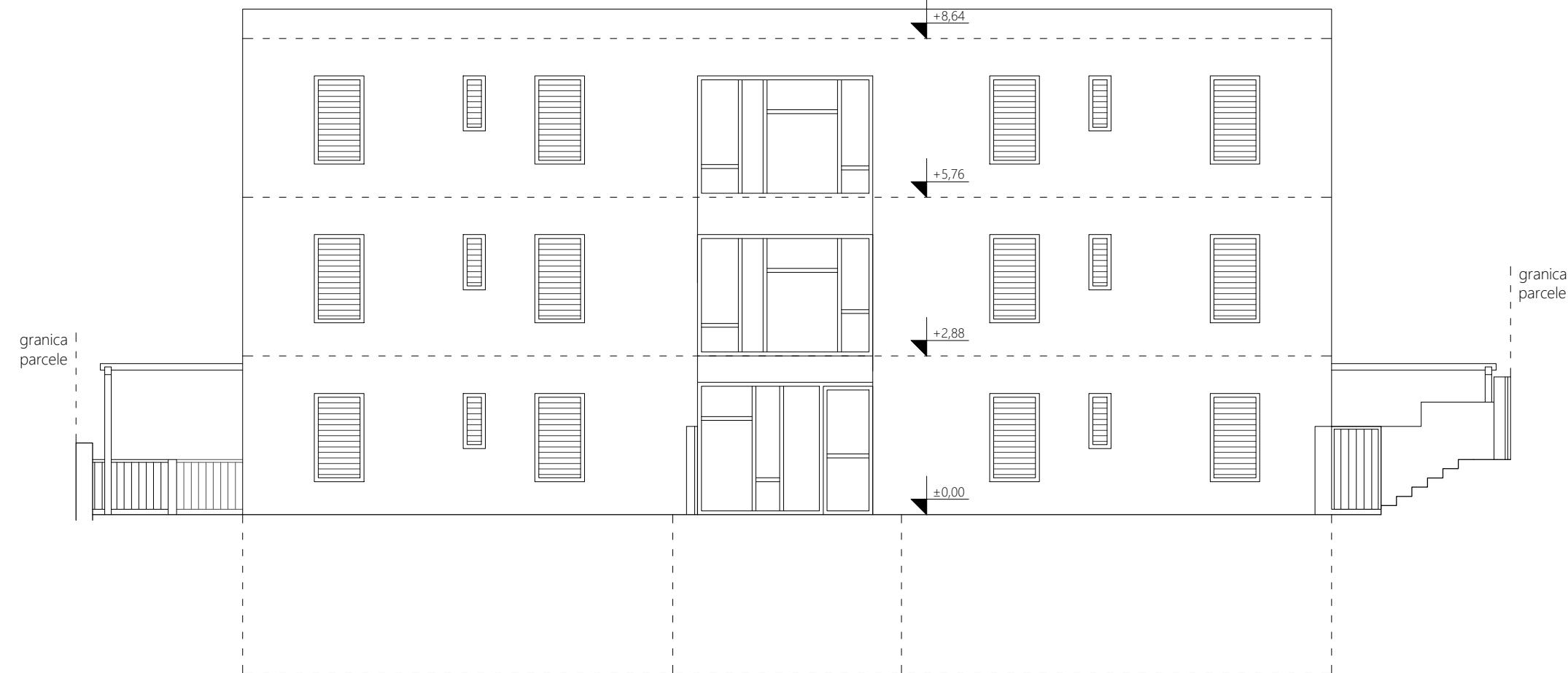
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

PRESJEK B-B

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# SJEVERNO PROČELJE



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

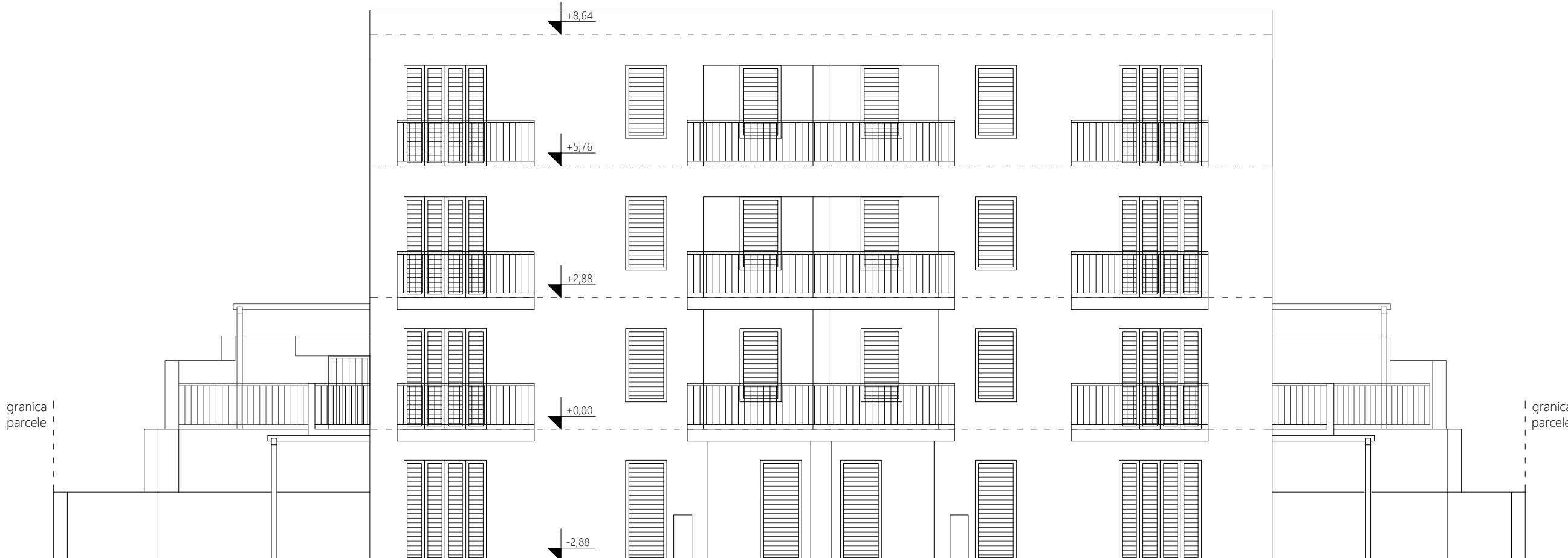
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

SJEVERNO PROČELJE

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# JUŽNO PROČELJE



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

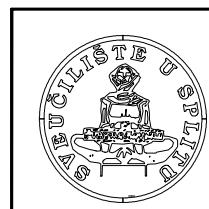
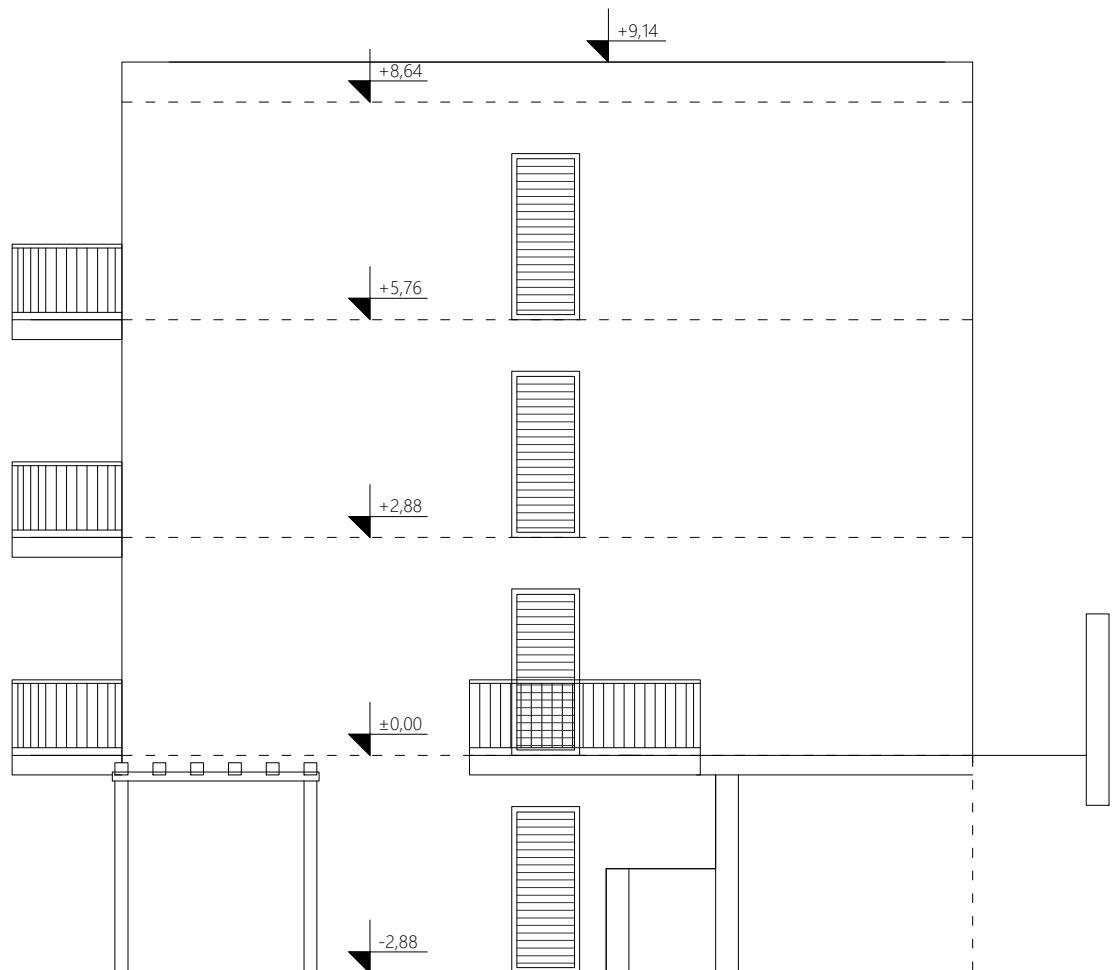
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

JUŽNO PROČELJE

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# ISTOČNO PROČELJE



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

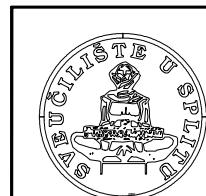
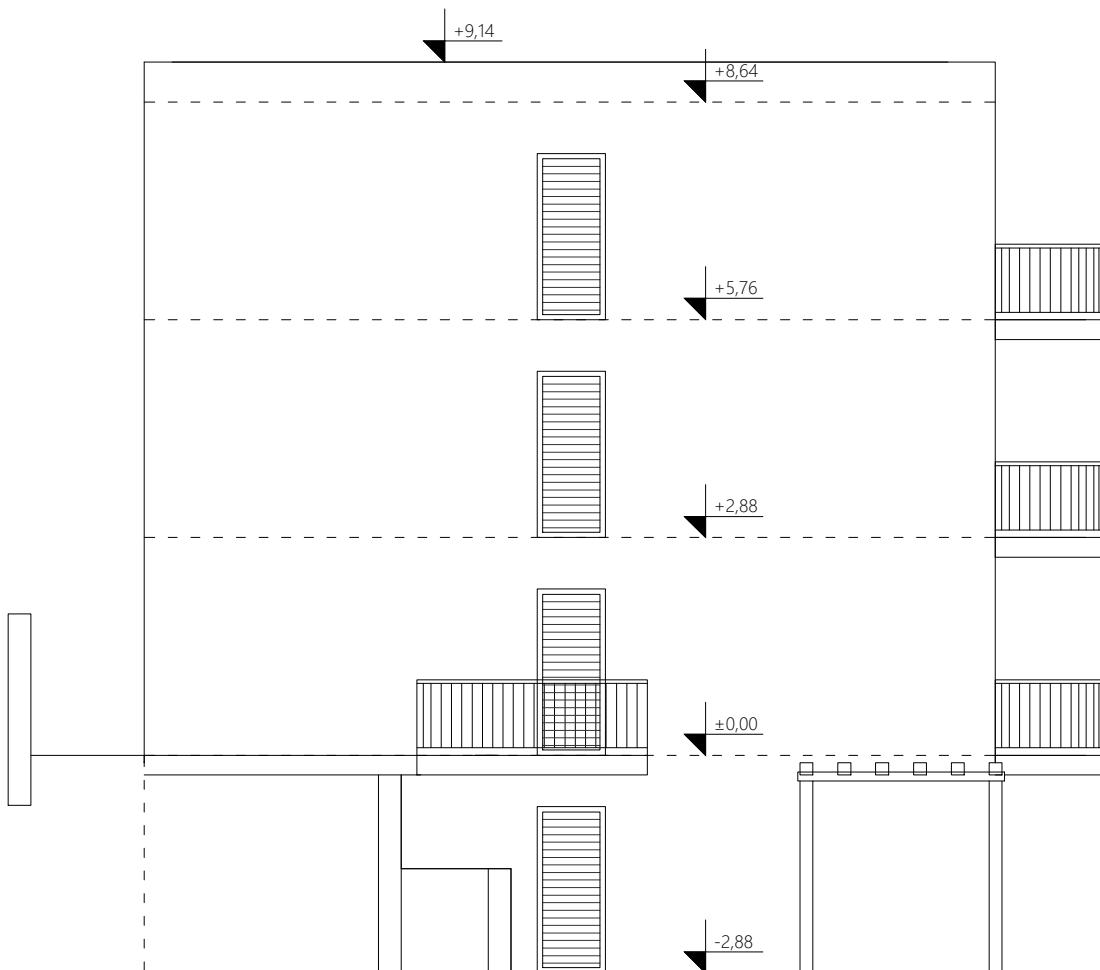
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ISTOČNO PROČELJE

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# ZAPADNO PROČELJE



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

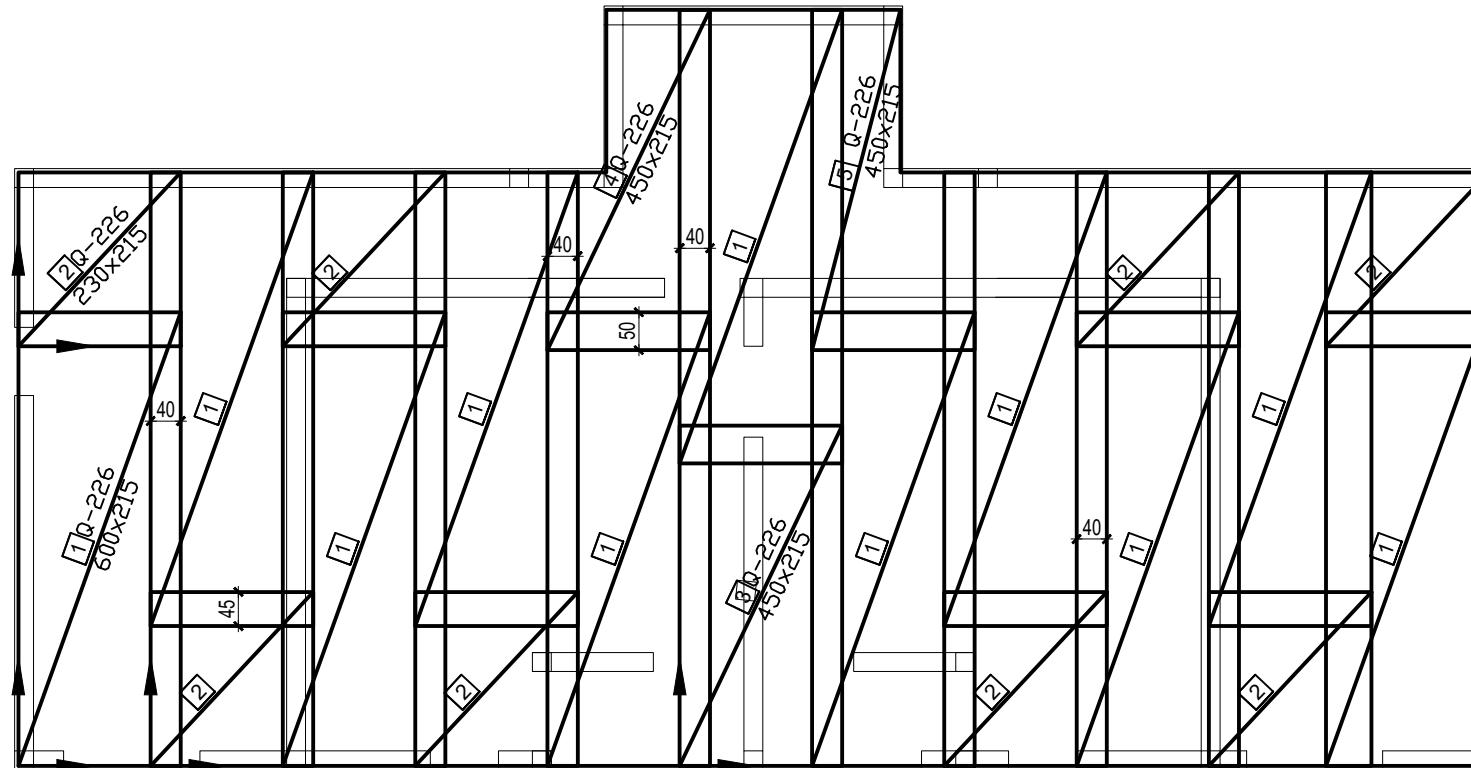
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ZAPADNO PROČELJE

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 000 - donja zona**  
**1:100**



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE						
Čelik B500B						
PÖZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-226	215 600	600x215	11	3,63	515,10
2	Q-226	215 230	230x215	8	3,63	143,60
3	Q-226	215 450	450x215	1	3,63	35,12
4	Q-226	215 450 78 215 137	450x215	1	3,63	29,03
5	Q-226	215 450 98 215 137	450x215	1	3,63	27,47
UKUPNO: (KG)...						750,32



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

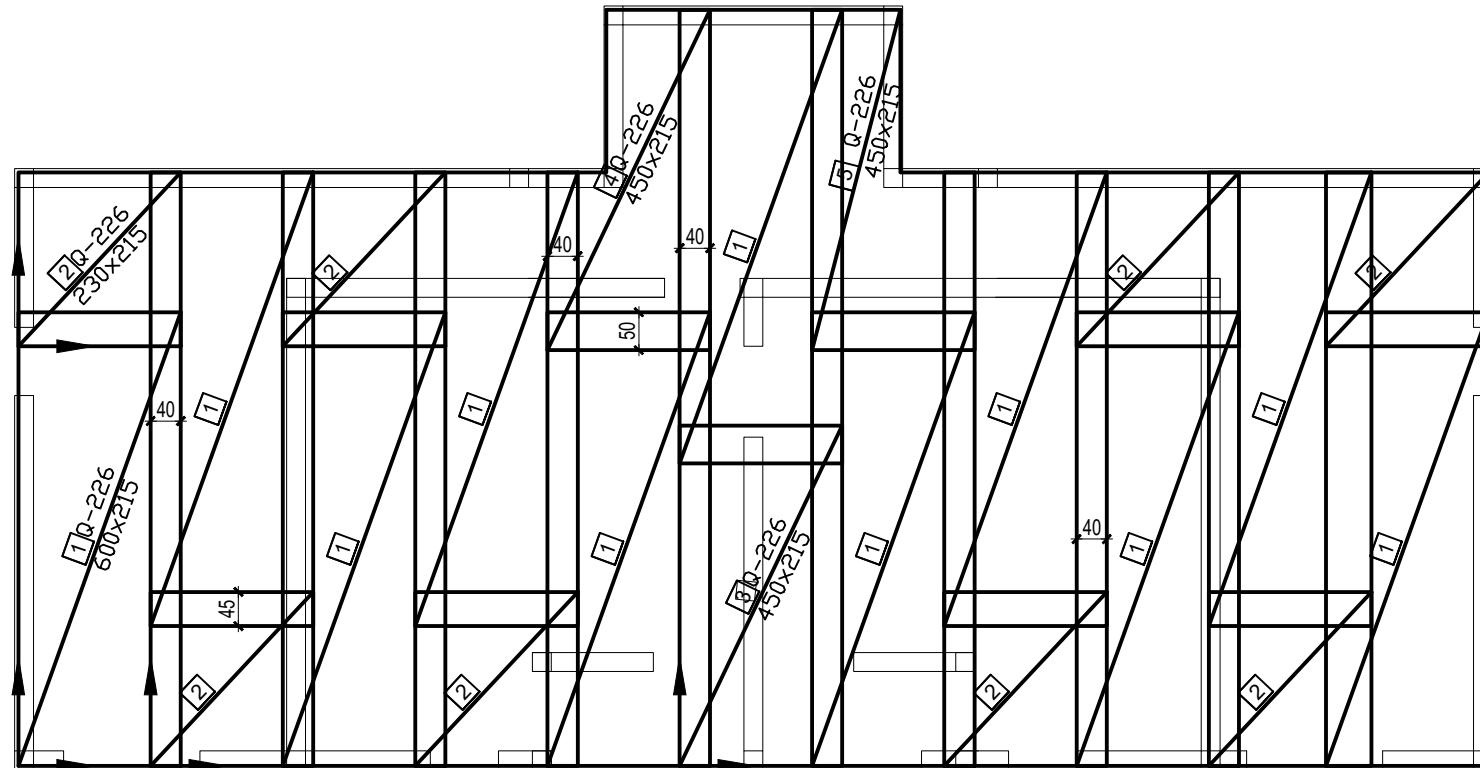
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 000 - donja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 000 - gornja zona**  
**1:100**



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE						
Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-226		600x215	11	3,63	515,10
2	Q-226		230x215	8	3,63	143,60
3	Q-226		450x215	1	3,63	35,12
4	Q-226		450x215	1	3,63	29,03
5	Q-226		450x215	1	3,63	27,47
UKUPNO: (KG)...						750,32



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

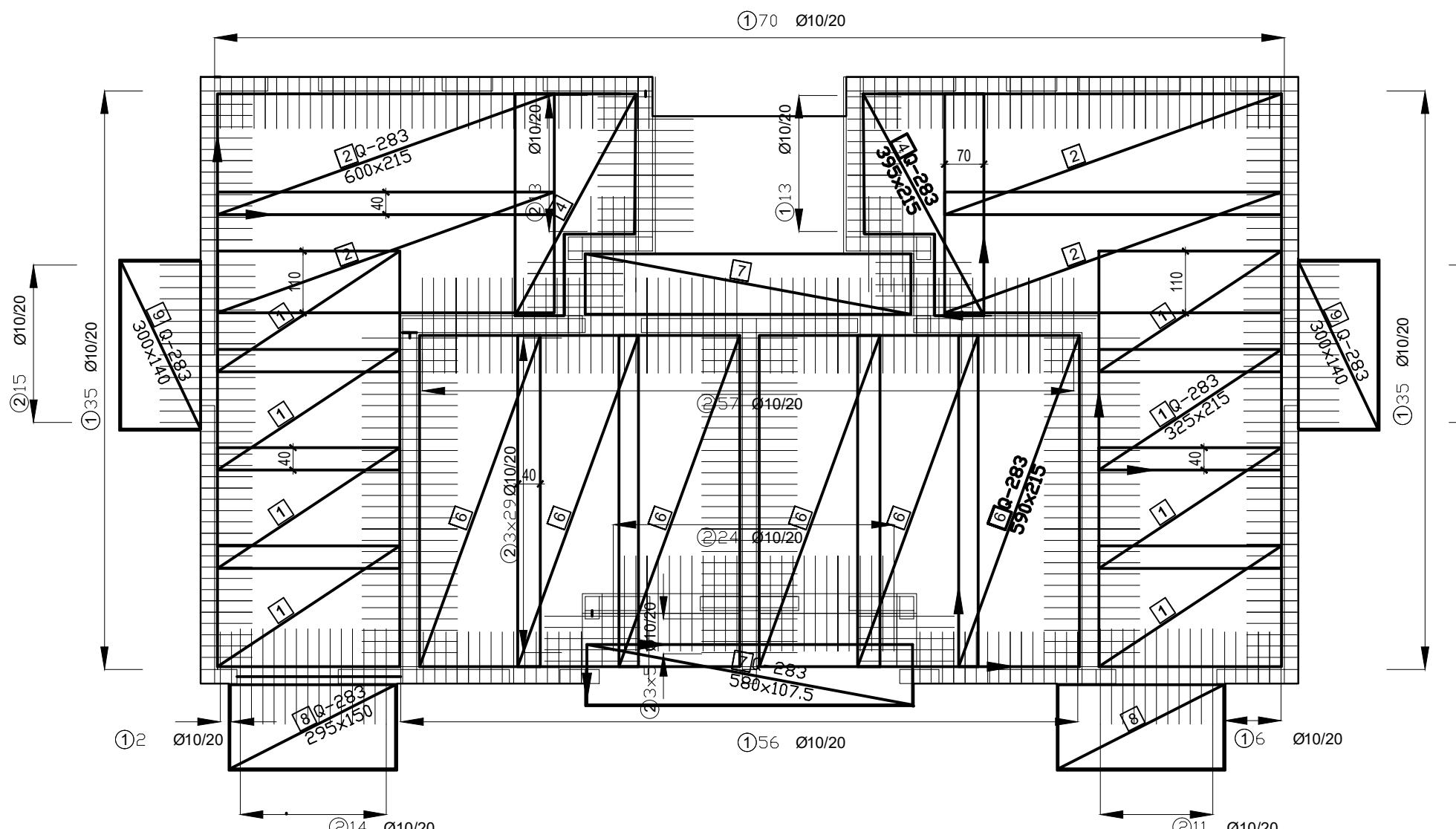
VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 000 - gornja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# Armatura ploče pozicije 100 - donja zona

1:100



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
Poz.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283	215 325	325x215	8	4,48	250,43
2	Q-283	215 600	600x215	4	4,48	231,17
4	Q-283	215 395 250 23 145 90	395x215	2	4,48	23,61
5	Q-283	110 170	170x110	2	4,48	16,76
6	Q-283	215 590	590x215	6	4,48	340,97
7	Q-283	107,5 580	580x107,5	2	4,48	55,87
8	Q-283	150 295	295x150	2	4,48	39,65
9	Q-283	140 300	300x140	2	4,48	37,63
UKUPNO: (KG)...						996,09

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
Poz.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	20 90	10	0,617	217	110	147,28
2	170	10	0,617	259	206	329,19
3	20 10 10 20	10	0,617	274	80	135,25
UKUPNO: (KG)...						611,72



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

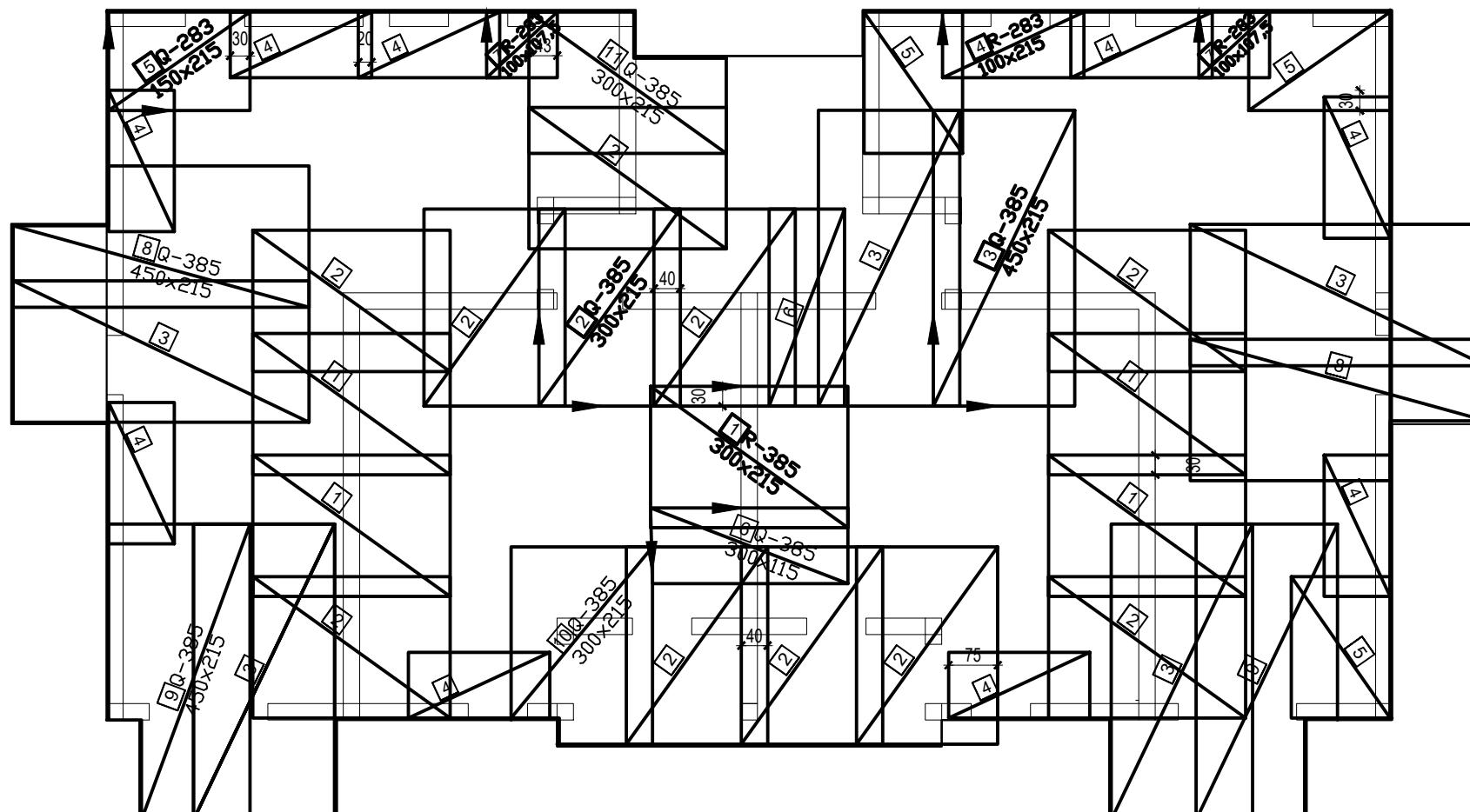
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

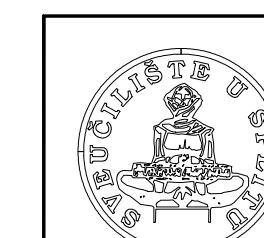
ARMATURA PLOČE POZICIJE 100 - donja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona**  
**1:100**



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	R-385	215 300	300x215	5	3,68	118,68
2	Q-385	215 300	300x215	10	6,10	393,45
3	Q-385	215 450	450x215	6	6,10	354,11
4	R-283	215 100	100x215	10	2,77	56,56
5	Q-283	215 150	150x215	4	4,48	57,79
6	Q-385	115 300	115x300	2	6,10	42,09
7	R-283	107,5 100	100x107,5	1	2,77	2,98
8	Q-385	215 450	215x450	2	6,10	96,58
9	Q-385	215 450	215x450	2	6,10	127,31
10	Q-385	215 300	215x300	2	6,10	75,76
11	Q-385	215 300	215x300	1	6,10	33,37
UKUPNO:						(KG)... 1360,03



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

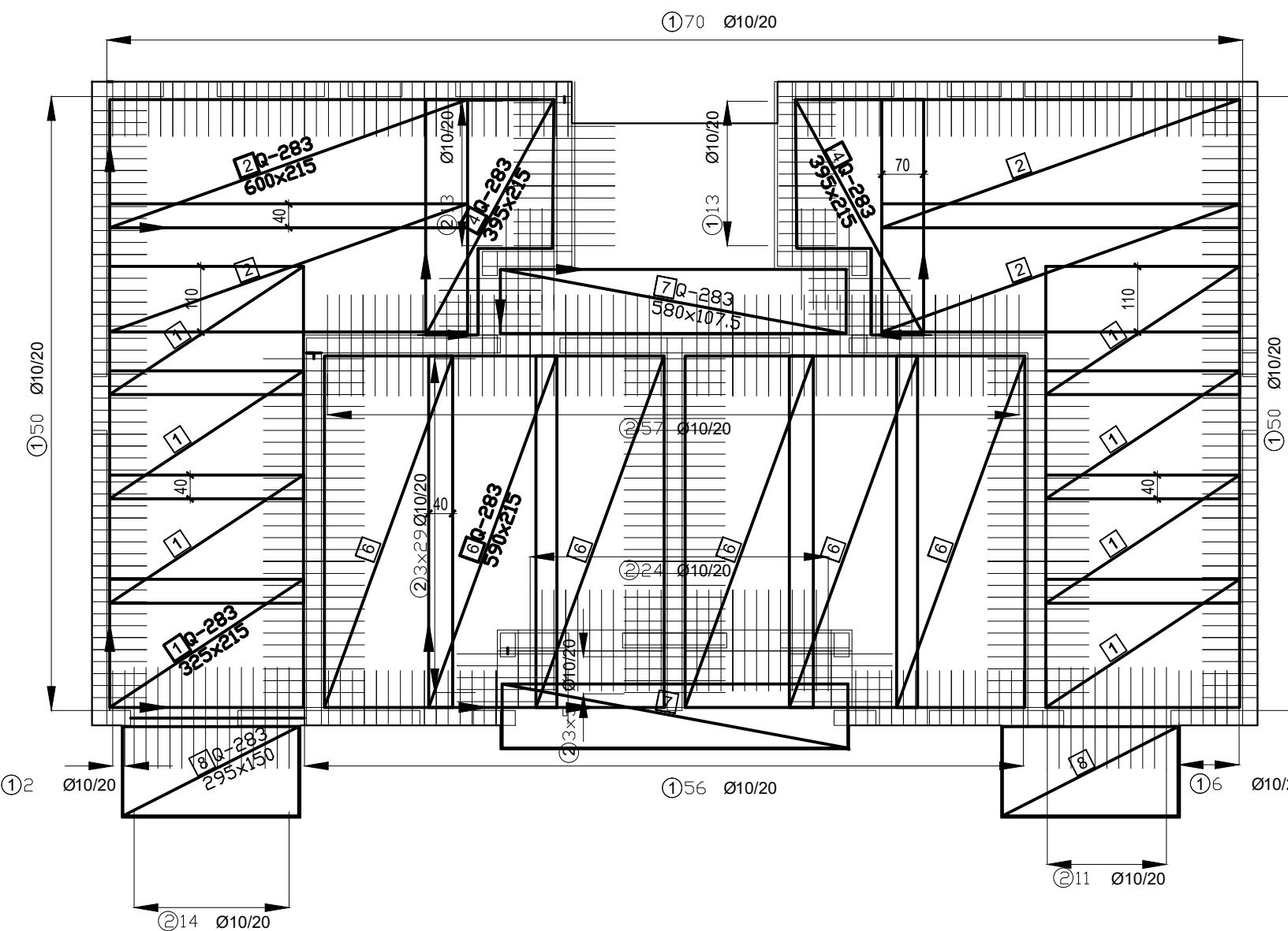
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 100 - gornja zona

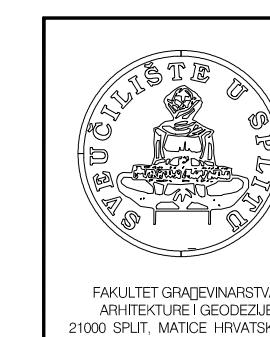
DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 200,300 - donja zona**  
1:100



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283	215 325	325x215	8	4,48	250,43
2	Q-283	215 600	600x215	4	4,48	231,17
4	Q-283	215 395 250 120 145 90	395x215	2	4,48	23,61
5	Q-283	110 170	170x110	2	4,48	16,76
6	Q-283	215 590	590x215	6	4,48	340,97
7	Q-283	107,5 580	580x107,5	2	4,48	55,87
8	Q-283	150 295	295x150	2	4,48	39,65
UKUPNO: (KG)...						958,46

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	20	90	0,617	247	110	167,64
2	170	10	0,617	229	206	291,06
3	20 10 10 20	10	0,617	274	80	135,25
UKUPNO: (KG)...						593,95



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

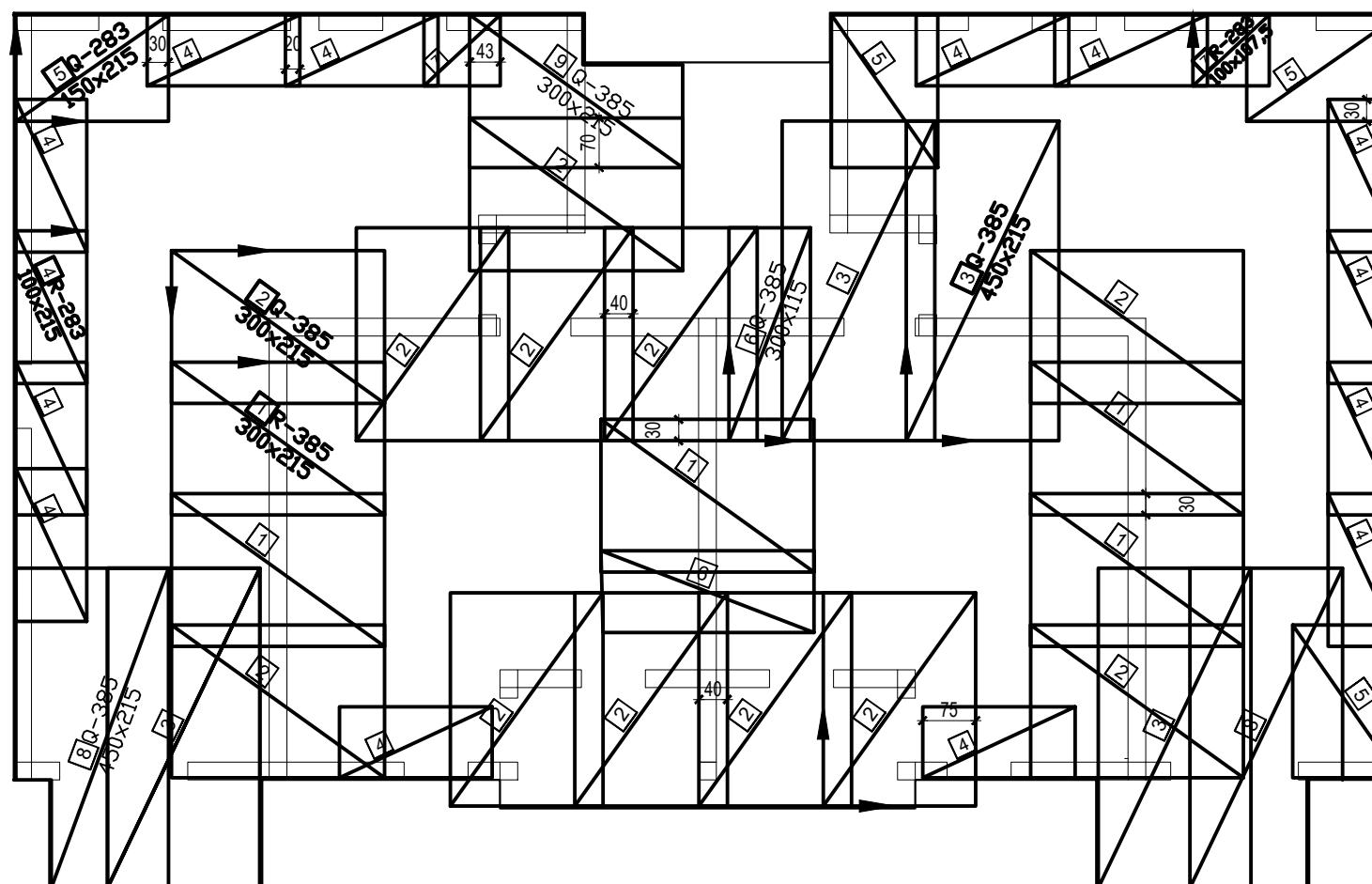
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

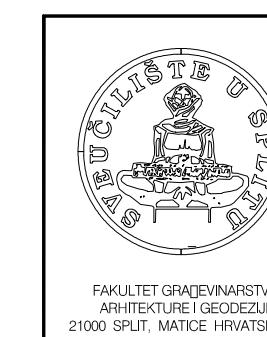
ARMATURA PLOČE POZICIJE 200,300 - donja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 200,300 - gornja zona**  
**1:100**



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	R-385	215 300	300x215	5	3,68	118,68
2	Q-385	215 300	300x215	13	6,10	511,49
3	Q-385	215 450	450x215	4	6,10	236,07
4	R-283	215 100	100x215	14	2,77	83,38
5	Q-283	215 150	150x215	4	4,48	57,79
6	Q-385	115 300	115x300	2	6,10	42,09
7	R-283	107,5 100	100x107,5	1	2,77	2,98
8	Q-385	215 450 50 165 152	215x450	2	6,10	108,76
9	Q-385	215 300 70 145	300x215	1	6,10	33,37
UKUPNO:						1195,61



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

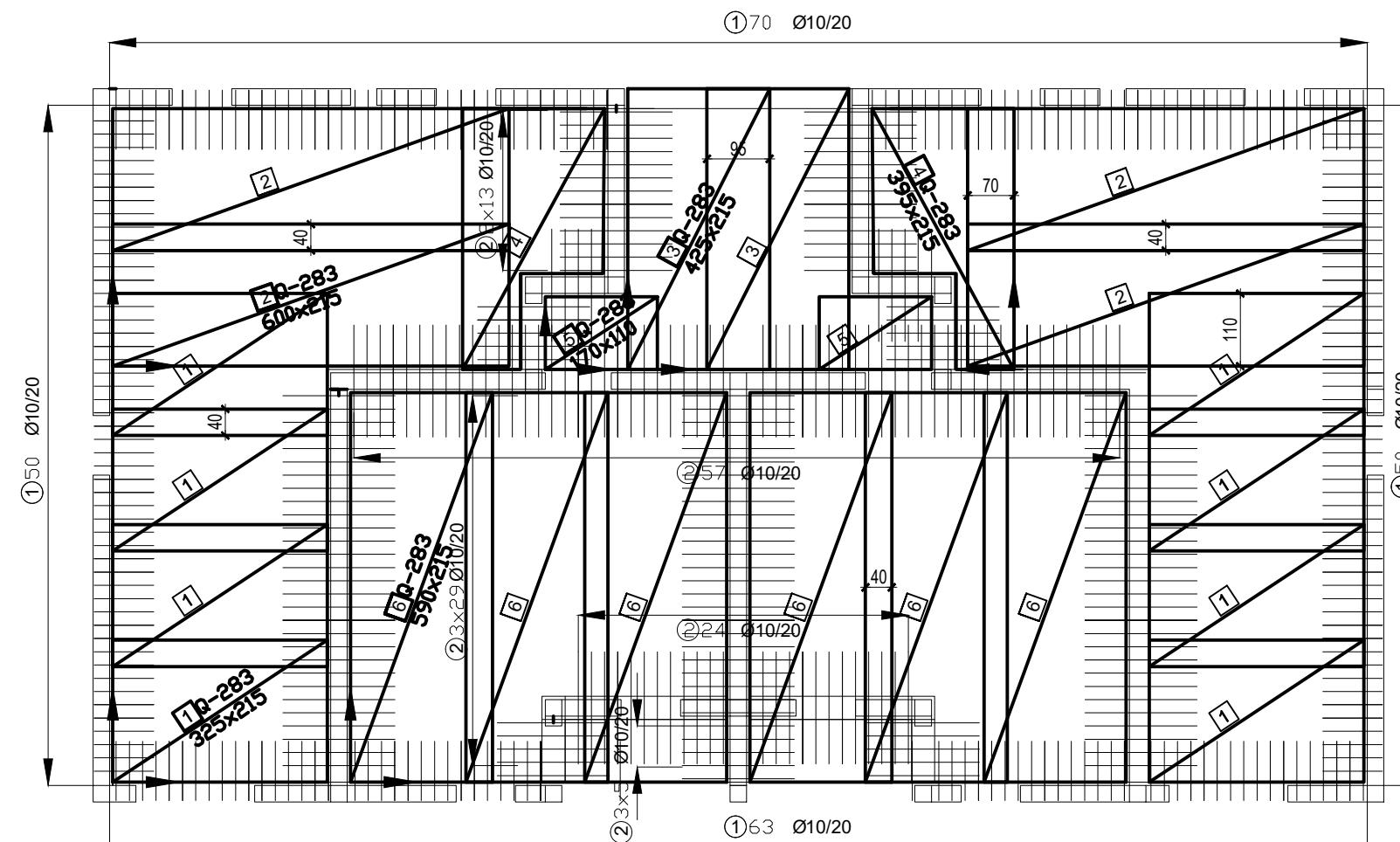
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 200,300 - gornja zona

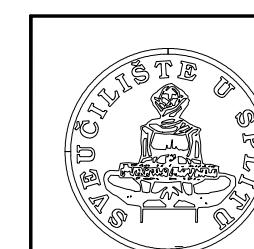
DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 400 - donja zona**  
1:100



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283	215 325	325x215	8	4,48	250,43
2	Q-283	215 600	600x215	4	4,48	231,17
3	Q-283	215 425	425x215	2	4,48	81,87
4	Q-283	215 395 250 145 90	395x215	2	4,48	23,61
5	Q-283	110 170	170x110	2	4,48	16,76
6	Q-283	215 590	590x215	6	4,48	340,97
UKUPNO: (KG)...						944,81

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	20 90	10	0,617	252	110	171,03
2	170	10	0,617	210	170	220,27
3	20 10 10 20	10	0,617	240	80	118,46
UKUPNO: (KG)...						509,76



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

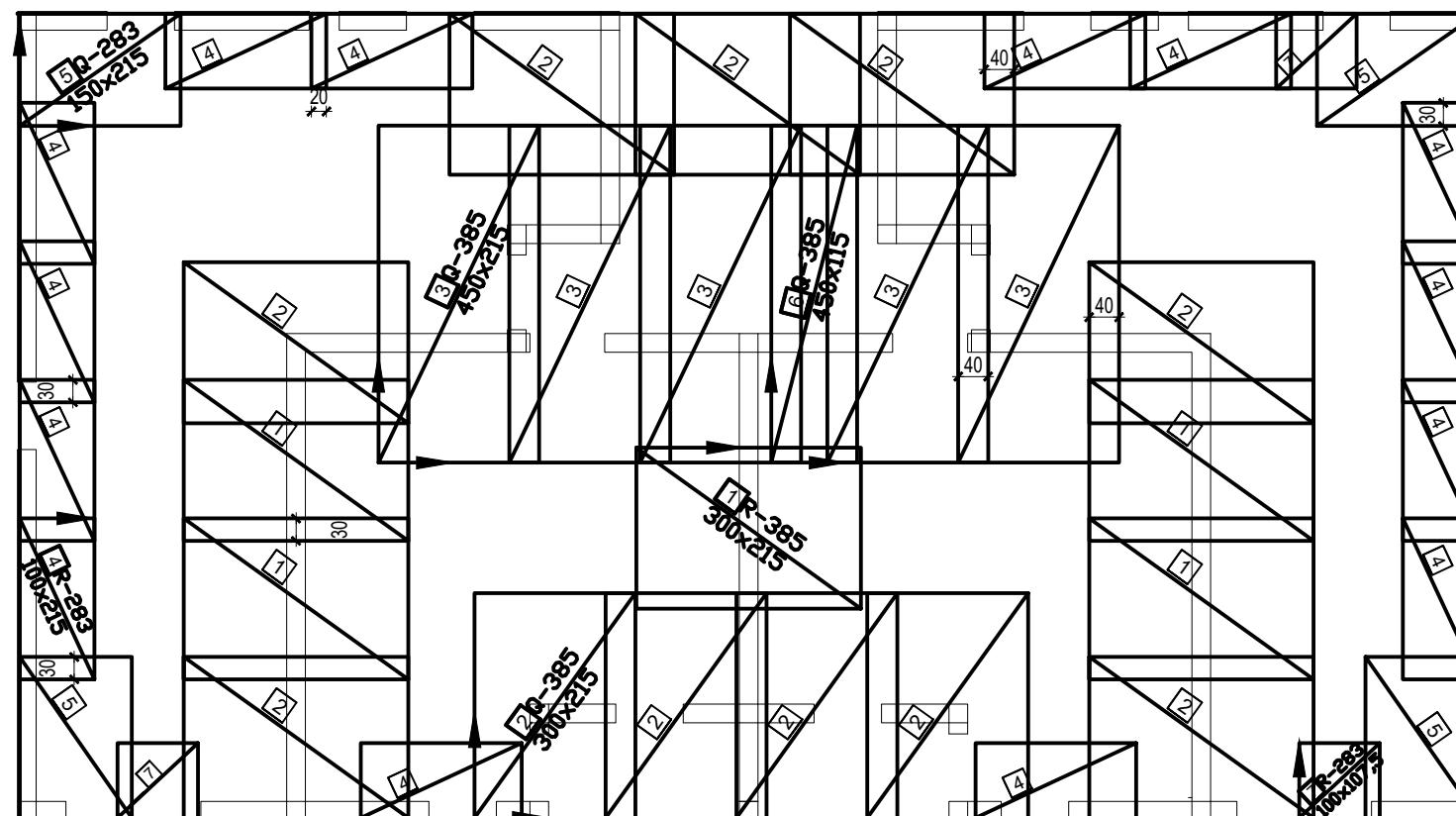
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 400 - donja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

**Armatura ploče pozicije 400 - gornja zona**  
**1:100**



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ	TIP MREŽE	DIMENZIJE	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	R-385	2/2 300	300x215	5	3,68	18,40
2	Q-385	2/2 300	300x215	11	6,10	43,20
3	Q-385	2/2 450	450x215	5	6,10	29,50
4	R-283	2/2 100	100x215	14	2,77	83,38
5	Q-283	2/2 150	150x215	4	4,48	57,79
6	Q-385	2/2 450	115x450	1	6,10	31,57
7	R-283	2/2 100	100x107,5	2	2,77	5,96
UKUPNO: (KG...)						1025,27



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
 Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

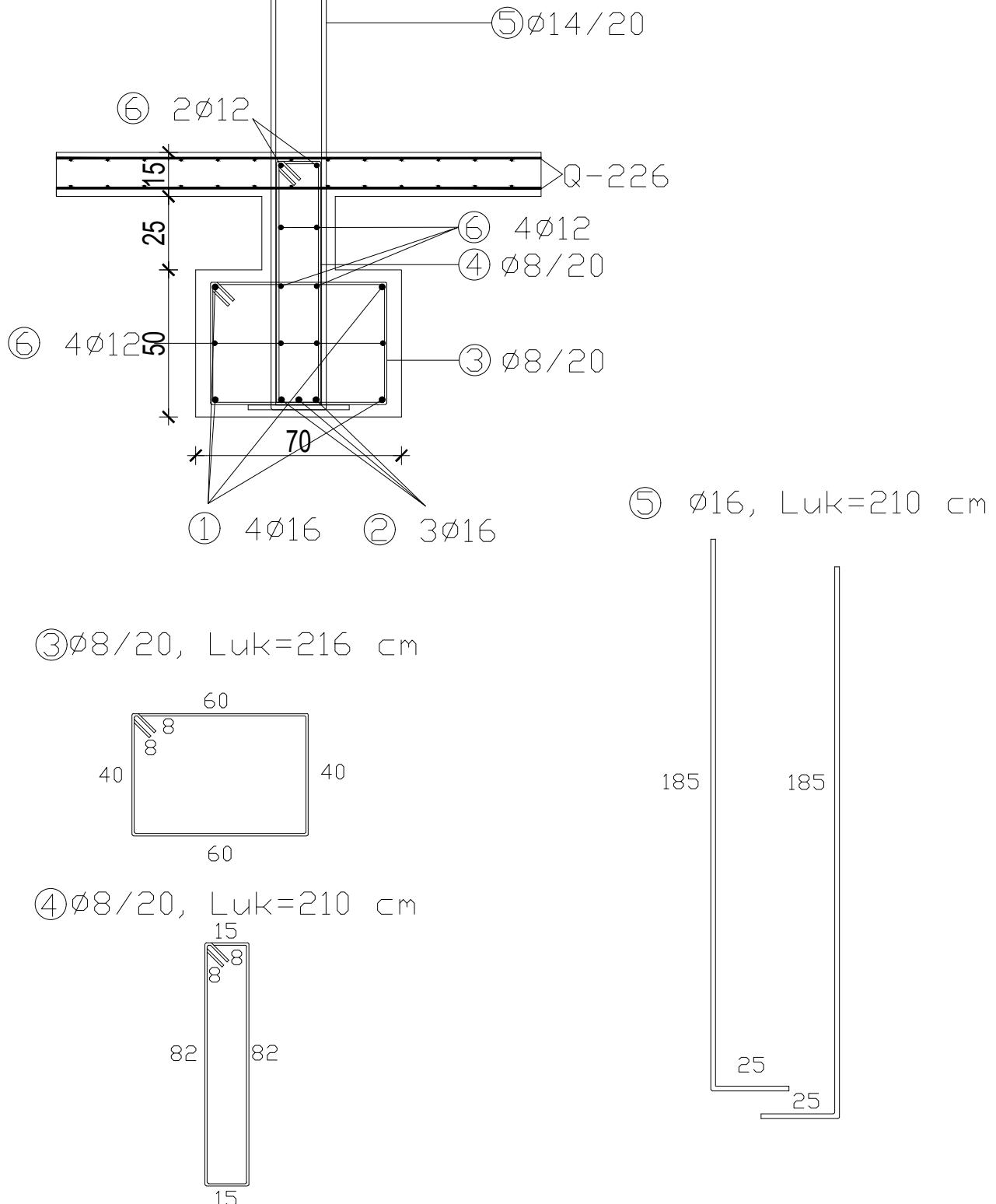
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

ARMATURA PLOČE POZICIJE 400 - gornja zona

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# Karakteristični presjek temelja TT1



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

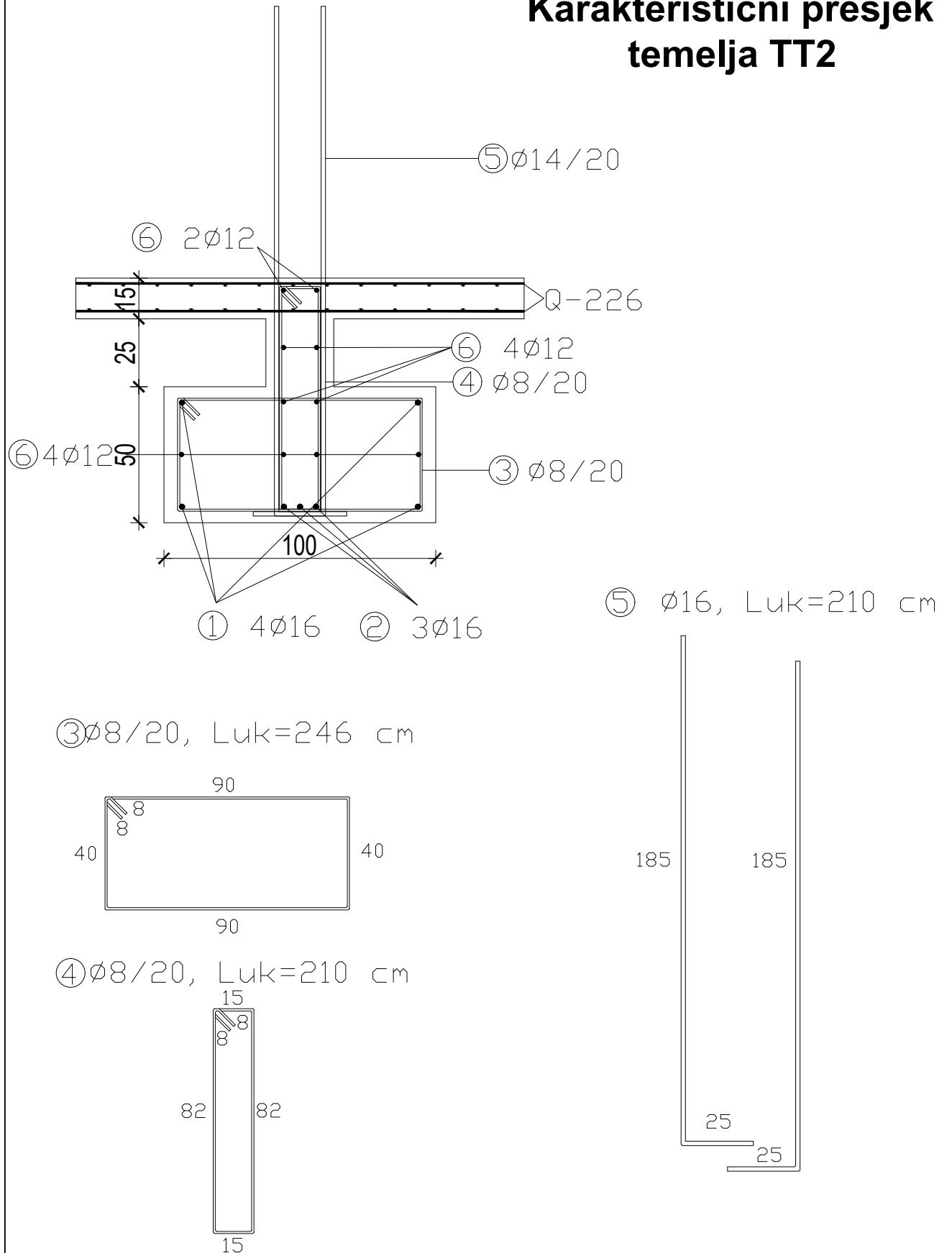
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJEK TEMELJA TT1

DATUM 9/2021 MJERILO 1:20

# Karakteristični presjek temelja TT2



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

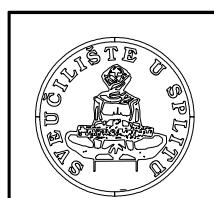
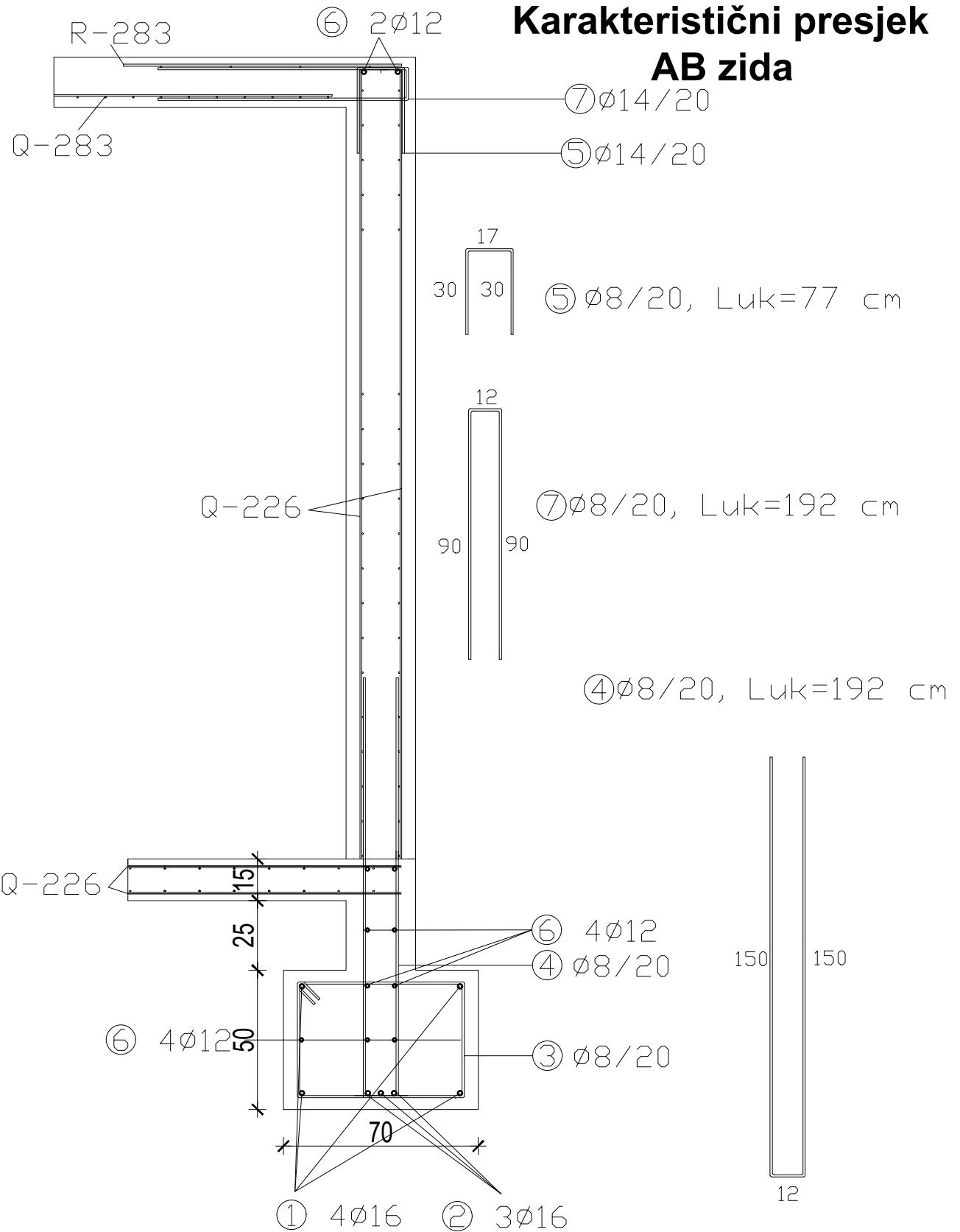
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJEK TEMELJA TT2

DATUM 9/2021 MJERILO 1:20

# Karakteristični presjek AB zida



FAKULTET GRAĐEVINSKOG  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinju

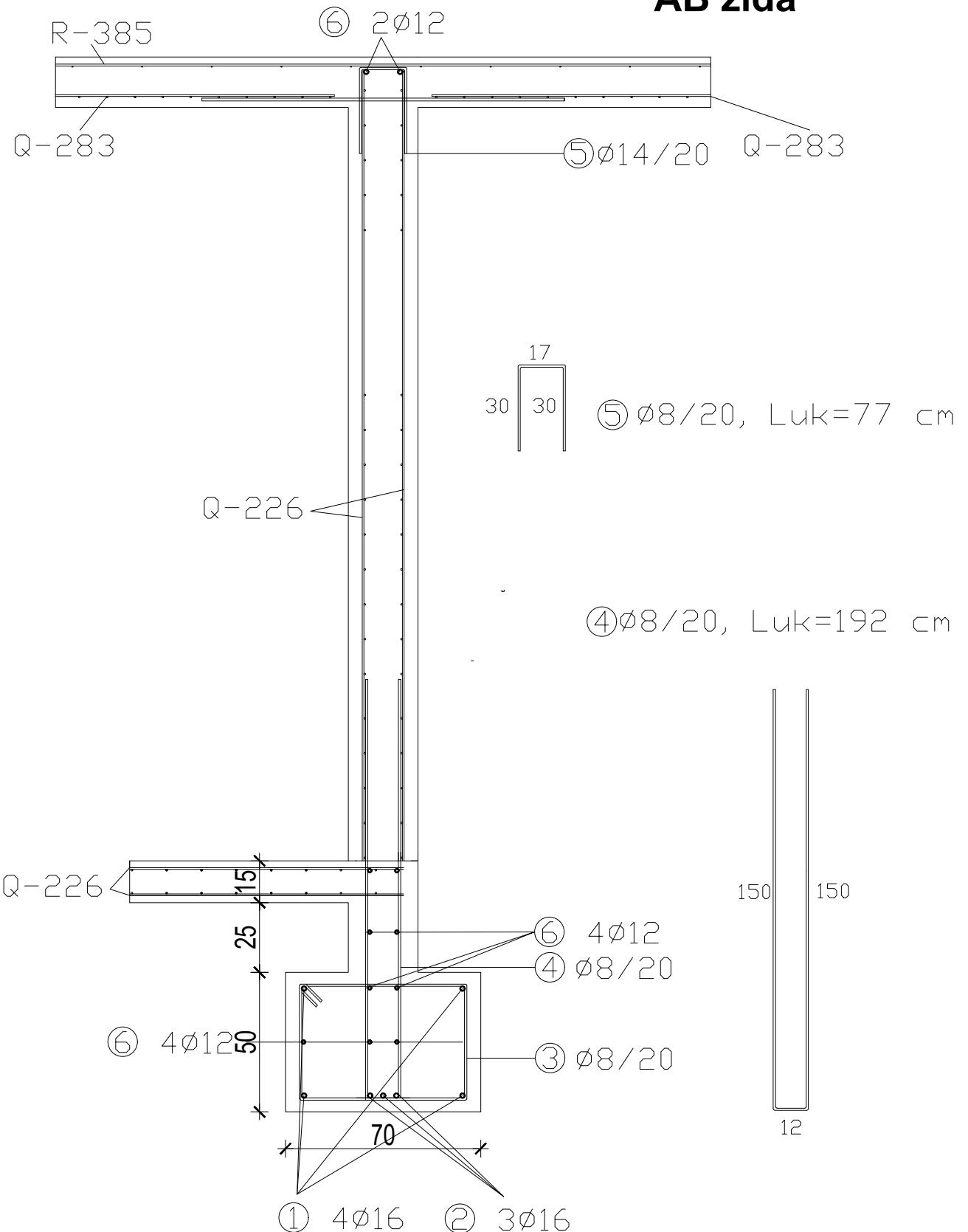
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJEK AB ZIDA

DATUM 9/2021 MJERILO 1:20

# Karakteristični presjek AB zida



FAKULTET GRAĐEVINSKOG  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinju

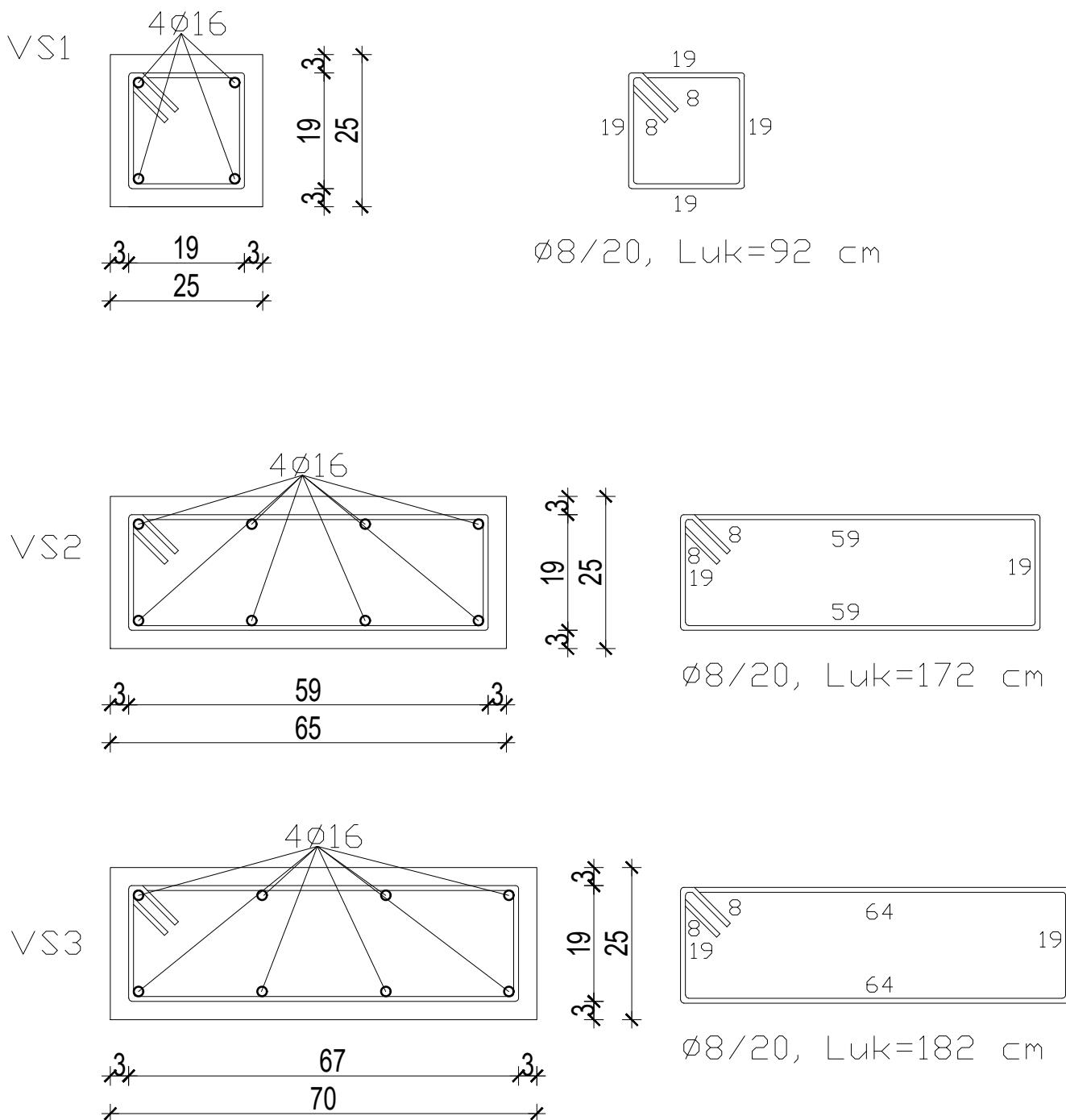
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJEK AB ZIDA

DATUM 9/2021 MJERILO 1:20

# Karakteristični presjeci vertikalnih serklaža 1



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

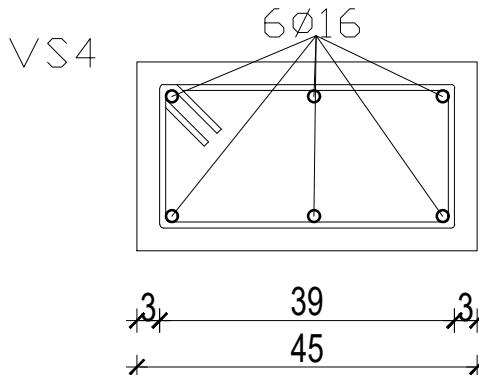
GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

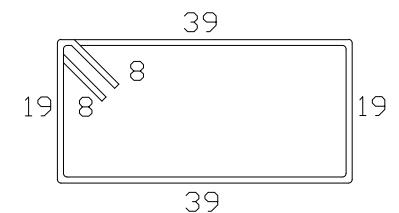
VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJECI VERTIKALNIH SERKLAŽA 1 DATUM 9/2021 MJERILO 1:10

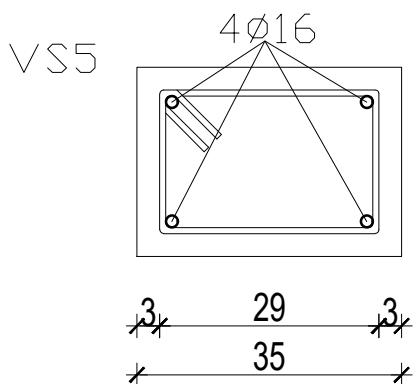
# Karakteristični presjeci vertikalnih serklaža 2



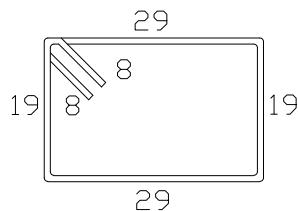
3  
19  
25  
3



$\phi 8/20$ , Luk=132 cm



3  
19  
25  
3



$\phi 8/20$ , Luk=112 cm



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

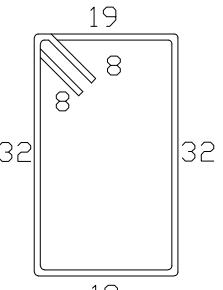
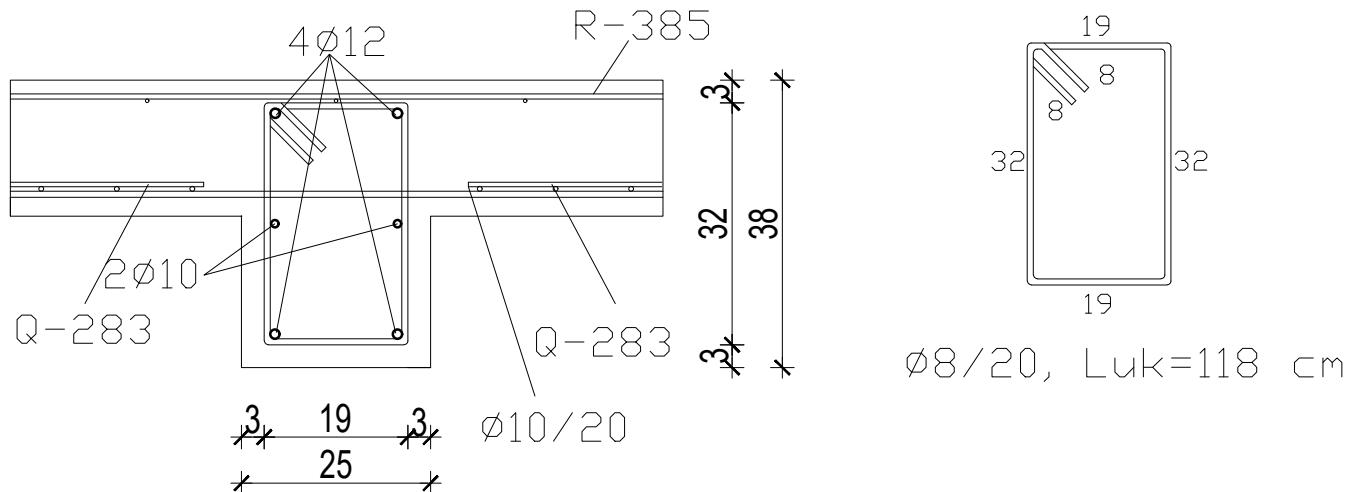
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJECI VERTIKALNIH SERKLAŽA 2 DATUM 9/2021 MJERILO 1:10

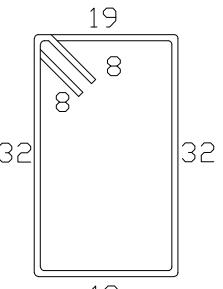
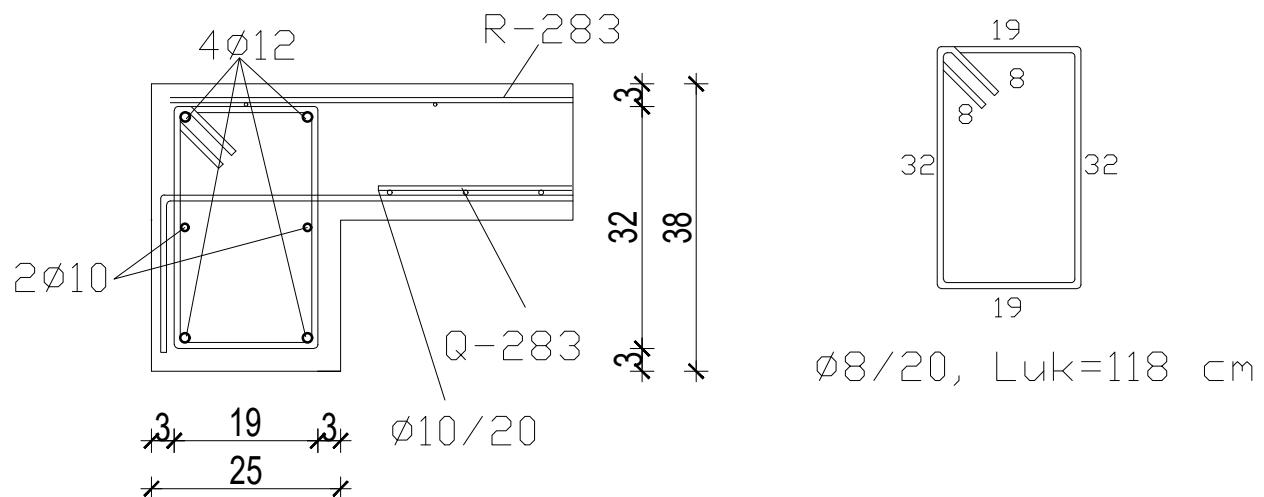
# Karakteristični presjeci horizontalnih serklaža

## UNUTARNJI ZID



$\varnothing 8/20$ , Luk=118 cm

## VANJSKI ZID



$\varnothing 8/20$ , Luk=118 cm



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

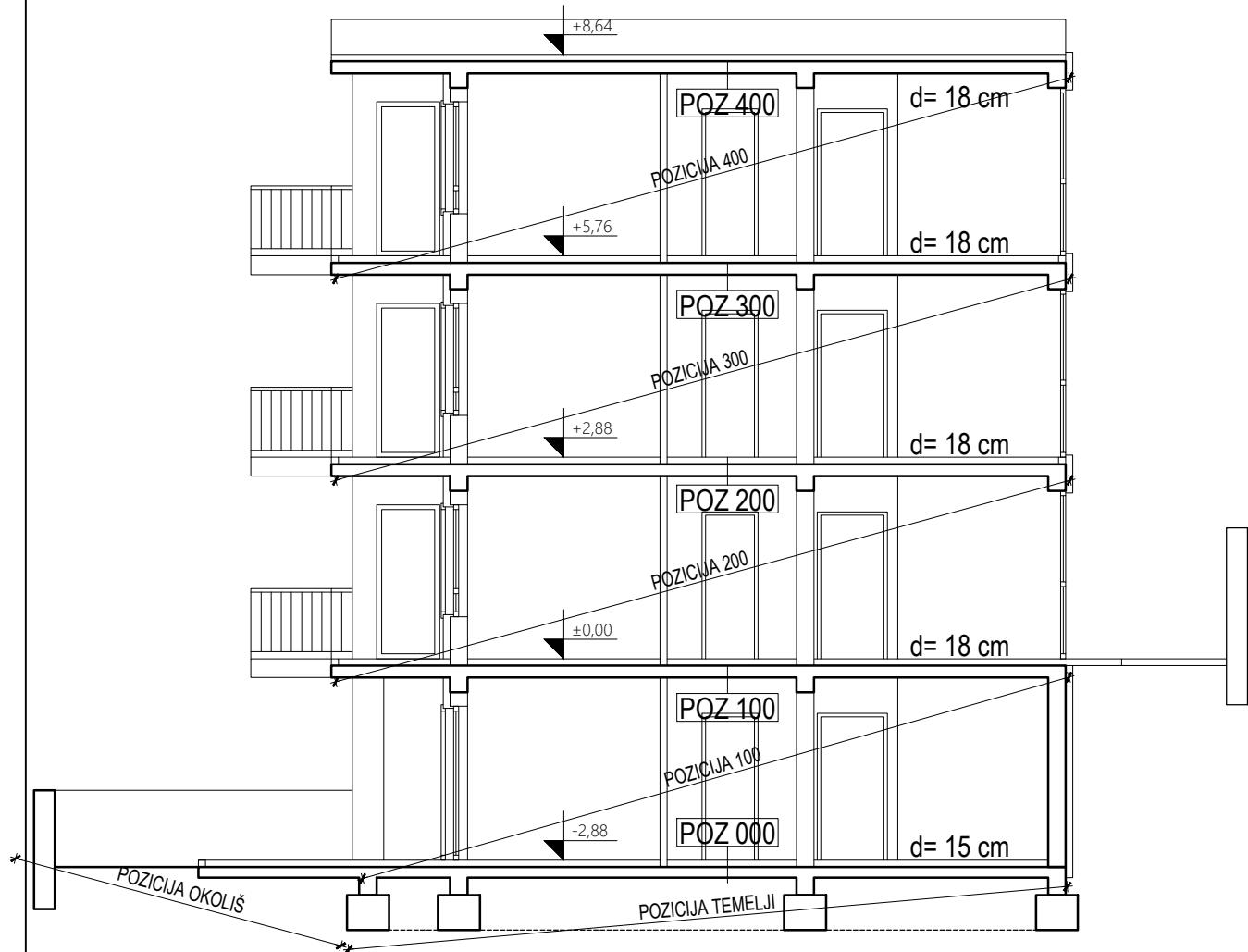
GRAĐEVINA: Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

KARAKTERISTIČNI PRESJECI HORIZONTALNIH SERKLAŽA DATUM 9/2021 MJERILO 1:10

# PLAN POZICIJA - PRESJEK



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

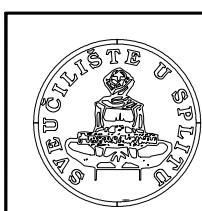
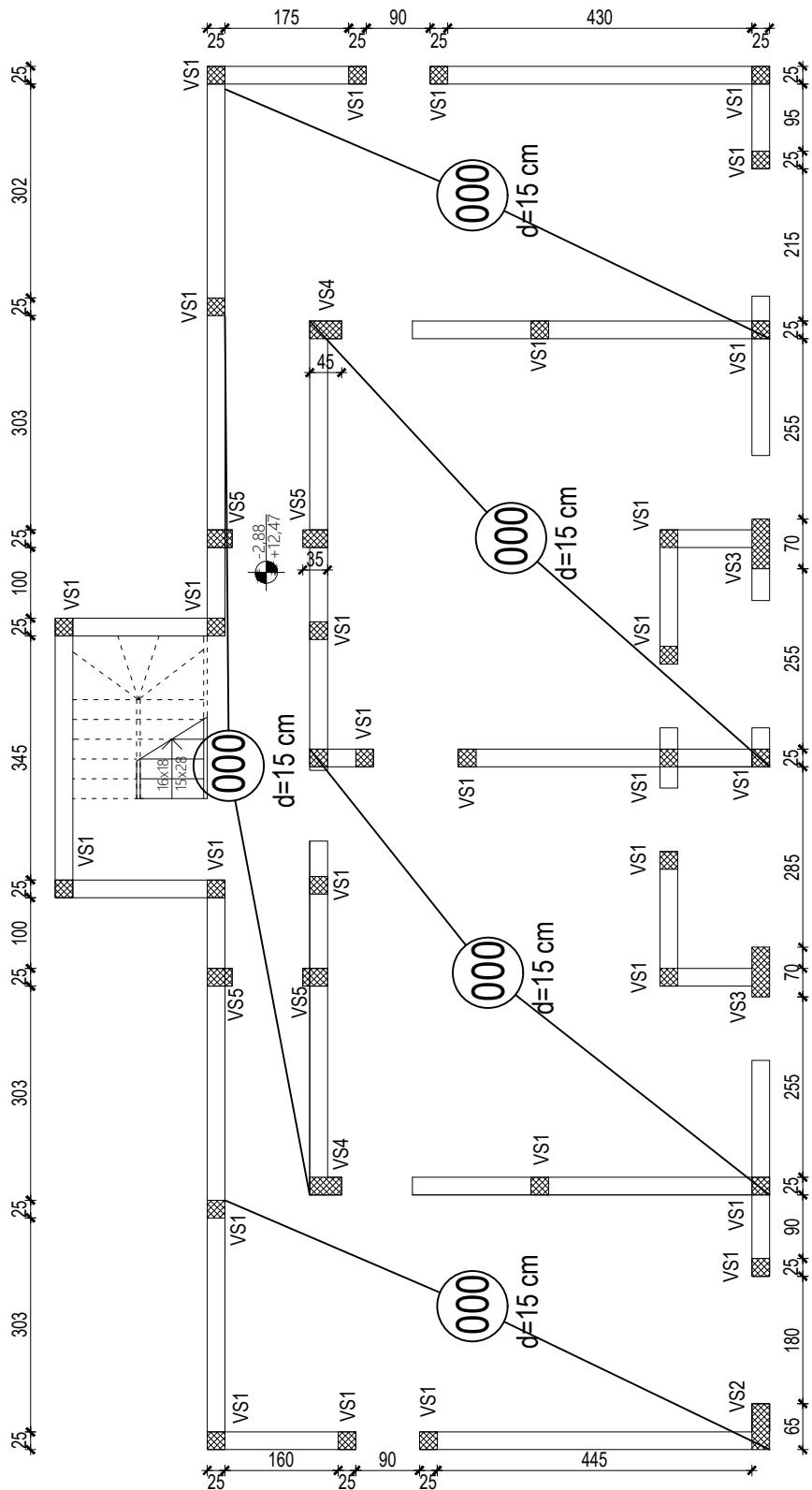
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

PLAN POZICIJA-PRESJEK

DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# PLAN POZICIJA 000



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad

MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević

STUDENT: Jerko Bandić

GRAĐEVINA:

Zidana stambena zgrada u gradu Sinj

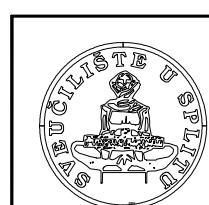
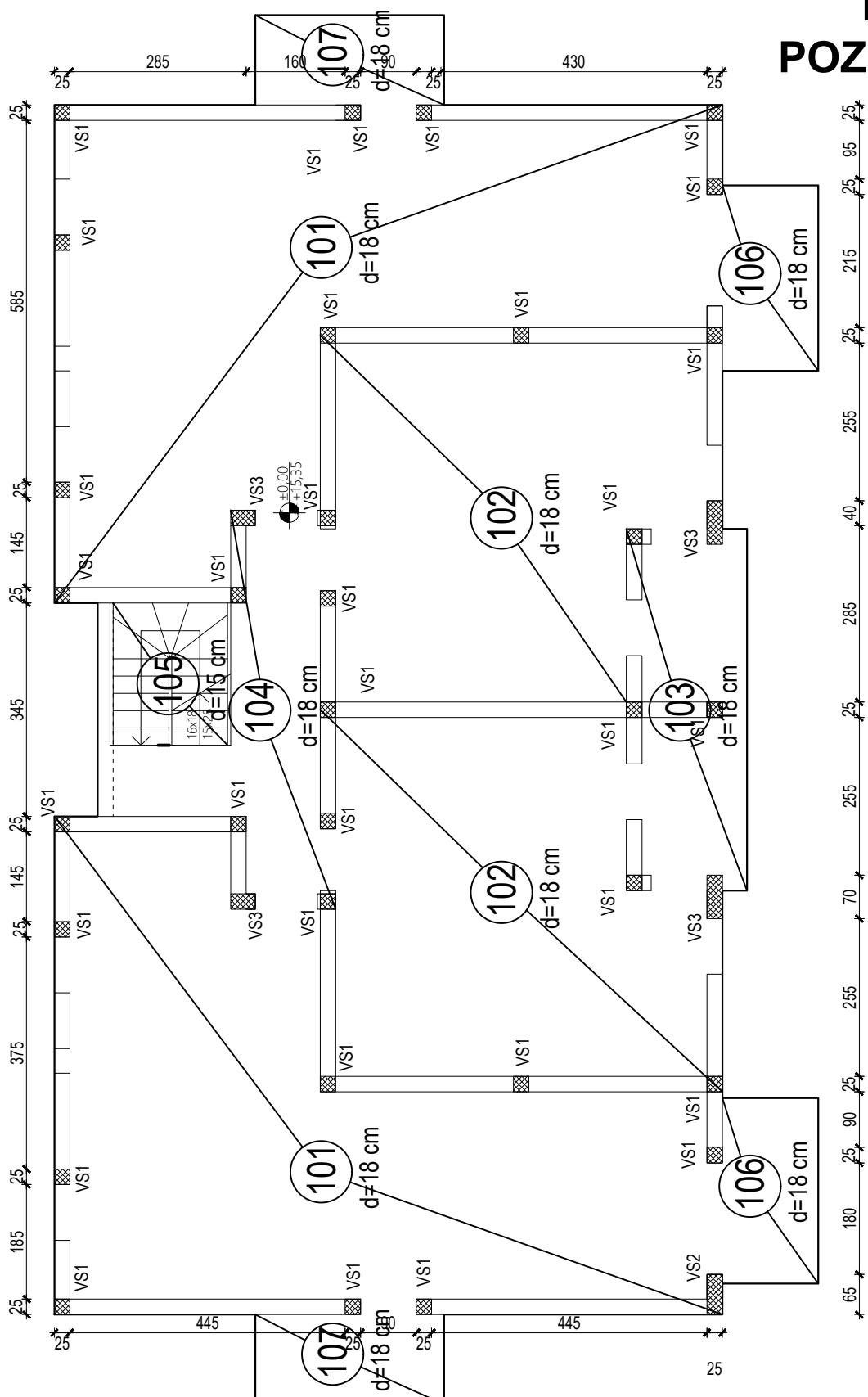
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT

VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

PLAN POZICIJA 000

DATUM 9/2021 MJERILA 1:100

# PLAN POZICIJA 100

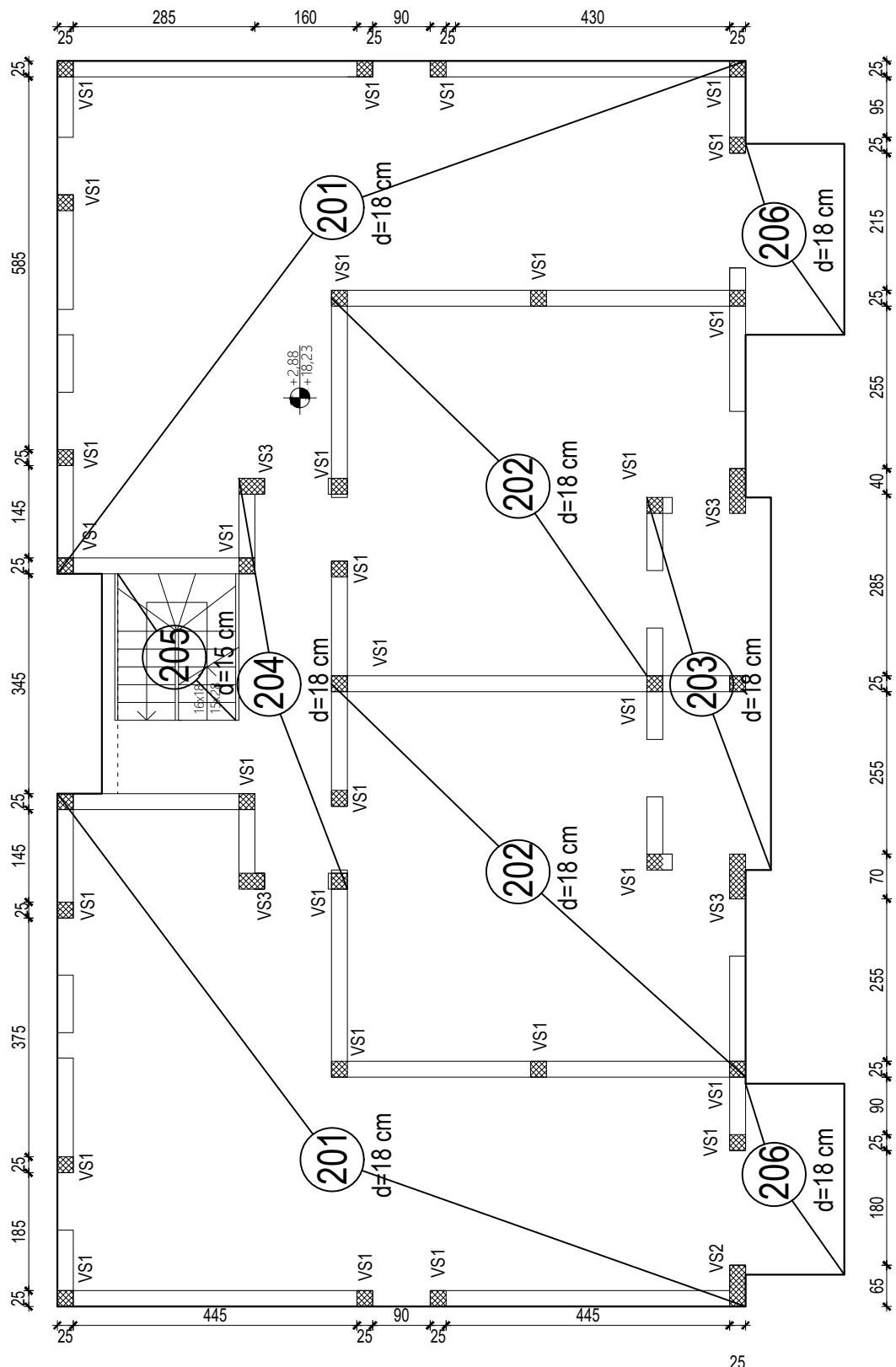


FACULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad	
MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević	
STUDENT: Jerko Bandić	
GRAĐEVINA:	Zidana stambena zgrada u gradu Sinj
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE	
PLAN POZICIJA 100	DATUM 9/2021 MJERILA 1:100

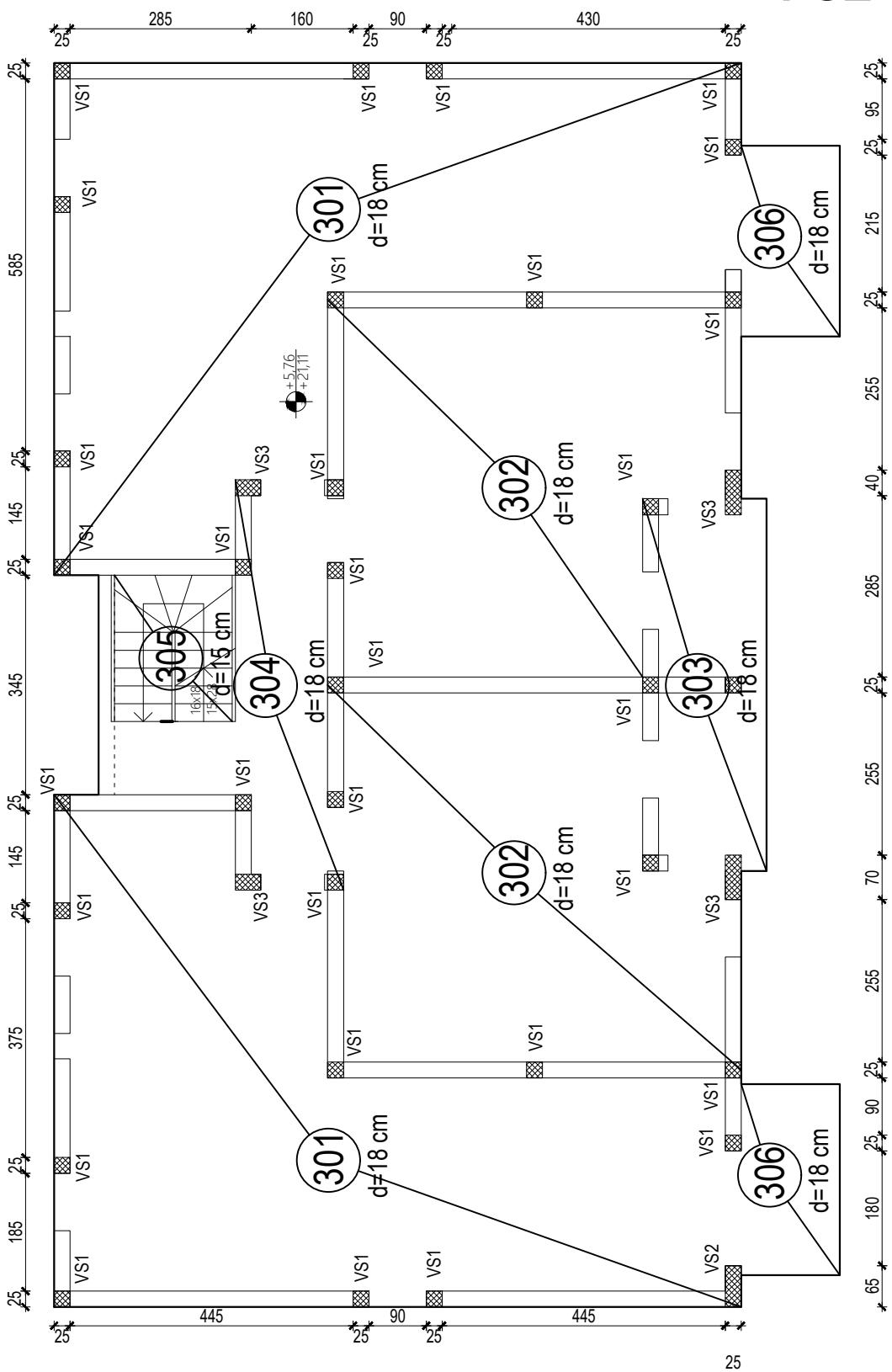
# PLAN POZICIJA 200



Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

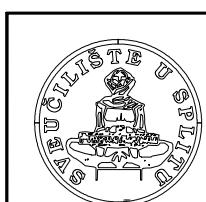
PREDMET: Diplomski rad	
MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević	
STUDENT: Jerko Bandić	
GRAĐEVINA:	Zidana stambena zgrada u gradu Sinj
FAZA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE	
PLAN POZICIJA 200	DATUM 9/2021 MJERILO 1:100

# PLAN POZICIJA 300



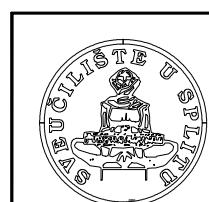
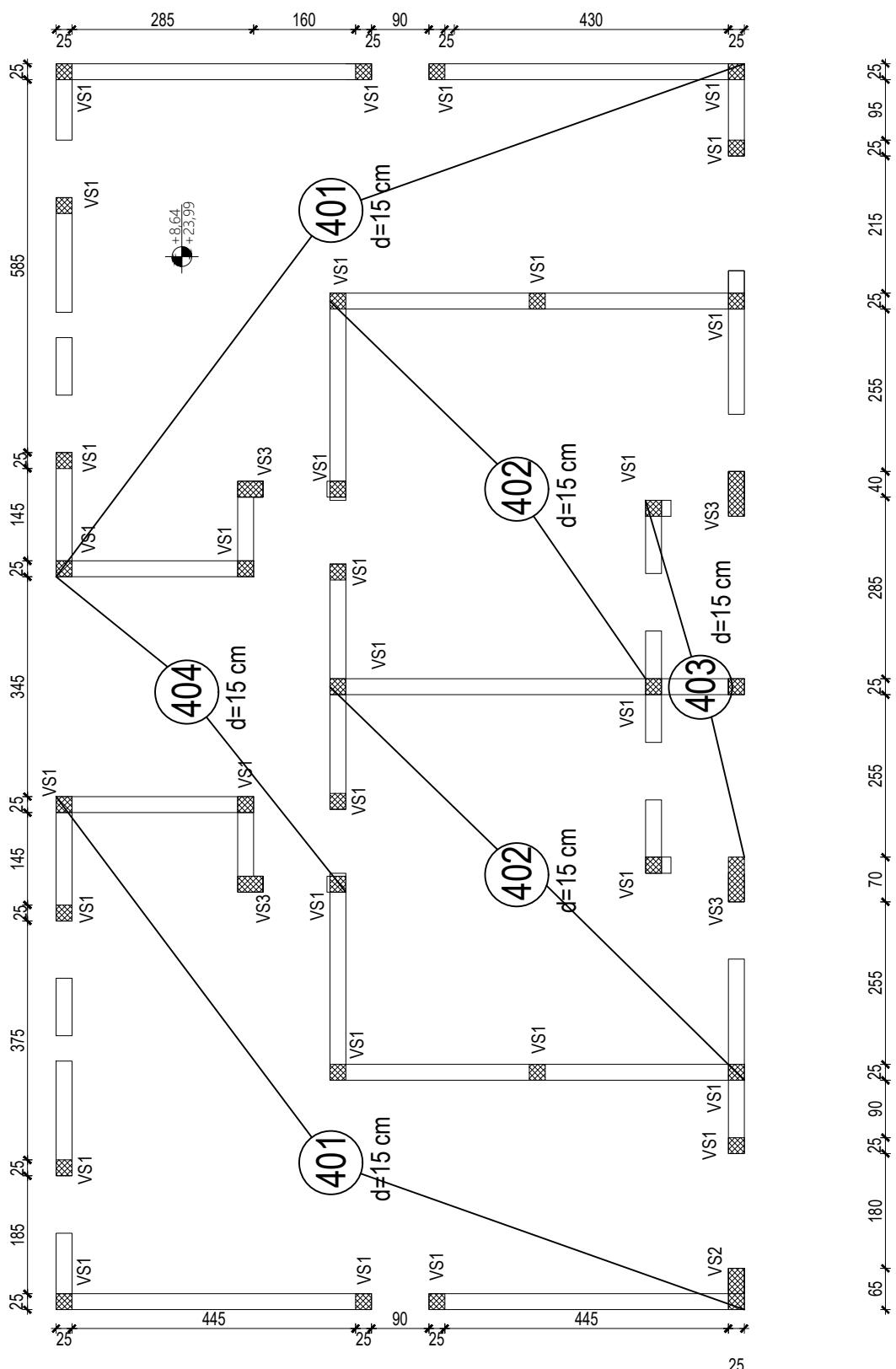
Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET: Diplomski rad	
MENTOR: prof. dr. sc. Goran Baloević	
STUDENT: Jerko Bandić	
GRAĐEVINA:	Zidana stambena zgrada u gradu Sinj
FAZA PROJEKTA:	GLAVNI PROJEKT
VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE
PLAN POZICIJA 300	DATUM 9/2021 MJERILO 1:100



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

# PLAN POZICIJA 400



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Diplomski sveučilišni studij Građevinarstva,  
Katedra za teoriju konstrukcija

PREDMET:	Diplomski rad
MENTOR:	prof. dr. sc. Goran Baloević
STUDENT:	Jerko Bandić
GRAĐEVINA:	Zidana stambena zgrada u gradu Sinj
FAZA PROJEKTA:	GLAVNI PROJEKT
VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT- PROJEKT GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE
PLAN POZICIJA	400
DATUM	9/2021
MJERILO	1:100