Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Brnas, Anamaria

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:123:701833

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Anamaria Brnas

Split, 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Anamaria Brnas

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Diplomski rad

Split, 2019.

Zahvaljujem mentoru Ivanu Baliću i komentorici Nikolini Živaljić
na savjetima, strpljenu i izdvojenom vremenu pri izradi rada.
Također veliko hvala mojoj obitelji na podršci i potpori tijekom
cjelokupnog školovanja.

Hvala mojim kolegama koji su godine
zajedničkog studiranja pretvorili u nezaboravno iskustvo.

Hvala mom jednom i jedinom koji je
vjerovao u mene kad sam i sama sumnjala.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	**Anamaria Brnas**
BROJ INDEKSA:	**698**
KATEDRA:	**Katedra za teoriju konstrukcija**
PREDMET:	**Zidane konstrukcije**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema:

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Opis zadatka:

Izraditi projekt konstrukcije zgrade s vertikalnom nosivom konstrukcijom od omeđenih zidova. U radu:

- opisati koncept nosive konstrukcije, osnovna djelovanja i kombinacije djelovanja, vrstu i svojstva gradiva, podatke o tlu i načinu temeljenja,
- proračunati horizontalne konstrukcije (međukatne konstrukcije) i grede,
- proračunati vertikalne konstrukcije (omeđene zidove),
- proračunati naprezanja u tlu i dimenzionirati temelje,
- izraditi građevinske nacrte (temelji, tlocrti, presjek, pročelja).
- proračunati fiziku zgrade zadane konstrukcije

U Splitu, 19.srpanj 2019.

Predsjednik Povjerenstva

za završne i diplomske ispite:

Doc.dr.sc. Ivo Andrić

Mentor:

Doc. dr. sc. Ivan Balić

Komentor:

Doc. Dr.sc. Nikolina Živaljić

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Sažetak:

U radu je prikazan proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta prema Europskim normama (EN 1992, EN 1996, EN 1998) i Tehničkom propisu za zidane konstrukcije (HRN EN 1996-3).. Potresna otpornost konstrukcije određena je pojednostavljenim proračunom prema pravilima za jednostavne zidane zgrade. Također je proveden proračun ploča, zidova i temelja uslijed vertikalnog djelovanja. Proračunom su dobivene rezne sile u elementima konstrukcije koji su sukladno tome armirani.

Proračun fizike zgrade izvršen je u računalnom programu KI Expert Plus.

Ključne riječi:

Zidane zgrade, potresna otpornost, fizika zgrade

Calculation of supporting structure and buildings physics of residential masonry constructions

Abstract:

This task is showing calculation of supporting structure and buildings physics of residential masonry constructions following European norms and technical regulations for masonry construction. Seismic resistance is determined by simplified calculation following rules for simple masonry buildings.

Calculation of panels,walls and foundations caused by vertical movements was done as well. Result of calculation are the cutting forces in the elements of construction and they are reinforced accordingly

KI-expert plus computer program has been used to make buildings physics analyses.

Key words:

Masonry objects,seismic resistance,buildings physics

Sadržaj

1. Općenito o zidanim konstrukcijama ... 3
1.1. Zidane konstrukcije ... 3
1.2. Vrste ziđa ... 12
1.3. Mehanička svojstva ziđa ... 15
2. Tehnički opis ... 26
2.1. Općenito ... 26
2.2. Proračunski modeli ... 27
2.3. Konstruktivne pojedinosti ... 28
3. Materijali ... 30
3.1. Zidni elementi ... 30
4. Analiza opterećenja ... 32
4.1. Djelovanja na konstrukciju ... 33
4.2. Kombinacije opterećenja ... 37
5. Proračun potrebne armature za AB serklaže ... 38
5.1. Proračun zidova na vertikalna opterećenja ... 38
5.2. Proračun zidova na potresno djelovanje ... 42
6. Proračun ostalih konstruktivnih elemenata ... 49
6.1. Rezultati proračuna ... 49
6.2. Ploče ... 51
6.3. Proračun širine pukotina ... 56
6.4. Grede ... 58
6.5. Temelji ... 63
7. Glavni projekt fizike zgrade ... 65
7.1. Tehnički opis ... 65
7.2. Podaci o lokaciji objekta ... 66
7.3. Rezultati proračuna ... 87

8. Zaključak 88

9. Prilozi 89

10. Literatura ..... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**

1. Općenito o zidanim konstrukcijama

1.1. Zidane konstrukcije

Zidane konstrukcije su one konstrukcije izvedene iz zidnih elemenata (opeke ili blokova) povezanih mortom ili nekim sličnim materijalom anorganskog ili organskog podrijetla, zidane na gradilištu ili izvedene u obliku predgotovljenih zidova u tvornici i spojene na gradilištu u konstrukcijsku cjelinu.

Zidni element, odnosno blok je predgotovljeni građevinski proizvod namijenjen izvedbi ziđa. Građevinski kompozit nastaje naizmjeničnim polaganjem zidnih elemenata (blokova) između vezivnog materijala, što nam omogućava postizanje raznovrsnih struktura i tekstura zidanih konstrukcija.

Za proračun zidanih konstrukcija od velike važnosti je Eurocode 6, koji sadrži preporuke, zahtjeve i matematičke izraze za određivanje mehaničkih svojstava ziđa, te norme koje reguliraju planiranje, proračun i dimenzioniranje građevina.

Prednost zidanih konstrukcija sa strukturalnog aspekta je jednostavnija i brža proizvodnja, niska cijena, dobra zaštita od požara, temperature i zvuka, otpornost u vremenu, i slično. Njihova osnovna značajka je velika težina.

Zidane građevine su veoma otporne na vertikalna opterećenja, ali ne i na horizontalna djelovanja. Osjetljivost na horizontalna djelovanja posebno dolazi do izražaja pri potresu, zbog mehaničkih svojstava zidanog materijala, geometrijske konfiguracije te nedostatka učinkovitosti spojeva između konstrukcijskih elemenata. Za proračun konstrukcija na potresno djelovanje koristi se Eurocode 8.

1.1.1 Vrste zidanih elemenata

Zidni element je predgotovljena komponenta namijenjena izvedbi zida. Zidni elementi mogu se podijeliti na više različitih skupina. Najznačajnija je prema vrsti materijala od kojeg su izrađeni.

Razlikujemo;

-Glineni zidni elementi(opeka, opečni blokovi),kojima se trajnost postiže pečenjem elementa oblikovanog u sirovoj glini na visokoj temperaturi.



Slika 1.1: Blok opeka

-Vapneno-silikatni(kalcijsko-silikatni) zidni elementi, proizvedeni od smjese silicijskog agregata, vapna i drugih provjerenih materijala, izrađenih pod tlakom i zaparivanjem.



Slika 1.2: Kalcijsko-silikatni blok

-Betonski zidni blokovi proizvedeni od mješavine agregata normalne težine (kamena) i cementa ili drugih provjerenih materijala u čvrsti oblik pod tlakom ili vibriranjem.



Slika 1.3: Betonski blok

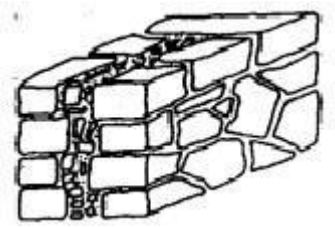
-Betonski zidni blokovi od lakog agregata proizvedeni od smjese lakog agregata (npr. ekspandirana šljaka visokih peći, ekspandirana glina) i veziva, izvedeni u kalupima, vibrirani.

-Porasti betonski zidani elementi(aerirani i autoklavirani), proizvedeni od mješavine finog silicijskog agregata, cementa, vapna i sredstava, koje proizvodi zračne mjehuriće. Ta se smjesa njeguje procesom autoklaviranja.



Slika 1.4: Porobetonski blok

-Kameni zidni elementi, napravljeni od blokova kamena klesanih na određene dimenzije ili od lomljenog kamena nepravilnih dimenzija.



Slika 1.5: Zid od lomljenog kamena

Prema kontroli proizvodnje zidani elementi se dijele na kategorije (razrede) I. i II.

Zidani elementi I. kategorije su oni za koje je proizvođač osigurao stalnu kontrolu kakvoće prema odgovarajućoj normi i koji u pošiljci imaju deklariranu tlačnu čvrstoću s 5 % fraktila.

Zidani elementi II. kategorije su oni koji imaju srednju vrijednost tlačne čvrstoće jednaku deklariranoj.

Prema postotku šupljina u volumenu zidnih elemenata, dijelimo ih na: grupu 1, grupu 2a, grupu 2b, te grupu 3. Debljina vanjskih stijenki zidnih elemenata ne bi smjela biti manja od 1,5 cm (Tablica 1.1.)

Tablica 1.1: Zahtjevi koje grupe zidnih elemenata moraju zadovoljiti

	Grupe zidnih elemenata			
	1	2a	2b	3
Obujam šupljina (% bruto obujma) (vidi napomenu 1)	≤25	>25-45 za opečne zidne elemente >25-50 za betonske zidne elemente	>45-55 za opečne zidne elemente >50-60 za betonske zidne elemente (napomena 2)	≤70
Obujam bilo koje šupljine (% bruto obujma)	≤12.5	≤12.5 za opečne zidne elemente ≤25 za betonske zidne elemente	≤12.5 za opečne zidne elemente ≤25 za betonske zidne elemente	Ograničena površina
Površina bilo koje šupljine	Ograničena obujmom	Ograničena obujmom	Ograničena obujmom	≤2800 mm^2, osim za zidbe elemente s jednom šupljinom kada je šupljina ≤ 18000mm^2
Kombinirana debljina (% ukupne širine) (vidi napomenu 3)	≥37.5	≥30	≥20	Nema zahtjeva

NAPOMENE:

Šupljine ili utori mogu biti vertikalno oblikovani kroz zidne elemente

Ako iskustvo na razini države, utemeljeno na ispitivanjima, potvrđuje da sigurnost ziđa nije neprihvatljivo smanjena kad postoji veći postotak šupljina, ograničenja od 55% za opečne i 60% za betonske zidne elemente, može se povećati za zidne elemente koji se rabe u zemlji koja ima takvo iskustvo.

Kombinirana debljina je debljina unutarnje i vanjske stijenke mjerena horizontalno na zidnom elementu pod pravim kutom na lice ziđa.

U ovoj predmetnoj konstrukciji nosivi zidovi izgrađeni su od blok opeke POROTHERM PROFI 25.

Prema tlačnoj čvrstoći koju posjeduje spada u kategoriju I, a prema postotku šupljina spada u skupinu zidnog elementa 2, što se može vidjeti u Izjavi o svojstvima. (Tablica 1.2.)

Tablica 1.2:Izjava o svojstvima za opeku POROTHERM PROFI 25

Dimenzije:						EN 771-1:2011
duljina	mm	375	± 8			
širina	mm	250	± 6			
visina	mm	249	± 1			
dopušteno odstupanje	razred	T1+				
dopušteno pdstupanje	razred	R1+				
Ravnost horizontalnih sljubnica:	mm	NPD				
Paralelnost ploha:	mm	1,0				
Obujamska masa:						
Bruto obujamska masa u suhom stanju	kg/m³	780				
Neto obujamska masa u suhom stanju	kg/m³	NPD				
razred	razred / %	D1	10			
Oblik i izgled:						
Skupina zidnog elementa	-	2			*EN 1996 -1*	
Postotak šupljina	%	<55				
Tlačna čvrstoća:						
razred	-	I				
Okomito na horizontalnu sljubnicu	N/mm²	10				
Normalizirana na horizontalnu sljubnicu	N/mm²	NPD				
Okomito na vertikalnu sljubnicu	N/mm²	2,5				
Normalizirana na vertikalnu sljubnicu	N/mm²	NPD				
Čvrstoća prijanjanja:	N/mm²	0,15/0,30				
Toplinska provodljivost $\lambda_{10,dry,unit}$:	W/m·K	0,145			*EN 1745 :zidano Dryfix.Extra*	
Paropropusnost:	-	μ = 5/10				
Trajnost proizvoda:	razred	F0				
Vodoupojnost:	%	NPD				
Početna vodoupojnost:	kg/(m²·min)	NPD				
Sadržaj aktivnih topivih soli:	razred	S0				
Širenje vlage:	mm/m	NPD				
Ponašanje pri požaru:	razred	A1				
Opasne tvari:	-	NPD			*Nema štetnih tvari*	

1.1.2 Svojstva zidanih elemenata

Osnovna svojstva zidanih elemenata su njihova tlačna čvrstoća i trajnost. Do sada je bilo uobičajeno da se zidani element naziva po svojoj tlačnoj čvrstoći. No uz tu čvrstoću treba uzeti u obzir oblik elementa, tj. njegovu visinu i širinu, jer nije svejedno kakve je veličine element niti kako je ugrađen u ziđe. Manja visina uzrokuje veći broj horizontalnih sljubnica morta. Zato prelazimo na tzv. normaliziranu tlačnu čvrstoću zidanog elementa f_b. Normalizirana tlačna čvrstoća je tlačna čvrstoća zidnog elementa prevedena na tlačnu čvrstoću na zraku sušenog zidnog elementa širine 100mm i visine 100 mm (duljina zidnog elementa nije mjerodavna). Da bi se odredila normalizirana tlačna čvrstoća, tlačna čvrstoća zidnih elemenata koji su bili sušeni na zraku pomnoži se koeficijentom δ prikazanim u *Tablici 1.3*, a ovisi o širini i visini zidnog elementa. Vrijednosti iz tablice mogu se linearno interpolirati. Srednja tlačna čvrstoća dobivena eksperimentalno (uzorci 12 sati uronjeni u vodu), pretvara se u normaliziranu tlačnu čvrstoću za suhe zidne blokove množenjem s koeficijentom; 1.10 za blokove od pečene gline, odnosno 1.20 za ostale blokove. Zatim se dobivene vrijednosti množe s faktorom oblika.

Tablica 1.3:Vrijednosti faktora oblika

Visina zidnog elementa (mm)	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	≥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
≥250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Zidani elementi trebaju imati srednju tlačnu čvrstoću na tlak okomito na naliježuću ploštinu (vertikalno) barem 2.5 N/mm^2. U horizontalnom smjeru tlačna čvrstoća mora biti barem 2.0 N/mm^2. U seizmičkim područjima tlačna čvrstoća zidanih elemenata trebala bi iznositi najmanje:

- okomito na horizontalnu sljubnicu morta $f_{b,min}$=4.0 N/mm^2
- paralelno horizontalno sljubnici morta u ravnini zida $f_{bh,min}$ = 2.0 N/mm^2

Za odabranu blok opeku u proračunu, vrijednost tlačne čvrstoće okomito na horizontalnu sljubnicu iznosi 10 N/mm2 , a okomito na vertikalnu sljubnicu iznosi 2,5 N/mm2 (Tablica 1.2).

1.1.3 Mort

Mort je vezivni materijal koji se sastoji od mješavine anorganskog veziva, agregata i vode, a može sadržavati i dodatke za povećanje čvrstoće, vodonepropusnosti...

Koristi se za povezivanje zidanih elemenata, odnosno služi za ostvarivanje čvrstoće ziđa. Vrsta morta ovisi o njegovom sastavu. Prilikom gradnje omogućava izravnavanje geometrijskih odstupanja blokova i njihovo međusobno vezanje te ravnomjernu raspodjelu tlačnih napona.

Glavni sastojci morta:

- vezivo (hidratizirano vapno, hidrauličko vapno, cement)
- agregat (pijesak ili neki drugi materijal određen prema normi)
- voda (ne smije sadržavati štetne tvari)

Kemijski dodaci mortu koji služe za njegovu modifikaciju razvrstani su prema svojem ponašanju, npr.:

-dodaci koji plastificiraju mort

-dodaci koji čine mort nepropusnim za vodu

-dodaci koji sprječavaju vezivanje tvornički izmiješanog suhog morta

Prilikom korištenja kemijskih dodataka u mortu, potrebno je osigurati primjeren nadzor pri izvedbi i uporabi morta. Osnovni uvjet je da kemijski dodaci ne pogoršaju svojstva morta ispod neprihvatljive granice, te da pri njihovom korištenju utvrdimo je li ugrožena nosivost, trajnost ili nepropusnost ziđa

U gradnji se može rabiti jedna od sljedećih vrsta mortova:

- cementni mort; mort spravljen od određenih omjera cementa i pijeska zajedno sa plastifikatorima ako je to opravdano.

- **cementno-vapneni mort**; mješavina određene količine cementa, vapna i pijeska. Za tu vrstu morta kod nas se uvriježio izraz „produženi mort“ (najčešće se upotrebljava).
- **hidraulični vapneni mort**; mješavina određene količine hidratiziranog vapna i pijeska
- **tankoslojni mort**; unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska od 1.0 mm i s kemijskim dodacima. Debljina ovog morta u horizontalnim sljubnicama je od 1 do 3 mm.
- **unaprijed pripremljeni mort**; dopremljen na gradilište u suhom stanju u vrećama ili već pripremljen za uporabu, ali s usporivačem vezanja.
- **tankoslojni mort;** unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska do 1,0 mm i s kemijskim dodacima. Debljina morta u horizontalnim sljubnicama je od 1 do 3 mm

- **lakoagregatni mort**; mort spravljen od lakog agregata čija je gustoća obično manja od 1000 kg/m^3. Agregat može biti: perlit, ekspandirana glina, plovućac i slično.

Mort se klasificira prema svojoj proračunskoj tlačnoj čvrstoći, a označava se slovom M nakon kojeg slijedi broj koji predstavlja tlačnu čvrstoću u N/mm^2. U većini propisa u svijetu odnos komponenata morta se određuje volumenski, odnosno sastavi morta dani su u volumenskim omjerima. No ističe se da su omjeri po težini (masi) svakako točniji nego volumenski odnosi i trebaj se upotrebljavati. To se postiže tako da se, poznavajući volumensku težinu koja se izmjeri na gradilištu, iz volumenskih omjera izračunaju težinski (*Tablica 1.4.*).

Tablica 1.4:Volumenski sastav morta

Vrste mortova	Minimalna tlačna čvrstoća nakon 28 dana (N/mm^2)	Približni sastav		
		cement	hidratizirano vapno	pijesak
M20	20	treba odrediti ispitivanjem		
M15	15	1	0-1/4	3
M10	10	1	$\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$	$4-4\frac{1}{4}$
M5	5	1	$\frac{1}{2}-1\frac{1}{4}$	5-6
M2,5	2.5	1	$1\frac{1}{4}-2\frac{1}{2}$	8-9
M1	1	1	nije definirano	>9

U slučaju kad je tlačna čvrstoća manja ili značajno veća nego ona dana u *Tablici 1.4.*, dopušteno je da se mijenjaju omjeri (proporcije) cementa, vapna i pijeska, kako bi se postigla zahtijevana čvrstoća. Mort promijenjenim sastavom može se upotrebljavati ako je njegova ispravnost dokazana ispitivanjem. Laboratorijska ispitivanja takvih mješavina trebaju dati čvrstoću na tlak najmanje 20% veću od one iz *Tablice 1.4*, ali i druga svojstva kao što su prionjivost i trajnost mogu biti također važne. U *Tablici 1.4.* kao najslabiji mort dopušten u nearmiranom ziđu je onaj s oznakom M1, dok je M5 najslabiji mort za armirano ili prednapeto ziđe. Tankoslojni mortovi moraju biti najmanje oni oznake M5, a isto pravilo se odnosi i na lakoagregatni mort.

Povećanje trajnosti biti će dosegnuto s čvršćim mortovima koji sadrže više cementa, ali će tada biti veća tendencija nastajanja pukotina u zidanim konstrukcijama. Povećanje sposobnosti da se prilagodi pomacima postići će se uporabom slabijih mortova koji sadrže

manje cementa i više vapna. Povećana otpornost na mraz dobiva se uporabom morta s dodatkom plastifikatora, dok se tim istim dodatkom smanjuje čvrstoća prianjanja i otpornost na penetraciju kiše.

Ako se želi rabiti mort koji sadrži kemijske dodatke, kao npr. plastifikatore, usporivače ili agregat koji nije prirodni pijesak, treba ispitivanjem provjeriti da prionjivost između takvog morta i zidanog elementa nije manja od one koja bi se postigla rabeći mort bez tih dodataka.

- U predmetnoj konstrukciji odabran je mort M10 (fm=10,0 MPa).

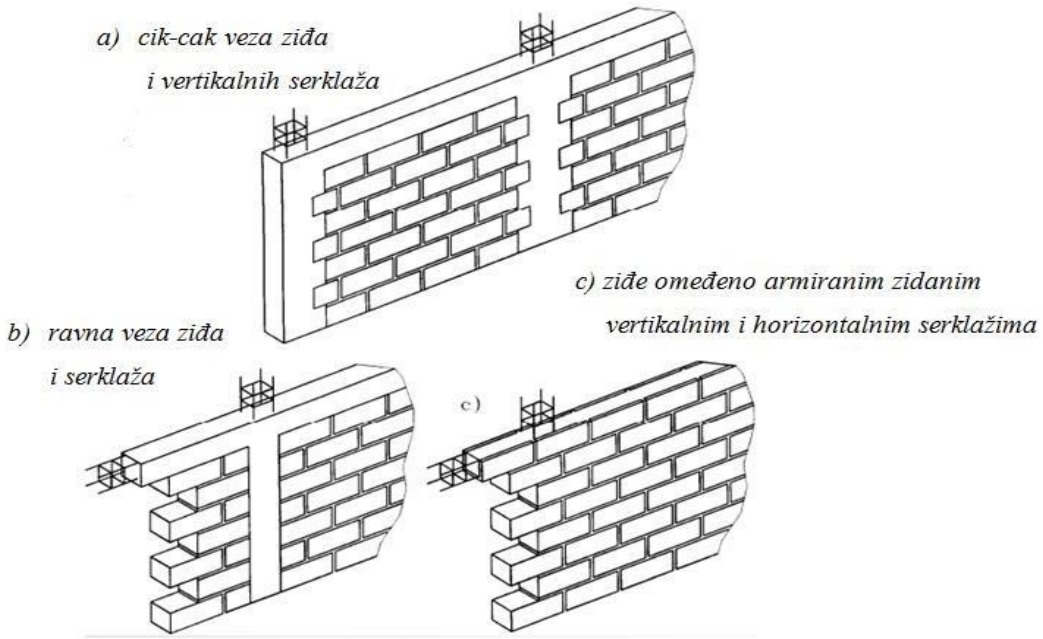
1.2. Vrste ziđa

1.2.1 Nearmirano ziđe

Nearmirano ziđe kod kojega slom nastupa posmikom ponaša se kao krhki konstrukcijski element ograničene mogućnosti apsorpcije energije. Samo jedna dijagonalna pukotina može uzrokovati ubrzani krhki slom. Zbog navedenih razloga rjeđe se koristi za složene konstrukcijske zahvate.

1.2.2 Omeđeno ziđe

Omeđeno ziđe jest ono koje se nakon zidanja omeđuje armiranobetonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima. Time se postiže: bolja (cik-cak) povezanost ziđa i betona vertikalnih serklaža, ostavlja vremena mortu u zidu da se osuši, te da se dogodi veći dio deformacija zbog sakupljanja. Na slici 1.6. prikazane su skice triju tipova omeđenog ziđa. Vertikalni i horizontalni serklaži nemaju učinak okvirne konstrukcije nego zajedno sa ziđem čine nosivu konstrukciju. Oni su najčešće iste ili manje debljine od debljine ziđa, a nekada se njihova prisutnost u ziđu ne vidi jer su skriveni u šupljine zidnih elemenata. Omeđeno ziđe preuzima vertikalna opterećenja od gornjih katova zgrade, dok serklaži znatno doprinose duktilnom ponašanju ziđa.



Slika 1.6: Primjeri omeđenog ziđa

Okviri ispunjeni ziđem sastoje se od armiranobetonskih ili čeličnih okvira koji se naknadno ispunjavaju ziđem. Ziđe im povećava krutost i nosivost na horizontalno opterećenje. Građevine izvedene od okvira sa zidanom ispunom pružaju veći otpor horizontalnim silama nego zidane građevine bez okvira ili okvirne konstrukcije bez ispune. Tako izveden konstrukcijski element, osim što ima veću krutost, ima i veće svojstvo apsorpcije (primanja) i disipacije (trošenja) energije seizmičkih sila. No, zbog veće krutosti, okvir ispunjen ziđem preuzima i veće seizmičke sile.

Za razliku od omeđenog ziđa, stupovi i grede okvira ispunjenog ziđem najčešće su debljine veće od debljine ziđa ispune. Ispunsko ziđe okvira nosi samo svoju vlastitu težinu, a vertikalna opterećenja gornjih katova preuzimaju grede i stupovi okvira.

Mogućnost korištenja ispune za ojačanje armiranobetonskih i čeličnih okvira ograničava se propisima zbog nedostatka sigurnih i pouzdanih podataka o ponašanju takvih okvira te nosivosti i krutosti, što je navelo mnoge istraživače da teoretski i eksperimentalno istraže takve konstrukcije.

Mnoga istraživanja su pokazala:

- nosivost ispunjenog okvira je dvostruko veća od one usporednog armiranobetonskog okvira bez ispune,
- krutost ispunjenog okvira je za uporabno opterećenje je 2,7 puta veća od isto takvog okvira bez ispune,
- početna krutost ispunjenog okvira je 5 puta veća od usporednog,

-usporedni armirano-betonski okvir pokazuje 3,3 puta veću kumulativnu duktilnost (suma svih duktilnosti prethodnih ciklusa) od ispunjenog okvira,

-ukupno trošenje seizmičke energije ispunjenog okvira je 1.5 puta veća od usporednog okvira

-tijekom cikličkog naizmjeničnog opterećenja ispunjenog okvira dolazi do raspadanja ispune, što potvrđuje pretpostavku da se takve konstrukcije ponašaju kao cjelina, te da zid sudjeluje u nošenju.

Nosivost ovih zidova ovisi o nizu čimbenika kao što su: dimenzije, kakvoća betona i armature okvira, kakvoća i vrsta zidnih elemenata i morta, kakvoća zidanja, povezivanje ziđa ispune i okvira itd.

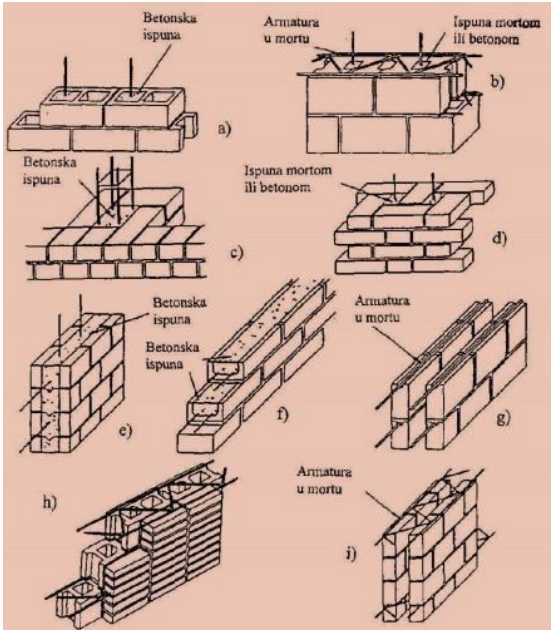
1.2.3 Armirano ziđe

Opća pravila, odnosno mehanička svojstva gradiva, te nosivost na vertikalno opterećenje na zidane konstrukcije vrijede podjednako za armirano i nearmirano ziđe.

Armaturom u ziđu povećavamo duktilnost (žilavost) što omogućuje bolje ponašanje konstrukcije pri raznim opterećenjima. U slučaju djelovanja velikih horizontalnih sila od potresa nearmirano ziđe često nije dovoljno otporno na velika posmična i vlačna naprezanja koja tada nastaju u zidovima. Armirano ziđe ima puno bolju otpornost na posmična i vlačna naprezanja od horizontalnih sila.

Zid se može armirati i horizontalnom i vertikalnom armaturom, no u nekim slučajevima bit će dovoljna samo horizontalna armatura. Armatura u zidovima mora biti dobro usidrena te se obično postavlja u mort u horizontalnim sljubnicama. Armatura se najčešće izvodi od tanjih profila čelika (žice), pojedinačnih ili spojenih u obliku horizontalne rešetke ili „ljestvi“ te u raznim oblicima mreža. Kod zidnih elemenata koji imaju veće vertikalne šupljine ili su takvi da oblikuju horizontalni žlijeb u zidu, moguće je postaviti armaturu u takve šupljine, tj. žljebove.

Kod duljih zidova treba voditi računa o povezanosti armatura u uzdužnom smjeru preklopom ili zavarivanjem. Vertikalne šupljine pogodne su za postavljanje vertikalne armature ali je potrebno voditi računa i o fizikalnim zahtjevima, odnosno prolasku topline.



Slika 1.7: Primjeri armiranog ziđa

1.3. Mehanička svojstva ziđa

1.3.1 Tlačna čvrstoća ziđa (fk)

Ziđe opterećeno u jednoosnom tlaku postiže slom uglavnom razvojem vlačnih pukotina paralelnih pravcu djelovanja opterećenja, koja su kao rezultat vlačnih naprezanja okomita na glavna tlačna naprezanja. Čvrstoća ziđa u tlaku je manja nego nominalna tlačna čvrstoća bloka, od kojeg je ziđe izvedeno. S druge strane, čvrstoća ziđa može značajno prekoračiti slomnu čvrstoću kocke morta.

Opća svojstva:

(a) sekundarno vlačno naprezanje, koje prouzrokuje pukotinski slom ziđa, posljedica je spriječenih deformacija morta u sljubnicama ziđa;

(b) prividna tlačna čvrstoća bloka u standardnim ispitivanjima na tlak nije prava mjera čvrstoće bloka u ziđu, jer je način sloma različit;

(c) mort može podnijeti povećana tlačna naprezanja u fugama zbog višeosnog stanja naprezanja.

Karakteristična tlačna čvrstoća ziđa, f_k, može biti određena ili iz granične čvrstoće ziđa visine kata ispitanog do sloma ili iz tlačne čvrstoće manjih uzoraka ziđa. Rabe se materijali, zidanje i vez onako kako se oni primjenjuju i u praksi. Zapiše se količina vlage zidnog elementa u vrijeme polaganja u sloj morta. Odredi se normalizirana tlačna čvrstoća f_b, zidnog elementa. Ako se čvrstoća zidnog elementa s vremenom mijenja, njihova tlačna čvrstoća ispitivat će se kad se ispituje i ziđe. Rabi se mort koji treba pripremiti tako da mu se sastojci vežu, a odrede se na osnovi volumnih omjera suhog materijala koji odgovaraju određenoj vrsti morta. Ako se, kako je to uobičajeno, rabi vlažan pijesak, treba uzeti u obzir količinu vlage. Rabe se najmanje 3 uzorka, visina uzorka zida treba biti barem tri puta veća od njegove širine, pet puta veća od visine zidanog elementa i veća od duljine uzorka. Zidovi se ispituju ili nakon 7 ili 28 dana starosti, ili kada je postignuta neka određena čvrstoća morta. Uzorak se postavi centrično da se uzdužna os uzorka i uzdužna os stroja za ispitivanje poklope. Opterećenje se nanosi jednoliko po cijeloj površini na vrhu i na dnu zida. Ono se neprekidno povećava tako da se slom dosegne nakon 15 do 30 minuta. S pomoću četiri elektronska uređaja, ekstenzometra, mjere se deformacije uzorka u vertikalnom smjeru. Ekstenzometri se postave po dva na svaku plohu zida, a kao relativna deformacija uzorka uzima se srednja vrijednost od sva četiri očitanja. Potrebno je izdvojiti vrijednosti izmjerene relativne deformacije, $\varepsilon_{1/3}$, pri sili jednakoj trećini maksimalne.

Karakteristična tlačna čvrstoća ziđa se određuje prema rezultatima ispitivanja u skladu s EN 1052-1, koji su provedeni za dati projekt ili su dostupni iz ranije provedenih ispitivanja. Rezultati su prikazani u tablici ili preko jednadžbe:

$$f_k = K \times f_b^{0,65} \times f_m^{0,25}$$

gdje je:

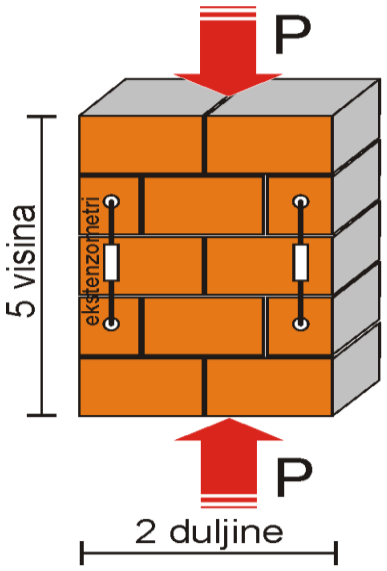
f_k karakteristična tlačna čvrstoća ziđa u N/mm^2

K konstanta

α, β konstante

f_b normalizirana srednja tlačna čvrstoća zidnog elementa u smjeru okomito na horizontalnu sljubnicu

f_m tlačna čvrstoća morta u N/mm^2



Slika 1.8: Ispitivanje tlačne čvrstoće ziđa

Tlačna čvrstoća je jedno aksijalno opterećenje probnog uzorka (kocke ili valjka) po jedinici površine, kod kojeg nastaje razorna deformacija i njegov lom. Veza između karakteristične tlačne čvrstoće ziđa, f_k, i normalizirane srednje tlačne čvrstoće zidnog elementa , f_b, i morta čvrstoće, f_m, se definira prema:

Za ziđe zidano mortom opće namjene i laganim mortom

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

Za ziđe zidano tankoslojnim mortom, debljine horizontalnih sljubnica 0,5 do 3,0 mm, glinenim zidnim elementima grupe 1 i 4, kalcijsko silikatnim, betonskim, aeriranim i autoklaviranim zidnim elementima.

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$

Za ziđe zidano tankoslojnim mortom, debljine horizontalnih sljubnica 0,5 do 3,0 mm, glinenim zidnim elementima grupe 2 i 3.

gdje je:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7}$$

fb normalizirana tlačna čvrstoća zidnog elementa (N / mm) fm nazivna tlačna čvrstoća morta (N / mm)

Uz zadovoljavanje sljedećih pretpostavki:

f_b se ne uzima veća od 75 N/mm^2 kada se zidni elementi postavljaju u mort opće namjene.

f_b se ne uzima veća od 50 N/mm^2 kada se zidni elementi postavljaju u tankoslojni mort.

f_m se ne uzima veća od 20 N/mm^2 ili od 2f_b kada se zidni elementi postavljaju u tankoslojni

f_m se ne uzima veća od 10 N/mm^2 kada se zidni elementi postavljaju u tankoslojni mort.

Debljina zida je jednaka širini ili duljini zidnog elementa tako da nema uzdužne vertikalne sljubnice morta kroz cijeli zid ili jedan dio duljine zida.

Koeficijent varijacije čvrstoće zidnih elemenata nije veći od 25%.

U slučaju kada je djelovanje paralelno smjeru pružanja horizontalnih sljubnica, karakteristična tlačna čvrstoća se može odrediti korištenjem prethodnih jednadžbi koristeći normaliziranu tlačnu čvrstoću zidnog elementa, f_b, dobivenu ispitivanjem gdje je smjer djelovanja opterećenja jednak smjeru djelovanja opterećenja na ziđu, uzimajući u obzir faktor δ, koji nije veći od 1,0. Za zidne elemente grupe 1 i 2 konstanta K treba biti pomnožena s 0,5 *(Tablica 1.5.).*

Tablica 1.5:Konstanta K za mort opće namjene, tankoslojni mort i lagani mort

Zidni element		Mort opće namjene	Tankoslojni mort (horizontalne sljubnice debljine ≥0,5 mm i ≤3,0 mm)	Lagani mort gustoće	
				$600 \leq \rho_d \leq 800$ kg/m^3	$800 \leq \rho_d \leq 1300$ kg/m^3
Glineni	Grupa 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Grupa 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Grupa 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Grupa 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Kalcijsko-silikatni	Grupa 1	0,55	0,80	†	†
	Grupa 2	0,45	0,65	†	†
Betonski	Grupa 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Grupa 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Grupa 3	0,40	0,50	†	†
	Grupa 4	0,35	†	†	†
Porasti (autoklavirani, aerirani)	Grupa 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Poizvedeni kameni	Grupa 1	0,45	0,75	†	†
Prirodni kameni	Grupa 1	0,45	†	†	†
† Kombinacija zidnog elementa i morta nije uobičajena, vrijednost nije dana					

Za predmetnu konstrukciju karakteristična tlačna čvrstoća ziđa iznosi:

$$f_k = K \cdot f^{0,7} \cdot f^{0,3} = 0,45 \cdot 11,5^{0,65}\, 10^{0,25} = 4,96 \text{ N/}mm^2$$

1.3.2 Posmična čvrstoća ziđa

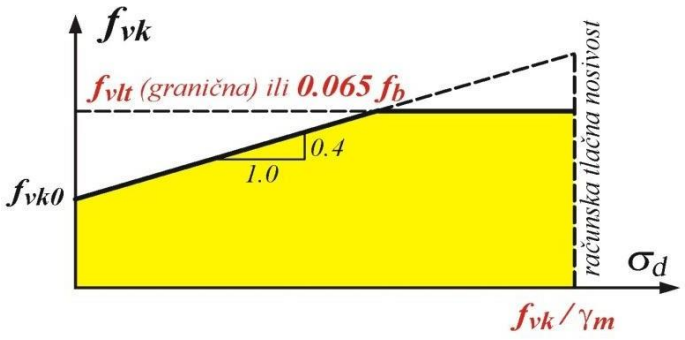
Zidane konstrukcije su često podvrgnute posmičnom djelovanju, istovremeno s tlačnim opterećenjem. Poznato je da posmična čvrstoća pada s povećanjem visine zida, dok raste s porastom debljine. Također, dokazano je da stupanj zasićenosti vodom punih glinenih blokova za vrijeme zidanja ima utjecaj na početnu posmičnu čvrstoću, čvrstoća je vrlo mala i promjenljiva ovisno o tome je li opeka zasićena vodom ili je suha. Slom zidnih panela uslijed posmika je uglavnom u dijagonalnom vlaku. Pri malom predtlačnom naprezanju, razvijaju se stepenaste pukotine uglavnom duž fuga, približno pod kutom od 45°, a mjestimično odstupaju od tog pravca. Ako se predtlačno naprezanje poveća, glavna vlačna naprezanja

prouzrokuju slom pod većim kutom u odnosu na horizontalnu ravninu, te pukotine prolaze vertikalno kroz fuge. Predloženo je da se za kriterij sloma uzme kritična vrijednosti glavnih vlačnih naprezanja. Pojava prve pukotine u ziđu je u suglasju s ovim kriterijem, ali vrijednost glavnog vlačnog naprezanja pri slomu nastupa tek pri povećanju predtlačnog naprezanja.

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog ziđa zidanog mortom opće namjene, tankoslojnim mortom debljine sljubnica 0,5 do 3,0 mm ili lakog morta se može odrediti ispitivanjem ili prema izrazu:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0{,}4\sigma_d$$

ali ne više od $0{,}065 f_b$ ili f_{vlt}



Slika 1.9: Ovisnost posmične čvrstoće i tlačnog naprezanja

gdje su:

f_{vko} karakteristična posmična čvrstoća, pri nultom tlačnom naprezanju

f_{vlt} limitirajuća vrijednost od f_{vk}

σ_d proračunsko tlačno naprezanje okomito na posmik u elementu 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.

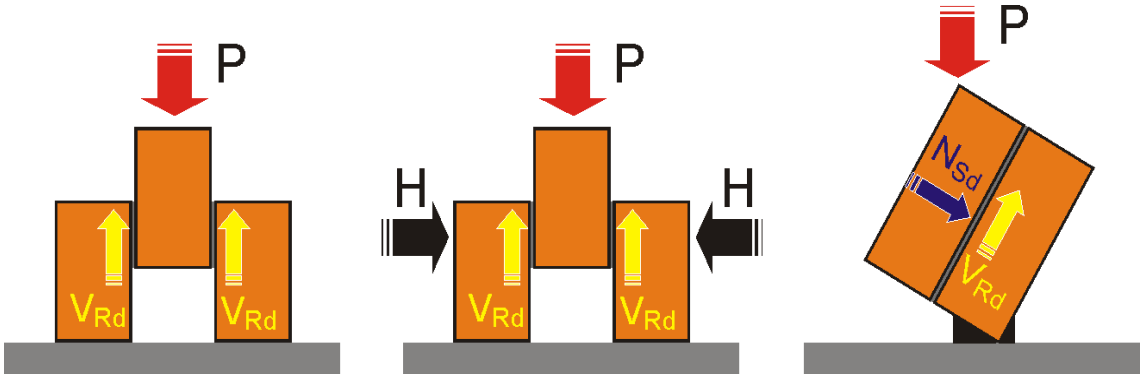
f_b normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata za smjer djelovanja opterećenja na ispitane uzorke, okomito na naliježuću površinu.

Eksperimentalno određivanje posmične čvrstoće, fvk , vrši se na uzorcima (Slika 1.10.)

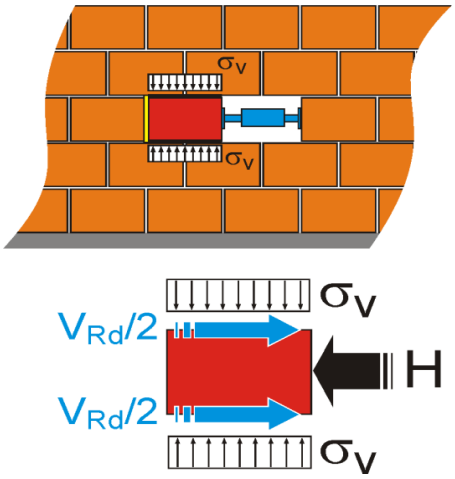
a) bez normalnog naprezanja

b) dodavanjem normalnog naprezanja

c) uvijek prisutnim tlačnim naprezanjem



Slika 1.10: ***Ispitivanje posmične čvrstoće ziđa***



Slika 1.11: ***Ispitivanje posmične čvrstoće ziđa – in situ***

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog ziđa zidanog mortom opće namjene, tankoslojnim mortom debljine sljubnica 0,5 do 3,0 mm ili lakog morta uz uvjet da vertikalne sljubnice nisu ispunjene mortom, ali su sa susjednim plohama zidnih elemenata postavljene jedna uz drugu, definirana je izrazom:

$$f_{vk} = 0{,}5\, f_{vko} + 0{,}4\sigma_d$$

ali ne više od $0{,}045 f_b$ ili f_{vlt}

Početna posmična čvrstoća ziđa, f_{vko}, može biti određena ispitivanjem ili na osnovu vrijednosti danih u *Tablici 1.6.*

Tablica 1.6:Vrijednosti početne posmične čvrstoće f_{vko}

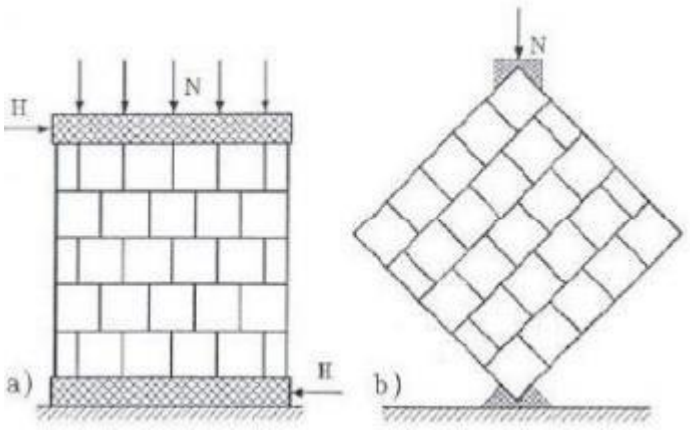
Zidni element	f_{vko} (N/mm^2)			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort (debljine horizontalnih sljubnica ≥0,5 mm i ≤3,0 mm)	Lagani mort
Glina	M10 – M20	0,30	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,20		
	M1 – M2	0,10		
Kalcijsko-silikatni	M10 – M20	0,20	0,40	0,15
	M2,5 – M9	0,15		
	M1 – M2	0,10		
Betonski	M10– M20	0,20	0,30	0,15
Porasti (autoklavirani aerirani)	M2,5 – M9	0,15		
Kameni	M1 – M2	0,10		

1.3.3 Vlačna čvrstoća ziđa

Referentna vlačna čvrstoća 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.

Referentnu vlačnu čvrstoću može se odrediti ispitivanjem zida opterećenog nepromjenljivim vertikalnim opterećenjem, silom N, i postupno rastućom horizontalnom silom H do dijagonalnog sloma (*Slika 1.12.*.) ili pomoću propisanih tablica.

Vlačna čvrstoća ziđa zidanog sa standardnim mortom (cement/vapno/pijesak) je relativno mala i promjenljiva. 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.

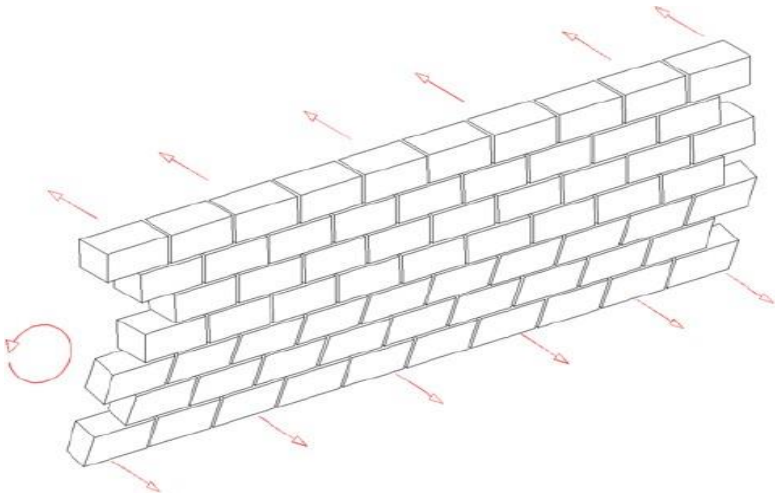


Slika 1.12: Ispitivanje vlačne čvrstoće ziđa

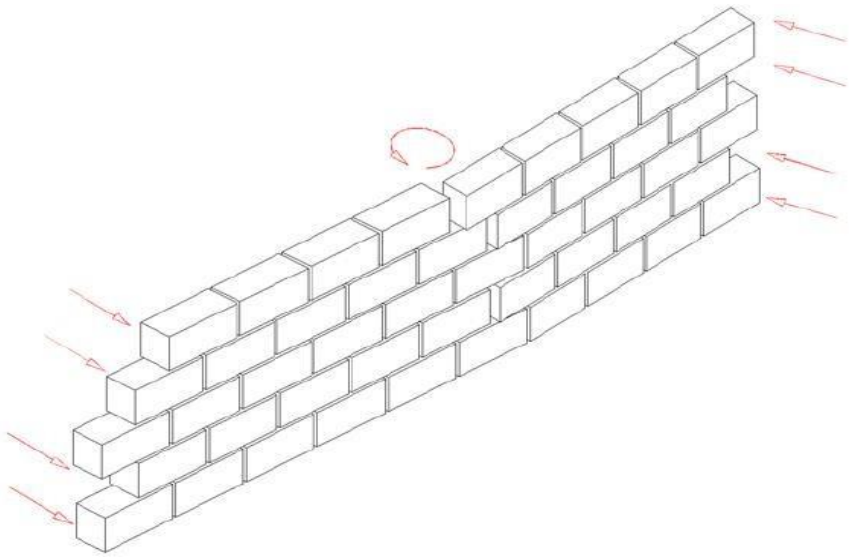
1.3.4 Savojna čvrstoća ziđa

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog ziđa f_{xk} je ona čvrstoća ispod koje ne pada više od 5% rezultata.

U pogledu savijanja izvan ravnine ziđa promatraju se sljedeće situacije: čvrstoća na savijanje u slučaju kada je ravnina otkazivanja paralelna horizontalnim sljubnicama f_{xk1}*(Slika 1.13)* te čvrstoća na savijanje u slučaju kada je ravnina otkazivanja paralelna vertikalnim sljubnicama f_{xk2}*(Slika 1.14.).*



Slika 1.13: Ravnina otkazivanja paralelna horizontalnim sljubnicama, f_{xk1}



Slika 1.14: Ravnina otkazivanja okomita na horizontalne sljubnice, f_{xk2}

Karakteristične vrijednosti čvrstoća na savijanje f_{xk1} i f_{xk2} se određuju ispitivanjem. U slučaju kada ispitni podaci za ziđe izrađenih s mortom opće namjene, tankoslojnim i laganim mortom nisu dostupni, čvrstoća na savijanje se može uzeti iz *Tablica 1.7. i 1.8*, uz uvjet da su tankoslojni mort i lagani mort M5 ili više.

Tablica 1.7:Vrijednosti f_{xk1}, slomna ravnina paralelna horizontalnim sljubnicama

Zidni element	f_{xk1} (N/mm^2)			
	Mort opće namjene		koslojni mort	Lagani mort
	f_m< 5 N/mm^2	f_m≥ 5 N/mm^2		
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 1.8:Vrijednosti f_{xk2}, slomna ravnina okomita na horizontalne sljubnice

Zidni element		f_{xk2} (N/mm^2)			
		Mort opće namjene		koslojni mort	Lagani mort
		f_m< 5 N/mm^2	f_m≥ 5 N/mm^2		
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	ρ<400 kg/m^3	0,20	0,40	0,20	0,15
	ρ≥400 kg/m^3	0,20	0,40	0,30	0,15
Industrijski kamen		0,20	0,40	Ne koristi se	Ne koristi se
Obrađeni prirodni kamen		0,20	0,40	0,15	Ne koristi se

1.3.5 Deformacijska svojstva zida

Modul elastičnosti E

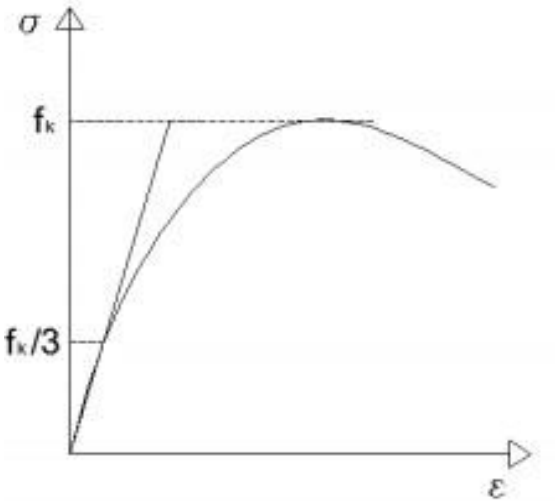
Modul elastičnosti u slučajevima kada se ne proučavaju dugotrajni efekti se određuje ispitivanjem. U nedostatku eksperimentalnih ispitivanja, sekantni modul elastičnosti pod opterećenjem (do 1/3 slomnog opterećenja, *Slika 1.15.*) za sve vrste zida uzima se kao:

$$E = K_E \cdot f_k$$

gdje je:

- K_E koeficijent čija je preporučena vrijednost 1000, osim ako nije posebno definirano u nacionalnom dodatku
- f_k karakteristična tlačna čvrstoća zida Modul elastičnosti za predmetnu konstrukciju iznosi:

$$E = K_E \cdot f_k = 1000 \cdot 4{,}94 = 4960 MPa$$



Slika 1.15: Dijagram naprezanja-relativna deformacija

Modul posmika G

Modul posmika G uzima se kao 40 % vrijednosti modula elastičnosti E; G = 0,4 E

Pri proračunu na djelovanje potresa uzima se kao; G = 0,167 E

Modul posmika za predmetnu konstrukciju iznosi:

$G = 0,4 \cdot E = 0,4 \cdot 4960 = 1984$ MPa

Za potresno djelovanje modul posmika iznosi:

$G = 0,167 \cdot E = 0,167 \cdot 4960 = 828,23$ Mpa

2. Tehnički opis

2.1. Općenito

Predmet ovog Diplomskog rada je proračun stambene zgrade s konstruktivnim sustavom zidanih zidova. Predmetna građevina je stambena zgrada na četiri etaže, tlocrtno je približno pravokutna. Tlocrtne dimenzije navedene konstrukcije su L_X= 25,95 m, L_y=14,25. Ukupna bruto površina kata građevine iznosi 369,8 m^2.

Visina etaža je 3,20 m, dok je debljina ploče 0,17 m, što čini 12,8 m ukupne visine objekta mjereno od podne ploče prizemlja.

Nosivu konstrukciju čine vertikalni konstrukcijski elementi izrađeni od ziđa i armiranog betona u samoj jezgri konstrukcije, te horizontalni konstrukcijski elementi odnosno armirano- betonske međukatne ploče debljine 0,17m. Pokrov konstrukcije čini neprohodni ravni krov izveden od AB ploče također debljine 0,17m. Konstrukcija je ojačana vertikalnim i horizontalnim serklažima. Iznad vanjskih vrata i prozora postavljeni su nadvoji. Svi armirano betonski elementi, dakle vertikalni i horizontalni serklaži, nadvoji, ploče i jezgra, su izvedeni od betona klase C 25/30, armiranog čelikom za armiranje B500B.

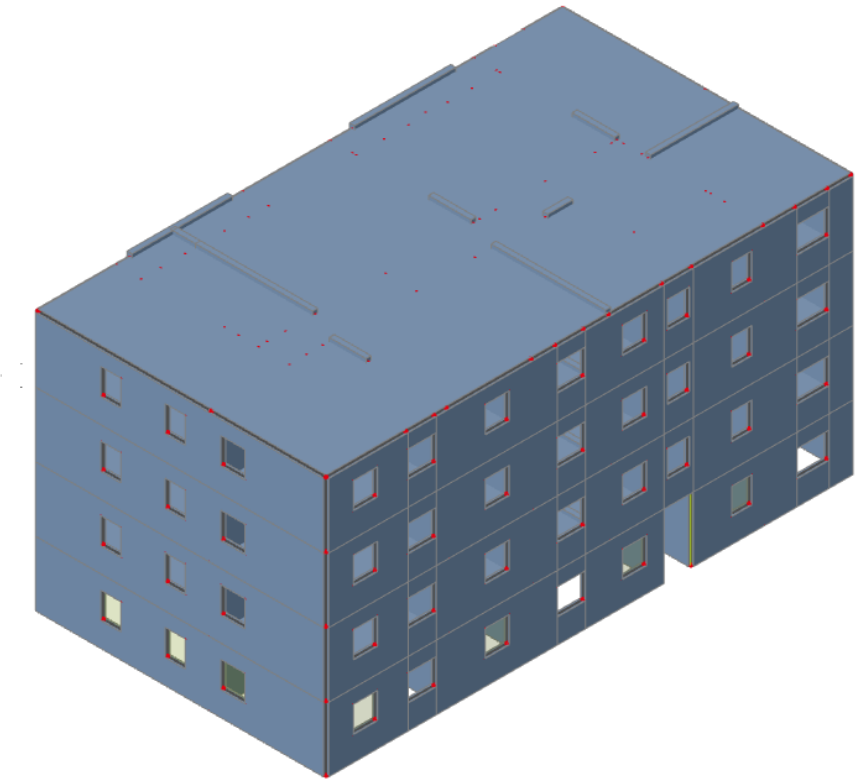
Konstrukcija temelja je armirano-betonska, a sastoji se od: temeljnih traka, nadtemeljnih zidova i podne ploče Svi elementi temelja izrađeni su od betona klase C30/37 i armirani čelikom za armiranje B500B.

Gravitacijska djelovanja se preko međukatnih ploča prenose na zidove te horizontalne i vertikalne serklaže – do temelja. Horizontalna djelovanja se dominantno preuzimaju po zidovima.

2.2. Proračunski modeli

Proračunski model je napravljen u računalnom programu Scia Engineer.Scia Engineer je integrirana platforma sa velikim izborom građevinskih materijala za strukturne analize i dizajna svih vrsta projekata. Cilj ove analize je bio provjeriti zadovoljava li model uvjete KGS i GSU.ho

U nastavku je dan opis modela i korištenih materijala u modelu.



Slika 2.1: Model zgrade izrađen u računalnom programu Scia Engineer

2.3. Konstruktivne pojedinosti

2.3.1 Temelji

Temeljenje je izvršeno na stjenovitom tlu tipa B. Temelji su trakasti, dimenzija 0,50 x 0,50 m te 0.80 x 0.50 m zbog uvjeta da kontaktna naprezanja ne premaše nosivost tla. Nadtemeljni zid je dimenzija 0,30 x 0,70 m. Podna ploča je debljine 15 cm. Svi elementi temelja izrađeni su od betona klase C30/37 i armirani čelikom za armiranje B500B.

2.3.2 Zidovi

Nosivi zidovi izgrađeni su od blok opeke POROTHERM PROFI 25. To je brušena opeka koja je prirodni i ekološki prihvatljiv proizvod s odličnim toplinskim, seizmičkim i zvučnim svojstvima. Izrađena je od prirodnih materijala gline, pijeska i piljevine, a nakon eksploatacije može se u potpunosti reciklirati. Odlikuje se s mnoštvom karakteristika poput 50% bržom izgradnjom, 90% manjim utroškom morta u odnosu na klasičnu opeku, odličnim mehaničkim karakteristikama dobivenim ispitivanjima, brzim i ekonomičnim zidanjem, minimalnom upotrebom alata, uređaja i manjim utroškom žbuke.

Za zidanje rabljen je produžni mort marke M10 (fm=10,0 N/mm2), kojemu odgovara sljedeći volumni sastav: cement : hidratizirano vapno : pijesak = 1 : (¼ - ½) : (4 - 4¼)

Obvezno je popunjavanje mortom horizontalnih i uspravnih sljubnica između zidnih blokova. Karakteristike bloka opeke prikazane su u tablici 2.1.,a fizikalna svojstva su prikazana u tablici 2.2.

Tablica 2.1:Karakteristike blok opeke nosivih zidova

Dimenzije		**37,5x25x24,9**	cm
Debljina zida	d	**25**	cm
NF		**12,00**	NF/kom
Masa	m	**18,5**	kg
Potrošnja opeke		**10,5**	kom/m²
Potrošnja opeke		**42,7**	kom/m³
Utrošak tankoslojnog morta		**2,5 // 10,0**	l/m² // l/m³
Utrošak DRYFIX.extra		**150 // 610**	ml/m² // ml/m³

Tablica 2.2:Fizikalna svojstva opeke

Toplinska provodljivost, 10 dry unit	λ	**0,145**	W/mK
Bruto volumen	ρ	**700**	kg/m³
Specifični toplinski kapacitet	c	**920**	J/kgK
Faktor otpora difuziji vodene pare	μ	**5/10**	
Računska dozvoljena vlažnost	x_r	**2,6**	%
Maks. dozvoljena vlažnost	x_{max}	**5,4**	%
Računska debljina sloja kondenzirane vodne pare		**0,05**	m
Razred raspona / Razred dopuštenih odstupanja		**T1+/R1+**	
Reakcija pri požaru		**A1**	
Otpornost na zamrzavanje		**F0**	
Sadržaj aktivnih topljivih soli		**S0**	

Pregradni zidovi i zidovi ispune povezani su u smjeru okomitom na vlastitu ravninu s nosivim zidovima odnosno nosivim dijelovima konstrukcije, te stropnim dijelovima konstrukcije u skladu s proračunom zidane konstrukcije. Zidovi ukupno opterećenje prenose preko temelja u tlo.

2.3.3 Međukatna konstrukcija

Međukatna konstrukcija iznad etaža izvedena je kao a-b ploče debljine 17 cm, od betona C25/30 i armirana s B-500B. Horizontalni serklaži (b/h=25/25 cm) izvedeni su zajedno s pločom, od betona C25/30 i armirani čelikom za armiranje B500B.

2.3.4 Ostale konstrukcije

Pokrov konstrukcije čini ravni krov izveden od armirano-betonske ploče također debljine 17cm.

Vertikalni AB serklaži postavljeni su prema pravilima za zidane zgrade, uglavnom s dimenzijama 25x25 cm, a gdje je bilo potrebno izvedeni su serklaži većih dimenzija. Horizontalni AB serklaži su dimenzija 25x25 cm.

Horizontalni serklaži postavljani su ispod međukatne konstrukcije (armirano-betonske ploče, dimenzija 25x25 cm. Iznad vrata i prozora postavljeni su nadvoji dimenzija 25x25 cm. Svi armirano betonski elementi, dakle vertikalni i horizontalni serklaži, nadvoji, ploče i jezgra, su izvedeni od betona klase C 25/30 i armirani čelikom za armiranje B500B.

3. Materijali

3.1. Zidni elementi

3.1.1 Blok opeka POROTHERM 25 PROFI

Materijalne karakteristike korištenog zidnog elemenata dane su u Tablici 2.1. i Tablici 2.2.

Opeka je prvi i najstariji umjetno proizvedeni građevinski materijal (umjetni kamen). Danas se masovno koristi u stanogradnji, ali i za izvedbu nekih većih građevina iz estetskih razloga.

Sirovina za proizvodnju opeke je zemljani materijal, danas prvenstveno glina. Glina ne smije biti premasna niti previše pjeskovita, mora biti bez soli i ostalih štetnih primjesa. Glinena masa se u ciglani istiskuje kroz kalupe i automatski se reže u komade predviđene duljine ili visine. Komadi se suše i pritom im se oduzima 10-20% vlage. Nakon toga se obavlja pečenje u kružnim ili tunelskim pećima na temperaturi od 900-1000 °C oko 24 h. Cijeli proces pečenja s pregrijavanjem i hlađenjem traje oko 1 dan

Tehničke karakteristike materijala prikazane su u Tablici 3.1.

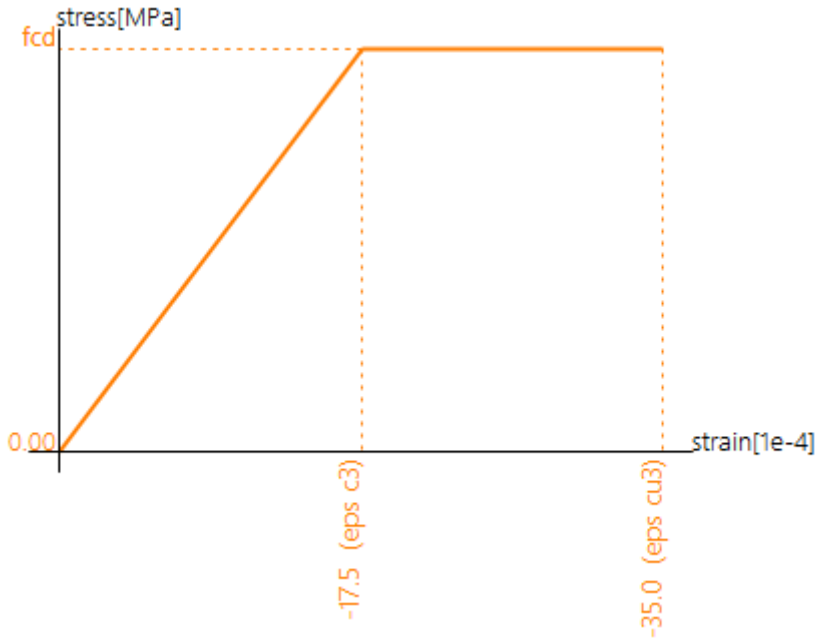
Tablica 3.1: Tehničke karakteristike materijala

Naziv zidnog elementa			POROTHERM 25 PROFI
Fotografija			
Dimenzije [cm]			37,5×25×24,9
Masa cca. [kg/kom]			18,5
Tlačna čvrstoća [N/mm^2]			10
Potrošnja	[kom/m^2]		10,5
	[kom/m^3]		42,7

3.1.2 Beton

Temelji I nadtemeljni zidovi izrađeni su od betona klase C30/37, dok su svi ostali elementi (horizontalni, vertikalni serklaži, nadvoji, međukatne ploče) izrađeni od betona klase C25/30.

Radni dijagram betona klase C25/30 prikazan je na slici 3.1. (Slika 3.1.):



Slika 3.1: Radni dijagram betona

Karakteristike betona klase C25/30;

- Karakteristična tlačna čvrstoća f_{ck} = 25,0 Mpa
- Posmična čvrstoća τ_{Rd} = 0,30 Mpa
- Srednja vlačna čvrstoća $f_{ct,m}$ = 2,6 Mpa
- Modul elastičnosti E = 30500 Mpa
- Modul posmika G = 12200 Mpa

Karakteristike betona klase C30/37;

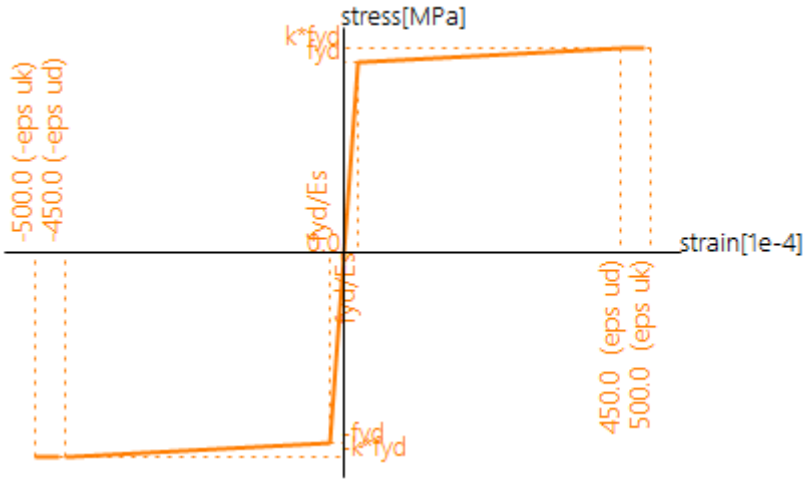
- Karakteristična tlačna čvrstoća f_{ck} = 30,0 MPa
- Srednja vlačna čvrstoća $f_{ct,m}$ = 2,9 Mpa
- Modul elastičnosti E = 33000 Mpa

3.1.3 Armatura

Svi AB elementi armirani su čelikom B500B. Radni dijagram čelika prikazan je na slici 3.2. (Slika 3.2.):

Parametri čelika za armiranje su:

- Karakteristična vlačna čvrstoća f_{yk} = 500 Mpa
- Modul elastičnosti E = 210000 Mpa



Slika 3.2: Radni dijagram čelika

4. Analiza opterećenja

Djelovanja se klasificiraju prema promjenljivosti tijekom vremena :

- stalna djelovanja G (vlastita težina, nepokretna oprema (dodatno stalno), pritisak tla, pritisak vode, prednapinjanje, slijeganje oslonaca, deformacije uslijed načina izgradnje konstrukcije)
- promjenljiva djelovanja Q (uporabno opterećenje, opterećenje snijegom i opterećenje vjetrom, djelovanje temperature, opterećenje ledom, promjena razine površine vode, opterećenje valovima)
- izvanredna djelovanja A (eksplozije, udar vozila, potres, požar, slijeganje i klizanje terena).

Stalna opterećenja su ona za koje se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja, ili imati promjenu intenziteta ali su te promjene zanemarive u odnosu na srednju vrijednost.

Promjenjiva opterećenja su ona za koje je vjerojatno da će djelovati tijekom zadane proračunske situacije te da će imati promjenu intenziteta tijekom vremena.

Izvanredna opterećenja su općenito kratkog vremena trajanja, a vjerojatnost njihovog nastupanja u planiranom vijeku trajanja je mala.

4.1. Djelovanja na konstrukciju

Djelovanja se klasificiraju:

- stalna djelovanja G (vlastita težina, nepokretna oprema (dodatno stalno), pritisak tla, pritisak vode, prednapinjanje, slijeganje oslonaca, deformacije uslijed načina izgradnje konstrukcije)
- promjenljiva djelovanja Q (uporabno opterećenje, opterećenje snijegom i opterećenje vjetrom, djelovanje temperature, opterećenje ledom, promjena razine površine vode, opterećenje valovima)
- izvanredna djelovanja A (eksplozije, udar vozila, potres, požar, slijeganje i klizanje terena).

Stalna opterećenja su ona za koje se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja, ili imati promjenu intenziteta ali su te promjene zanemarive u odnosu na srednju vrijednost.

Promjenjiva opterećenja su ona za koje je vjerojatno da će djelovati tijekom zadane proračunske situacije te da će imati promjenu intenziteta tijekom vremena.

Izvanredna opterećenja su općenito kratkog vremena trajanja, a vjerojatnost njihovog nastupanja u planiranom vijeku trajanja je mala.

4.1.1 Stalno djelovanje

- **Vlastita težina**

U računalnom modelu vlastita težina nosive konstrukcije, ploča, stupova, greda i nosivih zidova zadana je automatski.

- **Dodatno stalno opterećenje**

a) Krovna ploča

završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka:	0,5kN/m^2
a-c estrih, d=4 cm:	1,0 kN/m^2
	ukupno: 1,5 kN/m^2

b) Međukatne ploče

pregradni zidovi:	0,5kN/m^2
završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka:	0,5 kN/m^2
a-c estrih, d=5 cm, γ=25 kN/m^3 :	1,25 kN/ m^2
	ukupno:2,25 kN/m^2

4.1.2 Promjenjivo opterećenje

Uporabna opterećenja se uglavnom svrstavaju u promjenljiva i slobodna. Uporabno opterećenje u zgradama je ono koje proizlazi iz samog korištenja i uglavnom je modelirano jednoliko raspoređenim opterećenjem. Karakteristične vrijednosti ove vrste opterećenja dane su u ovisnosti o namjeni. U nekim slučajevima važna su i koncentrirana uporabna opterećenja i to sama ili u kombinaciji s kontinuiranim opterećenjem. Prostorije u zgradama ovisno o namjeni svrstane su u pet osnovnih razreda i neke podrazrede s odgovarajućim karakterističnim opterećenjem.

Tablica 4.1 Razredi prostorija

A	Stambene prostorije, odjeljenja u bolnicama, hotelske sobe
B	Uredi
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi (5 podrazreda prema vjerojatnoj gustoći okupljanja i gužve)
D	Prodajne površine
E	Površine za skladištenje

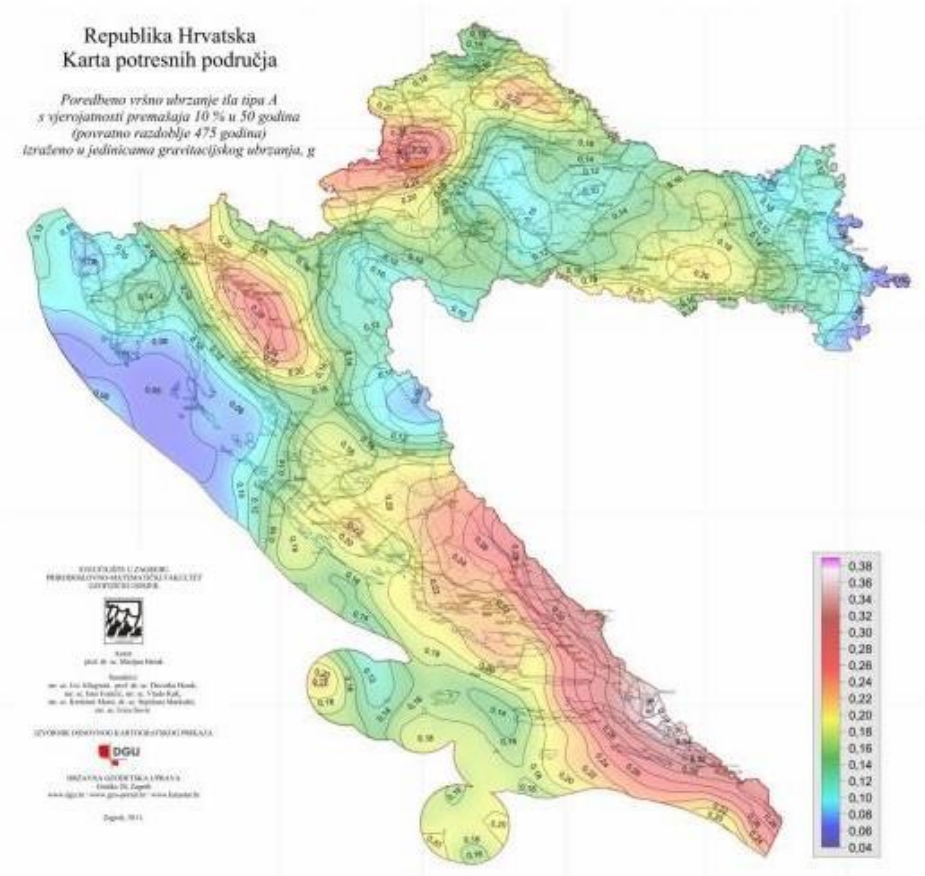
Tablica 4.2 Uporabna opterećenja u zgradama

Opterećenje	qk [kN/m2]	Qk [kN]
A - općenito	2,0	2,0
- stubišta	3,0	2,0
- balkoni	4,0	2,0
B	3,0	2,0
C - C1	3,0	4,0
- C2	4,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	4,0
D - D1	5,0	4,0
- D2	5,0	7,0
E	6,0	7,0

4.1.3 Opterećenje potresom

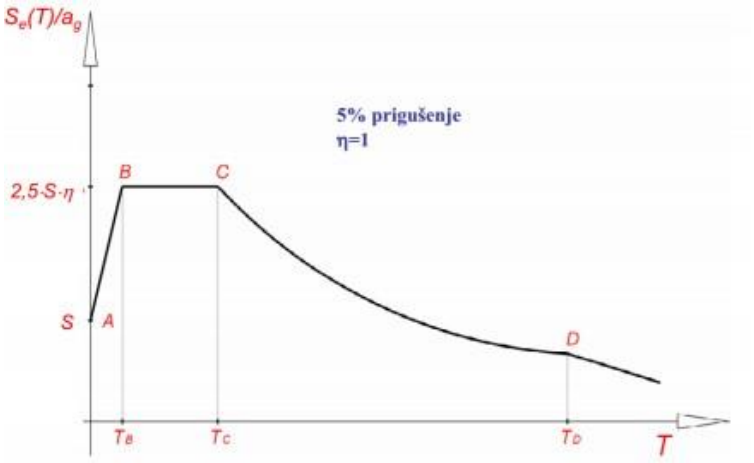
Potresno djelovanje određujemo iz računskog ubrzanja tla koje ag, koje odgovara povratnom periodu potresa od 475 godina.

Za područje Splita poredbeno vršno ubrzanje iznosi ag = 0,22 g.



Slika 4.1: Seizmička karta Hrvatske

Horizontalno gibanje tla na površini Zemlje uzrokovano potresom modelira se s elastičnim spektrom odgovora ubrzanja podloge. Računsko ubrzanje tla ag ovisi o stupnju seizmičkog rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za seizmička područja državnog teritorija. Seizmičko djelovanje obično se predstavlja sa tri komponente (gibanje točke opisuje s dvije horizontalne i jednom vertikalnom komponentom). Za određivanje jedne komponente seizmičkog djelovanja obično se koristi spektar seizmičkog Ubrzanja tla u jednom translacijskom smjeru. Elastični spektar odgovora (ubrzanja) definira se analitički i kvalitativno prema crtežu 4.2.



Slika 4.2: Elastični spektar odgovora za horizontalno seizmičko djelovanje

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

- Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom. vs od360 do 800 m/s

Za odgovarajući spektar ubrzanja uzimamo iduće parametre:

Tablica 4.3:Potresni parametri koji opisuju elastični spektar titranja za pojedine razrede tla

Kategorija tla	S	β_0	k_1	k_2	T_B	T_C	T_D
B	1.2	2.5	1.0	2.0	0.15	0.5	2.0

Faktor ponašanja predstavlja duktilnost konstrukcije (tablica 4.4.)

Tablica 4.4:Tipovi gradnje i faktor ponašanja

Tipovi gradnje	Faktor ponašanja *q*	
	EN 1998-1	NA[1)]
Nearmirano zide – samo EN 1996 (preporuka: mala seizmičnost)	1,5	
Nearmirano zide – EN 1996 i EN 1998-1	1,5 – 2,5	2,0
Omeđeno zide	2,0 – 3,0	2,5
Armirano zide	2,5 - 3,0	2,5

Faktor ponašanja odražava duktilnost konstrukcije, odnosno njenu sposobnost da prihvaća reducirane seizmičke sile bez krtih lomova u postelastičnom području deformacija

→Djelovanje vjetra i snijega na konstrukciju je zanemarivo malo, u odnosu na potresno djelovanje, zbog čega se ne uzima u proračun.

4.2. Kombinacije opterećenja

Koeficijenti sigurnosti i kombinacije opterećenja

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijale:

Beton γ_c=1,5

Čelik za armiranje, γ_s=1,15 Za ziđe je usvojeno γ_M=2,5

Tablica 4.5:Kombinacije korištene za proračun

Kombinacija	Faktoriranje
GSU	1,0 G + 0,5 Q
GSN	1,35 G + 1,50 Q
GSU 2	1,0 G + 0,3 Q

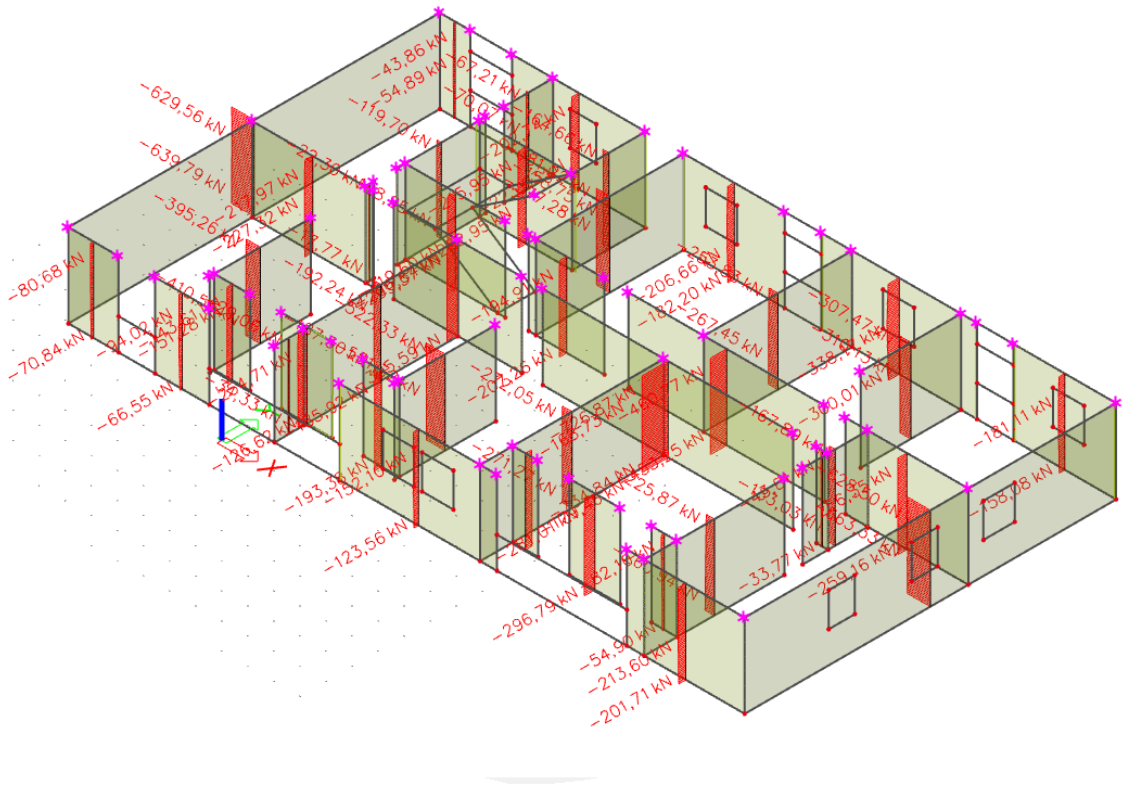
5. Proračun potrebne armature za AB serklaže

Kombinacija za izračuna unutarnjih sila u zidovima računalnim programom SCIA Engineer 18.1:

$$GSN : 1.35 \cdot (G + \Delta G) + 1.5 \cdot Q$$
$$GSU2 : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q$$

5.1. Proračun zidova na vertikalna opterećenja

5.1.1 Prikaz rezultata



Slika 5.1: Dijagram uzdužnih sila N [kN] za opterećenje GSN

5.1.2 Podaci za proračun zidova

Za vanjske nosive zidove:

- srednja tlačna čvrstoća bloka: $f_{ck,sred}$=10.0 MPa
- normalizirana tlačna čvrstoća bloka: f_b=10.0*1.15= 11.5 MPa
- grupa zidnih blokova: 2b (K=0.45)
- mort: M10 (f_m=10.0 MPa)
  - tlačna čvrstoća ziđa: $f_k=K * f_b^{0.65} * f_m^{0.25} = 0.45*11.5^{\wedge 0.65} * 10^{\wedge 0.25} = 4.96$ Mpa

Parcijalni koeficijent sigurnosti za materijale: ziđe: γ_M=2.2

beton: γc=1.5 čelik: γs=1.

Debljina nosivih zidova: t=25 cm

računska uzdužna sila: $N_{Sd} = N_g*1.35+N_q*1.5$

računska nosivost na uzdužnu silu: $N_{Rd} = F_{i,m} * A * f_k / \gamma_M$

U proračunu zidova na vertikalna djelovanja dokazuje se da je $N_{Sd} < N_{Rd}$

Proračun se provodi tablično kako je prikazano na slijedećoj stranici gdje je: L = računska duljina zida [m];

t = debljina zida [m];

L' i b' = utjecajna duljina i širina međukatne ploče koja se oslanja na zid [m]; n = broj etaža (broj međukatnih ploča);

Ned=računsko vertikalno djelovanje:

Nrd= računska nosivost;

o = duljina otvora [m];

A_z = računska površina zida: Az=(L-o)·t [m].

Tablica 5.1: Dokaz mehaničke otpornosti zidova na vertikalno djelovanje, smjer x (EN 1996-3)

Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)						
h=	3,20	m	= katna visina	g_M=	2,00	= parcijalni faktor sigurnosti za zide
f_k=	4,96	MPa	= tlačna čvrstoća zida	g_c=	1,50	= parcijalni faktor sigurnosti za beton
$f_{c,k}$=	25,0	MPa	=karakteristična tlačna čvrstoća betona	n=	4	= broj etaža

					N_{Ed} =1.3N_g+1.5N_q		N_{Rd} = F f_d A	
	dimenzije zida i otvora							
zid / stup	debljina zida [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. zida/stupa Ai [m2]	računsko vert.djel. N_{Ed} [kN]	koef. vitkosti F	računska nosivost N_{Rd} [kN]	N_{Sd}/N_{Rd} [%]
X smjer								
Z 1/A-B	0,25	1,05	0,00	0,26	54,9	0,70	456	12
Z 1/C-E	0,25	3,00	1,00	0,50	223,9	0,70	868	26
Z 1/F-H	0,25	3,80	1,20	0,65	206,7	0,70	1128	18
Z 1/I-K	0,25	5,90	1,20	1,18	338,2	0,70	2040	17
Z 1/L-M	0,25	3,90	1,20	0,68	181,1	0,70	1172	15
Z 2/D-E	0,25	3,55	0,00	0,89	223,0	0,70	1541	14
Z 3/D-E	0,25	3,55	0,00	0,89	226,8	0,70	1541	15
Z 3/F-G	0,25	2,80	0,00	0,70	207,3	0,70	1215	17
Z 3/H-K	0,25	7,40	0,00	1,85	460,8	0,70	3212	14
Z 3/L-M	0,25	4,70	0,00	1,18	259,2	0,70	2040	13
Z 4/A-D	0,25	4,40	0,00	1,10	227,3	0,70	1910	12
Z 4/D-G	0,25	4,70	0,00	1,18	305,6	0,70	2040	15
Z 4/G-L	0,25	9,50	0,00	2,38	734,8	0,70	4123	18
Z 5/D-N	0,25	1,25	0,00	0,31	151,3	0,70	543	28
Z 5/O-P	0,25	1,70	0,00	0,43	254,7	0,70	738	35
Z 5/R-G	0,25	1,25	0,00	0,31	193,4	0,70	543	36
Z 5/J-S	0,25	0,85	0,00	0,21	179,5	0,70	369	49
Z 5/T-U	0,25	1,82	0,00	0,46	296,8	0,70	790	38
Z 5/V-L	0,25	0,95	0,00	0,24	82,1	0,70	412	20
Z 6/A-B	0,25	1,80	0,00	0,45	80,7	0,70	781	10
Z 6/C-N	0,25	1,95	0,00	0,49	94,0	0,70	846	11
Z 6/G-J	0,25	6,00	2,40	0,90	152,1	0,70	1562	10
Z 6/L-M	0,25	4,50	0,00	1,13	213,6	0,70	1953	11

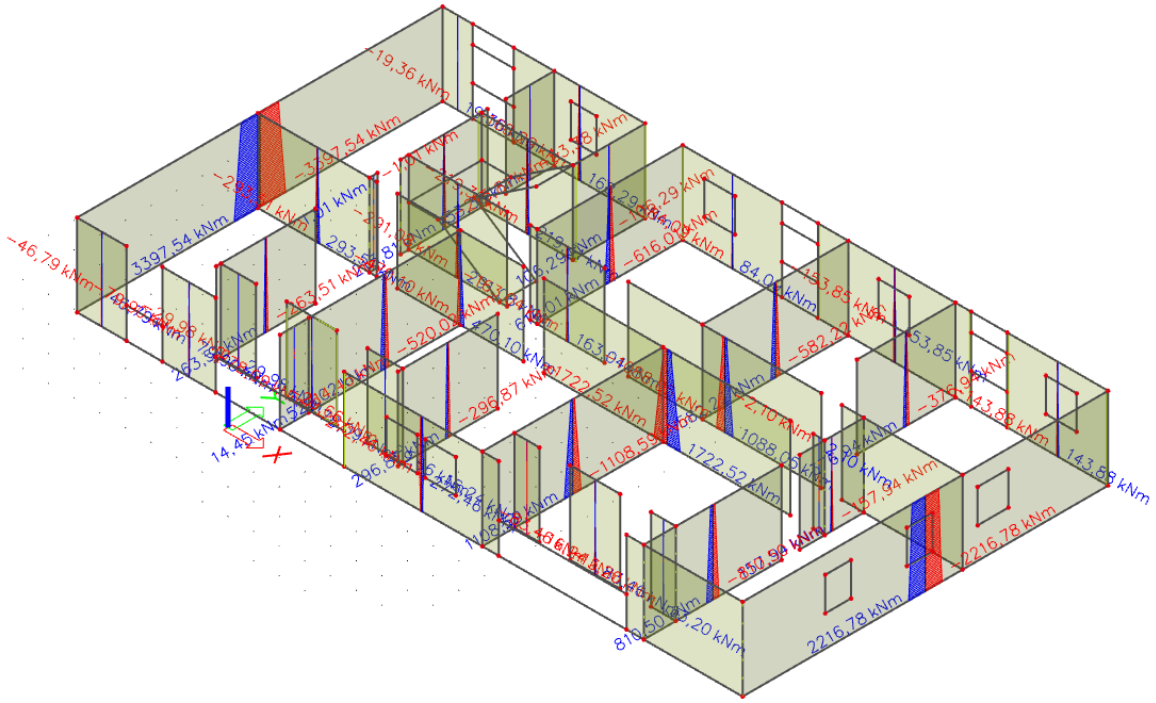
Tablica 5.2: Dokaz mehaničke otpornosti zidova na vertikalno djelovanje, smjer y (EN 1996-3)

Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)						
h=	3,20	m	= katna visina	**g_M=**	2,00	= parcijalni faktor sigurnosti za zide
f_k=	4,96	MPa	= tlačna čvrstoća zida	**g_c=**	1,50	= parcijalni faktor sigurnosti za beton
$f_{c,k}$=	25,0	MPa	=karakteristična tlačna čvrstoća betona	**n=**	4	= broj etaža

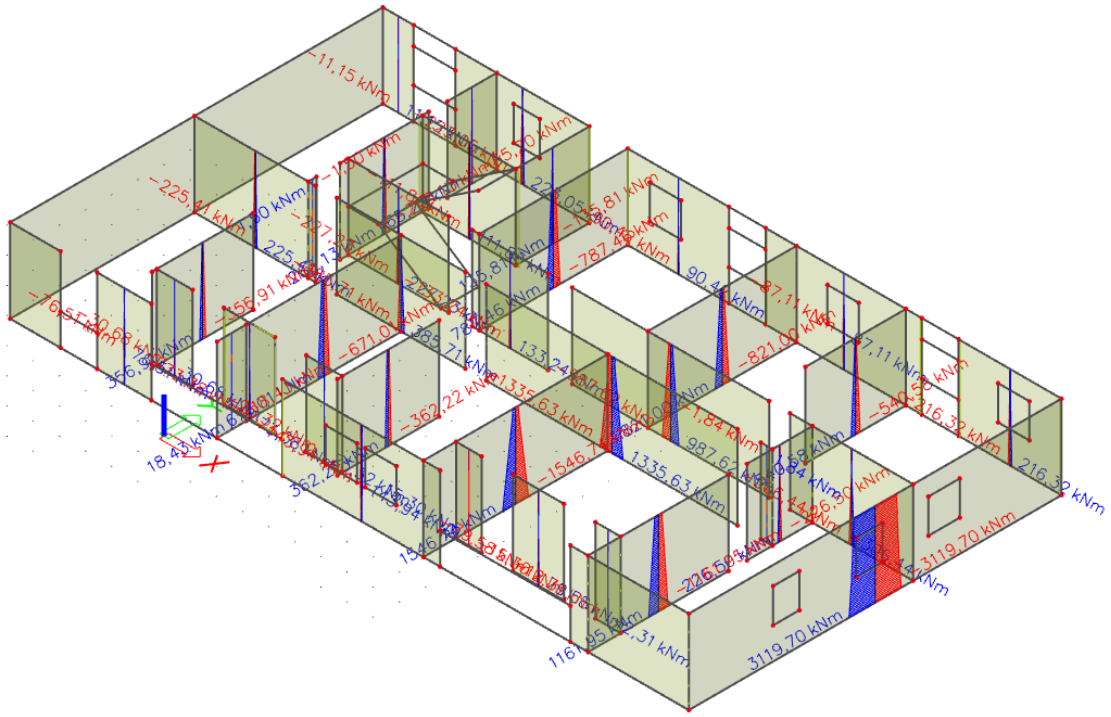
Y smjer								
Z A/1-6	0,25	14,25	0,00	3,56	**639,8**	**0,70**	**6185**	**10**
Z D/1-2	0,25	1,80	0,00	0,45	**70,1**	**0,70**	**781**	**9**
Z D/2-3	0,25	2,80	0,00	0,70	**129,0**	**0,70**	**1215**	**11**
Z D/4-5	0,25	3,80	0,00	0,95	**410,6**	**0,70**	**1649**	**25**
Z E/1-2	0,25	2,80	0,00	0,70	**164,7**	**0,70**	**1215**	**14**
Z E/4-5	0,25	5,80	0,00	1,45	**192,2**	**0,70**	**2517**	**8**
Z E/5-6	0,25	1,25	0,00	0,31	**34,3**	**0,70**	**543**	**6**
Z F/1-3	0,25	5,70	0,00	1,43	**381,2**	**0,70**	**2474**	**15**
Z G/4-5	0,25	3,70	0,00	0,93	**531,7**	**0,70**	**1606**	**33**
Z J/1-3	0,25	5,70	0,00	1,43	**267,5**	**0,70**	**2474**	**11**
Z J/4-6	0,25	7,05	0,00	1,76	**272,1**	**0,70**	**3060**	**9**
Z K/1-3	0,25	3,70	0,00	0,93	**310,1**	**0,70**	**1606**	**19**
Z L/3-4	0,25	2,40	0,00	0,60	**183,0**	**0,70**	**1042**	**18**
Z L/4-5	0,25	4,00	0,00	1,00	**260,9**	**0,70**	**1736**	**15**
Z M/1-6	0,25	14,25	3,20	2,76	**663,3**	**0,70**	**4796**	**14**

5.2. Proračun zidova na potresno djelovanje

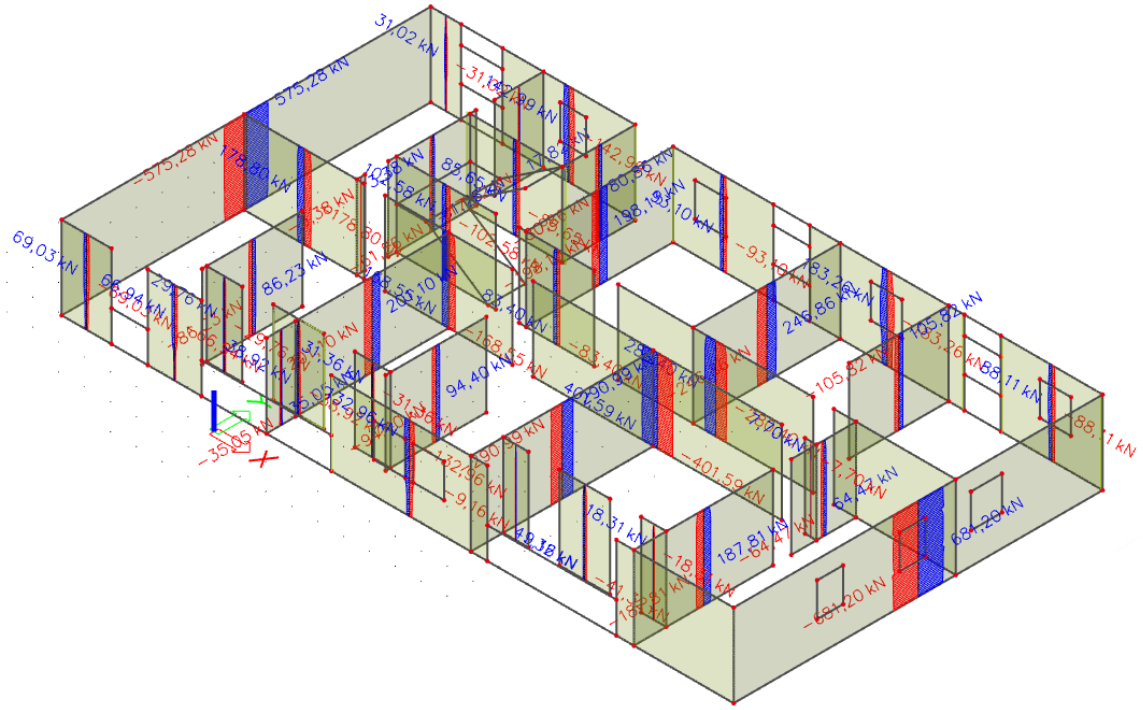
5.2.1 Prikaz rezultata



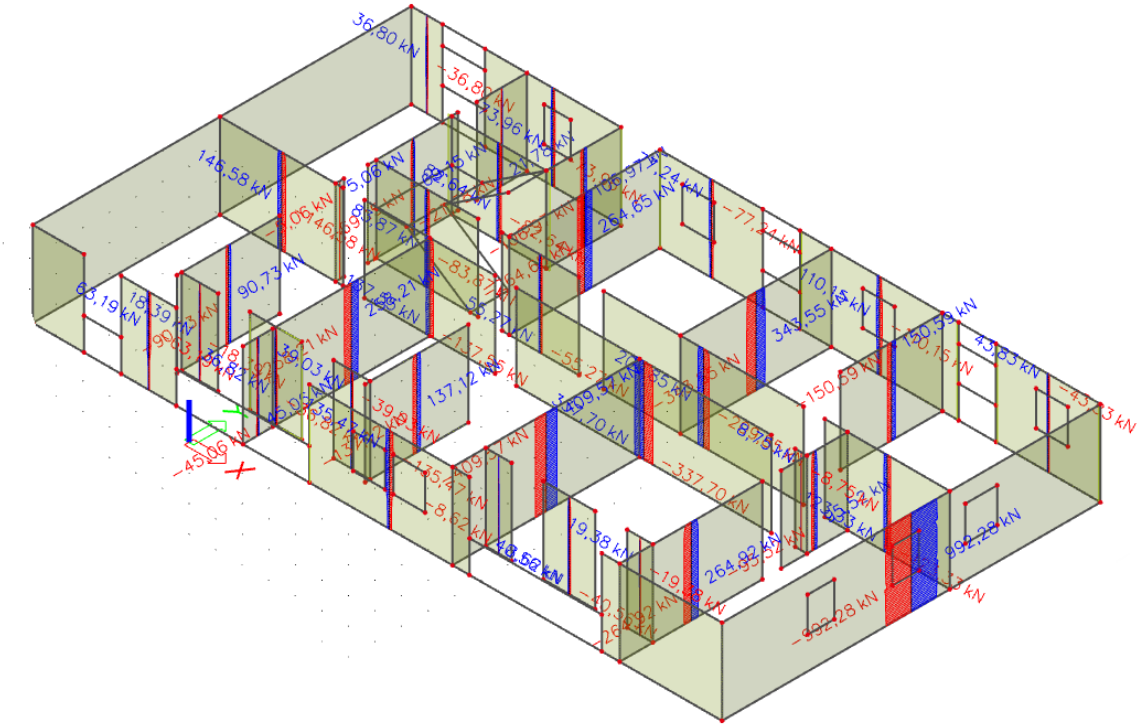
Slika 5.2: Dijagram momenata M $[kN/m]$ za kombinaciju 1,25Sx



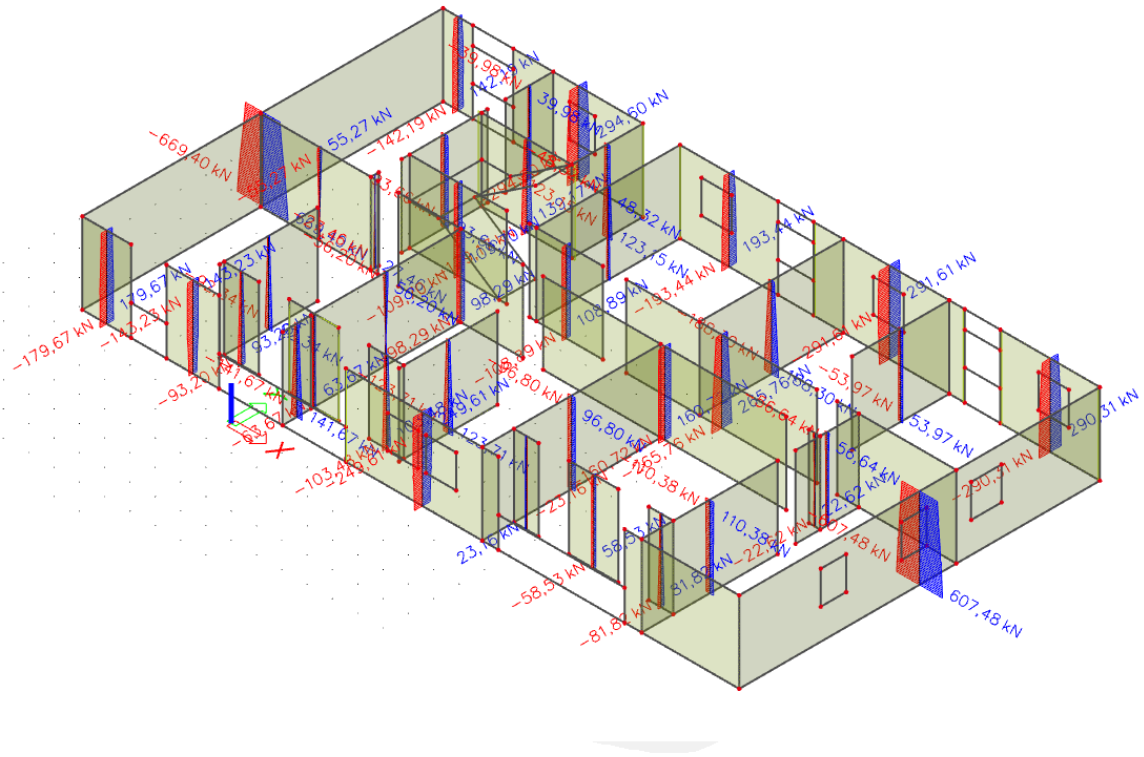
Slika 5.3: Dijagram momenata M [kN/m] za kombinaciju 1,32Sy



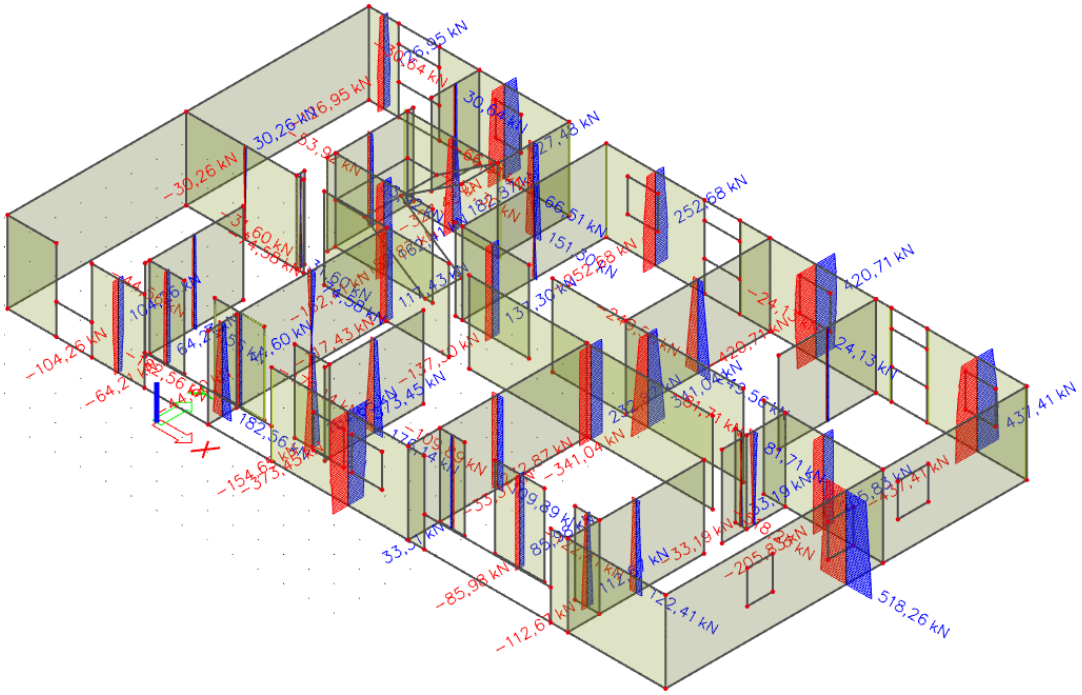
Slika 5.4: ***Dijagram poprečnih sila V [kN] za kombinaciju 1,32 Sy***



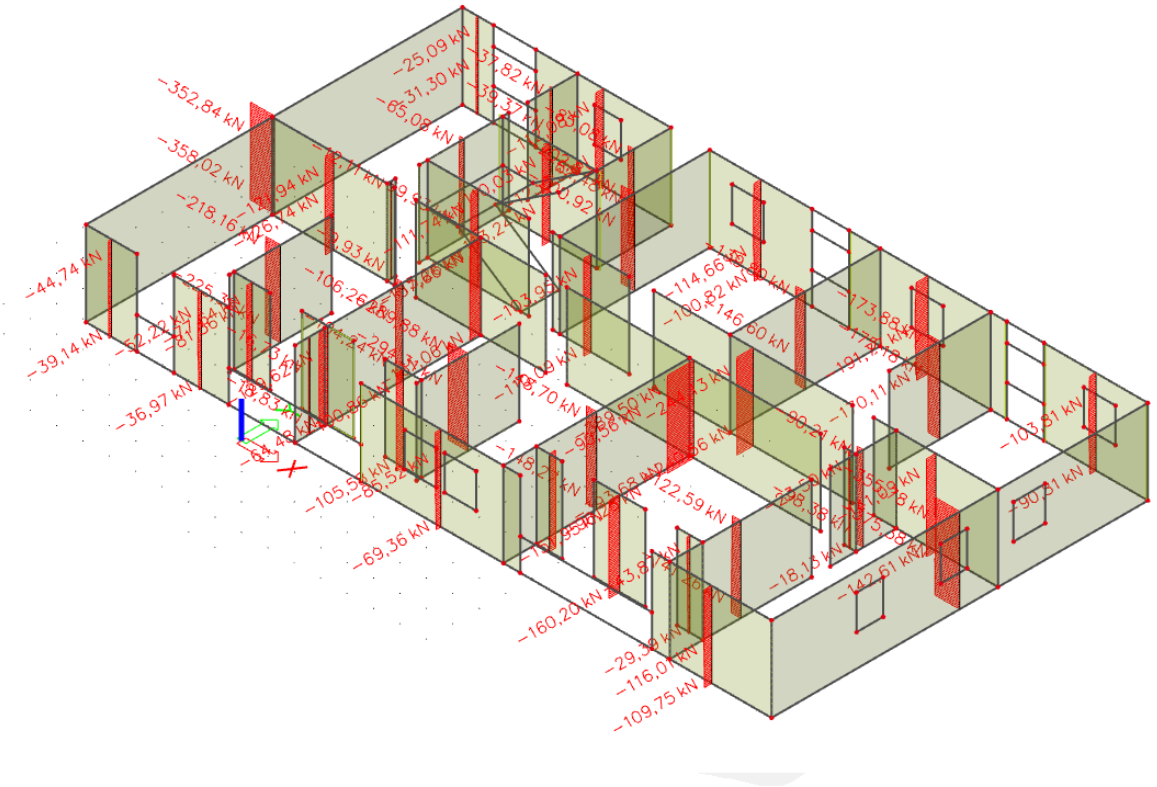
Slika 5.5: ***Dijagram poprečnih sila V [kN] za kombinaciju 1,25 Sx***



Slika 5.6: Dijagram uzdužnih sila N [kN] za kombinaciju 1,25 Sx



Slika 5.7: Dijagram uzdužnih sila N [kN] za kombinaciju 1,32 Sy



Slika 5.8: Dijagram uzdužnih sila N [kN] za kombinaciju GSU2

5.2.2 Proračun ukupne potresne poprečne sile

- Zona seizmičnosti: VIII ($a\ g\ = 0{,}22$)
- Kategorija tla: B → S=1,2 (faktor tla)
- Tip spektra: 1 (visoka seizmičnost)
- Broj katova: 4
- Visina kata: h= 3,2 m

parcijalni koef. sigurnosti za materijale: ziđe: γ_M=2,2

beton: γ_c=1.5 čelik: γ_s=1.15

U proračunu zidova na potres dokazuje se da je:

Računska vertikalna sila:

$$N_{Sd} = N_P + N_{KOMB} \quad [kN]$$

Statička visina:

$$d = L - \frac{t}{2} \quad [m]$$

Krak unutarnjih sila:

$$z = d \cdot 0{,}8 \quad [m]$$

Duljina tlačne zone:

$$x_u = 2 \cdot (d - z) = 2 \cdot (d - d \cdot 0{,}8\,) = 0.4\,d \quad [m]$$

Računska nosivost:

$$F_{m,Rd} = x_u \cdot t \cdot f_k \cdot 1000 \quad [kN]$$

U proračunu zidova na potres dokazuje se:

$$(1) \qquad V_{Ed} < V_{Rd}$$

Računska nosivost:

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot L \cdot t}{\gamma_m} \quad [kN]$$

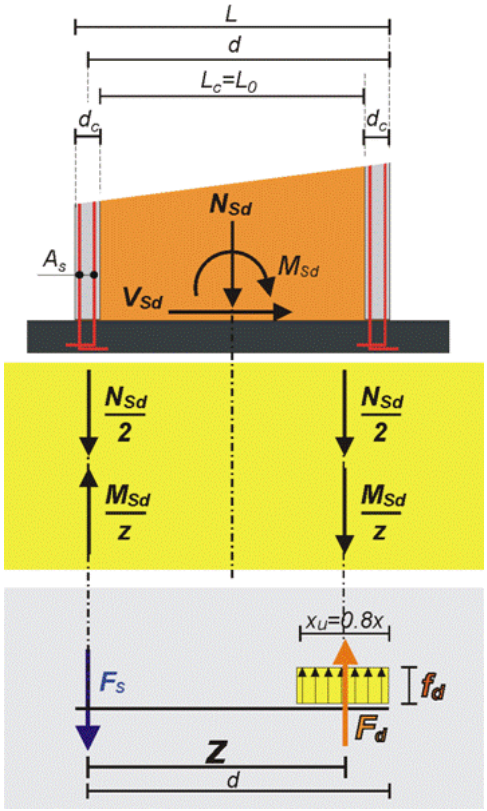
$$(2) \qquad F_{Ed} < F_{Rd}$$

Računsko djelovanje:

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed,p}}{z} + \frac{N_{Ed}}{2} \quad [kN]$$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{\frac{M_{Sd}}{z} - \frac{N_{Sd}}{2}}{\frac{f_s}{\gamma_s}}$$



Slika 5.9: Raspodjela potresnih sila

U nastavku je prikazan tablični proračun potresne otpornosti zidova (Tablica 5.3. i Tablica 5.4.), koji dominantno preuzimaju potresno djelovanje, u dva međusobno okomita smjera

Tablica 5.3:Proračun sila od potresa, smjer x

M_{ed} =	24788,8	kNm	= ukupan moment od potresa
E =	4960,0	MPa	= modul elastičnosti
G =	826,7	MPa	= modul posmika
f_k =	4,96	MPa	= tlačna čvrstoća zida
f_{vk} =	0,75	MPa	= posmična čvrstoća zida
γ_M =	1,50		= parcijalni faktor sigurnosti za zide
γ_s =	1,00		= parcijalni faktor sigurnosti za armaturu

$$k_1 = \left(1 - \frac{t \cdot \Sigma L_i}{0.85A}\right)$$

$$K_e = \frac{GA}{1.2h\left[1 + \alpha\frac{G}{E}\left(\frac{h}{L}\right)^2\right]}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	debljina	dužina	površina	Σ dužina	visina	moment	poprečna	uzdužna	uzdužna	računska	stat	krak unut.	računsko	dužina	računska	računska			Armat.
Zid	zida	zida	zida	otvora	zida	od potresa	sila od pot.	sila od pot.	sila komb	vert. sila	visina	sila	djelovanje	tlačne zone	nosivost	nosivost	V_{Sd}/V_{Rd}	F_{Sd}/F_{Rd}	As
	t [m]	L [m]	A [m2]	Li [m]	H [m]	M_{Sd} [kNm]	V_{Sq} [kN]	Np [kN]	N_Q [kN]	N_{Sd} [kN]	d [m]	z [m]	$F_{Sd,i}$ [kN]	xu [m]	V_{Rd} [kN]	$F_{m,Rd}$ [kN]	[%]	[%]	[cm2]
Z 1/A-B	0,25	1,05	0,26	0,00	3,20	19,4	31,0	-142,9	31,3	-111,6	**0,9**	0,74	**-29,6**	0,37	**131,3**	**458,8**	**23,6**	**6,5**	**1,9**
Z 1/C-E	0,25	3,00	0,75	1,00	3,20	223,1	143,0	-327,5	123,2	-204,3	**2,9**	2,30	**-5,1**	1,15	**375,0**	**1426,0**	**38,1**	**0,4**	**4,6**
Z 1/F-H	0,25	3,80	0,95	1,20	3,20	90,4	93,1	-252,7	114,7	-138,0	**3,7**	2,94	**-38,3**	1,47	**475,0**	**1822,8**	**19,6**	**2,1**	**2,3**
Z 1/I-K	0,25	5,90	1,48	1,20	3,20	153,9	183,3	-420,7	191,8	-228,9	**5,8**	4,62	**-81,2**	2,31	**737,5**	**2864,4**	**24,8**	**2,8**	**3,4**
Z 1/L-M	0,25	3,90	0,98	1,20	3,20	216,3	88,1	-437,4	103,8	-333,6	**3,8**	3,02	**-95,2**	1,51	**487,5**	**1872,4**	**18,1**	**5,1**	**5,5**
Z 2/D-E	0,25	3,55	0,89	0,00	3,20	139,2	85,7	-108,9	110,0	1,1	**3,4**	2,74	**51,4**	1,37	**443,8**	**1698,8**	**19,3**	**3,0**	**1,2**
Z 3/D-E	0,25	3,55	0,89	0,00	3,20	291,1	102,6	-110,0	115,3	5,3	**3,4**	2,74	**108,9**	1,37	**443,8**	**1698,8**	**23,1**	**6,4**	**2,4**
Z 3/F-G	0,25	2,80	0,70	0,00	3,20	163,0	83,4	-108,9	110,1	1,2	**2,7**	2,14	**76,8**	1,07	**350,0**	**1326,8**	**23,8**	**5,8**	**1,7**
Z 3/H-K	0,25	7,40	1,85	0,00	3,20	1088,1	280,4	-265,8	244,1	-21,6	**7,3**	5,82	**176,1**	2,91	**925,0**	**3608,4**	**30,3**	**4,9**	**4,5**
Z 3/L-M	0,25	4,70	1,18	0,00	3,20	411,0	152,1	-162,4	142,2	-20,3	**4,6**	3,66	**102,2**	1,83	**587,5**	**2269,2**	**25,9**	**4,5**	**2,8**
Z 4/A-D	0,25	4,40	1,10	0,00	3,20	293,5	178,8	-137,3	126,7	-10,6	**4,3**	3,42	**80,5**	1,71	**550,0**	**2120,4**	**32,5**	**3,8**	**2,1**
Z 4/D-G	0,25	4,70	1,18	0,00	3,20	470,1	168,6	-341,0	161,1	-180,0	**4,6**	3,66	**38,5**	1,83	**587,5**	**2269,2**	**28,7**	**1,7**	**5,0**
Z 4/G-L	0,25	9,50	2,38	0,00	3,20	1722,5	401,6	-205,8	393,7	187,9	**9,4**	7,50	**323,6**	3,75	**1187,5**	**4650,0**	**33,8**	**7,0**	**3,1**
Z 5/D-N	0,25	1,25	0,31	0,00	3,20	30,0	29,8	-93,2	81,4	-11,8	**1,1**	0,90	**27,4**	0,45	**156,3**	**558,0**	**19,0**	**4,9**	**0,9**
Z 5/O-P	0,25	1,70	0,43	0,00	3,20	78,1	38,9	-117,4	129,6	12,2	**1,6**	1,26	**68,1**	0,63	**212,5**	**781,2**	**18,3**	**8,7**	**1,3**
Z 5/R-G	0,25	1,25	0,31	0,00	3,20	29,7	31,4	-233,9	105,6	-128,3	**1,1**	0,90	**-31,2**	0,45	**156,3**	**558,0**	**20,1**	**5,6**	**2,2**
Z 5/U-S	0,25	0,85	0,21	0,00	3,20	16,2	9,2	-64,2	96,3	32,1	**0,7**	0,58	**44,0**	0,29	**106,3**	**359,6**	**8,6**	**12,2**	**0,3**
Z 5/T-U	0,25	1,82	0,46	0,00	3,20	83,5	41,3	-58,5	160,2	101,7	**1,7**	1,36	**112,4**	0,68	**227,5**	**840,7**	**18,2**	**13,4**	**0,2**
Z 5/V-L	0,25	0,95	0,24	0,00	3,20	25,3	18,3	-154,7	29,4	-125,3	**0,8**	0,66	**-24,3**	0,33	**118,8**	**409,2**	**15,4**	**5,9**	**2,3**
Z 6/A-B	0,25	1,80	0,45	0,00	3,20	46,7	69,0	-179,7	44,7	-134,9	**1,7**	1,34	**-32,6**	0,67	**225,0**	**830,8**	**30,7**	**3,9**	**2,4**
Z 6/C-N	0,25	1,95	0,49	0,00	3,20	80,0	66,9	-143,0	52,2	-90,8	**1,8**	1,46	**9,4**	0,73	**243,8**	**905,2**	**27,5**	**1,0**	**2,3**
Z 6/G-J	0,25	6,00	1,50	2,40	3,20	272,5	132,1	-373,5	85,5	-287,9	**5,9**	4,70	**-86,0**	2,35	**750,0**	**2914,0**	**17,6**	**3,0**	**4,6**
Z 6/L-M	0,25	4,50	1,13	0,00	3,20				116,0	116,0	**4,4**	3,50	**58,0**	1,75	**562,5**	**2170,0**	**0,0**	**2,7**	**-1,3**

Tablica 5.4:Proračun sila od potresa, smjer y

Proračun sila od potresa

V_{ed} =	3267,4	kN	= ukupna poprečna sila od potresa
M_{ed} =	32683,9	kNm	= ukupan moment od potresa
E =	4960,0	MPa	= modul elastičnosti
G =	826,7	MPa	= modul posmika
f_k =	4,96	MPa	= tlačna čvrstoća zida
f_{vk} =	0,75	MPa	= posmična čvrstoća zida
γ_M =	1,50		= parcijalni faktor sigurnosti za zide
γ_s =	1,00		= parcijalni faktor sigurnosti za armaturu

$$K_{e,otv.} = K_e \cdot k_1$$

$$k_1 = \left(1 - \frac{t \cdot \Sigma L_i}{0.85\,A}\right)$$

$$K_e = \frac{GA}{1.2h\left[1 + \alpha \frac{G}{E}\left(\frac{h}{L}\right)^2\right]}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	debljina	duljina	površina	Σ duljina	visina	moment	poprečna	uzdužna	uzdužna	računska	stat	krak unut.	računsko	duljina	računska	računska			Armat.
Zid	zida	zida	zida	otvora	zida	od potresa	sila od pot.	sila od pot.	sila komb	vert. sila	visina	sila	djelovanje	tlačne zone	nosivost	nosivost		F_{Sd}/F_{Rd}	As
	t [m]	L [m]	A [m2]	Li [m]	H [m]	M_{Sd} [kNm]	V_{Sd} [kN]	Np [kN]	N_Q [kN]	N_{Sd} [kN]	d [m]	z [m]	$F_{Sd,i}$ [kN]	xu [m]	V_{Rd} [kN]	$F_{m,Rd}$ [kN]	V_{Sd}/V_{Rd} [%]	[%]	[cm2]
Z A/1-6	0,25	14,25	3,56	0,00	3,20	3397,5	614,9	-526,0	358,0	-168,0	**14,1**	11,30	**216,7**	5,65	**1781,3**	**7006,0**	**34,5**	**3,1**	**8,8**
Z D/1-2	0,25	1,80	0,45	0,00	3,20	65,2	21,8	-30,6	37,8	42,85	**1,7**	1,34	**70,1**	0,67	**225,0**	**830,8**	**9,7**	**8,4**	**0,6**
Z D/2-3	0,25	2,80	0,70	0,00	3,20	265,1	69,2	-53,9	65,1	70,94	**2,7**	2,14	**159,4**	1,07	**350,0**	**1326,8**	**19,8**	**12,0**	**2,0**
Z D/4-5	0,25	3,80	0,95	0,00	3,20	356,9	90,7	-44,6	225,4	224,06	**3,7**	2,94	**233,4**	1,47	**475,0**	**1822,8**	**19,1**	**12,8**	**0,2**
Z E/1-2	0,25	2,80	0,70	0,00	3,20	135,8	107,0	-151,3	85,1	80,42	**2,7**	2,14	**103,7**	1,07	**350,0**	**1326,8**	**30,6**	**7,8**	**0,5**
Z E/4-5	0,25	5,80	1,45	0,00	3,20	671,0	258,2	-4,6	104,2	104,2	**5,7**	4,54	**199,9**	2,27	**725,0**	**2814,8**	**35,6**	**7,1**	**2,2**
Z E/5-6	0,25	1,25	0,31	0,00	3,20	18,4	45,1	-182,56	18,83	198,26	**1,1**	0,90	**119,6**	0,45	**156,3**	**558,0**	**28,8**	**21,4**	**-1,8**
Z F/1-3	0,25	5,70	1,43	0,00	3,20	787,5	264,7	-66,5	202,9	293,84	**5,6**	4,46	**323,5**	2,23	**712,5**	**2765,2**	**37,1**	**11,7**	**0,7**
Z G/4-5	0,25	3,70	0,93	0,00	3,20	362,2	137,1	-176,1	294,3	156,84	**3,6**	2,86	**205,1**	1,43	**462,5**	**1773,2**	**29,6**	**11,6**	**1,1**
Z J/1-3	0,25	5,70	1,43	0,00	3,20	821,0	343,6	-249,6	146,6	151,52	**5,6**	4,46	**259,8**	2,23	**712,5**	**2765,2**	**48,2**	**9,4**	**2,5**
Z J/4-6	0,25	7,05	1,76	0,00	3,20	1546,7	40957,0	-109,9	148,3	173,45	**6,9**	5,54	**365,9**	2,77	**881,3**	**3434,8**	**4647,6**	**10,7**	**4,4**
Z K/1-3	0,25	3,70	0,93	0,00	3,20	540,6	150,6	-24,1	175,2	98,61	**3,6**	2,86	**238,3**	1,43	**462,5**	**1773,2**	**32,6**	**13,4**	**3,2**
Z L/3-4	0,25	2,40	0,60	0,00	3,20	226,5	95,5	-81,7	98,4	141	**2,3**	1,82	**195,0**	0,91	**300,0**	**1128,4**	**31,8**	**17,3**	**1,2**
Z L/4-5	0,25	4,00	1,00	0,00	3,20	1162,0	264,9	-122,4	141,3	126,19	**3,9**	3,10	**437,9**	1,55	**500,0**	**1922,0**	**53,0**	**22,8**	**7,2**
Z M/1-6	0,25	14,25	3,56	3,20	3,20	3119,2	992,3	-518,3	375,6	62,52	**14,1**	11,30	**307,3**	5,65	**1781,3**	**7006,0**	**55,7**	**4,4**	**5,6**

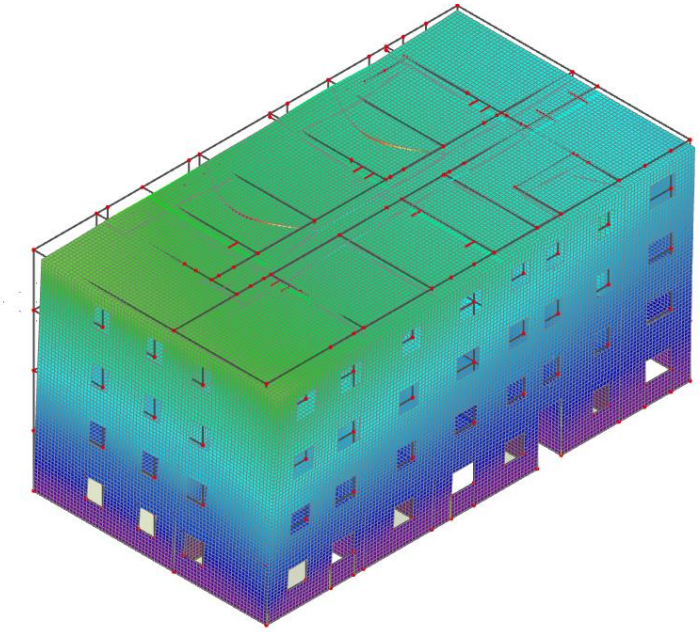
6. Proračun ostalih konstruktivnih elemenata

6.1. Rezultati proračuna

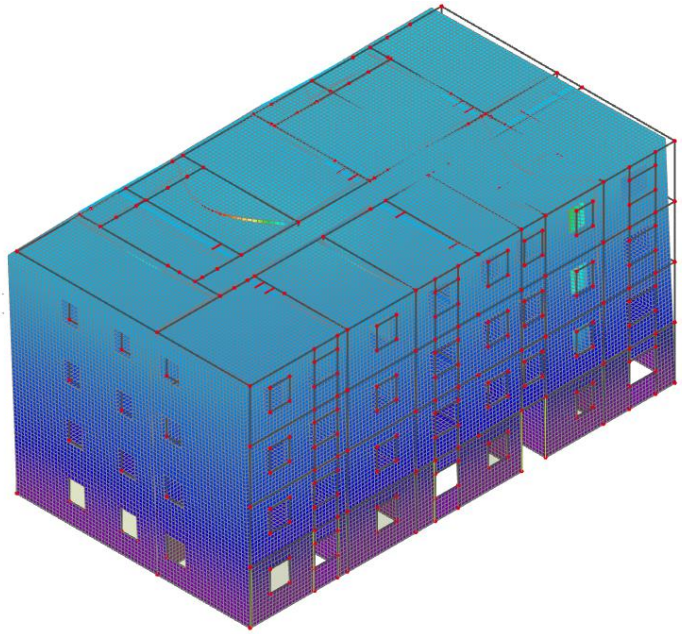
Tablica 6.1: Prikaz vrijednosti prvih 20 vlastitih vektora

Mode	mega [rad/s	Period [s]	Freq. [Hz]	Damp ratio	Wxi/Wxtot	Wyi/Wytot	Wzi/Wztot	Vxi_R/Wxtot_	Vyi_R/Wytot_	Vzi_R/Wztot_
1	27.4601	0,23	4,37	0	0.140599	0.567379	7.80126e-05	0.0931796	0.00864655	0.0347509
2	27.9729	0,22	4,45	0	0.479195	0.178267	0.000181736	0.0318646	0.0409927	0.00616876
3	30.5784	0,21	4,87	0	0.00166997	0.000308818	0.00372629	5.89797e-05	0.00517898	1.47766e-05
4	31.3195	0,20	4,98	0	0.00112488	0.000201526	2.53922e-06	7.08861e-05	5.87465e-05	0.000639812
5	31.4918	0,20	5,01	0	0.00194343	0.000929839	1.96533e-06	0.000146586	0.000245502	0.0156726
6	32.9263	0,19	5,24	0	0.128801	0.000746481	0.000190318	0.000293985	0.0161049	0.00506897
7	35.5387	0,18	5,66	0	0.000497324	0.000484647	0.091238	1.41069e-06	0.0162655	0.00027677
8	39.0767	0,16	6,22	0	0.00864018	0.00526556	0.0250033	0.00644533	0.0241297	0.354815
9	39.5149	0,16	6,29	0	0.0230062	0.00599723	0.0136714	0.0255443	0.00266735	0.368991
10	40.9564	0,15	6,52	0	0.00302595	2.6957e-05	0.0106633	0.00258627	0.00468627	0.014023
11	42.0288	0,15	6,69	0	0.000401391	0.00016408	0.0106703	0.0313142	0.0104075	0.00279372
12	44.1086	0,14	7,02	0	0.0031245	1.13155e-07	1.66639e-05	5.69572e-07	0.00281041	0.000496376
13	44.5368	0,14	7,09	0	0.000598813	7.51745e-06	0.000673989	0.000534461	0.000263457	0.000271442
14	44.8315	0,14	7,14	0	0.00230966	9.43991e-05	0.0236352	0.000787315	0.0164887	4.80507e-05
15	46.1982	0,14	7,35	0	0.000986477	2.63558e-06	2.43077e-05	8.88612e-07	0.00102571	7.42954e-07
16	55.1826	0,11	8,78	0	0.0003632	2.10545e-05	0.00696406	0.0276509	0.00296414	0.00015965
17	56.1904	0,11	8,94	0	2.55278e-05	2.42977e-05	1.18432e-06	5.35677e-06	0.00089842	0.000141908
18	57.1892	0,11	9,10	0	3.04909e-05	3.90316e-06	0.000565783	2.94018e-05	0.00379827	0.00143268
19	57.7629	0,11	9,19	0	0.00169304	0.000492118	0.00477801	0.00110355	0.0129022	9.96395e-07
20	57.9994	0,11	9,23	0	1.43437e-05	0.000486417	0.00519334	0.000263941	0.00293608	2.39328e-05
0	0	0,00	0,00	0	0.79805	0.760903	0.19728	0.221882	0.173471	0.805791

S obzirom da u proračunu masa nije postignuto uključenje od minimalno 90.0% mase potresne sile se povećavaju sa koeficijentom 100/80=1,25 kako bi nadoknadili tu razliku.



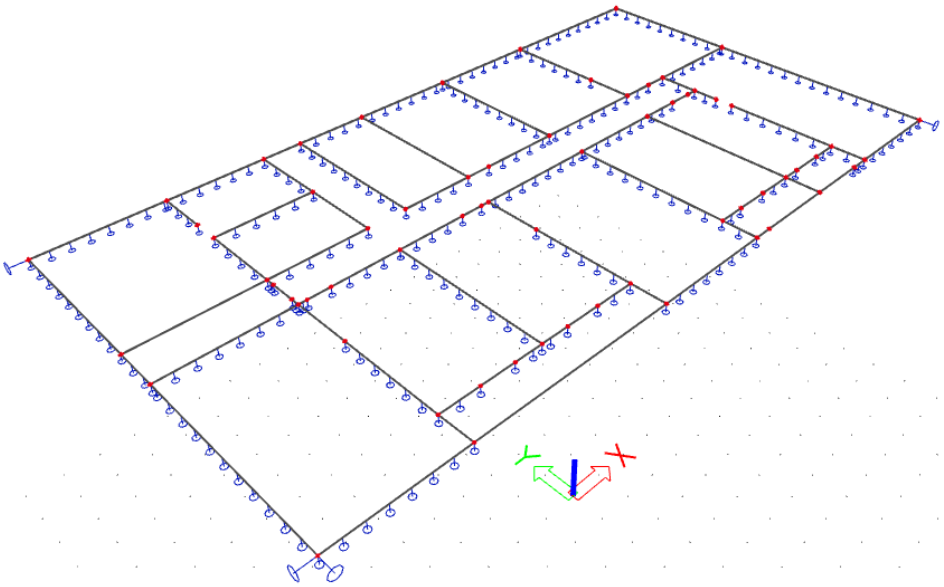
Slika 6.1: Prvi vlastiti vektor modela



Slika 6.2: Drugi vlastiti vektor modela

6.2. Ploče

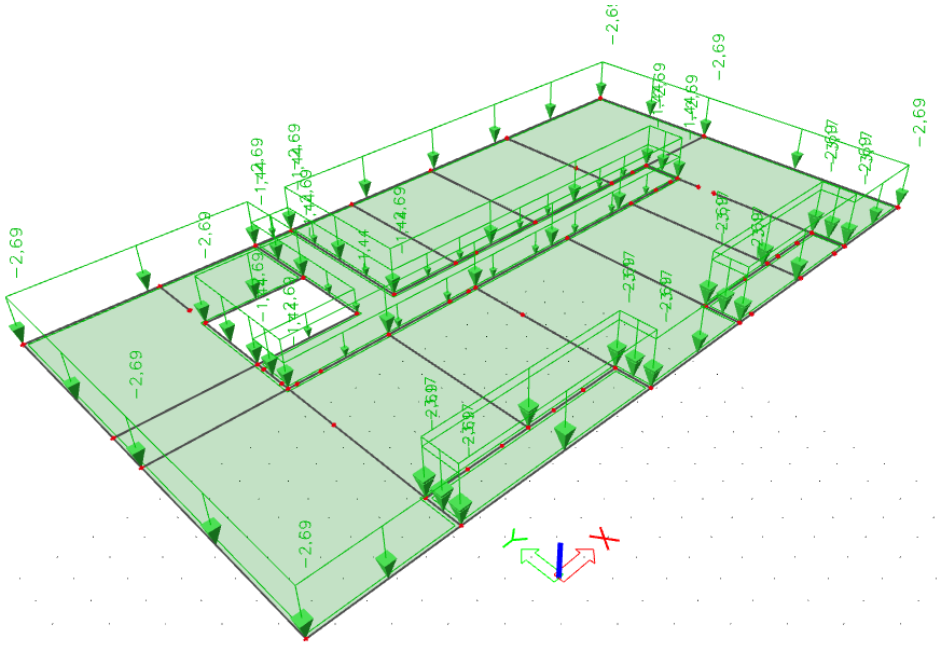
Model ploče je napravljen u programskom paketu Scia Engineer 2018. Sve ploče napravljene su od betona klase C25/30 (Slika) te armirane čelikom za armiranje B500B. Tlocrt ploča prikazan je na *Slici 6.3.*, a shema ležajeva na *6.4.*



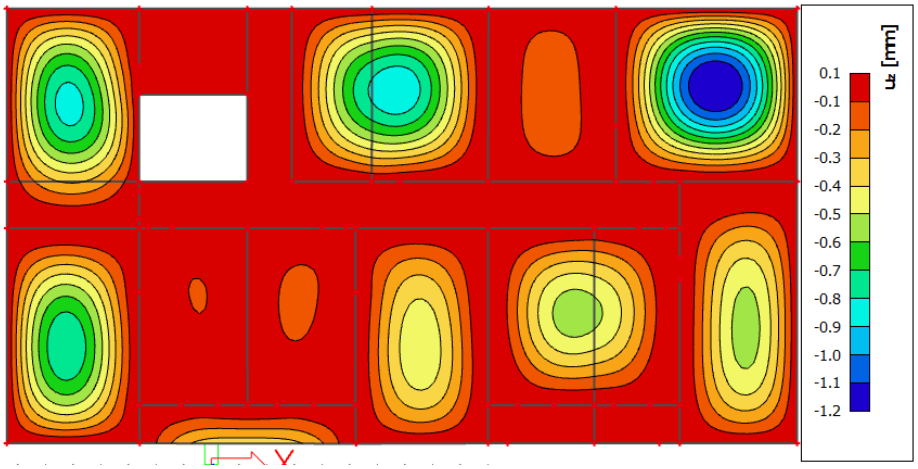
Slika 6.3: Shema ležajeva

6.2.1. Opterećenja

Opterećenje ploče dijeli se na stalno i promjenjivo. U stalno opterećenje spada vlastita težina G i dodatno stalno opterećenje dG. Promjenjivo opterećenje Q predstavlja uporabno opterećenje i utjecaj pokretne opreme. Vlastita težina zadana je automatski.

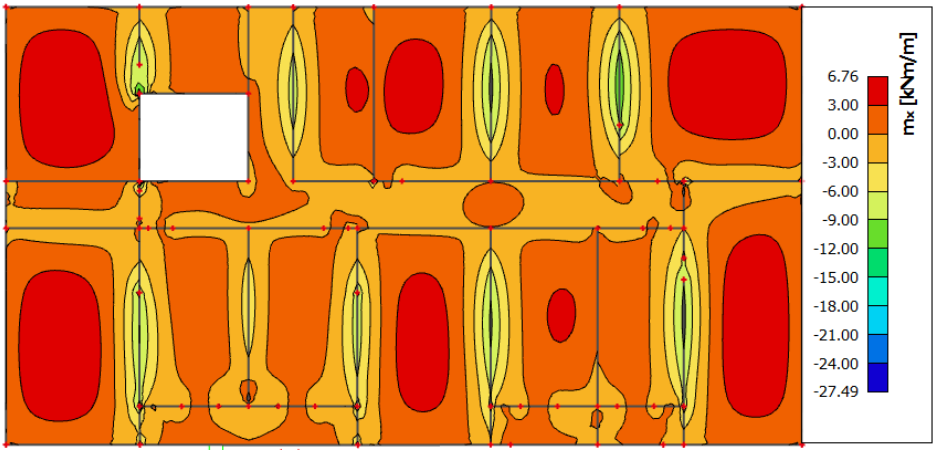

-2,69
-2,69
-2,69

6.2.2. Prikaz rezultata

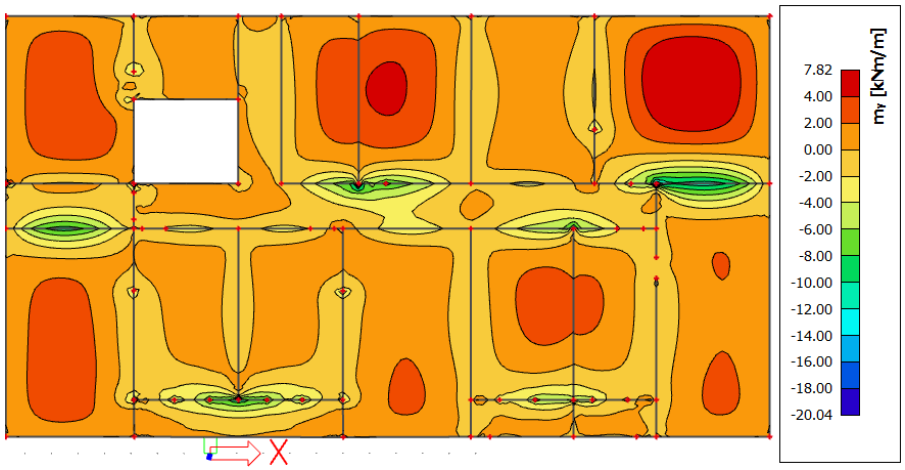


Slika 6.6 Progibi ploča [mm] za kombinaciju GSU-2 ($\delta_{EL} \leq L/1250$)

Maksimalni progib ploča iznosi 1,2 mm dok je dopušteni progib $\delta EL \leq L/1250 = 8{,}58/1250 = 6{,}8$ mm.



Slika 6.7: Momenti savijanja MEd,X [kNm/m] za GSN

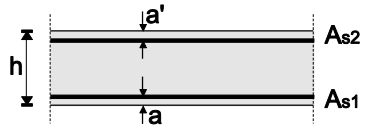


Slika 6.8: Momenti savijanja MEd,y [kNm/m] za GSN

6.2.3. Proračun armature ploče

Ploča POZICIJE P101

Poprečni presjek ploče



h=17 cm

zaštitni sloj: a=2.0 cm; a'=2.0 cm

d=14.5 cm

C 25/30

f_{ck}=25.0 MPa

E_{cm}=31.5 GPa

γ_c=1.5

B 500B

f_y=500 MPa

γ_s=1.15

Limitirajući moment savijanja:

$M_{Ed,lim}=0.159*(b_w*d^{\wedge 2})*f_{cd}$

$M_{Ed,lim}=0.159*(1.0*0.145^2)*(25/1.5)*1000=55,72$ kNm

Min. i max. % armature za ploče:

$A_{s,min}$= 0.0015*b*d=0.0015*100*14.5=2.18 cm^2/m

$A_{s,min}$= 0.6*b*d/f_{yk} =0.6*100*14.5/500=1.74 cm^2/m

$A_{s,max}$=0.31*b*d*(f_{cd}/f_{yd})=0.31*100*14.5*(25/1.5)/(500/1.15)=17, 23cm^2/m

Za proračun armature ploča usvaja se $\zeta\approx0.9$. Potrebna armatura:

$A_{s1,s2}$ =M_{Sd}*100/(ζ*d*f_{yd})=M_{Sd}*100/(0.9*14.5*(50/1.15))=

$A_{s1,s2}$ = M_{Sd}*0.176

Napomena:Prethodni izrazi vrijede za moment M_{Sd} u [kNm] i armaturu $A_{s1,s2}$ u [cm^2].

Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$V_{Rd,c}$= [$C_{Rd,c}$*k*(100*ρ_1*f_{ck})$^{1/3}$+k_1*σ_{cp}]*b_w*d

$C_{Rd,c}$ = 0.18/γ_c = 0.18/1.5 = 0.12 ; k_1 = 0.15

k=1+(200/d)$^{(1/2)}\leq$ 2; (d u mm); k=1+(200/145)$^{(1/2)}$=2.17=2.0

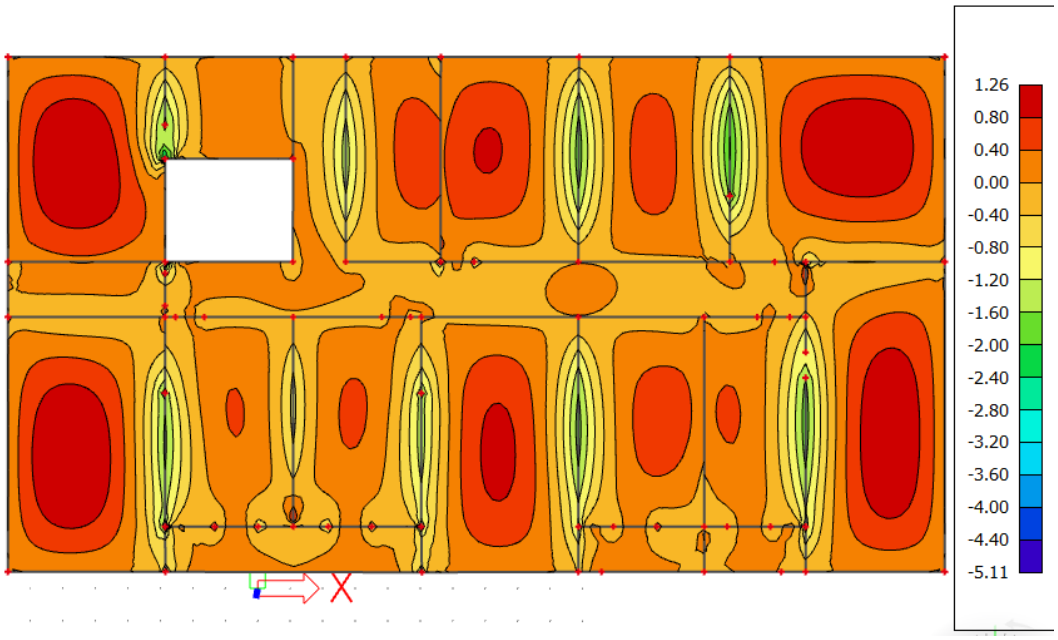
ρ_1 = A_{s1}/(b_w d) $\leq$ 0.02 = 3.85/(100*14.5) = 0.0027

$V_{Rd,c}$=(0.12*2.00*(100*0.0027*25)$^{(1/3)}$+0.15*0.0)*1.0*0.145*100 0 $V_{Rd,c}$=65,76 kN/m

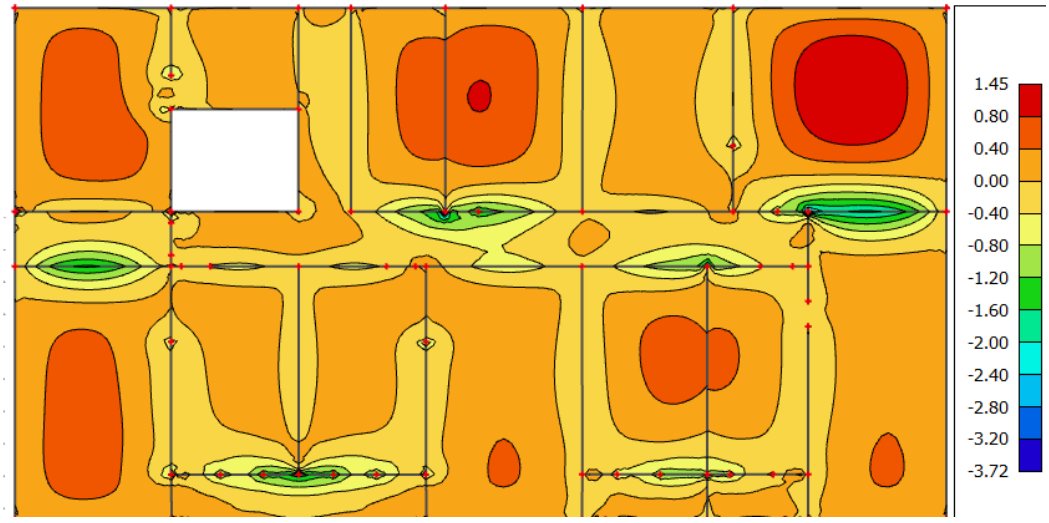
v_{min}=0.035*$k^{3/2}$*$f_{ck}^{1/2}$ = 0.035*2.00$^{\wedge(3/2)}$*25.0$^{\wedge(1/2)}$ = 0.495

$V_{Rd,c,min}$=

(v_{min}+k_1*σ_{cp})*b_w*d=(0.495+0.15*0.0)*1.0*0.145*1000=**72 kN/m**



Slika 6.9: Armatura u ploči smjer x-x [cm²/m] za GSN



Slika 6.10: Armatura u ploči smjer y-y [cm²/m] za GSN

Proračunata armatura odnosi se na egzaktne vrijednosti momenata savijanja u pločama za uobičajenu kombinaciju. Međutim, radi preraspodjele potrebno je izračunatu armaturu u polju povećati za 30%, odnosno smanjiti na ležaju za 15%.

Možemo očitati da je za armiranje donje zone ploče mjerodavan moment:

As=1,45 cm^2/m

Moment M je uvećan za 25% radi preraspodjele opterećenja.

As,=1,9 $kNcm^2/m$→ odabrano Q-226

Moment M je smanjen za 15% radi preraspodjele opterećenja.

As= 5,11 cm^2/m

As,k= 4,34 $kNcm^2/m$ →odabrano R-503

Q226-donja zona u poljima Q335-gornja zona na ležajevima R503-gornja zona na ležajevima

6.3. Proračun širine pukotina

$$W_k \leq W_g$$

Karakteristična širina pukotine:

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

$S_{r,max}$ – maksimalni razmak pukotina
ε_{sm} – srednja deformacija armature pod relevantnom kombinacijom opterećenja, s uključenim efektom od prinudnih deformacija
ε_{cm} – srednja deformacija betona između pukotina

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

σ_s – naprezanje vlačne armature u potpuno raspucanom betonskom presjeku $\left(\sigma_s \approx \frac{M_{sd}}{0.9 \cdot d \cdot A_s}\right)$
α_e – odnos modula elastičnosti betona i čelika (E_s/E_c)
$\rho_{\rho,eff}$ – efektivni koeficijent armiranja vlačne zone betona $\left(A_s/A_{c,eff}\right)$
$f_{ct,eff}$ – srednja vrijednost vlačne čvrstoće betona u trenutku očekivane pukotine
k_t – faktor trajanja opterećenja
$k_t = 0.6$ – za kratkotrajno opterećenje
$k_t = 0.4$ – za dugotrajno opterećenje

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

$\emptyset$ - promjer šipke
c – zaštitni sloj betona
k_1 – faktor prionjivosti šipke i betona
$k_1 = 0.8$ – za rebrastu armaturu
k_2 – faktor razdiobe deformacija po presjeku
$k_2 = 0.5$ – za savijanje
$k_3 = 3.4$
$k_4 = 0.425$

- Granična širina pukotine: $W_g = 0.3\ mm$

6.3.1. Proračun širine pukotina za ploče

$M_{Ed} = 7{,}82kNm$

Odabrana $Q226 \rightarrow A_S = 2{,}26\ cm^2/m$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{0.9 \cdot d \cdot A_s} = \frac{782}{0{,}9 \cdot 13.5 \cdot 2{,}26} = 28{,}48kNm/cm^2$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200}{31.5} = 6.36$$

$$A_{c,eff} = b_w \cdot a \cdot 2.5 = 100 \cdot 3 \cdot 2.5 = 750.0\ cm^2$$

$$\rho_{\rho,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2{,}26}{750.0} = 0.00301$$

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

$$\frac{284{,}8 - 0.4 \cdot \frac{2.6}{0.00301} \cdot (1 + 2{,}26 \cdot 0.00301)}{200000.0} \geq 0.6 \cdot \frac{0.28}{200000.0}$$

$$-0.000315 \geq 0.00000084$$

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{\rho,eff}} = 3.4 \cdot 3.0 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.00301} = 518{,}505mm$$

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 518{,}506 \cdot 0.000315 = 0.163mm \leq 0.3\ mm$$

Proračun pukotina zadovoljava !

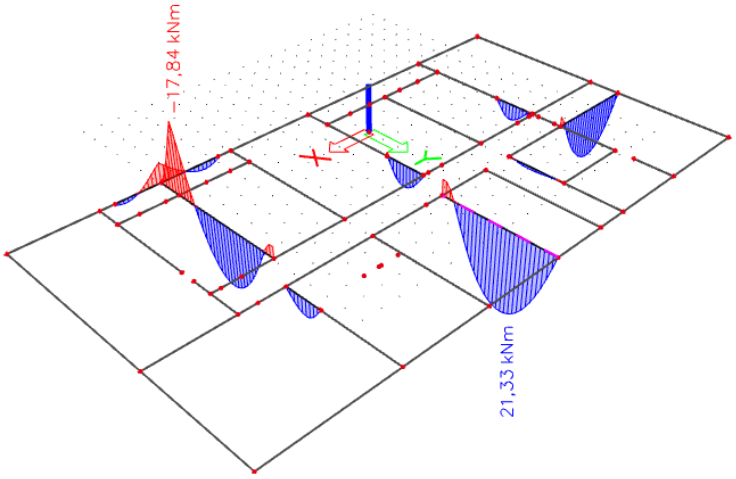
6.4. Grede

Ukoliko moment savijanja prekoračuje vrijednost graničnog momenta nosivosti M Rd,lim dolazi do drobljenja betona, te je potrebno dvostruko armiranje. Granični moment nosivosti računa se prema sljedećem izrazu:

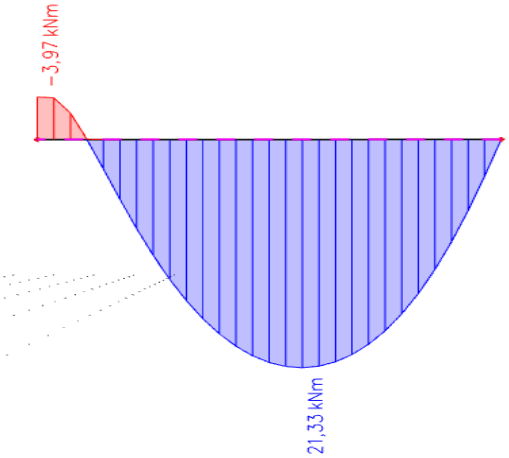
6.4.1. Proračun potrebne armature u gredama

PRORAČUN NA MOMENT SAVIJANJA;

Rezne sile



Slika 6.11: Momenti savijanja MSd,y [kNm] na gredama za osnovnu kombinaciju GSN-1=1,35G +1,50Q1



Slika 6.12: Mjerodavni momenti savijanja MSd,y [kNm] na gredama za osnovnu kombinaciju GSN-1=1,35G +1,50Q1

Mjerodavne rezne sile u gredama iznose:

M_{Sd},polje = 21,33kNm

M_{Sd},ležaj = -17,84 kNm

Beton: C 25/30 ; f_{ck} = 25 Mpa

f_{cd}=25/1,5=16,67 MPa

Armatura: B 500B

F_{yd}=500/1,15=434,8 MPa

Mjerodavne rezne sile u gredama iznose (maksimalni moment i pripadajuća uzdužna i poprečna sila):

M_{ed} = 21,33 *kNm*; V_{ed} = 14,69*kN*

$A_{s,min}$=0.0015*b_w*d =0,0015*250*500=1,88 cm^2

$A_{s,max}$=0.31·b_w·d·(f_{cd}/f_{yd})=14,85cm^2

Granični moment nosivosti

$M_{Ed;lim}= \mu_{ed;lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 0.5^2 \cdot 16,67 = 165,66 kNm$

$M_{rd,lim} \geq M_{eds}$

Nije potrebna tlačna armatura

Vlačna armatura:

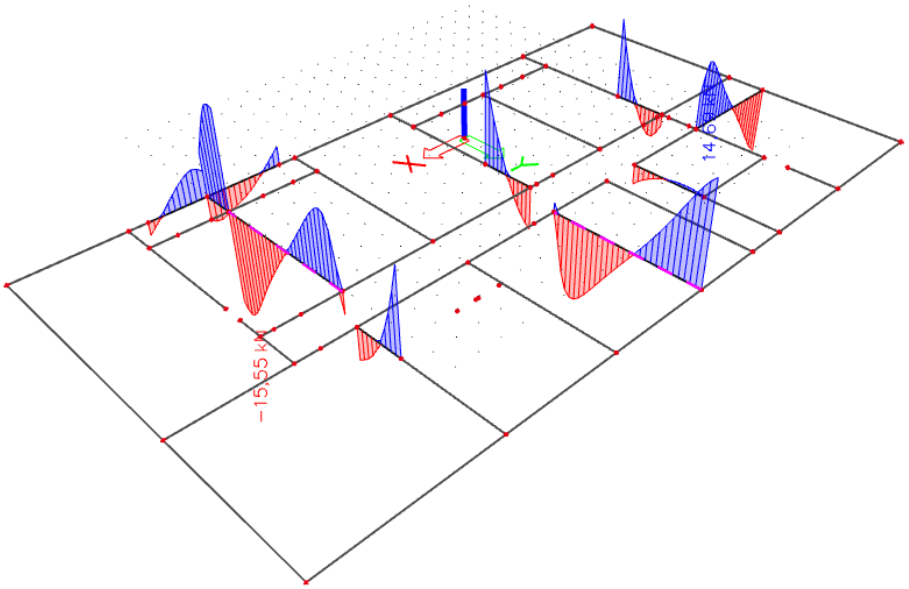
PRORAČUN NA POPREČNU SILU;

$\mu_{ed} = M_{eds}/(b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 21,33 \cdot 100/(25 \cdot 50^2 \cdot 1,67) = 0,020$

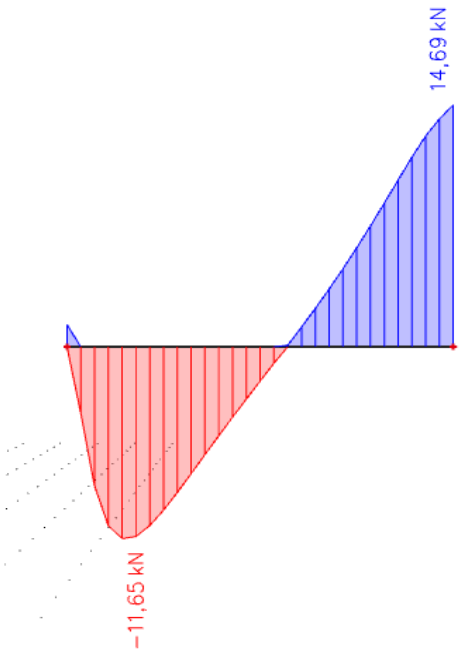
ε_{c2} = 0,8‰;ς=0.974; ξ =0.074

$A_{s1}=M_{Sd}*100/(\varsigma*d*f_{yd})=21,33*100/(0,974*500*43,48)=1,0cm^2$

Odabrano je 2∅12 (A_{s1}=2,21 cm^2)



Slika 6.13: ***Poprečne sile VSd,z [kN] na gredama za osnovnu kombinaciju GSN-1=1,35G +1,50Q1***



Slika 6.14: ***Mjerodavna poprečna sila VSd,z [kN] na gredama za osnovnu kombinaciju GSN-1=1,35G +1,50Q***

Proračunska posmična otpornost elementa bez poprečne armature:

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

$V_{Rd,C}=[0,12*1,63*(100*0,002*25)^{1/3}+0,15*0]*250*500=41808,82$ N=41,81 kN

(0,45+0,15*0]*250*500=56250N=56,25kN

k=1+(200/500)^^1/2 =1,63≤ 2.0 (d u mm)

=A_{s1}/(b_w*d) =0,002≤ 0.02

$\nu_{min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}=0,45$

$C_{Rd,c}=0.18/\gamma_c=0,12$ $k_1=0.15$

$V_{Rd,C} < (\nu_{min}+k_1*\sigma_{cp}]*b_w*d$

Nije zadovoljeno!

Ved=14,69< Vrdc=56,25

Nosivost tlačnih štapova:

$V_{Rd,max}=0.5*v*f_{cd}*b_w*d=0.5*0,54*16,67*250*500=562613N=562,61kN$

$v=0.6(1-f_{ck}/250)= 0.6(1-25/250)=0,54$

Minimalna armatura - vilice:

$A_{sw,min}=\nu_{min}*s_w*b_w/m=0.0011*s_w*b_w/m$

Nosivost na poprečnu silu s armaturom:

$V_{Rd,s} =A_{sw}*f_{yw,d}*m*z/s_w$; A_{sw} = površina jedne grane vilice

s_w = razmak spona; $f_{yw,d}=500/1.15=434.8$ MPa; m=2 (reznost)

Ved/Vrd=15,4/562,61=0,027→ s=30

Potrebna računska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0.41\, cm^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** (A_{sw}=0.79 cm^2)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad B\,500B \quad \Rightarrow \quad f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8\,MPa = 43.48\,kN/cm^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 45) \cdot 43.48 \cdot 2 = 92{,}74\,kN$$

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

Postaviti spone **Ø10/30**(A_{sw}=0.79 cm^2)

6.5. Temelji

Proračun temelja je izvršen pojednostavljenim postupkom, gdje će se odrediti širina temeljnih traka s obzirom na uzdužnu silu na dodiru temelj-tlo i dopuštenog naprezanja u tlu.

Iz dobivenih reakcija na linijskim osloncima ispod zidova uzete se srednje vrijednosti naprezanja na zidovima.

$B = N_{sd}/(\sigma Rd \cdot L)$

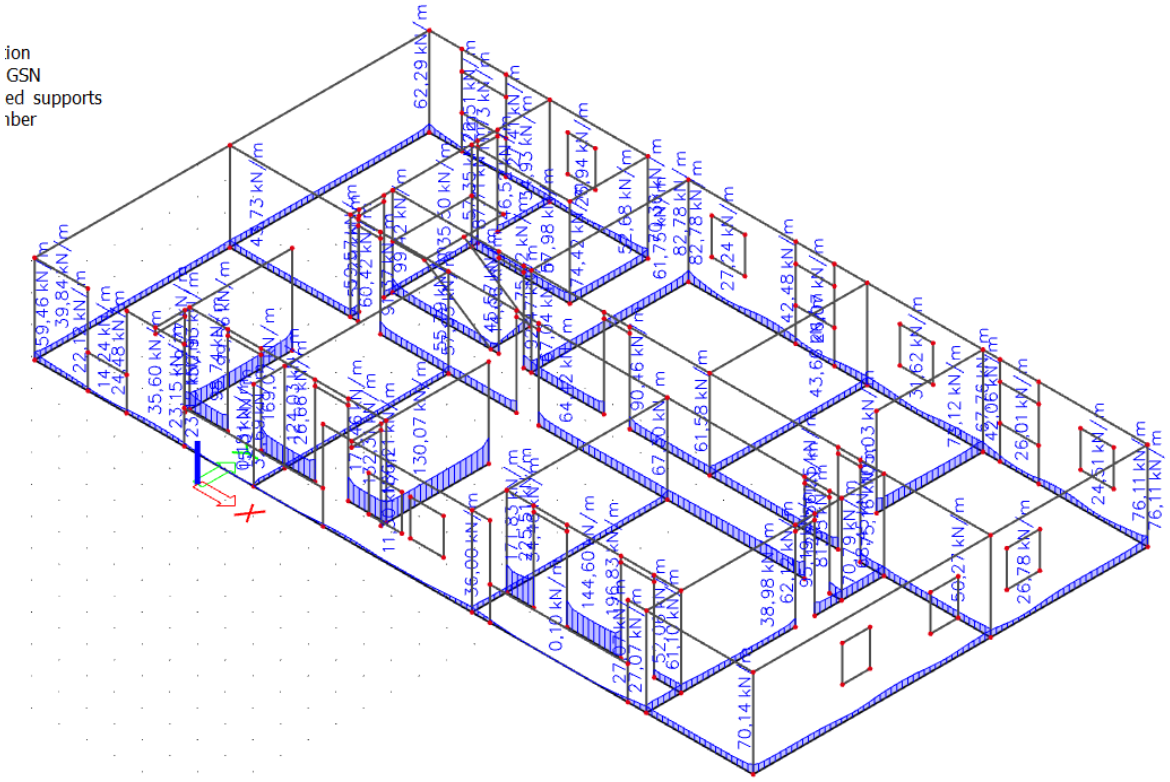
gdje je:

- B - širina temelja

- L - duljina temelja

- N_{sd} - uzdužna sila na dodiru temelj-tlo (dobivena od vlastite težine zida, vlastite težine temelja, stalnog opterećenja, promjenjivog opterećenja.

Nsd se uzima kao faktorizirana vrijednost: Nsd=1,35·Ng+1,5·Nq



Slika 6.15: Reakcije na linijskim osloncima Rz za kombinaciju GSN

σ_{Rd} – računska nosivost tla, σ_{Rd} = 0,30 Mpa. Proračun temelja prikazat će se u tablici 6.3. i 6.4

Tablica 6.3:Prikaz proračuna širina temeljnih traka

—

	1	2	3
Temeljna traka	duljina temelja L [m]	**računska nosivost σ_{Ed} [kPa]**	**minimalna širina temelja m**
T 1/A-M	25,95	**41,7**	**0,14**
T 2/D-E	3,55	**73,0**	**0,24**
T 3/A-M	25,95	**72,0**	**0,24**
T 4/A-M	25,95	**74,7**	**0,25**
T 5/D-G	7,10	**135,9**	**0,45**
T 5/J-L	6,30	**142,0**	**0,47**
T 6/A-M	25,95	**26,7**	**0,09**
T A/1-6	14,25	**51,1**	**0,17**
T D/1-6	14,25	**68,2**	**0,23**
T E/1-6	14,25	**42,9**	**0,14**
T F/1-3	5,70	**72,3**	**0,24**
T G/3-6	7,05	**154,1**	**0,51**
T J/1-6	14,25	**51,8**	**0,17**
T K/1-3	7,10	**84,1**	**0,28**
T L/3-6	8,60	**66,4**	**0,22**
T M/1-6	14,25	**51,5**	**0,17**

Tablica 6.4:Prikaz proračuna naprezanja ispod temeljnih traka

	1	2	3	4	5
Temeljna traka	širina temelja b [m]	duljina temelja L [m]	Nsd=1,35·Ng+1,5·Nq Ns_d [kN]	**računska nosivost σ_{Ed} [kN]**	**σ_{Ed}/σ_{Rd} [%]**
T 1/A-M	0,50	25,95	1083,15	**83,5**	**0,28**
T 2/D-E	0,50	3,55	259,15	**146,0**	**0,49**
T 3/A-M	0,50	25,95	1868,66	**144,0**	**0,48**
T 4/A-M	0,50	25,95	1939,50	**149,5**	**0,50**
T 5/D-G	0,80	7,10	964,89	**169,9**	**0,57**
T 5/J-L	0,80	6,30	894,54	**177,5**	**0,59**
T 6/A-M	0,50	25,95	693,38	**53,4**	**0,18**
T A/1-6	0,50	14,25	727,75	**102,1**	**0,34**
T D/1-6	0,50	14,25	971,99	**136,4**	**0,45**
T E/1-6	0,50	14,25	611,33	**85,8**	**0,29**
T F/1-3	0,50	5,70	411,94	**144,5**	**0,48**
T G/3-6	0,80	7,05	1086,69	**192,7**	**0,64**
T J/1-6	0,50	14,25	737,44	**103,5**	**0,35**
T K/1-3	0,50	7,10	596,97	**168,2**	**0,56**
T L/3-6	0,50	8,60	571,38	**132,9**	**0,44**
T M/1-6	0,50	14,25	733,16	**102,9**	**0,34**

7. Glavni projekt fizike zgrade

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS.
Verzija KI EXPERT PLUS namijenjena je projektantima i usklađena je u potpunosti s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.)

7.1. Tehnički opis

Osnovni cilj energetskog pregleda zgrade je prikupljanjem i obradom podataka o tehničkim sustavima zgrade dobiti uvid u energetska svojstva zgrade.

Predmetna građevina je stambena zgrada na četiri etaže.. Ukupna bruto površina kata građevine iznosi 369,8 m^2. Visina etaža je 3,20 m, dok je debljina ploče 0,17 m, što čini ukupnu visinu od 12,8 m. Obujam grijanog dijela zgrade iznosi 4002,39m^3, ploština pročelja 1090,82 $m^{2,}$ dok je površina otvora 130m^2

Vanjski zidovi izvedeni su od blok opeke d=25cm. Unutrašnja žbuka je vapneno cementna dok se sa vanjske strane redaju slojevi ljepila, mineralne vune i silikatne žbuke
. Unutrašnji zidovi su također od blok opeke debljine d=25cm te obostrano premazani vapneno- cementnom žbukom.
Pod je izveden od armiranog betona debljine 15 cm, a termoizolaciju i hidroizolaciju postavljamo sa unutrašnje strane građevine. Međukatna konstrukcija je debljine 17 cm te sadržava plivajući pod radi smanjenja udarne buke. Slojevi koji čine međukatnu konstrukciju su cementni estrih, LDS, podna ploča-TPT, armirani beton i cementna žbuka. Krovna konstrukcija je izvedena kao ravni krov .Termoizolacija (XPS) je izvedena sa vanjske strane krova u debljini od 15 cm. .

7.2. Podaci o lokaciji objekta

Predmetna građevina se nalazi u 5. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min} > 3\ ^{o}C$ i unutarnjom temperaturom $\Theta_{i} \geq 18°C$.

Lokacija:

Referentna postaja: Split Marjan

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (° C)												
m	8,5	7,7	10,4	15,3	20,4	25,4	25	27,6	22,9	15,8	11,9	10,7	16,9
min	-3	-2,9	-1,5	2,6	8,8	14,1	18,6	16,4	12,5	6,1	1,8	-2,8	-3
max	15	15,4	18,7	23,8	28,1	32,2	32,2	32,9	29,4	23,7	23,4	16,5	32,9
	Tlak vodene pare (Pa)												
m	680	690	790	960	1280	1550	1620	1640	1510	1220	970	750	1140
	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	61	58	60	60	56	54	49	52	59	63	65	61	58
	Brzina vjetra (m/s)												
m	3,5	5	4,7	4,2	3,5	3	3,1	3	3,3	3,9	4,7	4,7	4
	Broj dana grijanja												
	Temperatura vanjskog zraka											≤ 10 ° C	83,1
												≤ 12 ° C	121,6
												≤ 15 ° C	168,4

Orij	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m ^{2})												
S	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	256	337	483	561	681	738	773	691	560	457	275	219	6032
	30	309	389	517	564	657	698	738	685	591	520	328	268	6265
	45	345	421	526	541	605	631	672	647	591	555	364	301	6199
	60	361	430	507	493	529	539	578	579	561	559	379	318	3834
	75	358	414	464	424	435	431	465	486	502	533	373	317	5202
	90	335	376	398	339	330	316	342	376	418	476	347	298	4351
SE, SW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	237	316	466	554	681	742	775	685	544	431	254	202	5886
	30	271	351	489	557	664	714	752	683	566	474	289	233	6043
	45	292	369	492	539	626	664	704	655	565	494	310	253	5961
	60	298	368	473	501	567	594	633	604	539	489	314	259	3639
	75	288	349	434	445	492	507	544	532	490	460	303	252	5094
	90	263	313	378	377	406	413	444	445	422	409	276	232	4376
E, W	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	192	268	422	528	670	740	768	659	499	370	209	162	5485
	30	193	267	416	514	648	715	742	641	490	368	209	163	5367
	45	191	262	402	491	614	675	703	611	473	361	206	161	5150
	60	183	251	378	457	567	621	649	568	445	345	198	155	4817
	75	171	232	346	413	508	555	581	513	407	319	185	144	4372
	90	153	207	304	360	440	480	504	447	358	284	165	130	3831
NE, NW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	146	215	372	494	651	731	751	623	444	301	160	121	5009
	30	115	173	319	443	600	680	693	561	383	244	127	95	4434
	45	87	144	276	391	635	609	618	494	330	205	98	74	3862
	60	78	104	237	345	472	536	543	435	287	153	81	69	3340
	75	72	88	171	290	414	470	476	373	216	113	75	63	2821
	90	64	81	133	202	319	374	370	265	143	104	68	57	2181
E, N	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	117	185	346	478	637	716	734	604	417	264	131	95	4721
	30	87	109	253	400	559	634	643	509	314	153	91	78	3830
	45	83	101	175	306	454	519	518	391	203	125	125	74	3036
	60	78	95	158	212	333	382	371	259	159	119	81	69	2317
	75	72	88	146	185	227	238	227	200	150	112	75	63	1782
	90	64	81	133	168	208	211	210	186	140	104	68	57	1631

Zona 1 - Zona 1

Uvjet	**Status**
Koeficijenti prolaska topline	**ZADOVOLJAVA**
Difuzija	**ZADOVOLJAVA**
Dinamičke toplinske karakteristike	**ZADOVOLJAVA**
Korisna energija	**ZADOVOLJAVA**
Primarna energija	**ZADOVOLJAVA**
Potrebni podaci	**Zona 1**
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m ^{2}]	2389,34
Obujam grijanog dijela zgrade – V_e [m ^{3}]	4065,90
Obujam grijanog zraka – V [m ^{3}]	3252,72
Faktor oblika zgrade - f_0 [m $^{-1}$]	0,59
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A_K	1270,60
Ukupna ploština pročelja – A_{uk} [m ^{2}]	1459,82
Ukupna ploština prozora – A_{wuk} [m ^{2}]	134,07

Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.10 Šuplji blokovi od gline	25,000	0,420	6,00	1,50	900,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	6,000	0,034	1,00	0,06	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ^{2}]:				Istok		178,97
				Sjever		300,74
				Zapad		194,33
				Jug		286,76

Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.10 Šuplji blokovi od gline	25,000	0,420	6,00	1,50	900,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	6,000	0,034	1,00	0,06	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ^{2}]:				Sjever		11,88

Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,000	0,480	10,00	2,50	1100,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						565,65

Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,000	0,480	10,00	2,50	1100,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						562,56

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

1	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 35	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	0,036	1,10	0,06	130,00
4	Knauf Insulation LDS 35	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
5	2.01 Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
6	3.01 Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						353,07

Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.19 Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	7.03 Ekstrudirana polistir.	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	5.01 Bitum. traka s uloškom	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	2.03 Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						317,65

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.19 Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	7.03 Ekstrudirana polistir.	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	5.01 Bitum. traka s uloškom	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	2.03 Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						35,42

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}]
1	3.01 Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	2.01 Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	7.03 Ekstrudirana polistir.	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	2.03 Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						317,65

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ^{3}
1	3.01 Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	2.01 Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	7.03 Ekstrudirana polistir.	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	2.03 Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m ^{2}]:						35,42

Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Naziv otvora	Uw [W/m ^{2} K]	Orijentacija	Aw [m ^{2}]	n
P 100 x120 g-v	1,40	Istok	1,20	8,00
P 120 x120 g-v	1,40	Istok	1,44	4,00
	1,40	Jug	1,44	8,00
P 140 x120 g-v	1,40	Jug	1,68	4,00
P 160 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,92	4,00
V 90 x 210 g-v	1,40	Jug	1,89	8,00
V 120 x 210 g-v	1,40	Jug	2,52	16,00
P 120 x120 n-v S	1,40	Sjever	1,44	3,00
V 110 x 210 n-v S	1,40	Sjever	2,31	1,00
V 90 x 200 g-n	2,00	Jug	1,80	6,00
P 120 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,44	12,00
P 140 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,68	8,00

Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m ^{2}]	A $_g$ [m ^{2}]	f	g $_{tot}$ f	max	Zadovoljava
soba 1	Jug	9,12	2,30	0,25	0,04	0,20	Da

Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

Naziv prostorije	Naziv otvora	fc	A $_g$ [m ^{2}]	g $_\perp$	n
soba 1	P 120 x120 g-v	0,30	1,15	0,60	2

Sustav grijanja i energent za grijanje

Sustav grijanja:	Lokalno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi s prekidom rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – $f_{H,hr}$	0,71
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – $f_{C,day}$:	1,00
Vrsta energenta za grijanje:	Električna energija
Vrsta i način korištenja obnovljivih izvora energije:	
Udio obnovljive energije u isporučenoj energiji [%]:	0,00

Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20,00 °C

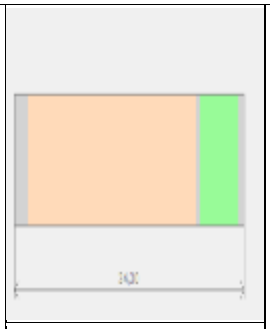
Proračun građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m^2]	U [W/m^2K]	U_{max} [W/m^2K]	OK
Z1 g-v	960,80	0,39	0,45	✔
Z3 n-v	11,88	0,39	0,45	✔
Z2 g-n	565,65	0,52	0,60	✔
Z4 g-g	562,56	0,52	0,80	✔
Mk1 g-g	353,07	0,57	0,80	✔
P1 g-tlo	317,65	0,40	0,50	✔
P2 n-tlo	35,42	0,40	0,50	✔
K1 g-v	317,65	0,30	0,30	✔
K2 n-v	35,42	0,30	0,30	✔

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

Opći podaci o građevnom dijelu

A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
960,80	178,97	194,33	300,74	286,76	0,00	0,00	0,00	0,00



Toplinska zaštita:	U [W/m^2 K] = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,39 ≤ 0,90	ZADOVOLJAVA
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god}$ = 0,00	ZADOVOLJAVA
Dinamičke karakteristike:	283,70 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA

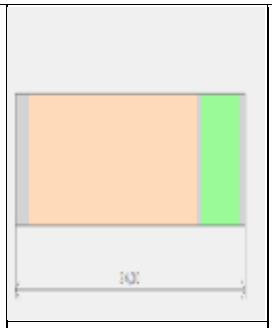
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.10 Šuplji blokovi od gline	25,000	900,00	0,420	0,595
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	6,000	25,00	0,034	1,765
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1100,00	1,600	0,001
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,040
					R_T = 2,564

U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m^2 K] =**	U = 0,39 ≤ U_{max} = 0,45	ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela **283,70 [kg/m2]**	283,70 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA

Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

Opći podaci o građevnom dijelu

A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
11,88	0,00	0,00	11,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



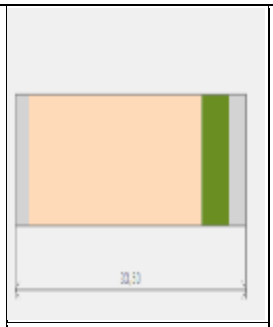
Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,39 ≤ 0,90	ZADOVOLJAVA
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god}$ = 0,00	ZADOVOLJAVA
Dinamičke karakteristike:	283,70 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.10 Šuplji blokovi od gline	25,000	900,00	0,420	0,595
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	6,000	25,00	0,034	1,765
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1100,00	1,600	0,001
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,040
					R_T = 2,564

U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] =**	U = 0,39 ≤ U_{max} = 0,45	ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela **283,70 [kg/m2]**	283,70 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,39 ≤ 0,45	ZADOVOLJAVA

Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

Opći podaci o građevnom dijelu

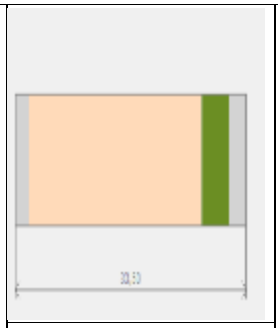
	A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	565,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,52 ≤ 0,60	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,39 ≤ 0,87	ZADOVOLJAVA
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god}$ = 0,00	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[$m^2 K/W$]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,000	1100,00	0,480	0,521
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	16,00	0,037	1,081
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,130
					R_T = 1,907
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] =**		U = 0,52 ≤ U_{max} = 0,60		ZADOVOLJAVA	

Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

Opći podaci o građevnom dijelu

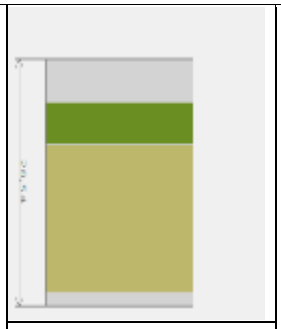
	A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	562,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m^2 K] = 0,52 ≤ 0,80			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,000	1100,00	0,480	0,521
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	16,00	0,037	1,081
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,130
					R_T = 1,907
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m^2 K] =**		U = 0,52 ≤ U_{max} = 0,80		ZADOVOLJAVA	

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

Opći podaci o građevnom dijelu

A_{gd} [m²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
353,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



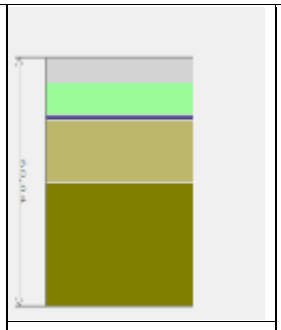
Toplinska zaštita:	U [W/m² K] = 0,57 ≤ 0,80	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m³]**	**λ[W/mK]**	**R[m² K/W]**
1	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500	0,000
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	130,00	0,036	1,389
4	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500	0,000
5	2.01 Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
6	3.01 Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009
					R_{si} = 0,170
					R_{se} = 0,100
					R_T = 1,766
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m² K] =**		U = 0,57 ≤ U_{max} = 0,80		ZADOVOLJAVA	

Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

Opći podaci o građevnom dijelu

A_{gd} [m²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
317,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

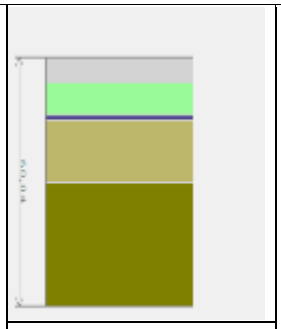


Toplinska zaštita:	U [W/m² K] = 0,40 ≤ 0,50	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{Si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,00 ≤ 0,90	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m³]**	**λ[W/mK]**	**R[m² K/W]**
1	3.19 Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	37,50	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	900,00	0,200	0,001
5	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	1100,00	0,230	0,043
6	2.03 Beton	15,000	2400,00	2,000	-
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	1700,00	0,810	-
					R_{si} = 0,170
					R_{se} = 0,000
					R_T = 2,475
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m² K] =**		U = 0,40 ≤ U_{max} = 0,50		ZADOVOLJAVA	

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

Opći podaci o građevnom dijelu



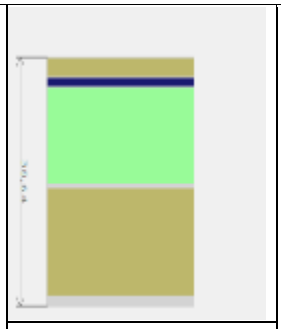
A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
35,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,40 ≤ 0,50	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,00 ≤ 0,90	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[$m^2 K/W$]**
1	3.19 Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	37,50	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	900,00	0,200	0,001
5	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	1100,00	0,230	0,043
6	2.03 Beton	15,000	2400,00	2,000	-
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	1700,00	0,810	-
					R_{si} = 0,170
					R_{se} = 0,000
					R_T = 2,475
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] =**		U = 0,40 ≤ U_{max} = 0,50		ZADOVOLJAVA	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

Opći podaci o građevnom dijelu

	A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	317,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

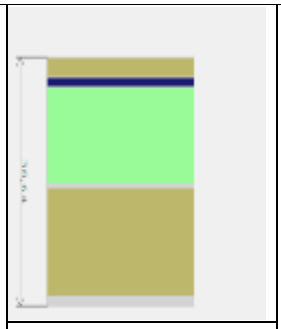
Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{Si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,39 ≤ 0,93	ZADOVOLJAVA
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god}$ = 0,00	ZADOVOLJAVA
Dinamičke karakteristike:	557,61 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.01 Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009
2	2.01 Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,00	160,000	0,000
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	900,00	0,200	0,001
7	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	37,50	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	900,00	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	1200,00	0,170	-
10	2.03 Beton	3,000	2400,00	2,000	-
					R_{si} = 0,100
					R_{se} = 0,040
					R_T = 4,409
					ΔU = 0,069

U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] =**	U = 0,30 ≤ U_{max} = 0,30	ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela **557,61 [kg/m2]**	557,61 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

Opći podaci o građevnom dijelu

	A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	35,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni ϕ_{si} ≤ 0,8)	fRsi = 0,39 ≤ 0,93	ZADOVOLJAVA
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god}$ = 0,00	ZADOVOLJAVA
Dinamičke karakteristike:	557,61 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.01 Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009
2	2.01 Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,00	160,000	0,000
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	900,00	0,200	0,001
7	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	37,50	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	900,00	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	1200,00	0,170	-
10	2.03 Beton	3,000	2400,00	2,000	-
					R_{si} = 0,100
					R_{se} = 0,040
					R_T = 4,409
					ΔU = 0,069

U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] =**	U = 0,30 ≤ U_{max} = 0,30	ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela **557,61 [kg/m2]**	557,61 ≥ 100 kg/m^2 U = 0,30 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA

Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

Korištene kratice:
M.o. – Materijal okvira (D – Drvo, P – PVC, M - Metal, M2 – Metal s prekinutim topl. mostom, B – Beton)
N.p. – Nagib plohe
M.i. – Materijal ispune

Istok														
Naziv	**M.o.**	**N.p.** [°]	**F_{hor}**	**F_{ov}**	**F_{Fin}**	**$F_{sh,ob}$**	**$g_{\perp}$**	**$F_{sh,gl}$**	**A_{Sol}** [m^2]	**A_f** [m^2]	**A_g** [m^2]	**A_w** [m^2]	**n**	**U_w** [W/m^2K]
P 100 x120 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,35	0,24	0,96	1,20	8,00	1,40
P 120 x120 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,40	0,29	1,15	1,44	4,00	1,40
Jug														
Naziv	**M.o.**	**N.p.** [°]	**F_{hor}**	**F_{ov}**	**F_{Fin}**	**$F_{sh,ob}$**	**$g_{\perp}$**	**$F_{sh,gl}$**	**A_{Sol}** [m^2]	**A_f** [m^2]	**A_g** [m^2]	**A_w** [m^2]	**n**	**U_w** [W/m^2K]
P 120 x120 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,40	0,29	1,15	1,44	8,00	1,40
P 140 x120 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,44	0,34	1,34	1,68	4,00	1,40
V 90 x 210 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,50	0,38	1,51	1,89	8,00	1,40
V 120 x 210 g-v	P	90 (1)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,67	0,50	2,02	2,52	16,00	1,40

Naziv	**M.i.**	**M.o.**	**A_f** [m^2]	**A_g** [m^2]	**A_w** [m^2]	**n**	**U_w** [W/m^2K]
P 160 x120 g-v S		P	0,38	1,54	1,92	4,00	1,40
P 120 x120 n-v S		P	0,29	1,15	1,44	3,00	1,40
V 110 x 210 n-v S		P	0,46	1,85	2,31	1,00	1,40
V 90 x 200 g-n		D	1,80	0,00	1,80	6,00	2,00
P 120 x120 g-v S		P	0,29	1,15	1,44	12,00	1,40
P 140 x120 g-v S		P	0,34	1,34	1,68	8,00	1,40

. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline U W(m^2 K), tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem U, svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za UTM = 0,05 W/(m^2 K).

Koeficijenti transmisijskih gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	728,638
Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	130,762
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	78,549
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	937,948

Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun H_D

Naziv građevnog dijela	(U + 0,05) · A
Z1 g-v	422,781
Z3 n-v	5,228
K1 g-v	109,953
K2 n-v	12,260

Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

Naziv otvora	n	A_w	U_w	H_D
P 100 x120 g-v	8,00	1,20	1,40	13,44
P 120 x120 g-v	12,00	1,44	1,40	24,19
P 140 x120 g-v	4,00	1,68	1,40	9,41
P 160 x120 g-v S	4,00	1,92	1,40	10,75
V 90 x 210 g-v	8,00	1,89	1,40	21,17
V 120 x 210 g-v	16,00	2,52	1,40	56,45
P 120 x120 n-v S	3,00	1,44	1,40	6,05
V 110 x 210 n-v S	1,00	2,31	1,40	3,23
V 90 x 200 g-n	6,00	1,80	2,00	21,60
P 120 x120 g-v S	12,00	1,44	1,40	24,19
P 140 x120 g-v S	8,00	1,68	1,40	18,82

Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U [W/m	Hg [W/K]
G1	Podovi na tlu	0,24	126,72
G2	Podovi na tlu	0,09	4,04

Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, $H_{g,m,H}$ [W/K]

Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	64,38	59,93	68,29	117,02	-1892,14	-117,19	-110,22	-73,36	-246,51	110,75	74,61	76,66
G2	0,67	0,62	0,65	0,92	-106,16	-7,45	-7,76	-5,12	-14,38	0,67	0,66	0,78

Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, $H_{g,m,C}$ [W/K]

Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	47,76	45,23	48,21	63,22	210,24	-452,00	-551,12	-154,87	649,89	56,72	49,94	53,61
G2	0,50	0,47	0,46	0,50	11,80	-28,75	-38,80	-10,81	37,92	0,35	0,44	0,54

Podovi na tlu

Gubitak	A [m²]	P [m]	B [m]	d_t [m]	R_f [m²K/W]	K.p. [W/mK]	ΔΨ [W/mK]	U_o [W/m²K]	U [W/m²K]	d' [m]	R' [m]	R_n [m²K/W]	d_n [cm]	R.i.	D [m]	ψ [W/mK]	H [W/mK]
G1	317,65	84,31	7,54	5,13	2,22	2,00	0,00	0,24	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	(A)	0,00	0,60	126,72
G2	35,42	1,50	47,23	5,13	2,22	2,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	(B)	0,00	0,60	4,04

Gubici topline kroz negrijane prostore

Korištene kratice:
G.g.d. – Granični građevni dijelovi
G.o. – Granični otvori
Z. - Zrakopropusnost

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m^3]	n_{ue}	b	H_U
1	(1)	(a)	*	453,40	0,50	0,23	78,55

(1) Z2 g-n, Z3 n-v, K2 n-v
(a) V 90 x 200 g-n, P 120 x120 n-v S, V 110 x 210 n-v S
* Svi spojevi između dijelova su dobro zabrtvljeni, nije predviđena nikakva ventilacija.

Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2389,34	[m^2]
Obujam grijanog dijela zgrade	V_e	4065,90	[m^3]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	3252,72	[m^3]
Faktor oblika zgrade	f_0	0,59	[m^{-1}]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A_K	1270,60	[m^2]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama	A_f	317,65	[m^2]
Ukupna ploština pročelja	A_{uk}	1459,82	[m^2]
Ukupna ploština prozora	A_{wuk}	134,07	[m^2]

Toplinski gubici

Uključivanje grijanja

Temperatura manja od 12 °C

a) Transmisijski gubici	
Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu $H_{g,avg}$ - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H_{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline	937,948 [W/K]

Dodatni transmisijski gubici kroz granice sa susjednim zonama

Granice sa susjednim zonama nisu definirane.

b) Gubici provjetravanjem

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	A = 1270,60 [m^2]
Neto volumen zone	V = 3252,72 [m^3]
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	n_{50} = 2,00 [h^{-1}]
Površina kanala	A_{duct} = 0,00 [m^2]
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{indoorduct}$ = 0,00 [m^2]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	e_{wind} = 0,03 [-]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	f_{wind} = 20,00 [-]
Dnevno vrijeme korištenja zone	t_{Kor} = 15,00 [h]
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{v,mech}$ = 17,00 [h]
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	V_A = 0,00 [$m^3/(hm^2)$]
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	n_{req} = 0,50 [h^{-1}]

c) Ukupni gubici topline

Način grijanja	
Sustavi s prekidom rada noću	$\theta_{int,set.H}$ = 20,00 [°C]

Mjesečni gubici topline [kWh]

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja [kWh]	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za hlađenje [W/K]	Koef. topl. gubitka za
Siječanj	15068,31	11357,49	1281,84	1293,68
Veljača	13463,44	10102,32	1276,45	1285,35
Ožujak	12294,20	8570,58	1271,11	1279,96
Travanj	8728,67	5165,48	1275,00	1302,44
Svibanj	4290,27	60,98	1372,97	409,82
Lipanj	316,20	0,00	4391,55	1239,08
Srpanj	0,00	0,00	839,02	1201,40
Kolovoz	0,00	0,00	1263,03	1237,18
Rujan	3654,37	0,00	1804,63	1298,39
Listopad	6296,13	2521,08	1262,28	1253,08
Studeni	10397,06	6788,06	1277,44	1290,75
Prosinac	14278,00	10591,09	1288,34	1306,49

Godišnji gubici topline [kWh]

	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja
Godišnje	88786,64	55157,07

Toplinski dobici

a) Solarni dobici

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 2.A.2. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 2.A.1. ovoga elaborata.

Solarni toplinski dobici [kWh]

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{sol,k}$	1328	1574	1800	2114	1276	1295	1385	1396	1394	2083	1371	1260
$Q_{sol,u,l}$	-3	0	3	6	9	11	11	8	5	2	-2	-3
Q_{sol}	1325	1574	1803	2119	1284	1305	1396	1405	1399	2084	1369	1257

Dodatni solarni dobici topline

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

b) Unutarnji dobici topline

Mjesečni unutarnji dobici topline

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{int}	4.726,63	4.269,22	4.726,63	4.574,16	4.726,63	4.574,16	4.726,63	4.726,6	4.574,16	4.726,63	4.574,16	4.726,63

Dodatni unutarnji dobici topline kroz granice sa susjednim zonama

Granice sa susjednim zonama nisu definirane!

Dodatni unutarnji dobici topline

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

c) Ukupni dobici topline

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	Q_{int} = 55.652,28 [kWh]
Solarni dobici topline	Q_{sol} = 18.321,05 [kWh]
Ostali dobici topline	Q' = 0,00 [MJ]

Mjesečni dobici topline

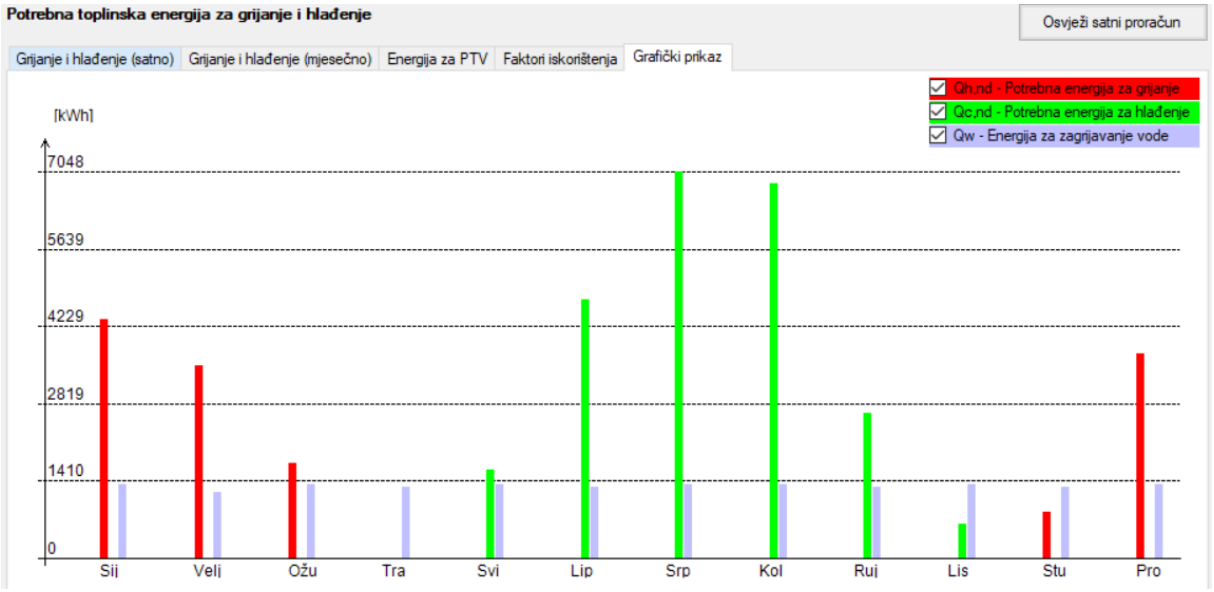
Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	21785,72	6051,59
Veljača	21035,96	5843,32
Ožujak	23507,86	6529,96
Travanj	24096,02	6693,34
Svibanj	21639,69	6011,02
Lipanj	21166,69	5879,64
Srpanj	22040,63	6122,40
Kolovoz	22073,65	6131,57
Rujan	21503,76	5973,27
Listopad	24518,92	6810,81
Studeni	21394,28	5942,85
Prosinac	21540,83	5983,56

Godišnji dobici topline

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	266304,00	73973,33

7.3. Rezultati proračuna

—



Slika 7.1: Grafički prikaz potrebne energije za grijanje i hlađenje

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili višu

Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 2389,34\ [m^2]$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 4065,9\ [m^3]$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0.59\ [m^{-1}]$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 1270,6 [m^2]$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 14226,76$ [kWh/a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 11,20$ (max = 34,49) [kWh/m^2 a]
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 23549,42$ [kWh/a]
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 16753,59$[kWh/a]
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 13,19$ [kWh/m^2 a]
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 27040,29$ [kWh/a]
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne	$E''_{prim} = 21,28$ (max = 90.00) [kWh/m^2
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0.39$ (max = 0.71) [W/m^2 K]
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 937,95$ [W/K]

8. Zaključak

Za zadanu konstrukciju proveden je proračun koristeći pravila za jednostavne zidane zgrade. Proračun se provodio u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. za opterećenja i kombinacije opterećenja koja izazivaju najkritičnije rezne sile.

Zidovi su provjeravani na vertikalno i horizontalno, odnosno potresno djelovanje te zadovoljavaju dokaz mehaničke otpornosti na vertikalno djelovanje sa vrlo niskim postotkom iskoristivosti dok je na temelju potresnih sila koje se javljaju u konstrukciji određena potrebna armatura. Temelji su izvedeni kao temeljne trake s nadtemeljnim zidovima, a širina se određuje na temelju kontaktnih naprezanja koja se javljaju na plohi temelj-tlo koja su ograničena računskom nosivosti. Temelji su dimenzionirani tako da slijeganje bude približno ujednačeno u svim područjima.

U računalnom programu KI EXPERT PLUS je izvršen proračun fizike zgrade. Sve konstrukcije su projektirane tako da postižu zadovoljavajuće vrijednosti toplinske zaštite, da konstrukcije izložene velikim temperaturnim promjenama budu stabilne, te da unutar sastava obodnih konstrukcija ne dolazi do stvaranja kondezata vodene pare koji se neće moći isušiti.

9. Prilozi

Prilog 1 – Plan pozicija 00 M 1:100

Prilog 2 – Plan pozicija 100 M 1:100

Prilog 3 – Presjek 2-2 M 1:100

Prilog 4 – Presjek 3-3 M 1:100

Prilog 5 – Presjek 1-1 M 1:100

Prilog 6 – Južno pročelje M 1:100

Prilog 7 – Istočno i zapadno pročelje M 1:100

Prilog 8 –Sjeverno pročelje M 1:100

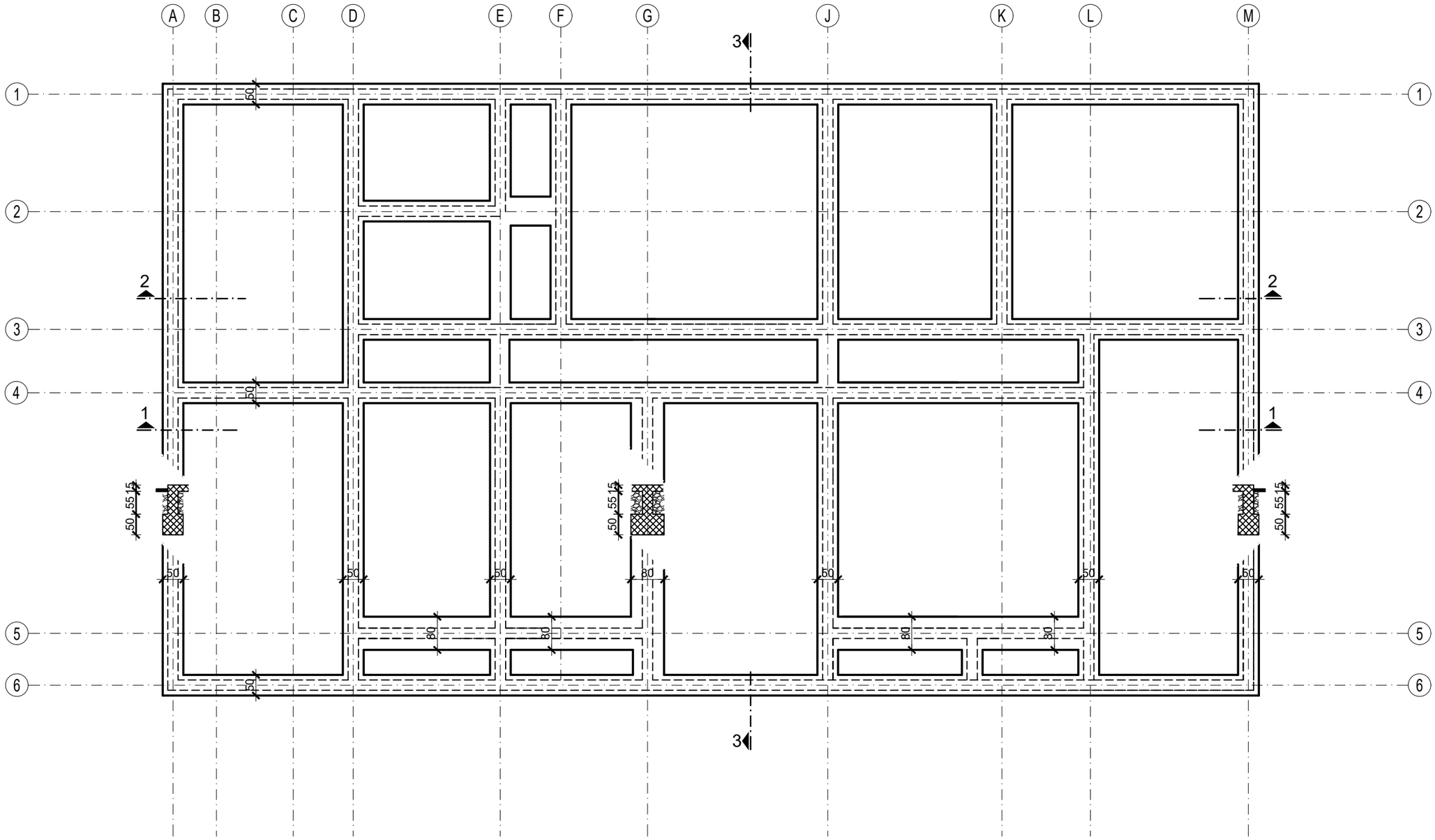
Prilog 9 – Presjek kroz zid M 1:25

Prilog 10 –Armatura ploče pozicija 100-donja zona M 1:100

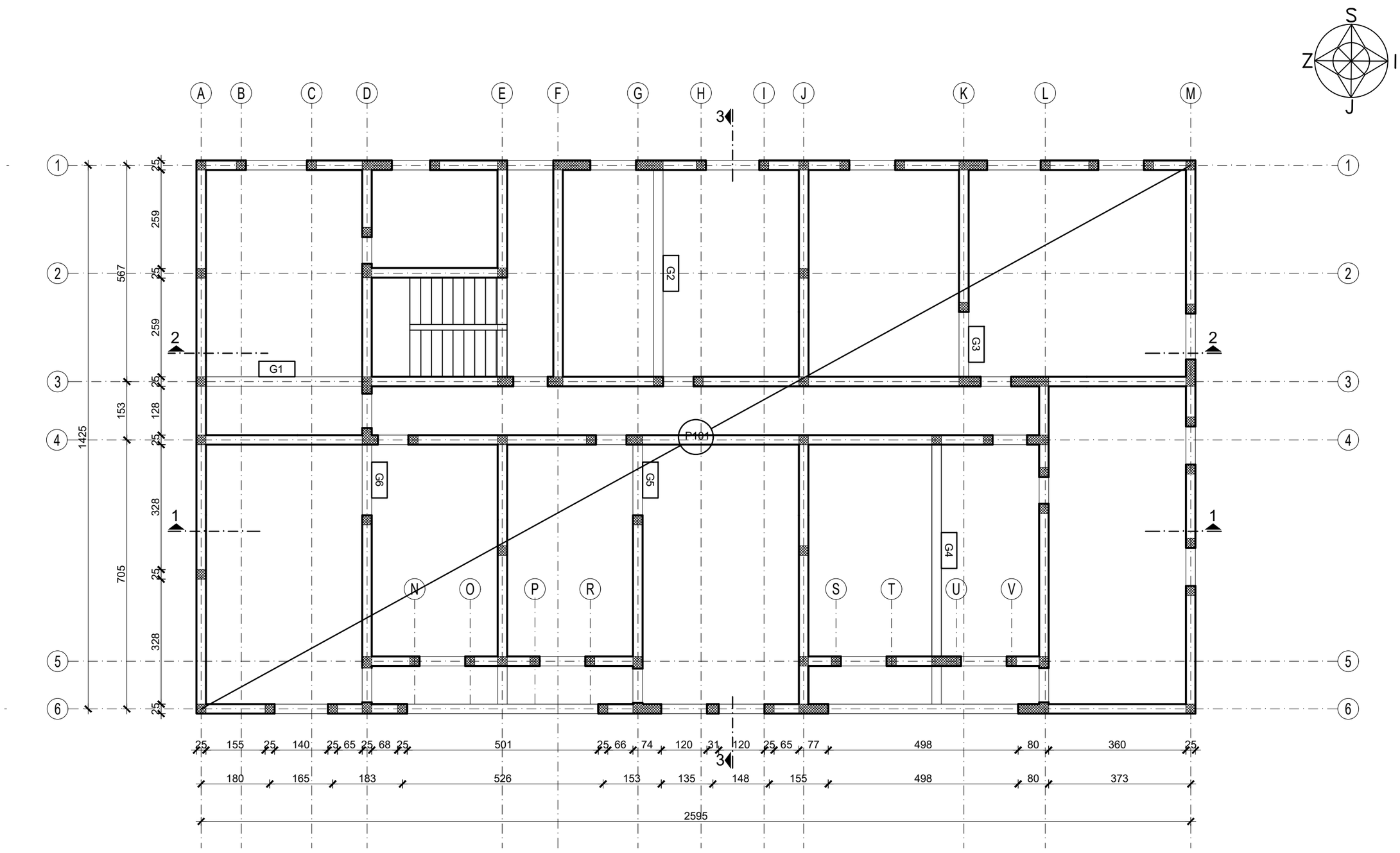
Prilog 11 – Armatura ploče pozicija 100-gornja zona M 1:100

Prilog 12 – Pozicija zidova za fiziku zgrade M 1:100

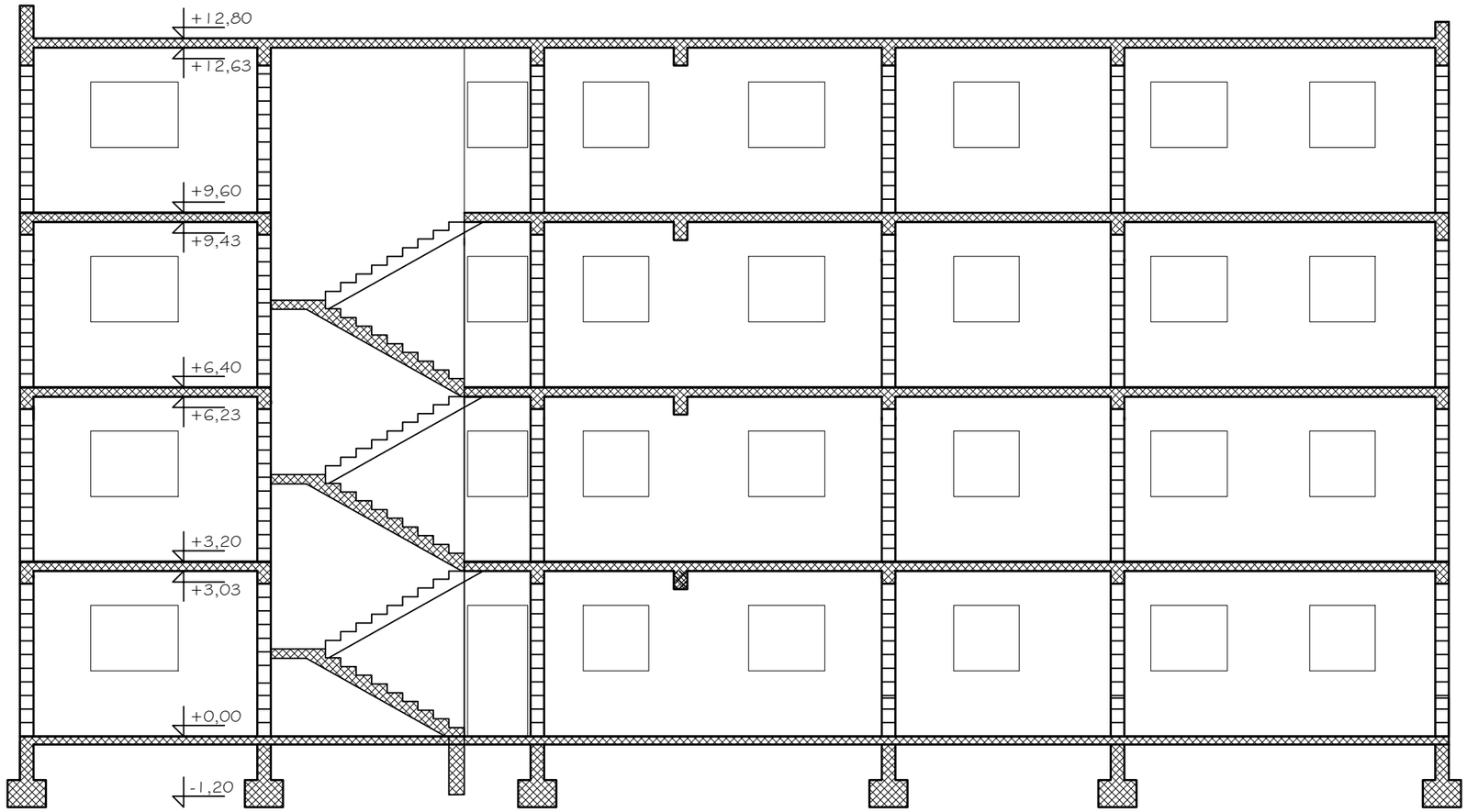
Prilog 13 – Pozicija ploča za fiziku zgrade M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PLAN POZICIJA 00	mjerilo: M 1:100	list: 1



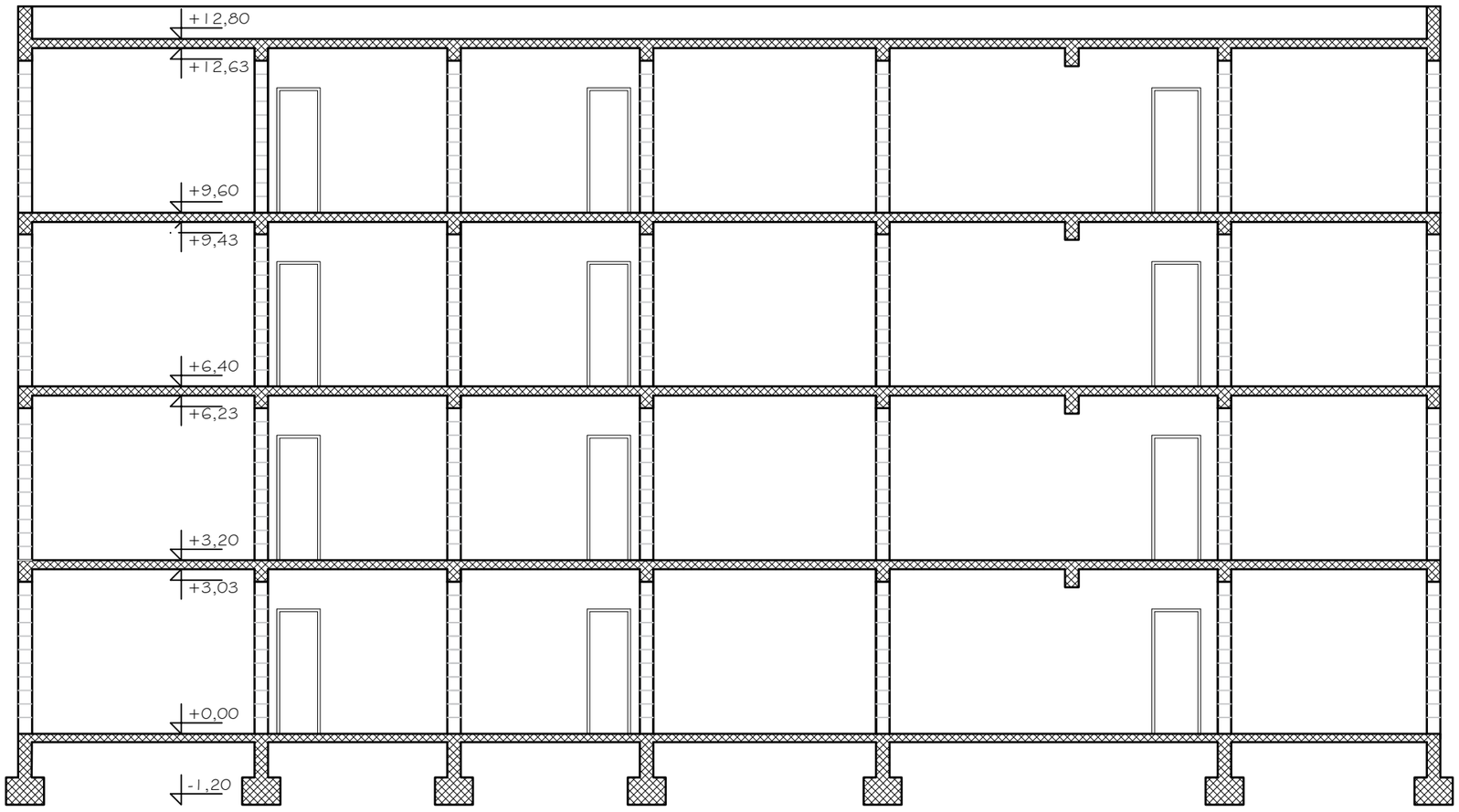
SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PLAN POZICIJA 100	mjerilo: M 1:100	list: 2



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

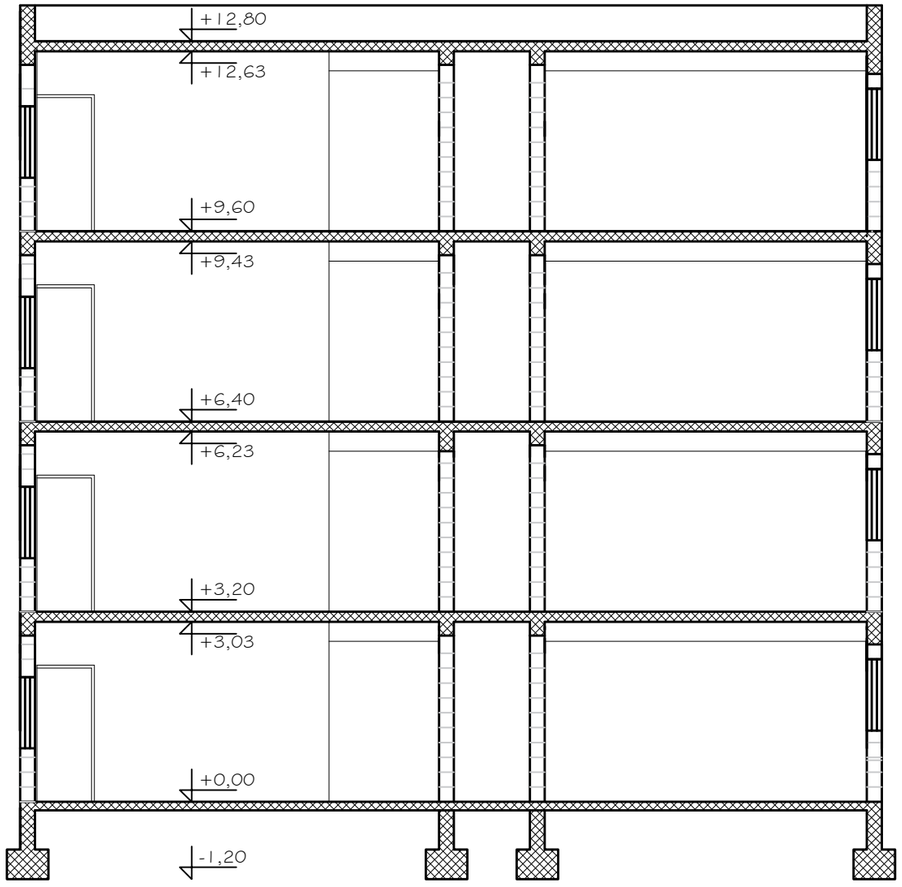
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PRESJEK 2-2	mjerilo: M 1:100	list: 3



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

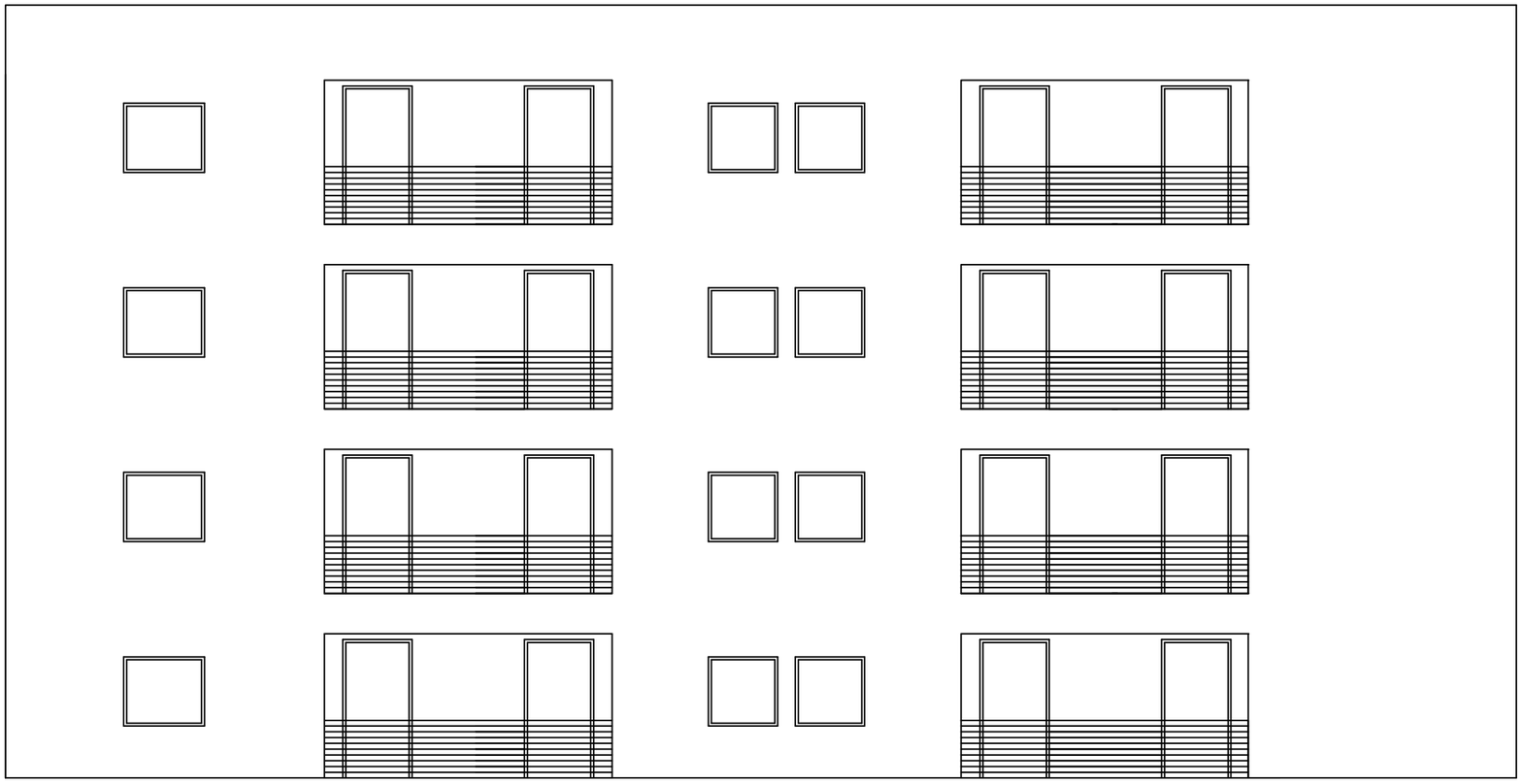
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PRESJEK 3-3	mjerilo: M 1:100	list: 4



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

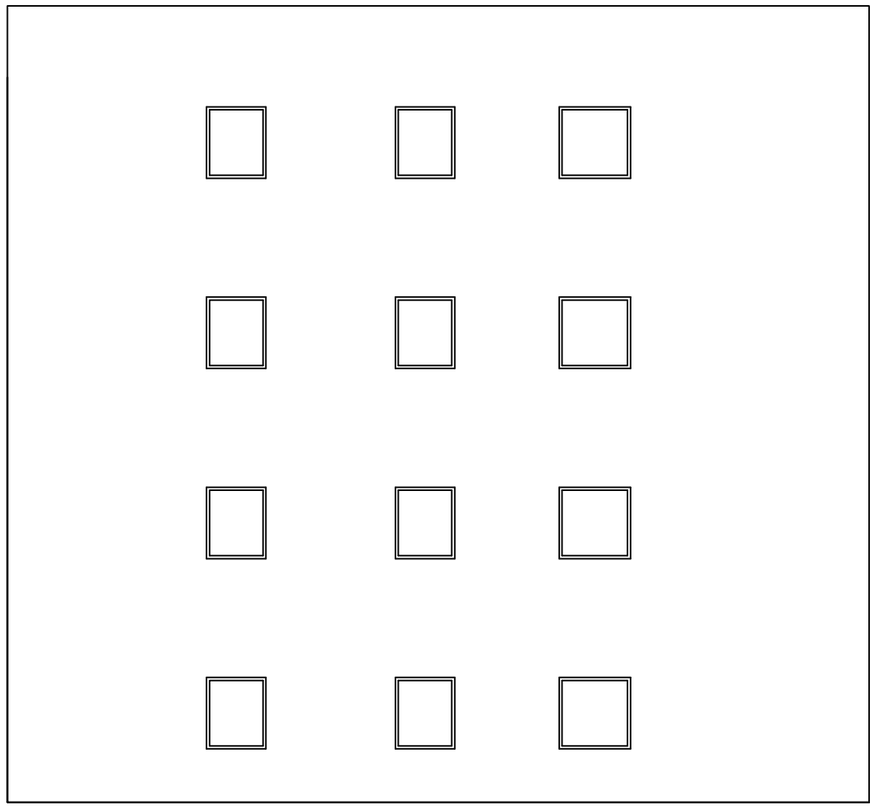
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PRESJEK 1-1	mjerilo: M 1:100	list: 5

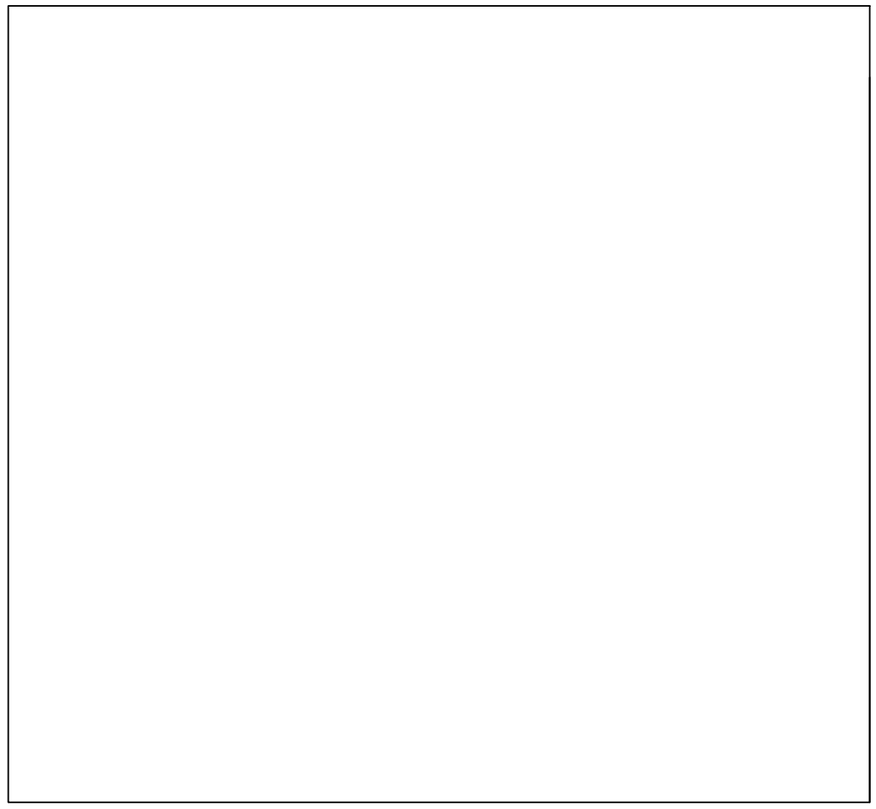


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	JUŽNO PROČELJE	mjerilo: M 1:100	list: 6

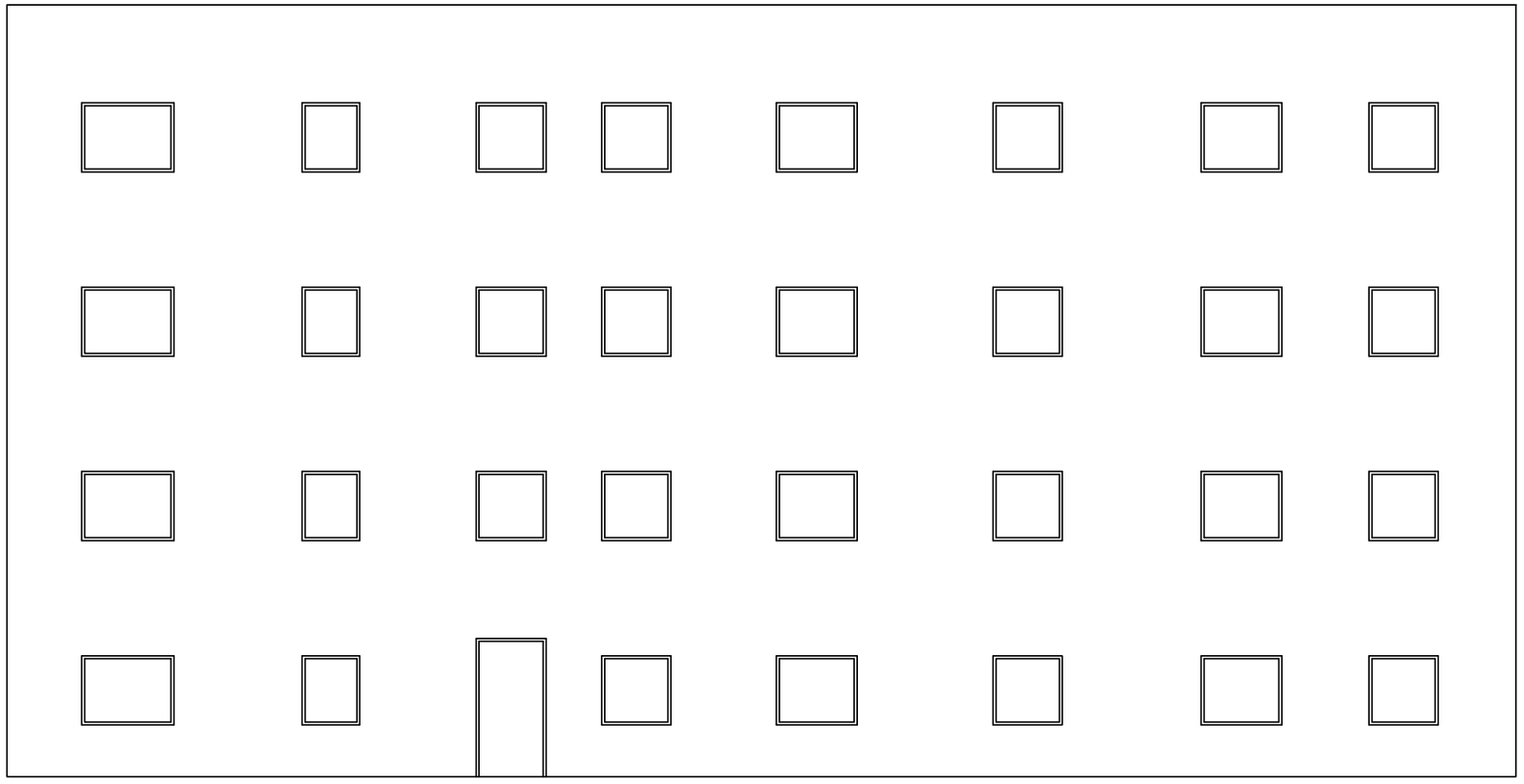




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

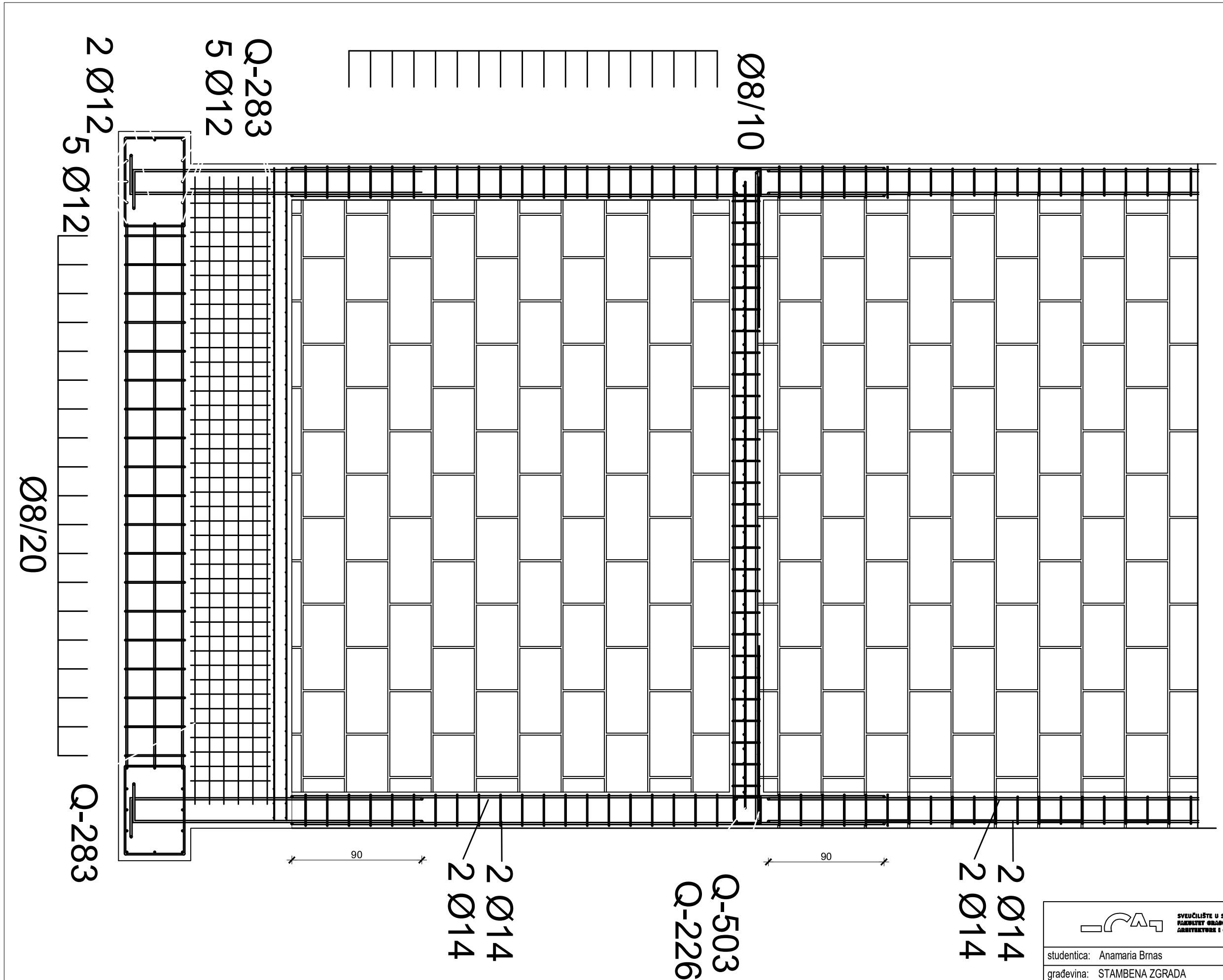
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	ISTOČNO I ZAPADNO PROČELJE	mjerilo: M 1:100	list: 7



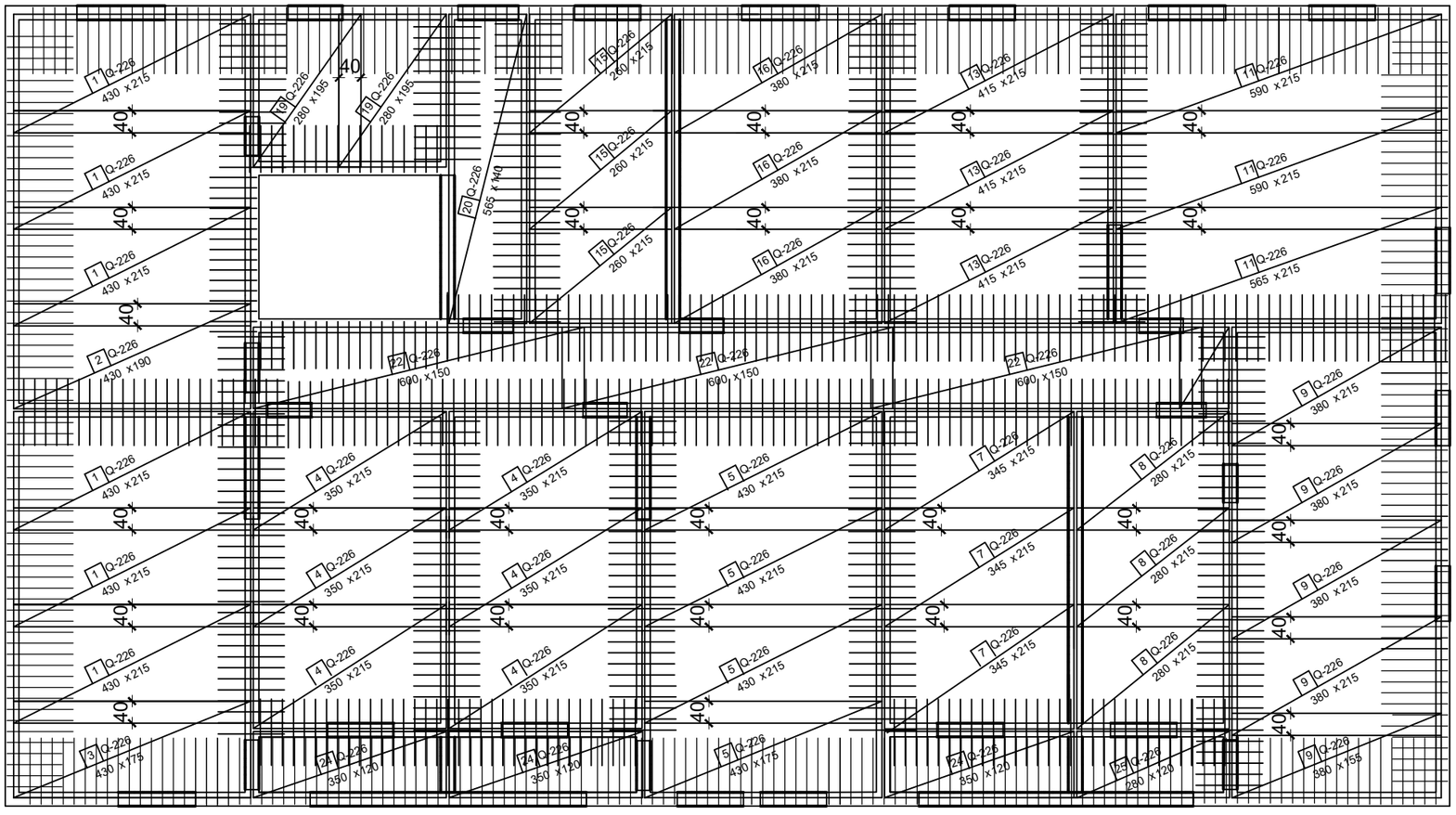
SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

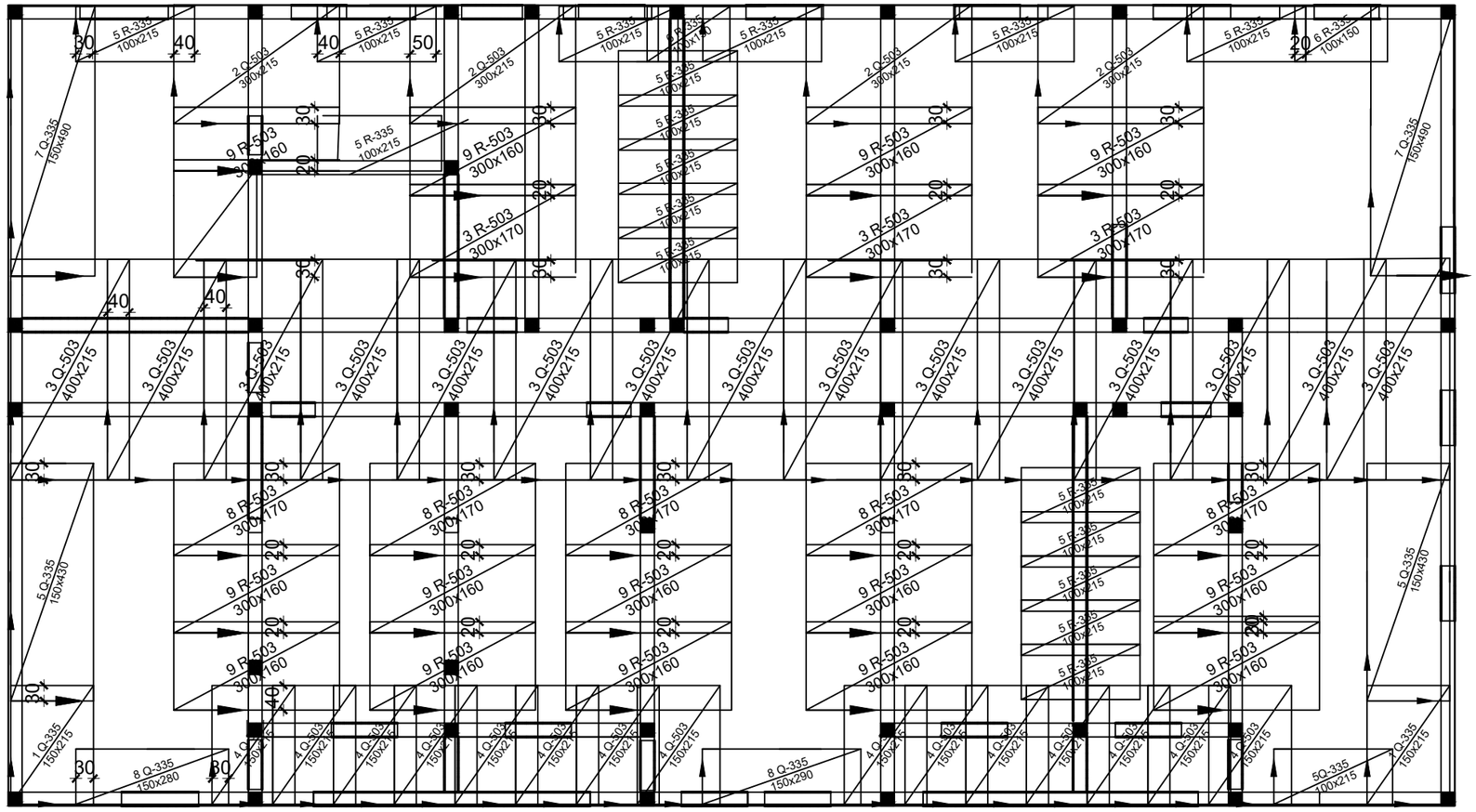
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	SJEVERNO PROČELJE	mjerilo: M 1:100	list: 8



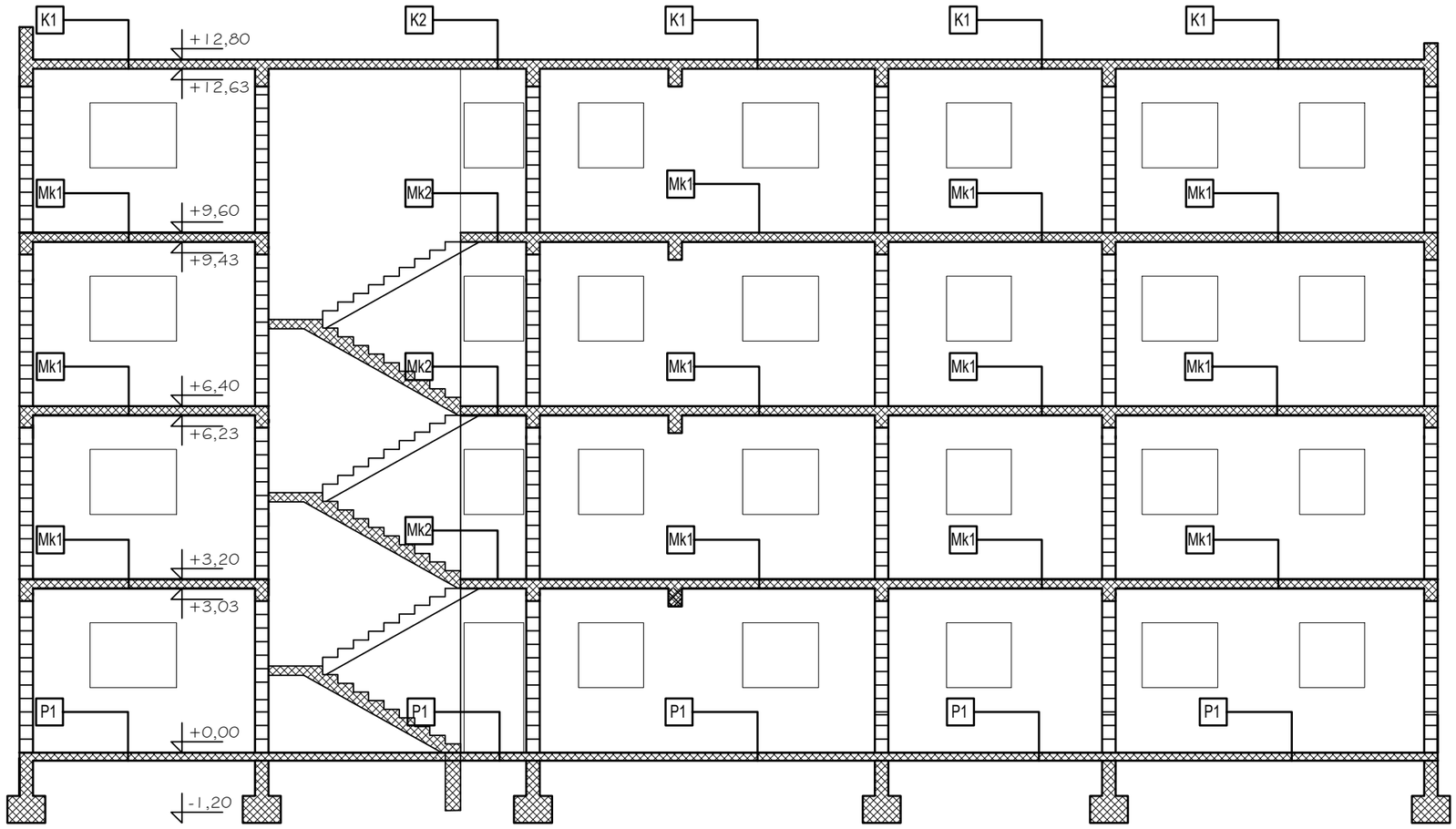
SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	PRESJEK KROZ ZID Z4-AD	mjerilo: M 1:25	list: 9



SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE / UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY			
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	ARMATURA PLOČE POZ. 100-DONJA ZONA	mjerilo: M 1:100	list: 10



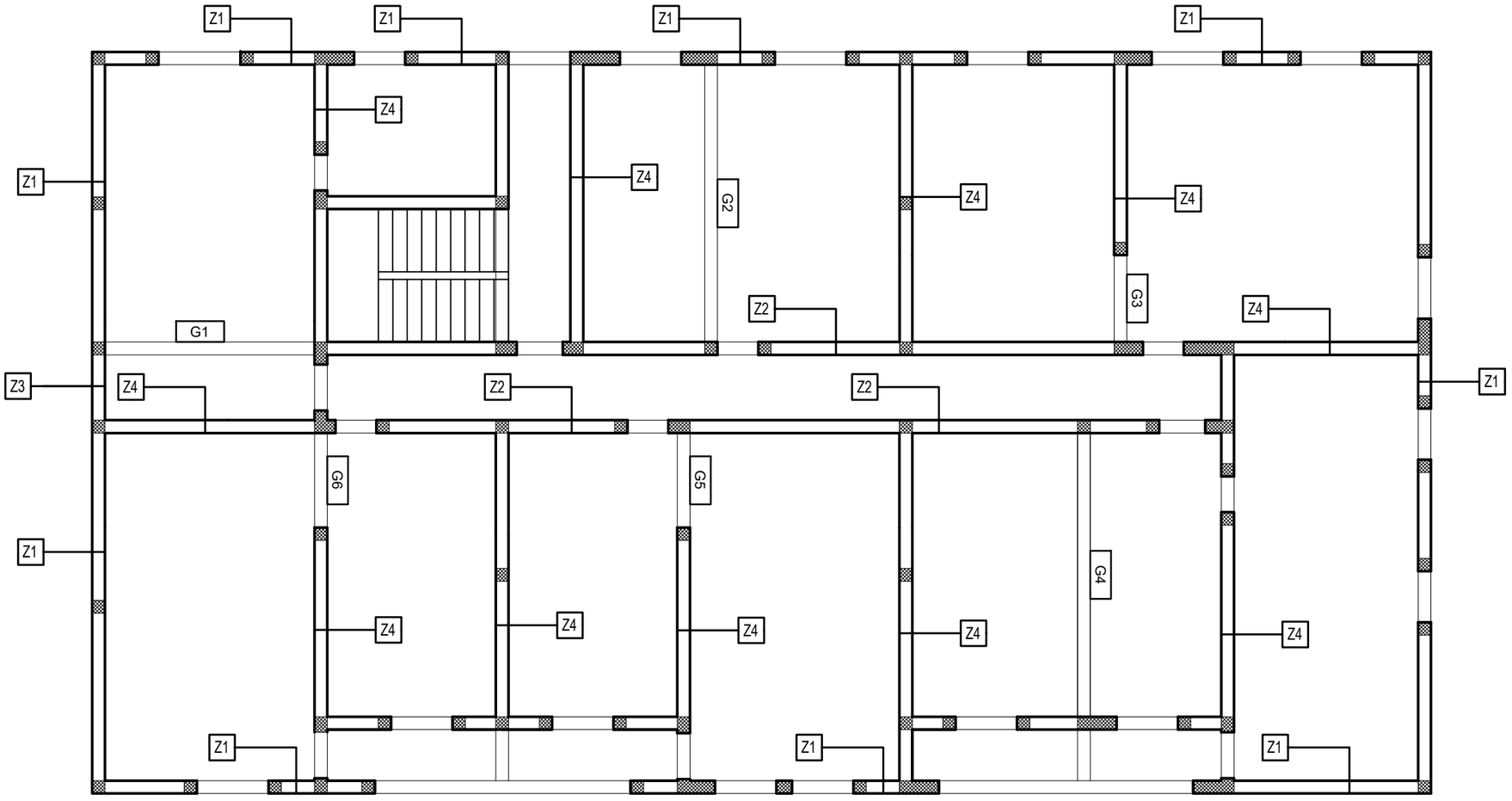
SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	
studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	ARMATURA PLOČE POZ. 100-GORNJA ZONA	mjerilo: M 1:100	list: 11



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	POZICIJA ZIDOVA ZA FIZIKU ZGRADE	mjerilo: M 1:100	list: 12



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

studentica:	Anamaria Brnas		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE		datum: 7/2019.
mentor:	Ivan Balić		
sadržaj:	POZICIJA PLOČA ZA FIZIKU ZGRADE	mjerilo: M 1:100	list: 13

10. Literatura

[1]	Aničić D., Franko T., Zidane konstrukcije: Priručnik za investitore, projektante, Karlovac, Wienerberger Ilovac d.d., 2010.
[2]	Europska norma EN 1998, 2004
[3]	Europska norma EN 1996, 2004
[4]	Europska norma EN 1992, 2004
[5]	Mihanović A., Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilšta u Splitu, Split, 1995
[6]	Trogrlić B., Potresna otpornost omeđenog ziđa – pushover metoda, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2013
[7]	Radić J. i suradnici, Zidane konstrukcije 1: Priručnik, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2007
[8]	Sorić Z., Zidane konstrukcije 1, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.
[9]	Trogrlić B. Zidane konstrukcije – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010
[10]	Roje-Bonacci T., Miščević P., Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010
[11]	Mihanović A., Trogrlić B., Akmadžić V., Građevna statika II, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2014