

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta

Marelić, Alberto

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:123:939083>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Diplomski rad

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Alberto Marelić

Split, 2019.

Diplomski rad

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Alberto Marelić

**Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade
stambenog AB objekta**

Diplomski rad

Split, 2019.

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta

Sažetak:

Armirano betonska konstrukcija smještena u Splitu proračunata je na potresno djelovanje prema HRN EN 1998-1:2011 modalnim proračunom primjenom spektra odaziva. Konstrukcija zidnog sustava proračunata je za razred umjerene duktilnosti (DCM). Provedeni proračun i dimenzioniranje prikazano je za karakteristični zid. Naglasak je stavljen na detaljiranje lokalne duktilnosti zida i odabir armature kritičnog područja zida. Dodatno je proveden proračun i dimenzioniranje karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja. Također je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

Ključne riječi:

AB konstrukcija; zidni konstrukcijski sustav; modalni proračun primjenom spektra odziva; razred umjerene duktilnosti; detaljiranje lokalne duktilnosti, fizika zgrade.

Calculation of the bearing structure and physics of reinforced concrete building

Abstract:

Reinforced concrete building located in Split was designed to a earthquake action. Calculation was performed by modal response spectrum analyses all align towards rules of HRN EN 1998-1:2011. The building is wall system and calculation was done for the medium ductility class (DCM). The calculation, design and reinforcement selection was estimated for a characteristic wall. The budget and the assessment of the physical properties of the building were compared to the rational use of energy and thermal protection.

Keywords:

Modal response spectrum analysis; Wall system buliding; Medium ductility class ; Detailing of local ductility, physics of building.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15.

STUDIJ:	SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI
KANDIDAT:	Alberto Marelić
BROJ INDEKSA:	700
KATEDRA:	Katedra za teoriju konstrukcija
PREDMET:	Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta

Opis zadatka: Potrebno je izvršiti proračun na potres armirano-betonske zgrade zidnog konstrukcijskog sustava prema HRN EN 1998-1:2011 modalnim proračunom primjenom spektra odaziva. Zgrada je smještena u Splitu na tlu klase B s proračunskim ubrzanjem 0.22g. Proračun će se provesti za razrede umjerene duktilnosti te će se dimenzionirati karakteristični zid i odabrati armatura kritičnog područja zida. Provesti će se i proračun i dimenzioniranje karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja. Također je potrebno izvršiti proračun i ocjenu fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

U Splitu, 5. ožujka 2019.

Voditelj diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Hrvoje Smoljanović

Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. TEHNIČKI OPIS	2
2.1 Općenito	2
3. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI	4
3.1 Općenito	4
3.2 Lokacija konstrukcije	4
3.3. Norme za proračun AB konstrukcija.....	5
3.3.1. Pregled oznaka prema EC8	5
3.4. Materijali	8
3.4.1. Beton	8
4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	11
4.1. Podaci o djelovanjima na konstrukciju	11
4.1.1. Stalno djelovanje (G)	11
4.1.2 Promjenjivo djelovanje (Q).....	13
4.1.3. Opterećenje vjetrom	14
4.1.4. Opterećenje uslijed djelovanja potresa.....	17
4.2. Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998- 1:2011 pomoću računalnog programa Scia Engineer 18.1.	23
4.3. Prikaz rezultata modalne analize	24
4.3.1. Vlastiti oblici uslijed potresnog djelovanja.....	25
4.4. Kombinacije djelovanja.....	28
4.4.1. Granično stanje uporabljivosti	28
4.4.2. Granično stanje nosivosti	28
4.4.3. Anvelopa kombinacija.....	28
4.5. Granični kriteriji progiba ploča	29
4.6. Horizontalni pomaci uslijed seizmičke kombinacije u smjeru y.....	30
5. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE	31
5.1. Analiza opterećenja	31
5.2. Proračun progiba ploče.....	32
5.3. Prikaz rezultata.....	33

5.4. Dimenzioniranje karakteristične ploče	35
6. PRORAČUN STUPOVA.....	38
7. PRORAČUN GREDA	39
7.1. Dimenzioniranje na moment savijanja	40
7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	41
8. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM) U Y SMJERU.....	42
8.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida	42
8.2. Rezultati proračuna	44
8.3. Proračunska ovojnica savijanja	47
8.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje.....	48
8.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile	48
8.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije	49
8.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature	50
8.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila.....	52
8.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha.....	53
8.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha.....	53
8.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....	54
8.8.1. Izračun ω_{wd} za usvojeni detalj ovojne armature.....	54
8.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja	55
9. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED SREDNJE DUKTILNOSTI (DCM) U X SMJERU.....	57
9.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida	57
9.2. Rezultati proračuna	59
9.3. Proračunska ovojnica momenta savijanja	62
9.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje.....	63
9.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile	63
9.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije	64
9.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature	65
9.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila.....	67
9.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha.....	68
9.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha.....	68
9.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....	69

Diplomski rad

9.8.1. Izračun ω_{wd} za usvojeni detalj ovojne armature	69
9.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja	70
10. DIMENZIONIRANJE TRAKASTOG TEMELJA	73
10.1. Rezultati proračuna	73
11. FIZIKALNA SVOJSTVA ZGRADE	75
12. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU	82
13. ZAKLJUČAK	101
14. GRAFIČKI PRILOZI.....	102
15. LITERATURA.....	103

1. UVOD

Konstrukcija mora biti planirana, projektirana i izvedena na način da tijekom predviđenog vijeka trajanja uz zadovoljavajući stupanj pouzdanosti i na ekonomičan način ostane uporabiva za predviđenu namjenu i bude u stanju podnijeti sva predvidiva djelovanja i učinke tijekom izvedbe i uporabe. Eurocod kao centralna europska norma za projektiranje konstrukcija na području Europe propisuje 9 kodova za projektiranje konstrukcija. U konkretnom primjeru korišten je Eurocod EN 1990, EN 1991, EN 1992 i EN 1998.

Za projektiranje konstrukcija u potresnim područjima potrebno je u fazi projektiranja uzeti u obzir potresno djelovanje. Projektiranje konstrukcija otpornih na potres svodi se na dva temeljna zahtjeva koja moraju biti ispunjena u fazi gradnje kao i u uporabnom vijeku konstrukcije. Temeljni zahtjevi jesu temeljni zahtjev ograničenja oštećenja i temeljni zahtjev neprekoračenja nosivosti konstrukcije. Da bi se postigao balans između očekivanog potresnog djelovanja i potresne otpornosti konstrukcije potrebno je provesti proračun prema propisima za potresno opterećene konstrukcije.

Eurocod EN 1998 propisuje niz normi kojima se osigurava uporabljivost i nosivost konstrukcije u svim fazama životnog vijeka konstrukcije. U propisima postoje 4 osnovne metode proračuna konstrukcija na potresno djelovanje. Dvije metode su linearne, a dvije nelinearne. U većini slučajeva se proračun provodi prema linearnim metodama dok se nelinearno ponašanje konstrukcije uzima u obzir preko faktora ponašanja koji ovisi o nekoliko karakteristika konstrukcije. Linearne metode proračuna jesu metoda proračuna bočnih sila i metoda proračuna primjenom spektra odziva. Nelinearne metode su: nelinearni statički proračun postupnim naguravanjem i nelinearni dinamički proračun primjenom vremenskog zapisa. Osnovna značajka obiju metoda jesu projektiranje konstrukcija koje imaju sposobnost primanja i trošenja energije te duktilno ponašanje konstrukcije.

Ovim radom obuhvaćen je proračun konstrukcije na potresno djelovanje linearnom metodom proračuna primjenom reduciranog spektra odziva. Za klase umjerene duktilnosti proveden je proračun karakterističnog zida na potresno opterećenje prema normi HRN EN 1998-1:2011. Dodatno je proveden proračun karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja prema EN 1992-1-1:2004. Kao zaključak prikazan je detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti za koju je proveden proračun. Također je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

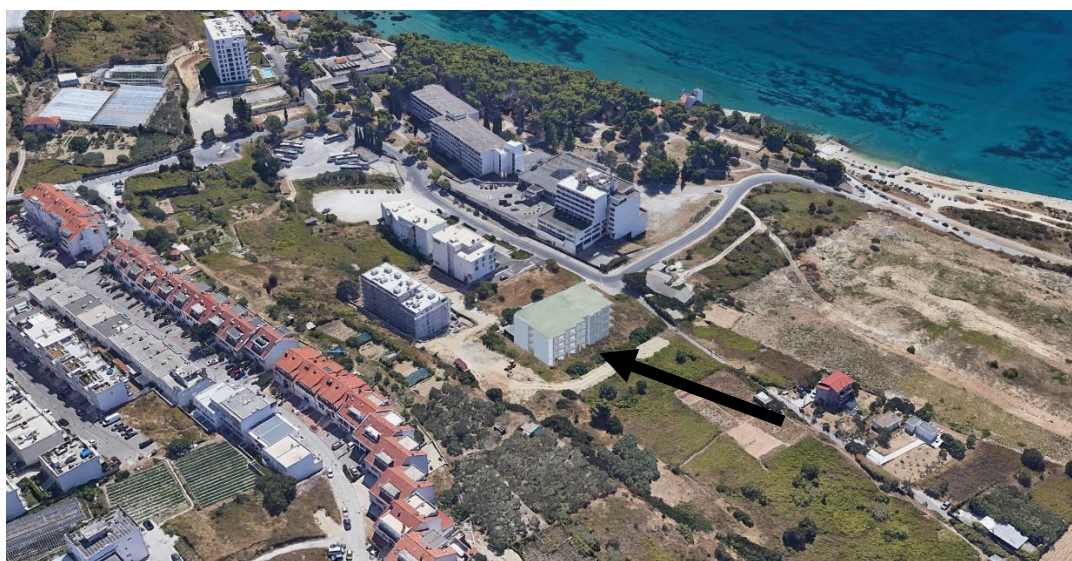
2. TEHNIČKI OPIS

2.1 Općenito

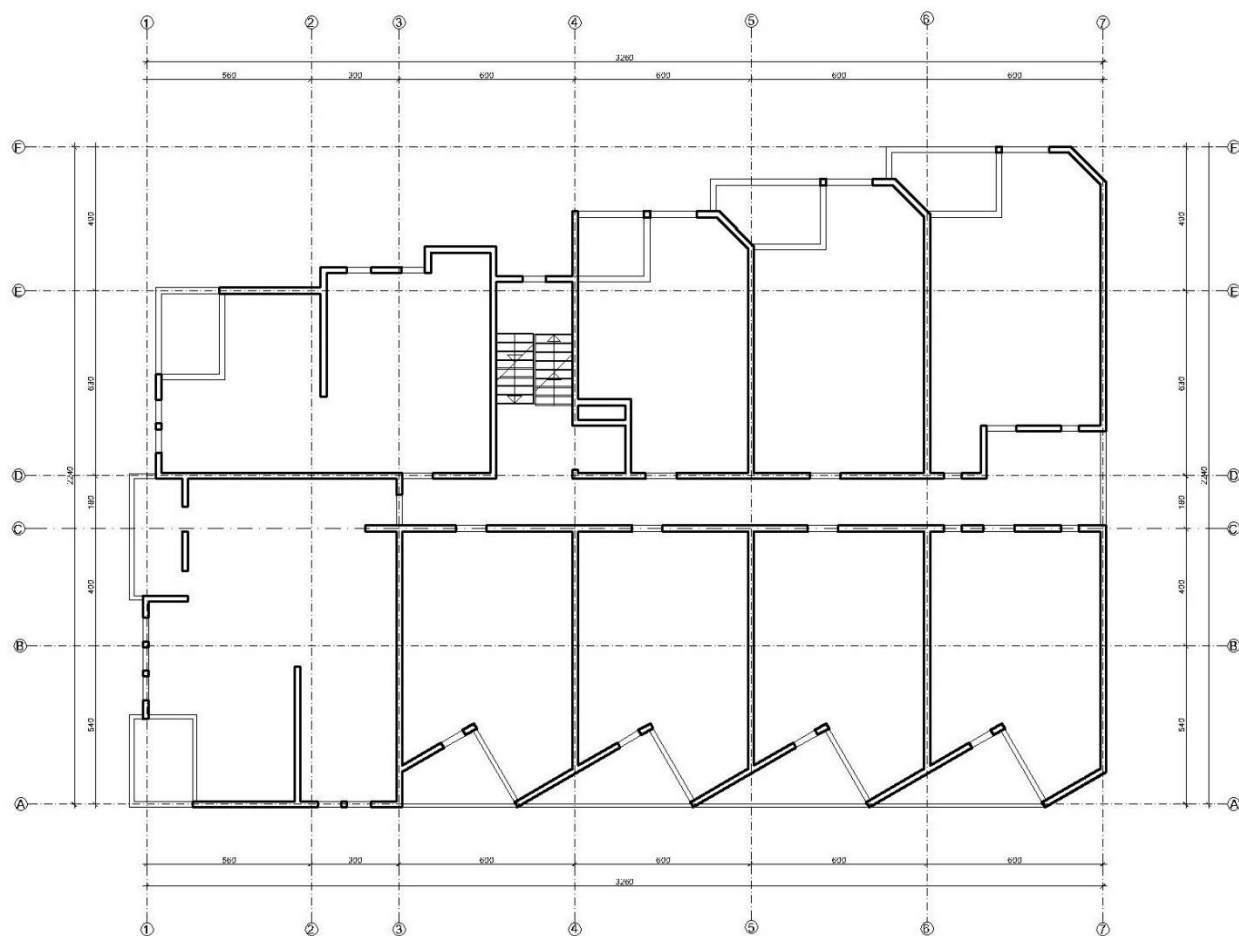
Zgrada tlocrtnih gabarita 33,3 x 22,5 m je dio stambenog kompleksa koji se nalazi na području Žnjan u Splitu. Bruto površina zgrade iznosi 3746 m². Nosivu konstrukciju zgrade čine armiranobetonski zidovi, stupovi, grede i ploče. Zgrada se temelji na trakastim temeljima. Raspored nosivih elemenata vidljiv je u priloženim nacrtima.



Slika 2.1. Situacija- položaj građevinske čestice u odnosu na okolni teren

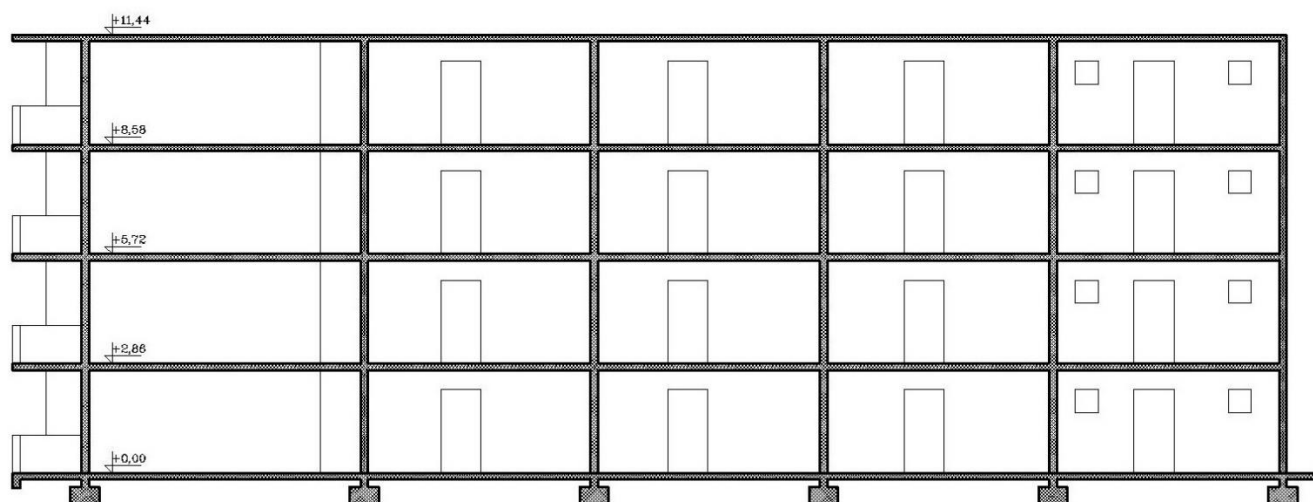


Slika 2.2. Situacija- položaj zgrade u odnosu na okolni teren



Slika 2.3. Sustav nosivih zidova etaže prvog kata

Ostale etaže konstrukcije tlocrtno su jednake etaži prvog kata i kao takve nisu prikazane.



Slika 2.4. Presjek zgrade

3. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI

3.1 Općenito

Nosivi skelet konstrukcije sačinjen je od armirano-betonskih zidova, stupova i ploča. Horizontalna i vertikalna opterećenja se preko zidova, stupova i ploča prenose do temeljne ploče i tla. Armirano-betonski zidovi su osnovni elementi za preuzimanje potresnih djelovanja na konstrukciju. Dimenzionirani su prema normi HRN EN 1998-1:2011. Konstrukcija se temelji u tlu razreda B na trakastim temeljima debljine 50 cm. Debljina nosivih armirano-betonskih zidova je 20 cm. Debljina međukatne konstrukcije je 17 cm. Debljina stupova je 25 cm. Dimenzije greda su 46 x 20 cm. Stubište je dvokrako te debljina kraka iznosi 17 cm dok je debljina podesta također 17 cm. Pregradni zidovi nisu uzeti u proračunsku otpornost konstrukcije. Uključeni su kao dodatno opterećenje na pločama.

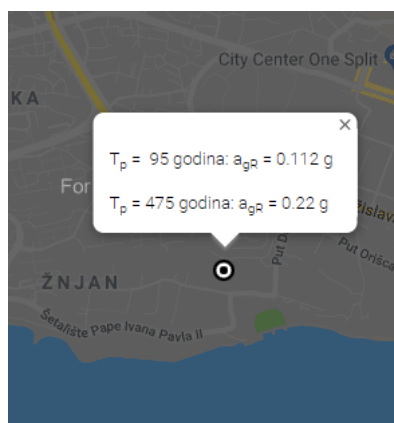
3.2 Lokacija konstrukcije

Zgrada se nalazi na području Splita te prema propisima spada u područje II opterećenja vjetrom gdje je osnovna brzina vjetra od 30 m/s. Računsko ubrzanje tla prema karti iz HRN EN 1998-1:2012/NA za granično stanje nosivosti s povratnim periodom od 457 godina, iznosi 0,22 g. Lokaciju na kojoj se nalazi zgrada spada u razred temeljnog tla B. Faktor važnosti konstrukcije ovisi o ponašanju konstrukcije neposredno nakon potresa, u ovom slučaju je objekt II kategorije te je usvojena vrijednost $\gamma_I = 1,0$. Projektno ubrzanje u tlu razreda B ima vrijednost:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

$$a_g = 1,0 \cdot 0,22g$$

$$a_g = 0,22g$$



Slika 3.1. Horizontalno vršno ubrzanje tla prema karti iz HRN EN 1998-1:2012/NA

3.3. Norme za proračun AB konstrukcija

Cjelokupni rad uključujući oznake, proračun i dimenzioniranje je usklađen s važećim normama.

Osnovne norme korištene za proračun konstrukcije prikazane su u nastavku.

EC	Europske norme	Opis
EC0	EN 1990	Osnove proračuna
EC1	EN 1991	Opterećenja (djelovanja)
EC2	EN 1992	Betonske konstrukcije
EC7	EN 1997	Geomehanika
EC8	EN 1998	Seizmika

Tablica 3.1. Europske norme

3.3.1. Pregled oznaka prema EC8

Napomena: Prikazane su samo oznake koje se koriste u ovom radu. Za listu svih oznaka pogledati originalni EC2.

A	Izvanredno djelovanje; Ploština presjeka
A_c	Ploština presjeka betona
E_s	Ploština presjeka armature
$A_{s,min}$	Najmanja ploština presjeka armature
A_{sl}	Ploština svih uzdužnih šipki
A_{sw}	Ploština poprečne armature (vilica; spona)
b	Ukupna širina presjeka ili stvarne pojasnice greda oblika T ili L
b_w	Širina hrpta I, T i Γ presjeka
c	Zaštitni sloj betona
d	Statička visina presjeka
d_1	Udaljenost težišta vlačne armature od vlačnog ruba betona (ruba 1)
d_2	Udaljenost težišta tlačne armature od tlačnog ruba betona (ruba 2)

Diplomski rad

E_{cd}	Proračunska vrijednost modula elastičnosti betona
E_s	Proračunska vrijednost modula elastičnosti čelika za armiranje
F	Djelovanje
f_{cd}	Računska čvrstoća betona
f_{ck}	Karakteristična čvrstoća betona (valjak)
f_{ct}	Vlačna čvrstoća betona
f_y	Granica popuštanja čelika
f_{yd}	Proračunska granica popuštanja armature
f_{ywd}	Proračunska granica popuštanja poprečne armature
G	Stalno djelovanje
M_{Ed}	Proračunska vrijednost djelujućeg momenta savijanja
M_{Rd}	Računski moment nosivosti
N_{sd}	Računska uzdužna sila
N_{Ed}	Proračunska vrijednost djelujuće uzdužne sile
Q	Promjenljivo djelovanje
V_{sd}	Računska poprečna sila
V_{Rd}	Računska nosivost na poprečne sile
V_{Rdc}	Računska nosivost na pop. sile koja se ostvaruje betonom i uzd. armaturom
V_{Rds}	Računska nosivost na poprečne sile tlačnih betonskih dijagonala
x	Položaj neutralne osi - udaljenost neutralne osi od tlačnog ruba presjeka
z	Krak unutrašnjih sila u presjeku
σ_s	Deformacija čelika
ξ	Koeficijent položaja neutralne osi
ρ	Koeficijent armiranja
ρ_w	Koeficijent armiranja poprečnom armaturom
μ_{sd}	Bezdimenzijska veličina za moment
ν_{sd}	Bezdimenzijska veličina za uzdužnu silu
σ_c	Naprezanje u betonu
σ_s	Naprezanje u armaturi
δ	Koeficijent kraka unutrašnjih sila
ω	Mehanički koeficijent armiranja

S	Faktor tla
a_g	Proračunsko ubrzanje temeljnog tla tipa A
g	Gravitacijsko ubrzanje
q	Faktor ponašanja
γ_I	Faktor važnosti
$\Psi_{2,i}$	Faktor kombinacije za nazovistalnu vrijednost promjenjivog djelovanja i
T_1	Osnovni (prvi) period vibracije zgrade
d	Pomak
d_r	Proračunski međukatni pomak
h	Međukatni pomak
α	Omjer proračunskog ubrzanja temeljnog tla i gravitacijskog ubrzanja
ζ	Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka
ΣA_{sj}	Zbroj ploština vertikalnih šipki u hrptu zida ili dodatnih šipki posebno raspoređenih u rubnim elementima zida za preuzimanje posmika klizanjem
b_i	Razmak između uzastopnih šipki u stupu obuhvaćenih u uglu sponom ili poprečnom sponom
b_0	Širina ovijene jezgre stupa ili rubnog elementa (do osi spona)
b_w	Širina ovijenih dijelova presjeka zida ili širina hrpta grede
b_{w0}	Širina hrpta zida
d	Proračunska visina presjeka
d_{bl}	Promjer uzdužne šipke
d_{bw}	Promjer spona
h_s	Svijetla visina kata
l_{cr}	Duljina kritičnog područja
q_0	Osnovna vrijednost faktora ponašanja
s	Razmak poprečne armature
ε_{cu2}	Granična deformacija neovijenog betona
$\varepsilon_{cu2,c}$	Granična deformacija ovijenog betona
ω_{wd}	Mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

3.4. Materijali

Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011.

3.4.1. Beton

Za izvedbu nosive AB konstrukcije koristit će se slijedeće klase betona:

- * **trakasti temelji: C 30/37**
zaštitni sloj $c_{nom} = 50 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC2)

- * **zidovi u dodiru s tlom** (zidovi garaža, kanali za odimljavanje): **C 20/25**
zaštitni sloj $c_{nom} = 30 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC1)
Napomena: Obvezna je hidroizolacija ploha zidova u dodiru s tlom.

- * **unutarnji zidovi, zidna platna: C 20/25**
zaštitni sloj $c_{nom} = 20 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC1)

- * **stupovi: C 30/37**
zaštitni sloj $c_{nom} = 20 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC1)

- * **grede: C 30/37**
zaštitni sloj $c_{nom} = 20 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC1)

- * **ostale međukatne ploče (između stanova): C 30/37**
zaštitni sloj $c_{nom} = 20 \text{ mm}$; (razred izloženosti: XC0, XC1)

Diplomski rad

Razred tlačne čvrstoće betona za zidove je C20/25 za slučaj DCM (Ductility Class Medium)

Code independent	
Material type	Concrete
Thermal expansion [m/mK]	0,00
Unit mass [kg/m ³]	2500,0
E modulus [MPa]	1,5750e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modulus	☐
G modulus [MPa]	6,5625e+03
Log. decrement (non-uniform damping only)	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4,5000e+01
Order in code	4
Material behaviour for nonlinear analysis	
Material behaviour	Elastic ▼
EN 1992-1-1	
Characteristic compressive cylinder strength fck(28) [...]	25,00
Calculated depended values	☐
Mean compressive strength fcm(28) [MPa]	33,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength fctm(28) [MPa]	2,60
fctk 0,05(28) [MPa]	1,80
fctk 0,95(28) [MPa]	3,40
Design compressive strength - persistent (fcd = fck / ...)	16,67
Design compressive strength - accidental (fcd = fck / ...)	20,83
Strain at reaching maximum strength eps c2 [1e-4]	20,0
Ultimate strain eps cu2 [1e-4]	35,0
Strain at reaching maximum strength eps c3 [1e-4]	17,5
Ultimate strain eps cu3 [1e-4]	35,0
Stone diameter (dg) [mm]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N) ▼
Measured values	
Measured values of mean compressive strength (inf...	☐
Stress-strain diagram	
Type of diagram	Bi-linear stress-strain diagram ▼

Slika 3.2. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C20/25

Diplomski rad

Razred tlačne čvrstoće betona za ploče, stupove i grede je C30/37

Name	C30/37
Code independent	
Material type	Concrete
Thermal expansion [m/mK]	0,00
Unit mass [kg/m ³]	2500,0
Density in fresh state [kg/m ³]	2600,0
E modulus [MPa]	3,2800e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modulus	☐
G modulus [MPa]	1,3667e+04
Log. decrement (non-uniform damping only)	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4,5000e+01
Order in code	5
Material behaviour for nonlinear analysis	
Material behaviour	Elastic ▼
EN 1992-1-1	
Characteristic compressive cylinder strength f _{ck} (28) [MPa]	30,00
Calculated depended values	☐
Mean compressive strength f _{cm} (28) [MPa]	38,00
f _{cm} (28) - f _{ck} (28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength f _{ctm} (28) [MPa]	2,90
f _{ctk} 0,05(28) [MPa]	2,00
f _{ctk} 0,95(28) [MPa]	3,80
Design compressive strength - persistent (f _{cd} = f _{ck} / gamma...	20,00
Design compressive strength - accidental (f _{cd} = f _{ck} / gamm...	25,00
Strain at reaching maximum strength eps c2 [1e-4]	20,0
Ultimate strain eps cu2 [1e-4]	35,0
Strain at reaching maximum strength eps c3 [1e-4]	17,5
Ultimate strain eps cu3 [1e-4]	35,0
Stone diameter (d _g) [mm]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N) ▼
Measured values	
Measured values of mean compressive strength (influence ...	☐
Stress-strain diagram	
Type of diagram	Bi-linear stress-strain diagram ▼

Slika 3.3. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C30/37

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

4.1. Podaci o djelovanjima na konstrukciju

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
G	Stalno djelovanje. Djelovanje je podijeljeno na: G0 = Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije (zidovi, ploče, grede, stupovi, stubišta) G1 = Ostalo stalno djelovanje: obloga (podovi), stalna oprema, itd. nanosi se kao dodatno opterećenje (plošno, linijsko ili koncentrirano) na proračunske modele.
Q	Promjenjiva djelovanja: uporabno opterećenje, pokretna oprema i sl.
W	Vjetar. Djelovanje u smjeru globalne osi W_x i W_y
S	Potres: S_x - djelovanje u smjeru globalne osi X S_y - djelovanje u smjeru globalne osi Y T_x, T_y - uvrtnje (slučajni ekscentricitet)

Tablica 4.1. Osnovna opterećenja uzeta u proračunskom modelu

4.1.1. Stalno djelovanje (G)

Vlastita težina konstrukcije (G0)

Stalno opterećenje vlastitom težinom elemenata konstrukcije generirano je u proračunskom modelu u računalnom programu Scia engineer 2018 preko specifične težine betona koja iznosi 25 kN/m³ i dimenzija poprečnog presjeka pojedinog elementa.

Ostala stalna djelovanja (G1)**međukatne konstrukcije**

pregradni zidovi	1.00 kN/m ²
završni sloj poda (keramičke pločice d=1.0 cm), 0.01 m * 20 kN/m ³ =	0.20 kN/m ²
suhi estrih (OSB ploče ili Knauf suhi estrih sustav F145 ili F126), d ≤ 2.5 cm;	0.30 kN/m ²
<u>izolacije, instalacije, glet/žbuka</u>	<u>0.20 kN/m²</u>

$$g = 1.70 \text{ kN/m}^2$$

stubište - podesti

završni sloj poda	0.60 kN/m ²
cem. mort, d ≤ 4 cm; 0.04×22.0=	0.90 kN/m ²
<u>glet/žbuka</u>	<u>0.20 kN/m²</u>

$$g = 1.70 \text{ kN/m}^2$$

stubište - krakovi

gazišta (d ≅ 6.5 cm; 0.065×26.0)	1.70 kN/m ²
završni sloj poda	0.60 kN/m ²
cem. mort, d ≤ 4 cm; 0.04×22.0=	0.90 kN/m ²
<u>glet/žbuka</u>	<u>0.20 kN/m²</u>

$$g = 3.40 \text{ kN/m}^2$$

krovovi - terase

završna obloga – betonske ploče na podmetačima; d _{max} =5 cm; 0.05×24.0=	1.20 kN/m ²
izolacije	0.20 kN/m ²
laki beton za pad; d _{sred} =8 cm; 0.08×12.0 kN/m ³ =	1.00 kN/m ²
<u>instalacije, glet/žbuka, ostali stalni teret</u>	<u>0.20 kN/m²</u>

$$g = 2.60 \text{ kN/m}^2$$

balkon

završni sloj poda (keramičke pločice d=1.0 cm), 0.01 m * 20 kN/m ³ =	0.20 kN/m ²
a-c estrih - armiran, 4 cm; 0.04 m * 24.0 kN/m ³ ;	0.96 kN/m ²
<u>izolacije, instalacije, glet/žbuka</u>	<u>0.20 kN/m²</u>

$$g = 1.36 \text{ kN/m}^2$$

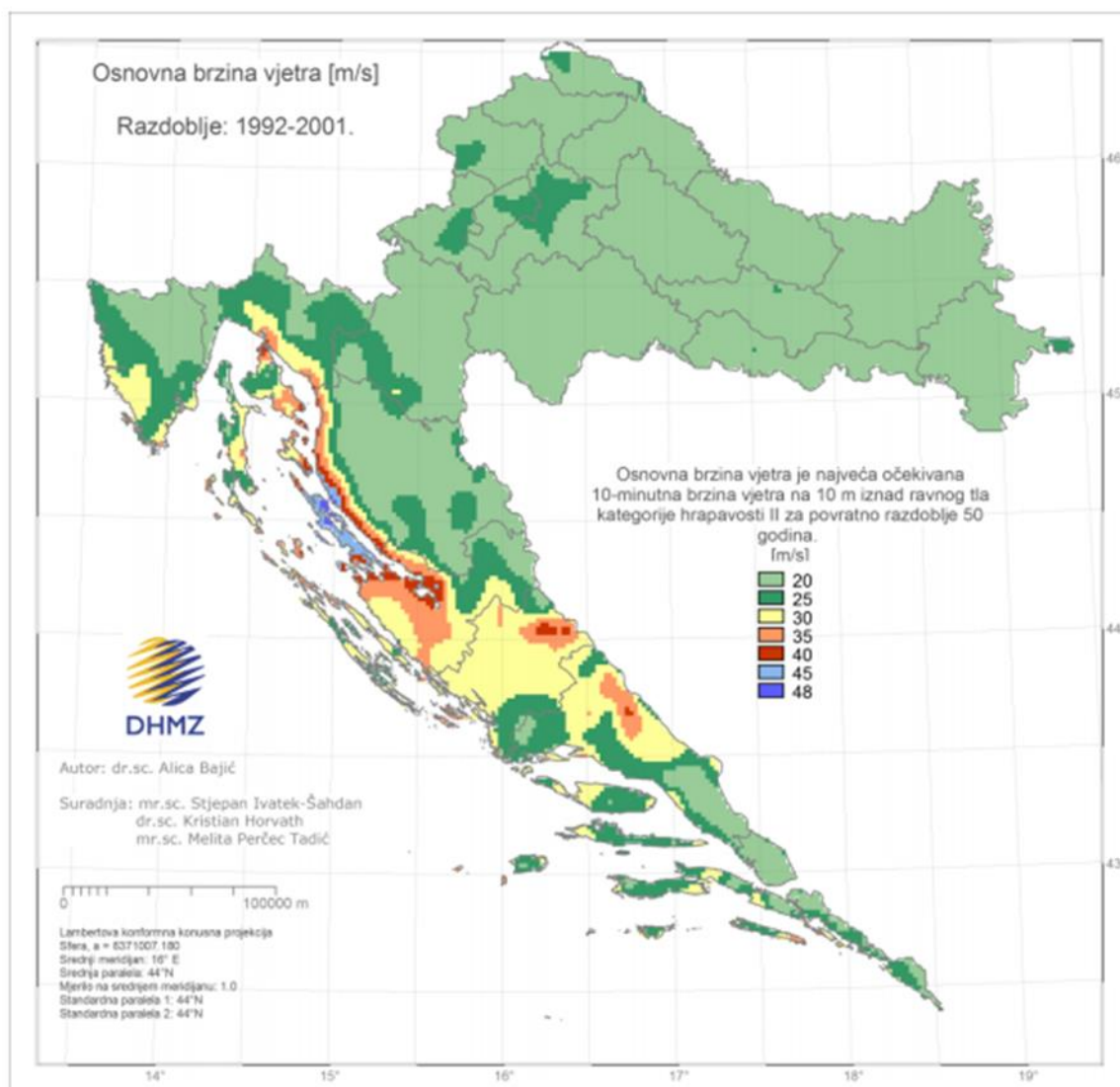
4.1.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

Q: stanovi - unutarnji prostori: $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ Kategorija A2 ($q_{\min}=1.5 \text{ kN/m}^2$)	$q_k=1.5 \text{ kN/m}^2$
Q: stanovi – balkoni; $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ Kategorija P ($q_{\min}=4.0 \text{ kN/m}^2$)	$q_k=4.0 \text{ kN/m}^2$
Q: stubišta; $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ Kategorija S1 ($q_{\min}=3.0 \text{ kN/m}^2$)	$q_k=3.0 \text{ kN/m}^2$
Q: neprohodni krovovi $<20^\circ$; $\psi_2=0.0$ $\psi_0=0.0; \psi_1=0.0;$ Kategorija H ($q_{\min}=0.6 \text{ kN/m}^2$)	$q_k=1.0 \text{ kN/m}^2$

Tablica 4.2. Promjenjiva opterećenja korištena u proračunskom modelu

4.1.3. Opterećenje vjetrom

Opći podaci:



Slika 4.1. Karta osnovne brzine vjetra za kopno prema DHMZ

Opterećenje vjetrom odabrano je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i Europskoj normi EN 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećenje vjetrom, te Nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj.

$v_{ref,0}$ - osnovna brzina vjetra ovisna o geografskom položaju objekta

$c_e(z)$ - koeficijent položaja

c_f - koeficijent sile – očitava se iz dijagrama za pojedine oblike i odnose dimenzija konstrukcije

c_d - dinamički koeficijent odgovora konstrukcije na udar vjetra – očitava se iz dijagrama za pojedine oblike konstrukcije;

Za krute konstrukcije je $c_d \leq 1.2$

($\Psi_0=0.6$; $\Psi_1=0.5$)

osnovna brzina vjetra: $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$

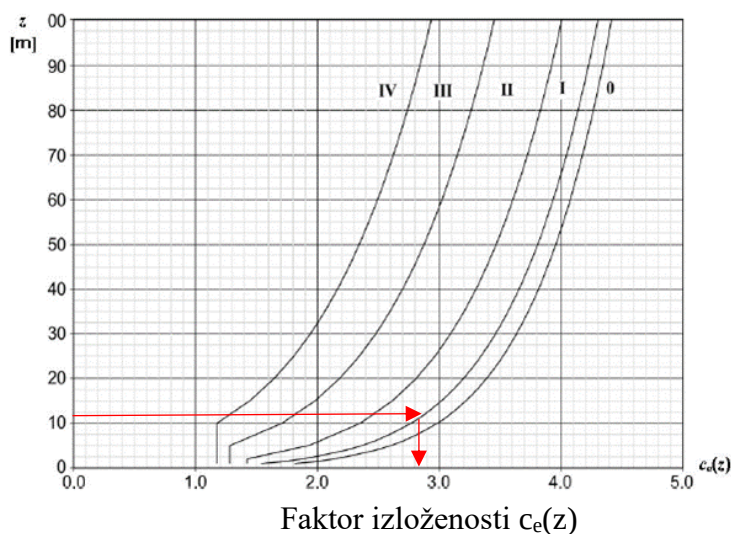
kategorija terena: **I.**

tlak pri osnovnoj brzini: $q_b = \rho_{zrak} * v^2 / 2 = 1.25 * (30^2) / 2 / 1000 =$ **$q_b = 0.56 \text{ kN/m}^2$**

tlak pri vršnoj brzini: $q_p(z) = c_e(z) * q_b$

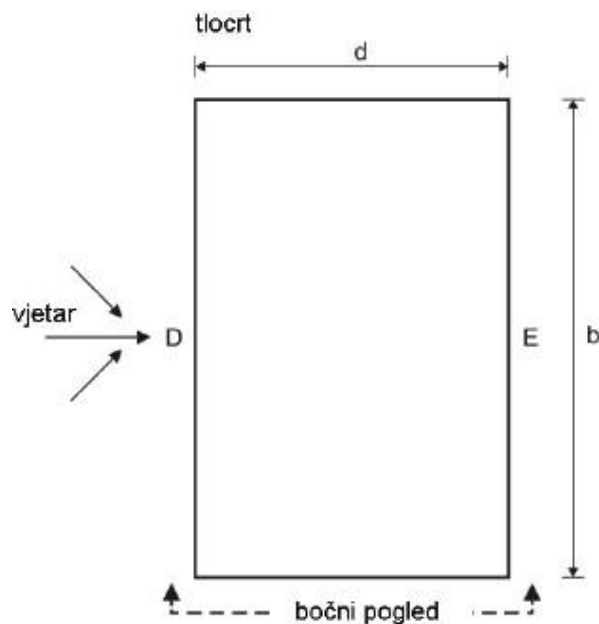
tlak vjetra na vanjske površine: $w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$

tlak vjetra na unutarnje površine: $w_i = q_p(z_i) * c_{pi}$



Slika 4.2. Koeficijent položaja $c_e(z)$ u ovisnosti o visini z iznad terena i kategorijama terena 0 do IV

c_{pe} = tlak vjetra na vanjske površine – prema skici:



Slika 4.3. Tlocrtna shema konstrukcije

Opterećenje vjetrom na konstrukciju

Visina zgrade (iznad okolnog terena): 11,44 m

$q_b = 0.56 \text{ kN/m}^2$

$$w_e(z) = c_e(z) \cdot q_b(z)$$

$$w_e(11,44) = 2,8 \cdot 0,56 = 1,568 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Ukupna sila vjetra u x smjeru

$$W_e(11,44) = 1,568 \cdot 11,44 \cdot 20 = 358,76 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila vjetra u y smjeru

$$W_e(11,44) = 1,568 \cdot 11,44 \cdot 31,12 = 556,23 \text{ (kN)}$$

4.1.4. Opterećenje uslijed djelovanja potresa

Računsko ubrzanje tla:

Granično stanje nosivosti:

(TNCR=475 godina; 50 godina; PNCR=10%): $a_{gr,GSN}=0.22 \text{ g} = 2.158 \text{ m/s}^2$

Granično stanje uporabljivosti:

(TNCR=95 godina; 10 godina; PNCR=10%): $a_{gr,GSU}=0.12 \text{ g} = 1.18 \text{ m/s}^2$

Faktor važnosti građevine: $\gamma_I=1.0$

Razred duktilnosti: DCM

Potresno opterećenje:

$1.27 \cdot S_x$ -potresno opterećenje u smjeru osi x (zadan spektar odgovora za smjer x + 38% spektra odgovora za smjer y)

$1.27 \cdot S_y$ -potresno opterećenje u smjeru osi y (zadan spektar odgovora za smjer y + 38% spektra odgovora za smjer x)

Određivanje faktora ponašanja:

Da bi se u proračunu izbjegao nelinearni proračun, uzima se u obzir kapacitet trošenja energije u konstrukciji putem duktilnog ponašanja njezinih elemenata i/ili drugih mehanizama te se provodi linearni proračun utemeljen na spektru odziva umanjenom u odnosu na elastični spektar. Taj se spektar naziva "proračunski spektar". To se umanjenje postiže uvođenjem faktora ponašanja q . Faktor ponašanja q približno je omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njezin odziv bio u cijelosti elastičan uz 5%-tno viskozno prigušenje i stvarnih potresnih sila koje bi se pojavile na promatranom sustavu

Faktor ponašanja q određen je sljedećim izrazom:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$$

gdje je:

q_0 osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o vrsti konstrukcije, njezinoj duktilnosti i pravilnosti po visini (tablica 4.4.)

k_w faktor prevladavajućeg oblika sloma konstrukcijskih sustava s zidovima (tablica 4.5.)

Pri određivanju faktora ponašanja q_0 kvocijent α_u / α_1 (tablica 4.4.) predstavlja faktor uvećanja, gdje je:

α_1 vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prvom dostizanju nosivosti na savijanje u bilo kojem elementu konstrukcije (pojava plastifikacije zglobova)

α_u vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prelasku konstrukcije u mehanizam (pojava dovoljnog broja plastičnih zglobova)

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 α_0/α_1	4,5 α_0/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_0/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Tablica 4.3. Osnovne vrijednosti faktora ponašanja q_0 za konstrukcije koje zadovoljavaju uvjet pravilnosti po visini

Vrsta konstrukcije	k_w
okvirne konstrukcije i njima istovrijedni dvojni sustavi	1,0
zidni sustavi sustavi istovrijedni zidnim sustavima torzijski savitljivi sustavi	$0,5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1,0$

Tablica 4.4. Vrijednost faktora k_w

Koeficijent α_0 (tablica 4.6.) prevladavajući je koeficijent oblika zidova konstruktivnog sustava i određen je izrazom:

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

gdje je:

$\sum h_{wi}$ Ukupna visina zida „i“ od podnožja (temelja ili krutog podruma) do najvišeg kata

$\sum l_{wi}$ Duljina presjeka zida „i“

Razred umjerene duktilnosti (DCM)

Prevladavajući koeficijent oblika zidova konstruktivnog sustava:

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

smjer X: $\alpha_0 = (3 \cdot 37.70) / (7.3 + 7.2 + 7.08) = 5.24$;

$$k_w = (1 + 5.24) / 3 = 2.08; \quad k_w = 1.0$$

smjer Y: $\alpha_0 = (12 \cdot 48.85) / (5.2 + 3.85 + 7.30 + 3.85 + 7.30 + 3.60 + 3.7 + 3.75 + 3.80 + 6.00 + 6.00 + 3.8 + 3.80) = 9.5$

$$k_w = (1 + 9.5) / 3 = 3.5; \quad k_w = 1.0$$

Osnovna vrijednost faktora ponašanja za zidni sustav nepovezanih zidova (tablica 4.4.) iznosi:

$$q_0 = 3.0$$

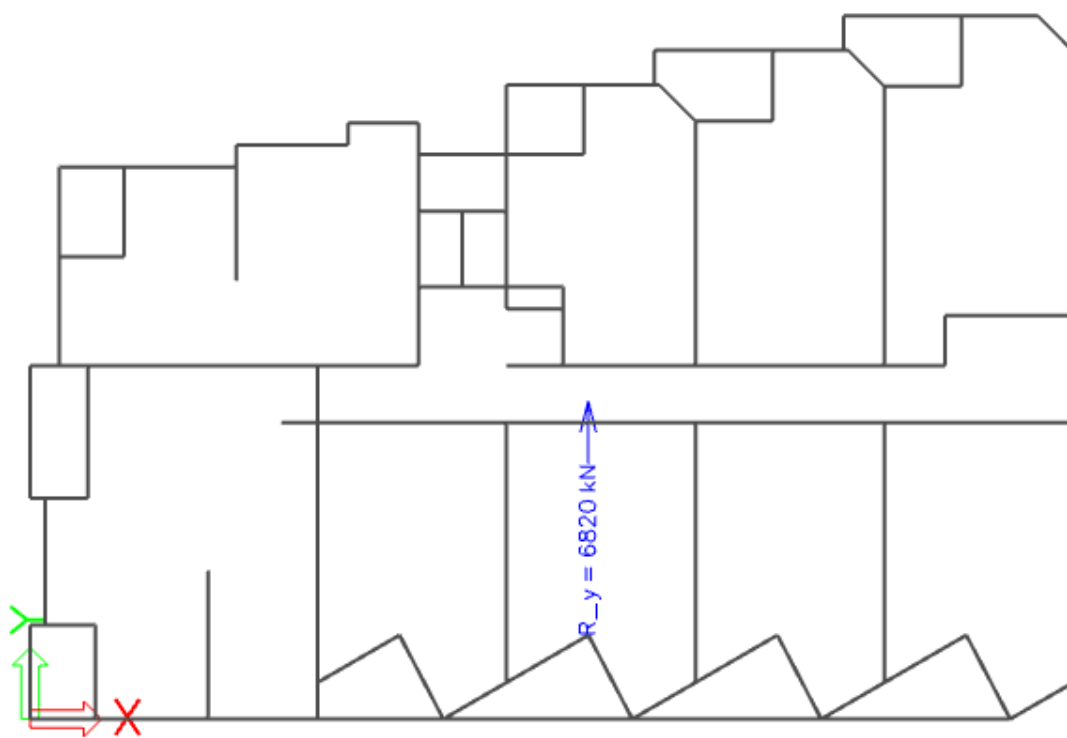
Faktor ponašanja q :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$$

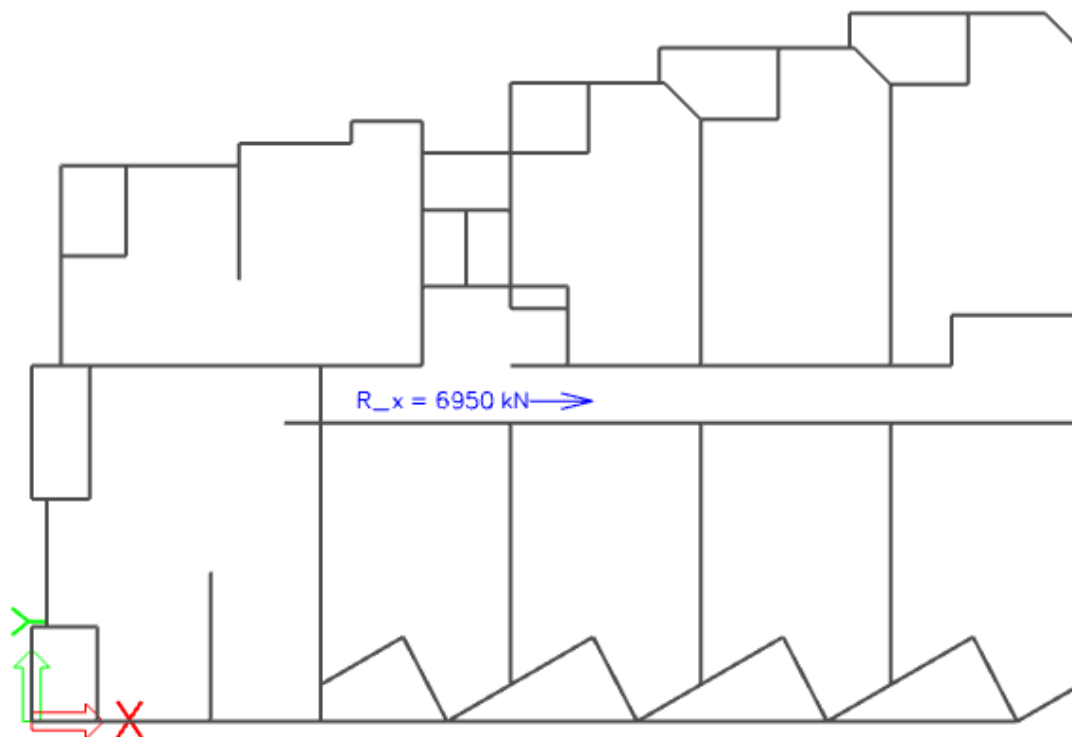
$$q = 3,0 \cdot 1,0 = 3.0 \geq 1.5$$

$$\mathbf{q = 3.0}$$

Za razred umjerene duktilnosti (DCM) i konkretni konstrukcijski sustav faktor ponašanja q jednak je u smjeru x i y i iznosi 3.0.



Slika 4.4. Ukupna reakcija R_y (kN) za djelovanje potresa S_y



Slika 4.5. Ukupna reakcija R_x (kN) za djelovanje potresa S_x

Ukupna sila vjetra i potresa u x smjeru

$$W_e(\text{vjetar}) = 1,568 * 11,44 * 31,12 = 556,23 \text{ kN}$$

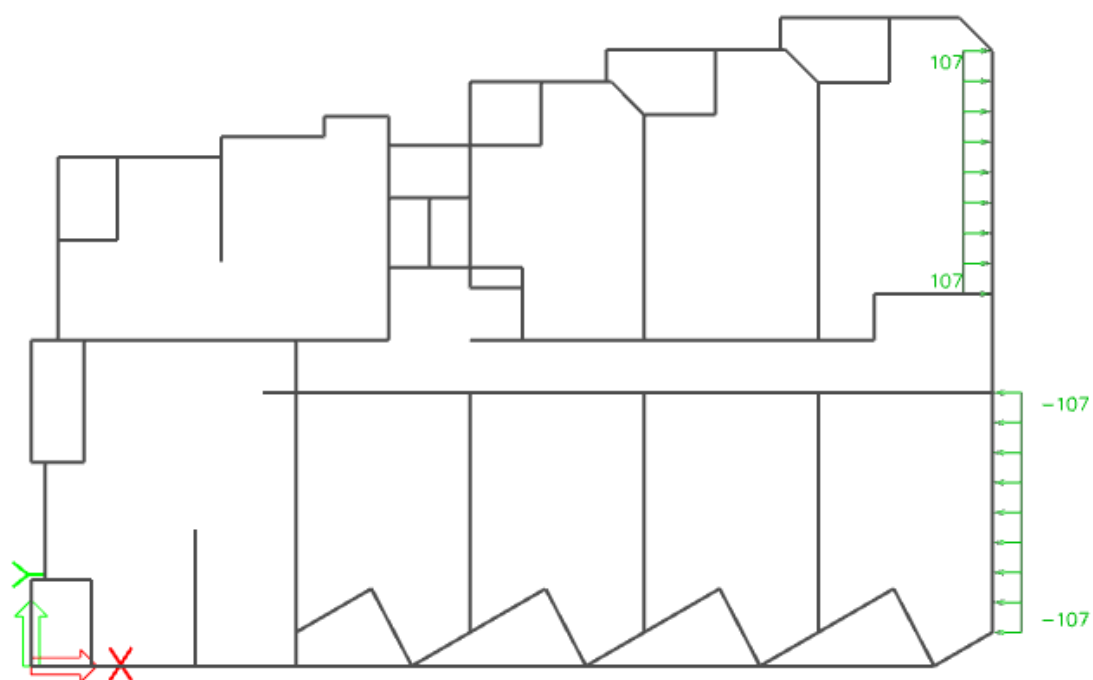
$$R_y(\text{potres}) = 6820 \text{ kN}$$

Ukupna sila vjetra i potresa u y smjeru

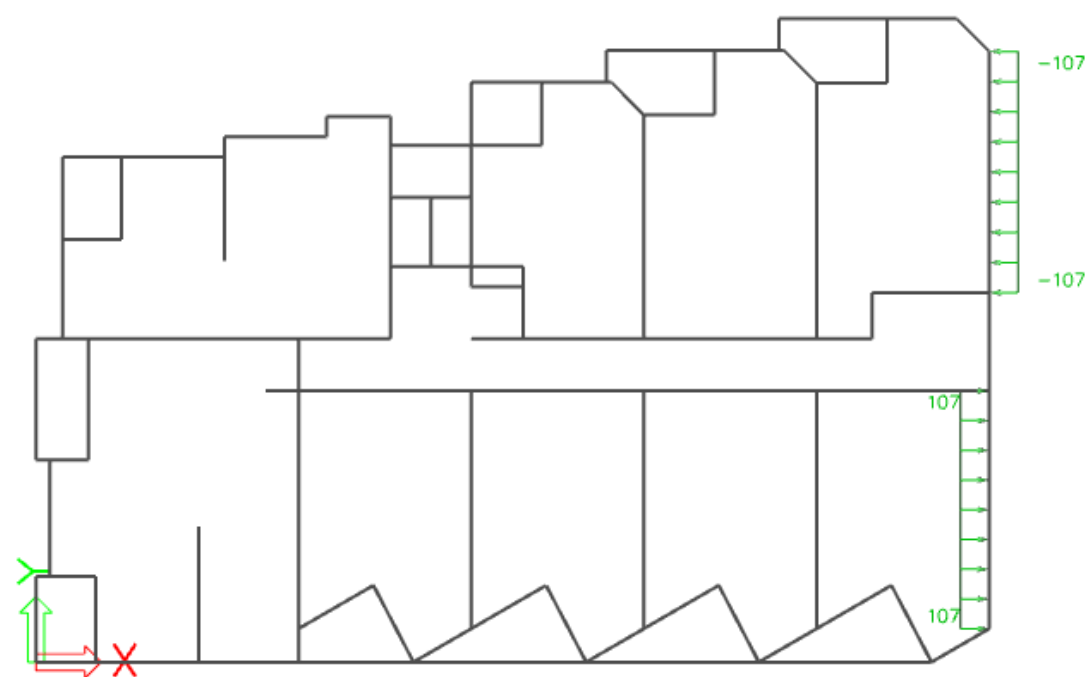
$$W_e(\text{vjetar}) = 1,568 * 11,44 * 20 = 358,76 \text{ kN}$$

$$R_x(\text{potres}) = 6950 \text{ kN}$$

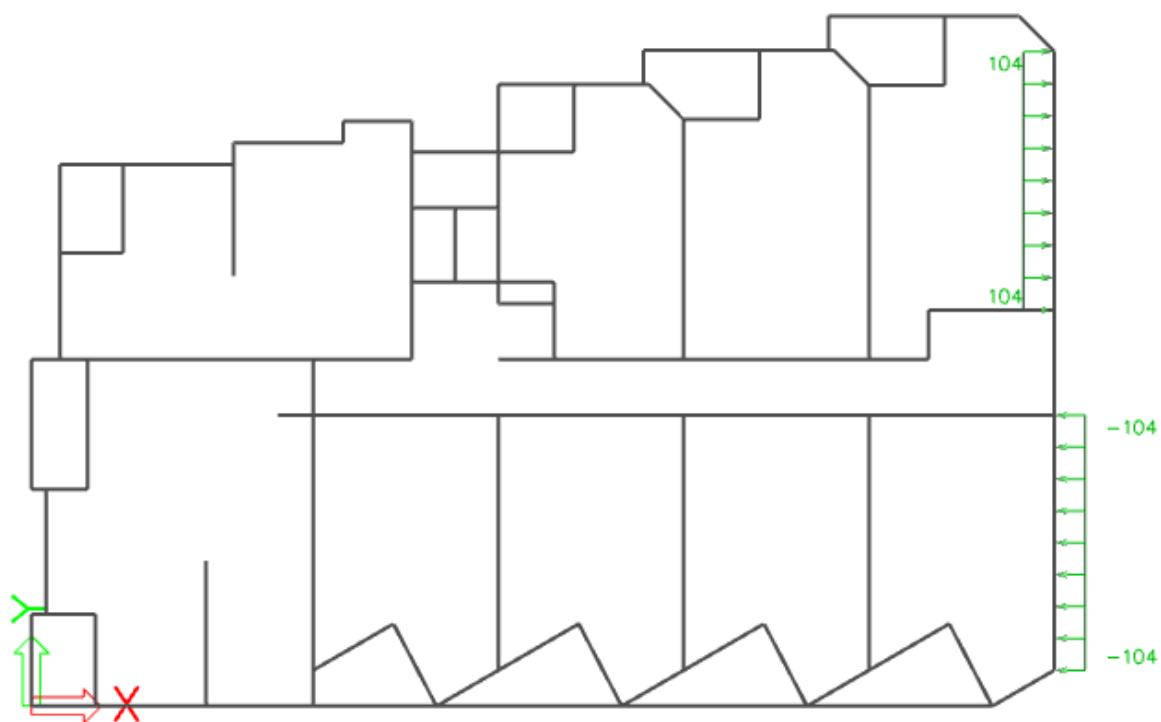
Pošto je opterećenje vjetrom znatno manje od potresnog, opterećenje vjetrom ćemo zanemariti u daljnjem proračunu.



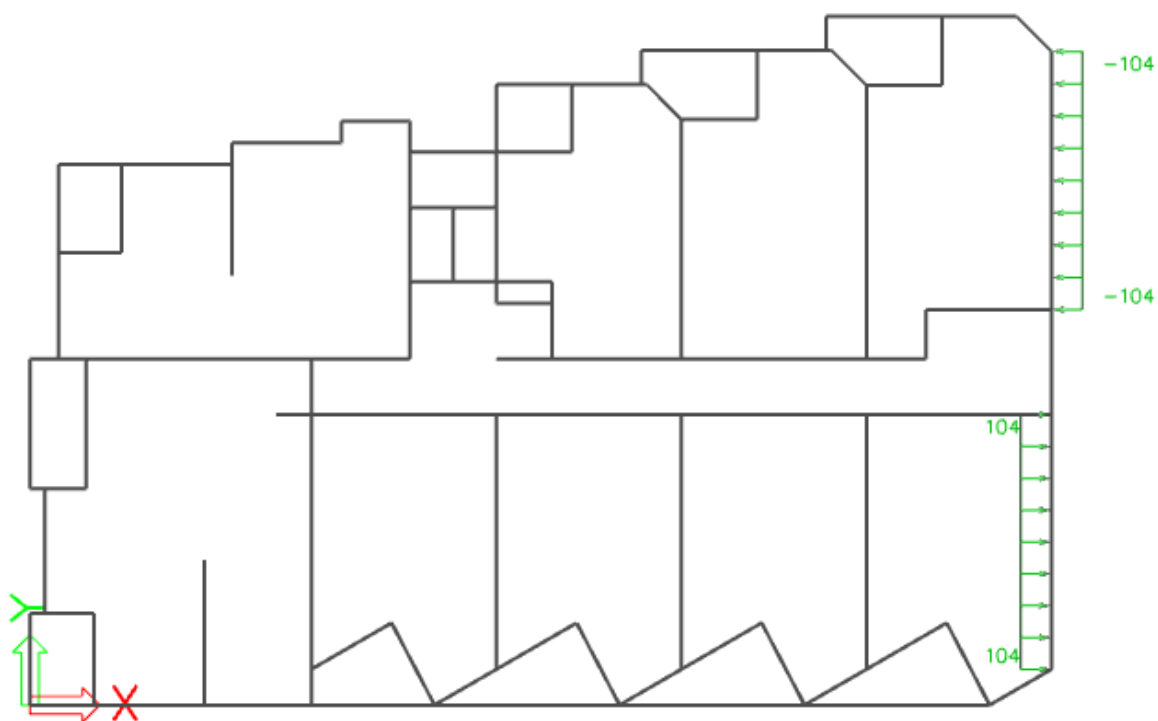
Slika 4.6. Slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je a) pozitivna



Slika 4.7. Slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je b) negativna



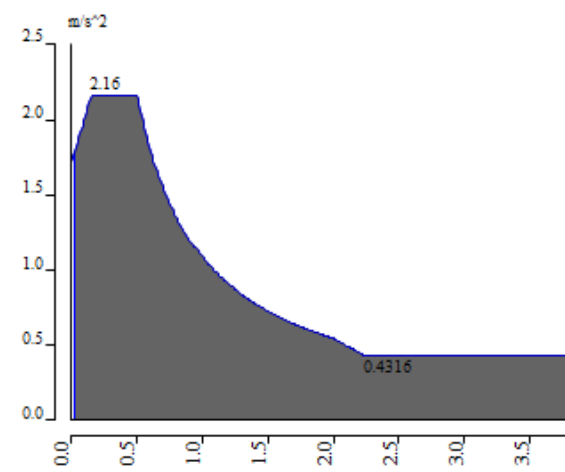
Slika 4.8. slučajni utjecaj torzije u smjeru x za slučaj kada je a) pozitivna



Slika 4.9. slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je b) negativna

4.2. Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998- 1:2011 pomoću računalnog programa Scia Engineer 18.1.

Spektar tipa 1, Klasa tla B: S = 1,2; TB = 0,15; TC = 0,5; TD = 2,0

Naziv	Način crtanja spektra	Informacija o seizmičkom djelovanju	Grafički prikaz
Projektni spektar za proračun seizmičkog djelovanja (za smjer x i y)	Uz pomoć perioda	Tip propisa – Eurocode 8 Tip tla - B Djelovanje - Horizontalno Tip spektra - tip 1 Koeficijent akceleracije. a_g - 0,22 a_g proračunska akceleracija – 0,981 β - 0,2 q – faktor ponašanja – 3,0 (za smjer x i y)	 The graph displays the seismic spectrum for Type 1, Class B ground. The vertical axis represents acceleration in m/s^2, ranging from 0.0 to 2.5. The horizontal axis represents the period in seconds, ranging from 0.0 to 3.5. The spectrum curve starts at 0, rises to a peak value of 2.16 at a period of 0.15 seconds, and then decays to a value of 0.4316 at a period of 2.0 seconds.

Tablica 4.5. Prikaz osnovnih informacija o proračunskom spektru (DCM)

4.3. Prikaz rezultata modalne analize

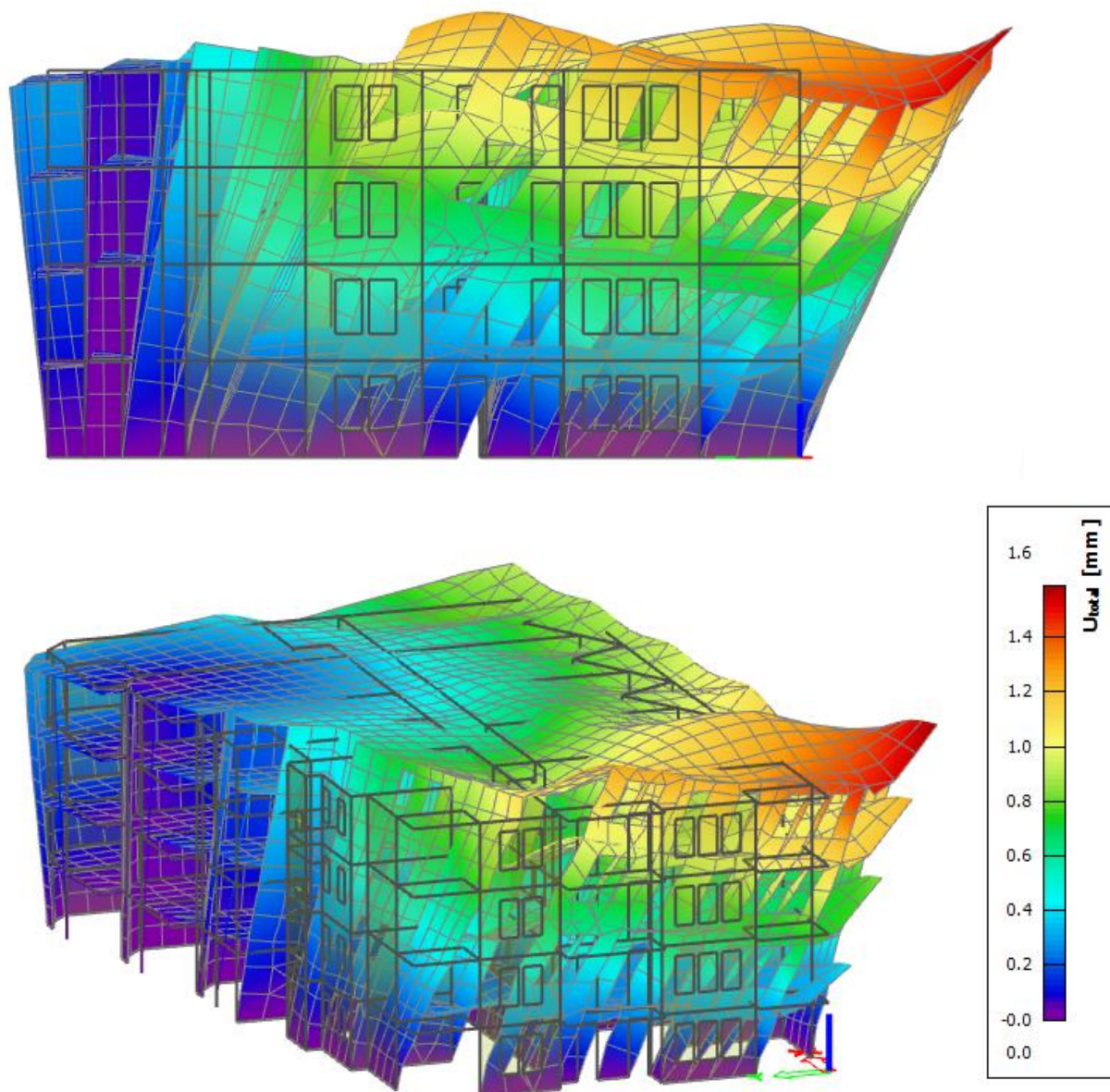
Mode	nega [rad/	Period [s]	Freq. [Hz]	Damp ratio	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	$V_{xi_R}/W_{xtot_}$	$V_{yi_R}/W_{ytot_}$	$V_{zi_R}/W_{ztot_}$
1	46.27	0,14	7,36	0	0.236921	0.184211	1.86653e-07	0.0165052	0.0129508	0.345493
2	51.9985	0,12	8,28	0	0.554807	0.102049	1.21494e-05	0.00891891	0.0254453	0.140627
3	66.3281	0,09	10,56	0	0.00175935	0.485474	0.00077378	0.0697116	0.00395934	0.274613
4	68.6389	0,09	10,92	0	1.76164e-05	0.00054544	0.00139846	0.00161589	0.00117675	0.00294307
5	77.0113	0,08	12,26	0	1.91107e-07	1.09393e-06	1.21816e-05	1.96418e-07	8.6178e-05	1.61174e-06
6	78.8109	0,08	12,54	0	1.97076e-05	0.00107346	0.0144825	0.0132059	0.0162708	0.00636015
7	80.718	0,08	12,85	0	1.02701e-06	1.59771e-05	1.26706e-05	1.63396e-05	0.00349495	1.47871e-05
8	82.806	0,08	13,18	0	1.34535e-07	1.34325e-05	1.46605e-05	1.36154e-05	0.00233109	0.00125151
9	83.7183	0,08	13,32	0	1.16262e-06	0.00311899	0.00453226	0.0012648	0.00948846	1.47564e-06
10	84.463	0,07	13,44	0	0.00031926	1.35444e-05	0.0087007	0.00329204	0.027441	0.00065772
11	86.946	0,07	13,84	0	1.90441e-06	0.00294159	0.00927464	0.00957488	0.00930204	0.00176341
12	87.8959	0,07	13,99	0	1.27417e-05	8.7741e-05	0.00587871	0.00471108	0.00603755	0.00195194
13	88.5683	0,07	14,10	0	1.55988e-06	0.000862905	0.0220212	0.0189811	0.0181025	0.00570577
14	90.08	0,07	14,34	0	1.1445e-07	0.00018973	0.0161372	0.0160885	0.0170588	0.00133828
15	91.7968	0,07	14,61	0	0.00936235	1.36641e-06	0.0051911	0.0034774	0.0279493	0.00149898
16	93.3444	0,07	14,86	0	1.23208e-05	0.00296995	1.98757e-05	1.1373e-05	0.00803585	1.53521e-05
17	93.7918	0,07	14,93	0	1.41678e-06	1.23957e-05	0.00020923	9.6878e-06	1.84824e-05	1.29211e-07
18	94.71	0,07	15,07	0	1.84796e-05	1.09383e-05	0.00760656	0.00868709	0.0209924	0.00187926
19	95.3546	0,07	15,18	0	1.61802e-05	0.00165674	0.0131289	0.00266582	0.00409391	1.11354e-05
20	95.9174	0,07	15,27	0	0.00015294	1.39424e-05	0.00561237	0.00153105	0.00241044	0.00220735
0	0	0,00	0,00	0	0.795114	0.775867	0.113871	0.17118	0.196044	0.764197

Tablica 4.6. Prikaz sudjelujućih masa

U proračunu na potresno opterećenje korištena je višemodalna spektralna analiza. Uzeto je ukupno 25 modova . Zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi 79.51% za x smjer, te 77.58% za y smjer. Ukupna aktivacija mase u oba smjera treba biti najmanje 90% ukupne mase konstrukcije te je potrebno u povećati potresne sile u potresnim kombinacijama. Efektivna masa (iz rezultata proračuna): $M_X/M_{ukupna}=0.80$; $M_Y/M_{ukupna}=0.78$. Za fiktivno aktiviranje 100% efektivne mase, djelovanje potresa S_x i S_y se u kombinaciji povećava za: $k_X=k_Y=1.0/0.79=1.27$

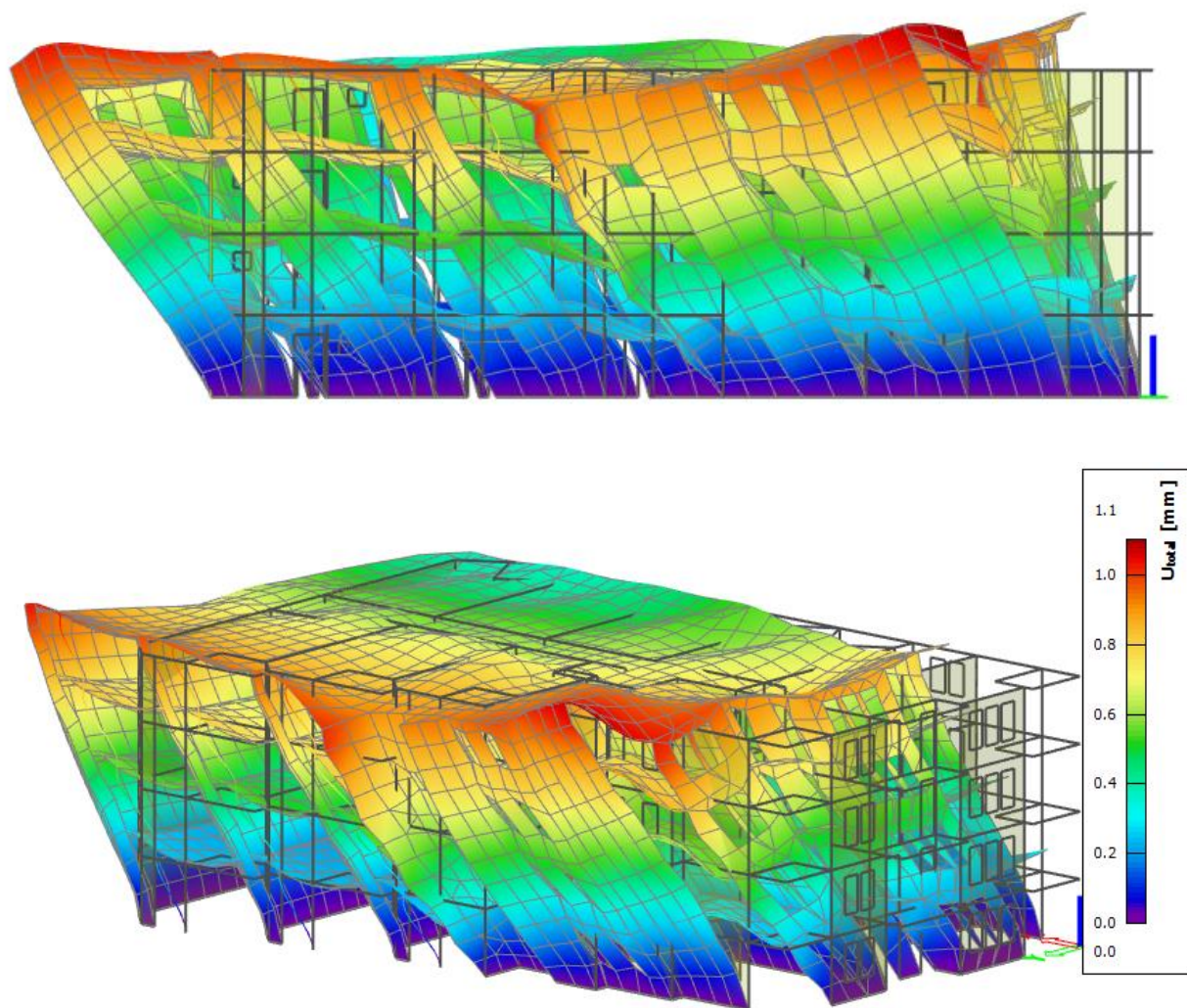
4.3.1. Vlastiti oblici uslijed potresnog djelovanja

Prvi vlastiti vektor



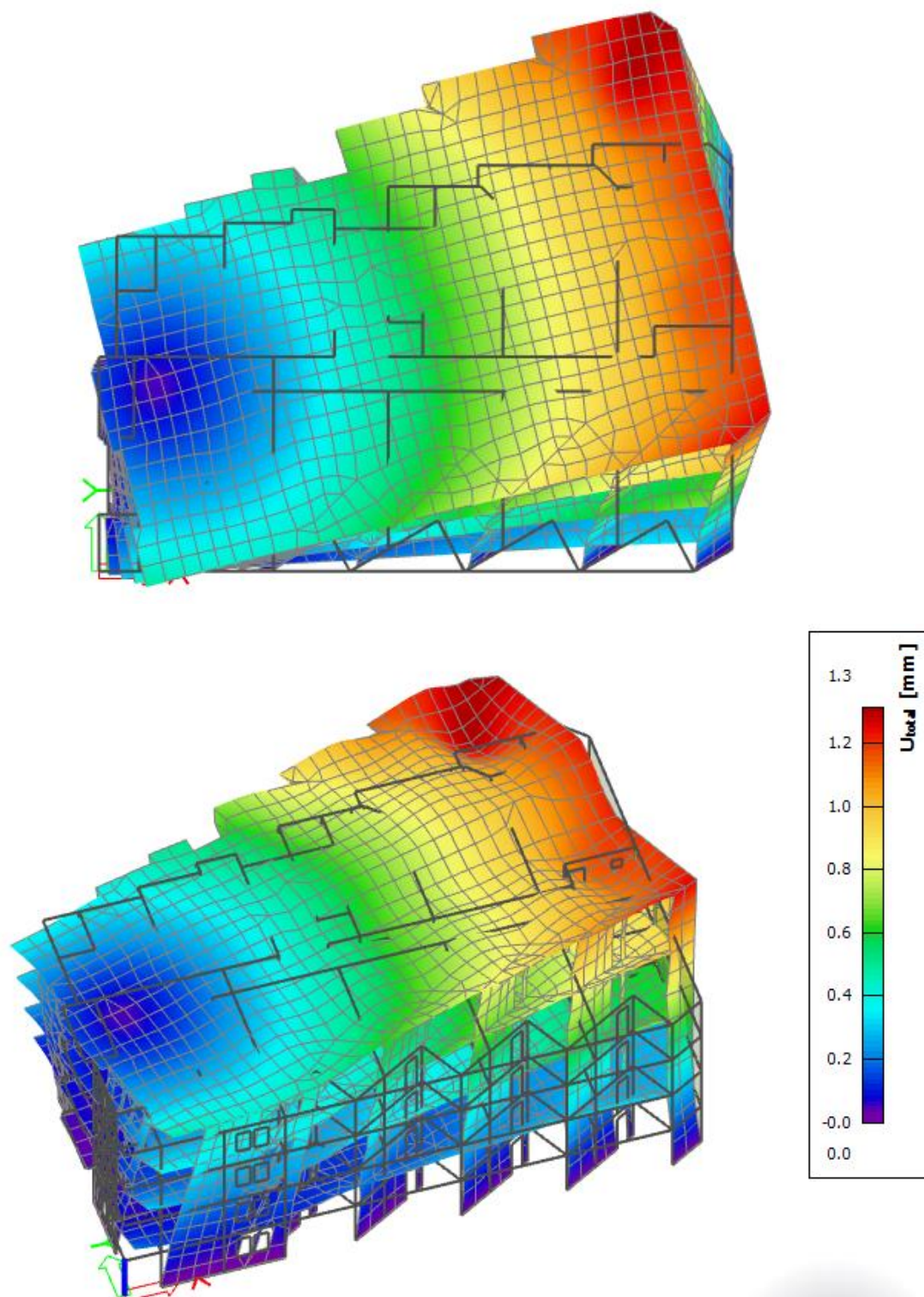
Slika 4.10. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi y),

Drugi vlastiti vektor



Slika 4.11.. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi x),

Treći vlastiti vektor



Slika 4.12. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora (uvrtanje oko osi z)

4.4. Kombinacije djelovanja

4.4.1. Granično stanje uporabljivosti

Oznaka kombinacije	Opis kombinacije i faktoriranje	Kontrola:
GSU	nazovistalna kombinacija: $1.0G + \Psi 2i \cdot Qi$ $1.0 \cdot G + 0.3 \cdot Q$	ograničenje tlačnog naprezanja u a-b elementima; dugotrajni progib, progibi ploča i greda

4.4.2. Granično stanje nosivosti

	vodeće djelovanje Q1 (promjenjivo)
GSN-1	$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$

	vodeće djelovanje F (potres) (koeficijent zauzetosti – nezavisno zauzeti katovi: $\varphi=0.5$) Napomena: Program automatski generira kombinacije s $+S_x$ i $-S_x$, odnosno $+S_y$ i $-S_y$
GSN-2	$1.0G \pm 1.27 \cdot S_x \pm 0.38 \cdot S_y + T_x + 0.3 \cdot Q$
GSN-3	$1.0G \pm 1.27 \cdot S_x \pm 0.38 \cdot S_y - T_x + 0.3 \cdot Q$
GSN-4	$1.0G \pm 0.38 \cdot S_x \pm 1.27 \cdot S_y + T_y + 0.3 \cdot Q$
GSN-5	$1.0G \pm 0.38 \cdot S_x \pm 1.27 \cdot S_y - T_y + 0.3 \cdot Q$

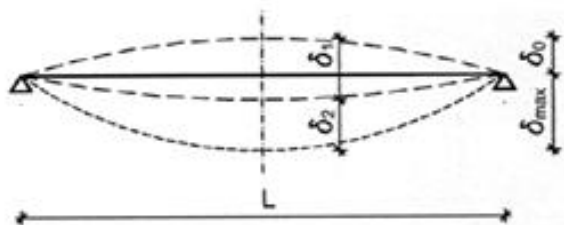
4.4.3. Anvelopa kombinacija

ANV1-8	Anvelopa kombinacija - osnovno djelovanje (GSN-1, ... GSN-8)
ANV9-12	Anvelopa kombinacija - potres (GSN-9, ... GSN-12)

4.5. Granični kriteriji progiba ploča

Maksimalni dopušteni progib: $\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$

Granični (max.) progib je: $\delta_{\max} = L/250$



δ_0 = nadvišenje

δ_1 = progib od kratkotrajnog opterećenja

δ_2 = progib od vremenskih efekata

$\delta_{\max}$ = maksimalni (ukupni) progib

δ_0 = nadvišenje u oplati ($\delta_{0,\max} = L/350$)

δ_1 = kratkotrajni progib od stalnih i promjenjivih opterećenja (bez puzanja):

Česta kombinacija:

$$GSU-1 = 1.0G + \psi_{1i} \cdot Q_i = 1.0G + 0.5Q$$

δ_2 = dugotrajni (uključeno puzanje):

Nazovistalna kombinacija:

$$GSU-2 = 1.0G + \psi_{2i} Q_1 = 1.0G + 0.3Q$$

Elastični progib dobiven proračunom po linearnoj teoriji: δ_{EL}

- Progib od kratkotrajnog opterećenja + vremenski efekti: $\delta_1 + \delta_2 \cong 5.0 \cdot \delta_{EL}$

Progib od kratkotrajnog opterećenja + (puzanje):

$$GSU-2 = 1.0G + \psi_{2i} \times Q_i = 1.0G + 0.3Q$$

Približni iznos ukupnog progiba od kratkotrajnog opterećenja + vremenskih efekata:

$$(\delta_1 + \delta_2) \cong \delta_{EL} \times 5.0$$

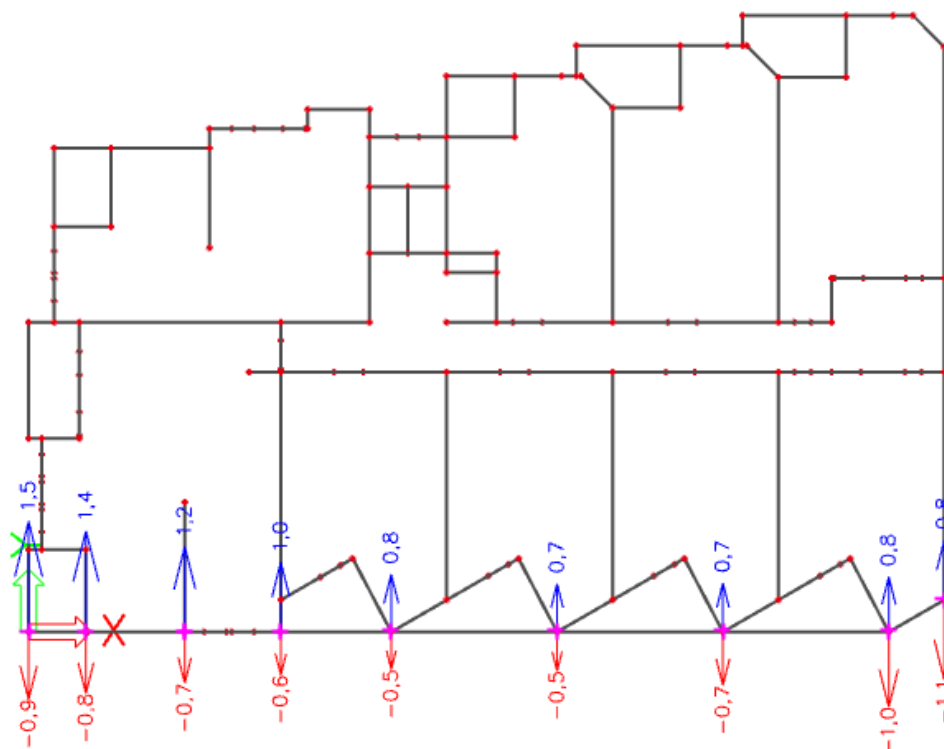
$$\text{Dopušteni računski progib: } \delta_{\max} = (\delta_1 + \delta_2) - \delta_0 \leq L/250 \quad \delta_1 + \delta_2 \cong 5.0 \times \delta_{EL};$$

$$\text{nadvišenje } \delta_0 = L/350 \quad \delta_{\max} = \delta_{EL} \times 5.0 - L/350 \leq L/250$$

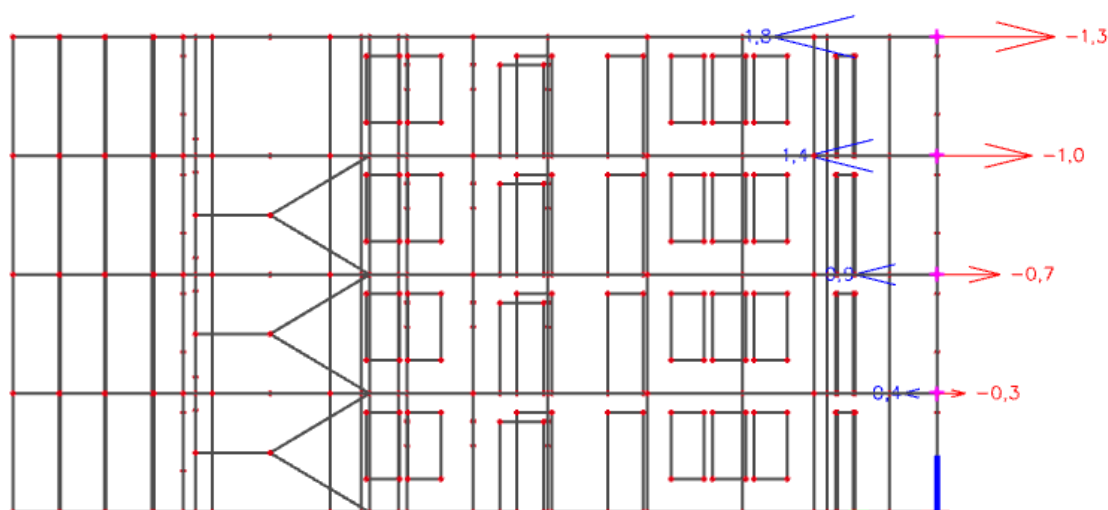
$$\text{s nadvišenjem } \delta_0 = L/350: \quad \delta_{EL} \leq (L/250 + L/350)/5.0 = L/730$$

$$\text{bez nadvišenja:} \quad \delta_{EL} \leq (L/250)/5.0 = L/1250$$

4.6. Horizontalni pomaci uslijed seizmičke kombinacije u smjeru y



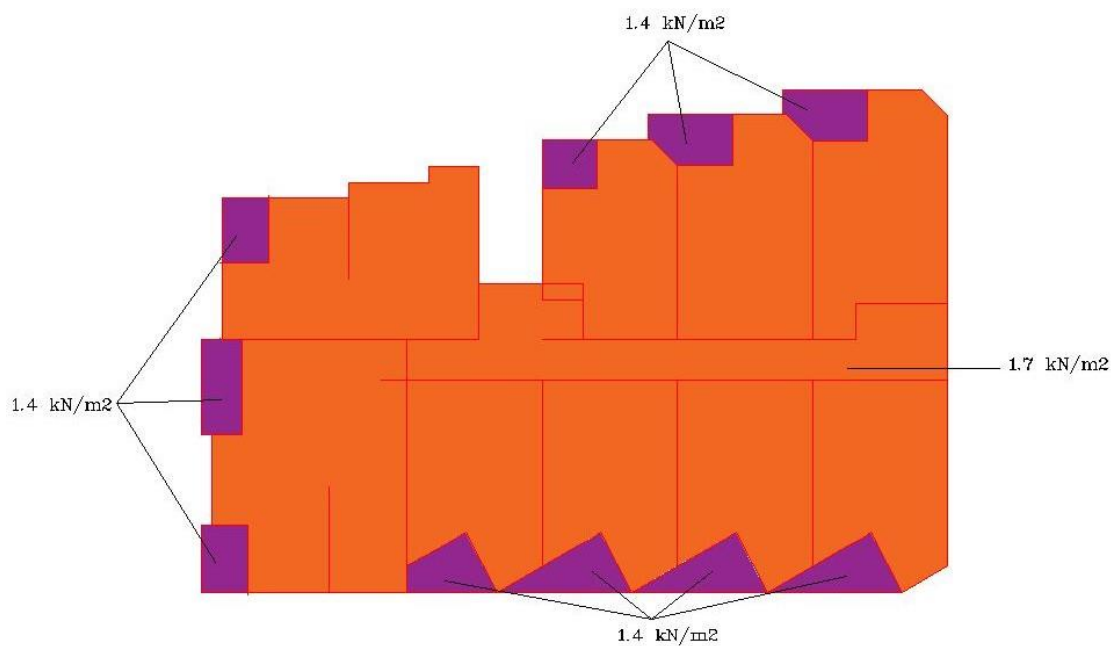
Slika 4.13. Horizontalni pomaci zadnje etaže u smjeru y
za seizmičku kombinaciju u smjeru y za klasu DCM (mm)



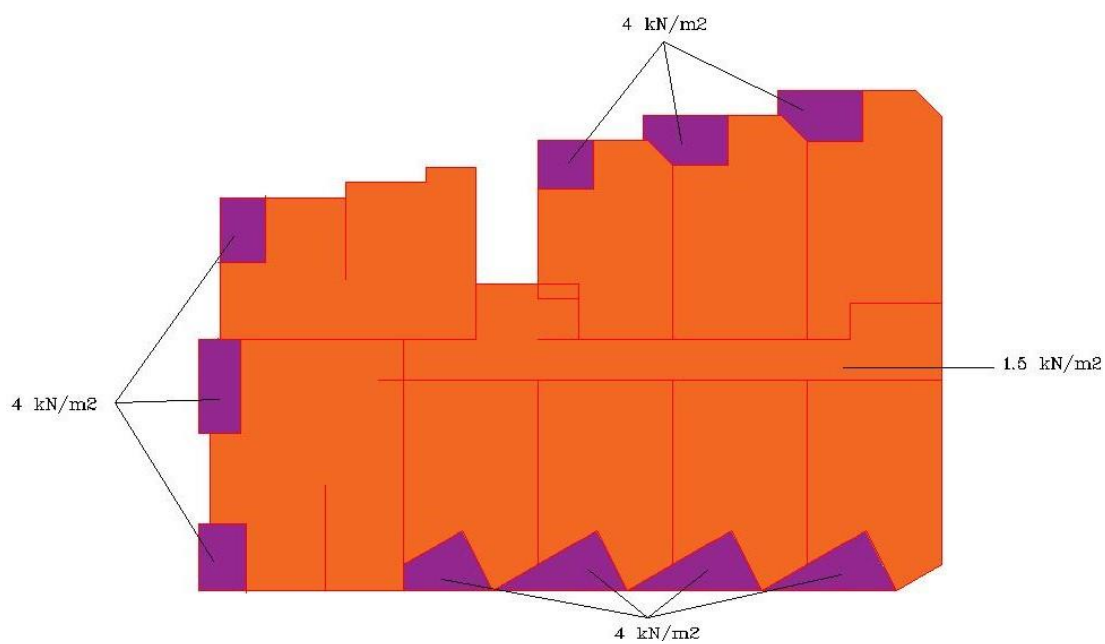
Slika 4.14. Horizontalni pomaci po etaži u smjeru y
za seizmičku kombinaciju u smjeru y za klasu DCM (mm)

5. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE

5.1. Analiza opterećenja



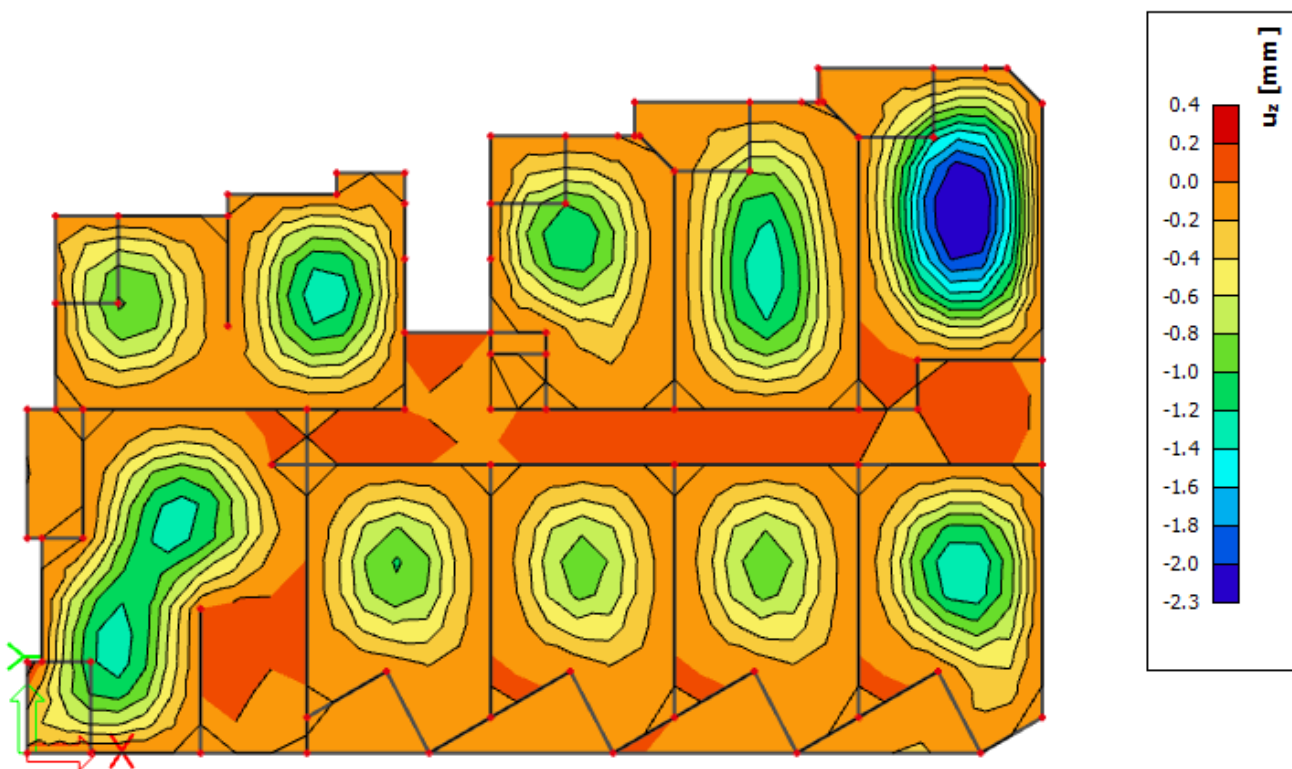
Slika 5.1. Dodatno stalno opterećenje karakteristične ploče



Slika 5.2. Promjenjivo opterećenje karakteristične ploče

5.2. Proračun progiba ploče

Kratkotrajni i dugotrajni progibi U_z (mm) za kombinaciju opterećenja GSU



Slika 5.3. Progibi ploča [mm] za GSU ($\delta EL \leq L/1250$)

Maksimalni progib ploča iznosi 2,3 mm dok je dopušteni progib

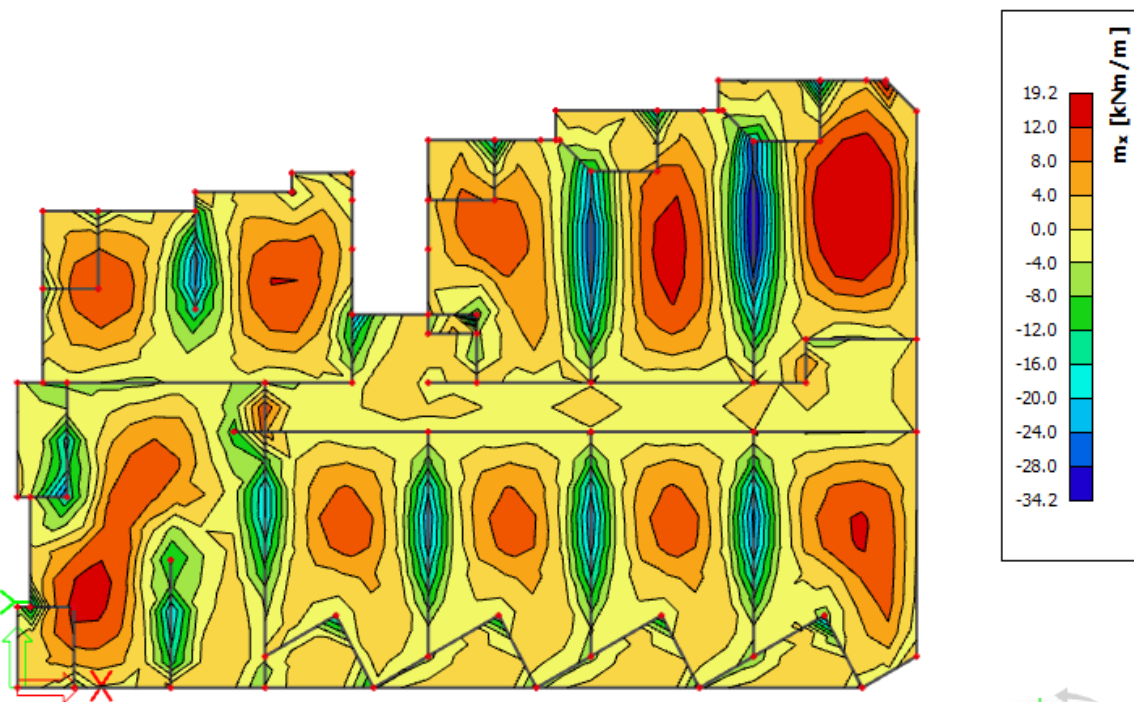
$$\delta EL \leq L/1250 = 9800/1250 = 7.84 \text{ mm.}$$

5.3. Prikaz rezultata

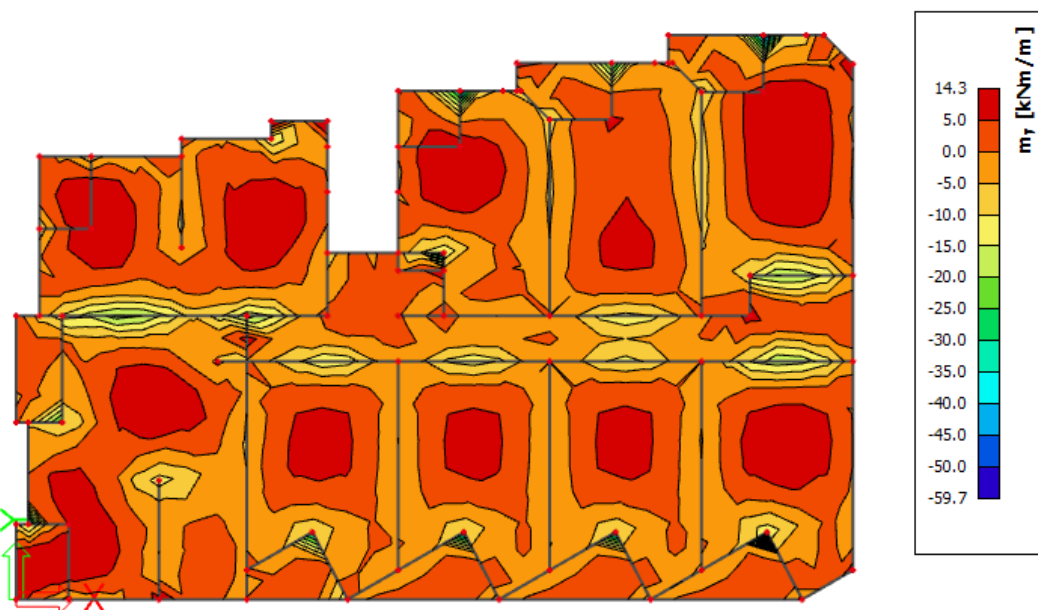
Kombinacija za izračuna momenata savijanja u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN - 1 : 1,35 * G + 1,5 * Q$$

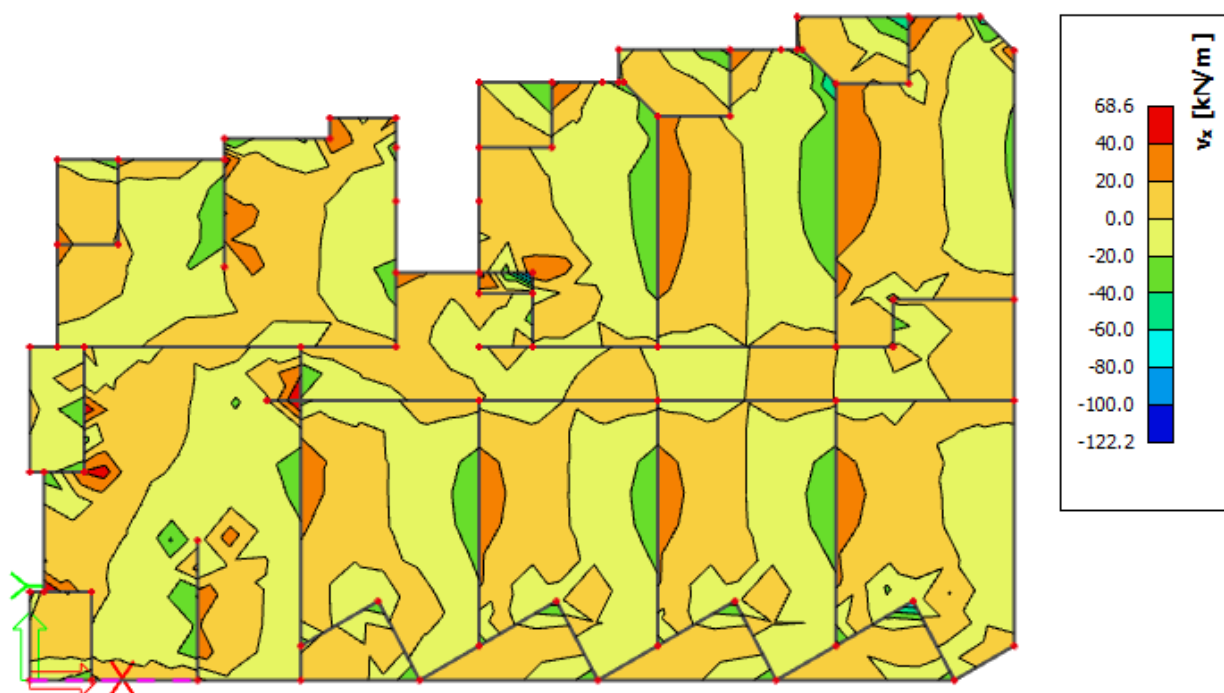
Na sljedećim slikama prikazani su rezultati momenta savijanja u smjeru x i y M_x, M_y (Kn/m²) za kombinaciju opterećenja GSN-1 na pločama



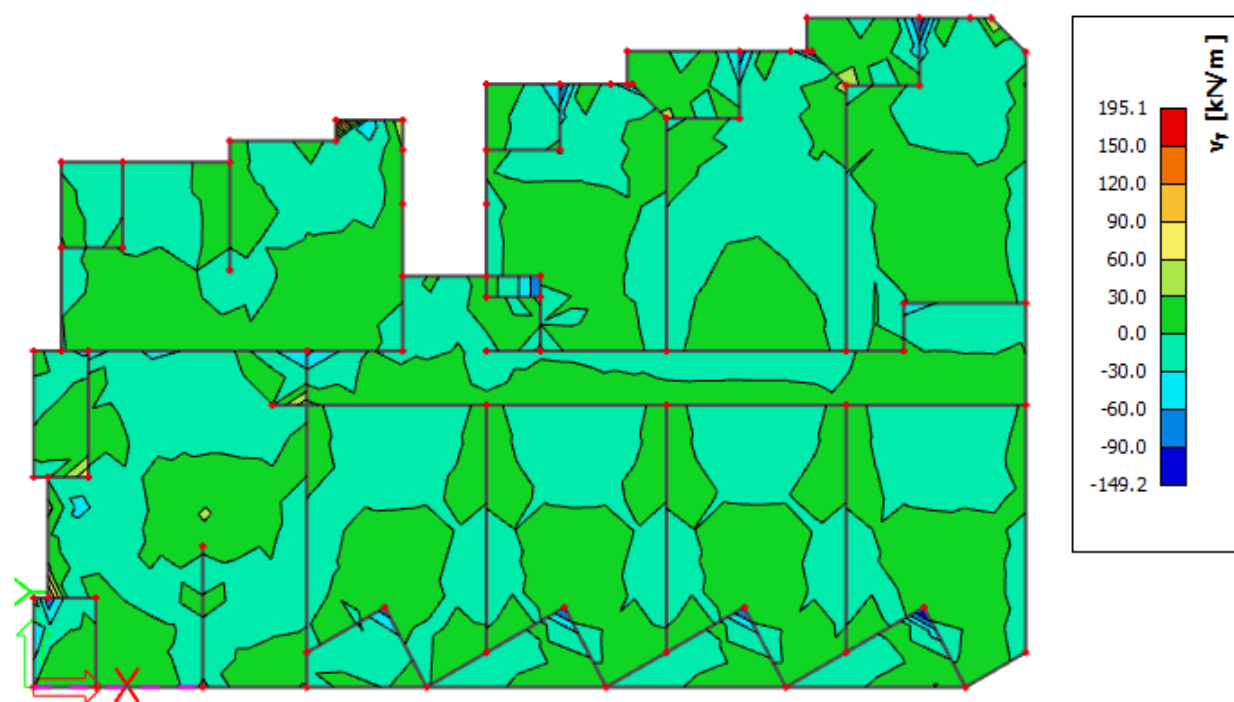
Slika 5.4. Momenti savijanja $M_{sd,x}$ [kNm/m] za GSN-1



Slika 5.5. Momenti savijanja $M_{sd,y}$ [kNm/m] za GSN-1

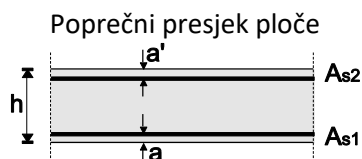


Slika 5.6. Poprečne sile $V_{sd,x}$ [kNm/m] za GSN-1



Slika 5.7. Poprečne sile $V_{sd,y}$ [kNm/m] za GSN-1

5.4. Dimenzioniranje karakteristične ploče



AB ploča: $h=17$ cm
 zaštitni sloj: $a=3.0$ cm; $a'=3.0$ cm
 $d=14.0$ cm

Beton:

C 30/37

$f_{ck}=30.0$ MPa

$E_{cm}=31,5$ GPa

$\gamma_c=1.5$

Armatura:

B 500B

$f_y=500$ MPa

$\gamma_s=1.15$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim}=0.159 \cdot (b_w \cdot d^2) \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim}=0.159 \cdot (1.0 \cdot 0.14^2) \cdot (30/1.5) \cdot 1000 = 62.3 \text{ kNm}$$

Min. i max. % armature za ploče:

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 14.0 = 2.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b \cdot d / f_{yk} = 0.6 \cdot 100 \cdot 13.0 / 500 = 1.68 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd} / f_{yd}) = 0.31 \cdot 100 \cdot 14.0 \cdot (30/1.5) / (500/1.15) = 19.964 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun armature ploča usvaja se $\zeta \approx 0.9$. Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 100 / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = M_{Sd} \cdot 100 / (0.9 \cdot 14.0 \cdot (50/1.15)) =$$

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 0.18$$

Napomena: Prethodni izrazi vrijede za moment M_{Sd} u [kNm] i armaturu $A_{s1,s2}$ u [cm²].

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

Kombinacija za izračuna armature u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$ARM : 1.35 \cdot 0.18 \cdot G + 1.5 \cdot 0.18 \cdot Q$$

$$ARM : 0.243 \cdot G + 0.27 \cdot Q$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d$$

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

$$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2; (d \text{ u mm}); k = 1 + (200/140)^{(1/2)} = 2.2 = 2.0$$

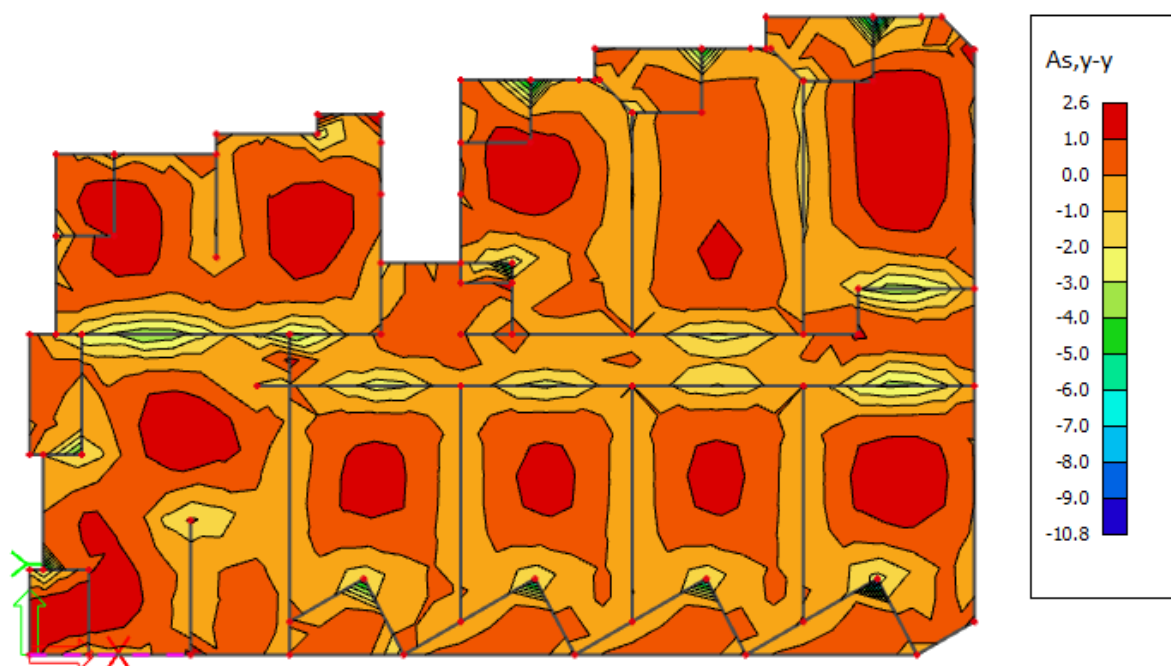
$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w * d) \leq 0.02 = 5.03 / (100 * 14.0) = 0.0036$$

$$V_{Rd,c} = (0.12 * 2.00 * (100 * 0.0036 * 30)^{(1/3)} + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.14 * 1000 \quad V_{Rd,c} = 74.27 \text{ kN/m}$$

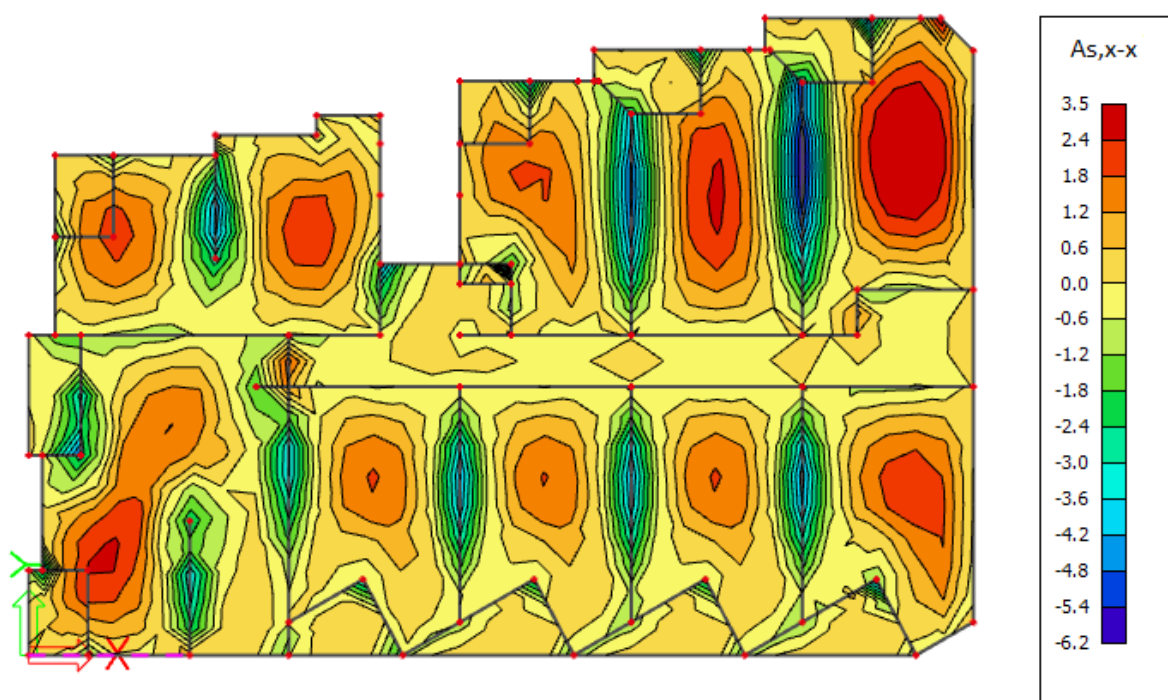
$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2.0^{(3/2)} * 30.0^{(1/2)} = 0.542$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0.542 + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.14 * 1000 = \mathbf{75.88 \text{ kN/m}}$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature za x i y smjer:



Slika 5.8. Armatura u Y smjeru [cm^2/m] za GSN-1



Slika 5.9. Armatura u X smjeru [cm^2/m] za GSN-1

$$A_{s1, \text{očitano}} = 3.5 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow +25\% \rightarrow A_{s1} = 4.375 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Odabrana mreža } Q 503 \rightarrow A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

6. PRORAČUN STUPOVA

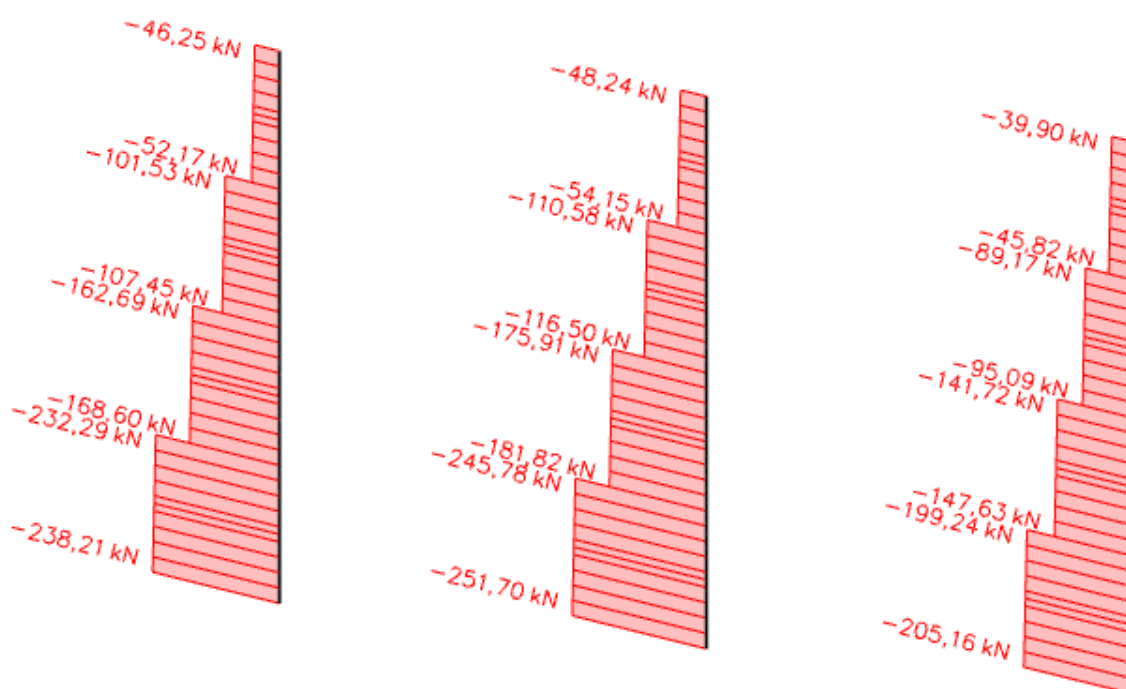
Beton: **C 30/37**; $f_{ck}=30.0$ Mpa; $\gamma_c=1.5$

Armatura: **B 500B**; $f_y=500$ Mpa; $\gamma_s=1.15$

Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za kombinaciju $GSN-1=1.35G+1.5Q$:

$$\sigma_{c,Sd} = 251.7 / (25 \cdot 25) = 0.4 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{c,Sd} = 3.0 / 1.5 = 1.5 \text{ kN/cm}^2$$

Iskoristivost stupa: $0.4 / 1.5 = 0.2666$



Slika 5.10. Uzdužne sile u stupovima za kombinaciju $GSN-1=1.35G + 1.5 \cdot Q$

Stup armirati sa **4Φ14** i vilicama **Φ10/15**.

7. PRORAČUN GREDA

Limitirajući moment savijanja: $M_{Rd,lim}=0.159*(b_w*d^2)*f_{cd}$

Minimalna armatura / maksimalna armatura: $A_{s,min}=0.0015*b_w*d$ /
 $A_{s,max}=0.31*b_w*d*(f_{cd}/f_{yd})$

Potrebna površina armature:

$$\text{-za } M_{Sd} \leq M_{Rd}: A_{s1}=M_{Sd}*100/(\zeta*d*f_{yd}); \quad \zeta \cong 0.9$$

$$\text{-za } M_{Sd} > M_{Rd}: A_{s1}=M_{Rd,lim}*100/(\zeta_{lim}*d*f_{yd})+(M_{Sd}-M_{Rd,lim})*100/((d-d_2)*f_{yd});$$

$$\zeta_{lim} \cong 0.892$$

$$A_{s2}=(M_{Sd}-M_{Rd,lim})*100/((d-d_2)*\sigma_{s2}); \quad \zeta \cong 0.9$$

$$\sigma_{s2}=\epsilon_{s2}*E_s$$

$$\epsilon_{s2}=3.5*(\zeta_{lim}-d_2/d)/\zeta_{lim} \text{ (‰)}; \quad \zeta_{lim}=0.259$$

Preraspodjela momenata savijanja u gredama: iznad ležaj: $0.85M_{Sd}$; u polju: $1.30M_{Sd}$

Proračunska posmična otpornost elementa bez poprečne armature:

$$V_{Rd,C}=[C_{Rd,c}*k*(100*\rho_I*f_{ck})^{1/3}+k_1*\sigma_{cp}]*b_w*d \geq (v_{min}+k_1*\sigma_{cp})*b_w*d \quad (f_{ck} \text{ u MPa})$$

$$k=1+(200/d)^{1/2} \leq 2.0 \quad (d \text{ u mm})$$

$$\rho_I=A_{s1}/(b_w*d) \leq 0.02$$

$$v_{min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}$$

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

Nosivost tlačnih štapova:

$$V_{Rd,max}=0.5*v*f_{cd}*b_w*d$$

$$v=0.6(1-f_{ck}/250) \quad (f_{ck} \text{ u MPa})$$

Minimalna armatura - vilice:

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

Nosivost na poprečnu silu s armaturom:

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

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

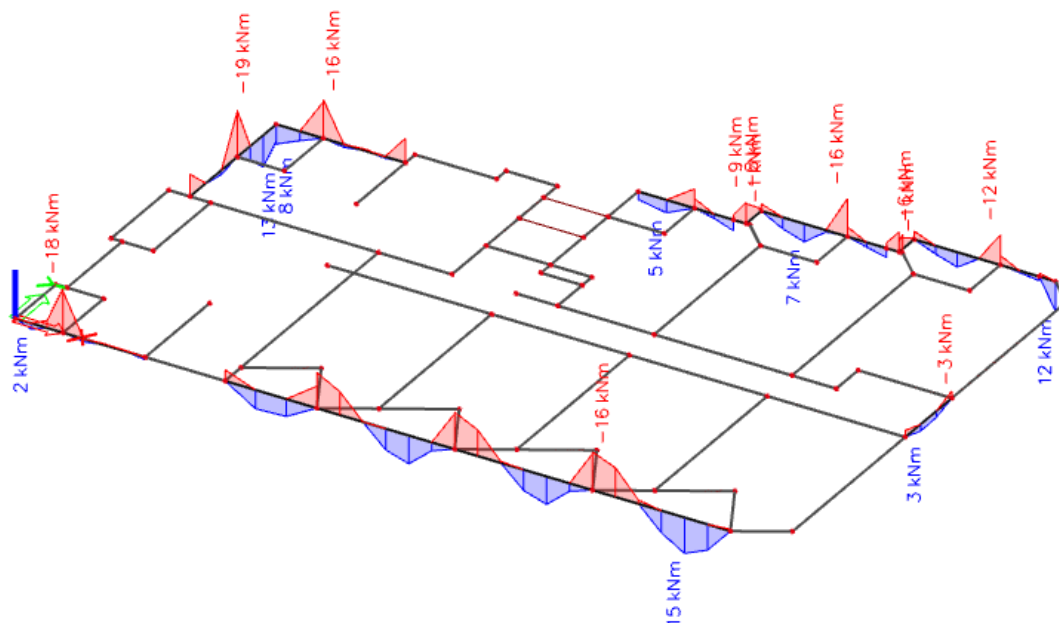
Ukupna nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s}$$

7.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

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

Armatura: B 500 B; $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$ $f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434,8 \text{ MPa}$



Slika 5.11. Momenti savijanja(M_y) u gredama za kombinaciju $G_{SN-1}=1.35G + 1.5*Q$

$$M_{Ed}(\text{ležaj}) = 19 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}(\text{polje}) = 15 \text{ kNm}$$

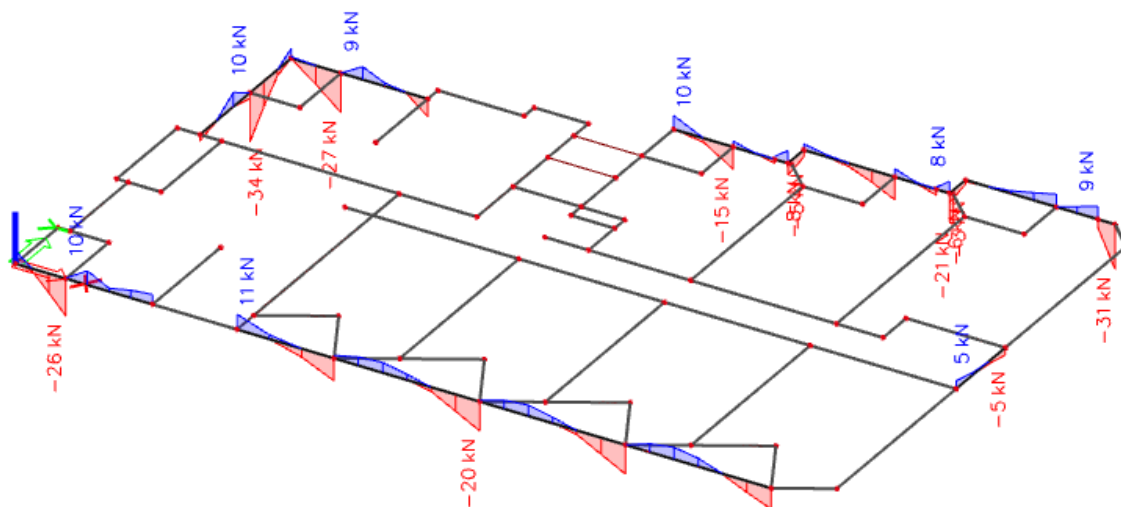
$$A_{s,\min}=0.0015 \cdot b_w \cdot d = 0.0015 \cdot 20 \cdot 41 = 1.23 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} = \frac{M_{s,\min}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

$$M_{s,\min} = A_{s,\min} \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = 1.23 \cdot 0.9 \cdot 41 \cdot 43.5 = 19.74 \text{ kNm}$$

Odabrano **2Ø16** ($A_s=4.02 \text{ cm}^2$) za donju i gornju zonu.

7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu



Slika 5.12. Poprečne sile (V_z) u gredama za kombinaciju $G_{SN-1} = 1.35G + 1.5 \cdot Q$

$$V_{Ed} = 34 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{410}} = 1.7 \leq 2$$

$$b_w = 20 \text{ cm} \quad d = 41 \text{ cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\phi 16}{30 \cdot 70} = \frac{4.02}{20 \cdot 46} = 0.0044$$

$$k_1 = 0.15$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.7 \cdot (100 \cdot 0.0044 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 200 \cdot 410 = 39 \text{ kN} \geq 34 \text{ kN}$$

$$s_{\max} = \min(0.75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0.75 \cdot 41 = 30.75; 30) \Rightarrow s_{\max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.001$$

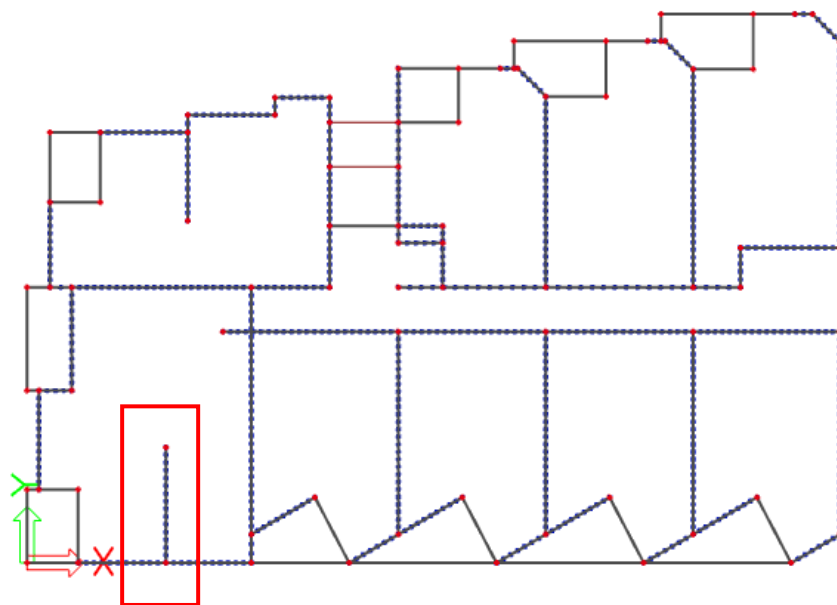
$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 25 \cdot 20}{2} = 0.3 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø8/25** ($A_{sw} = 0.5 \text{ cm}^2$)

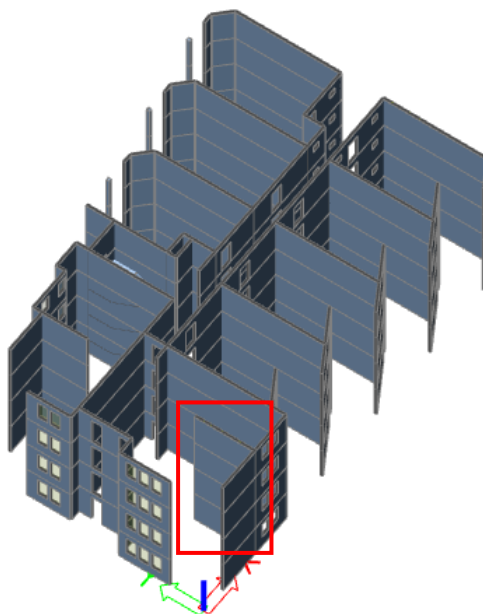
8. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM) U Y SMJERU

8.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida

Zid prikazan na slici 6.1. dimenzioniran je na potresno opterećenje za razred umjerene duktilnosti (DCM) u Y smjeru prema HRN EN 1998-1:2011. Zid je upeto pridržan pri trakastom temelju i horizontalno pridržan u visini etaže prizemlja. Na zidu ne postoje nikakva oslabljenja u cijeloj visini.



Slika 8.1. Prikaz karakterističnog zida za koji će se vršiti proračun



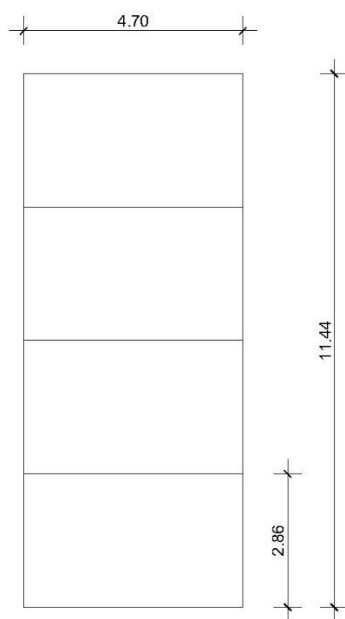
Slika 8.2. Prikaz karakterističnog zida na 3D proračunskom modelu

Prema HRN EN 1998-1:2011 za srednju klasu duktilnosti (DCM) u glavnim potresnim elementima potrebno je uzeti beton klase ne manje od C16/20. isto tako u kritičnim područjima nosivih elemenata upotrebiti isključivo rebrastu armaturu razreda B ili C.

Klasa duktilnosti	DC L (Niska)	DC M (Srednja)	DC H (Visoka)
Klasa betona	Bez ograničenja	$\geq C16/20$	$\geq C16/20$
Klasa čelika prema EN 1992-1-1, Tablica C1	B ili C	B ili C	C
Glavna armatura		rebrasta	rebrasta
Čvrstoća čelika	Bez ograničenja	Bez ograničenja	$f_{yk,0.95} \leq 1.25f_{yk}$

Tablica 8.1. Karakteristike materijala za primarne potresne elemente prema klasama duktilnost

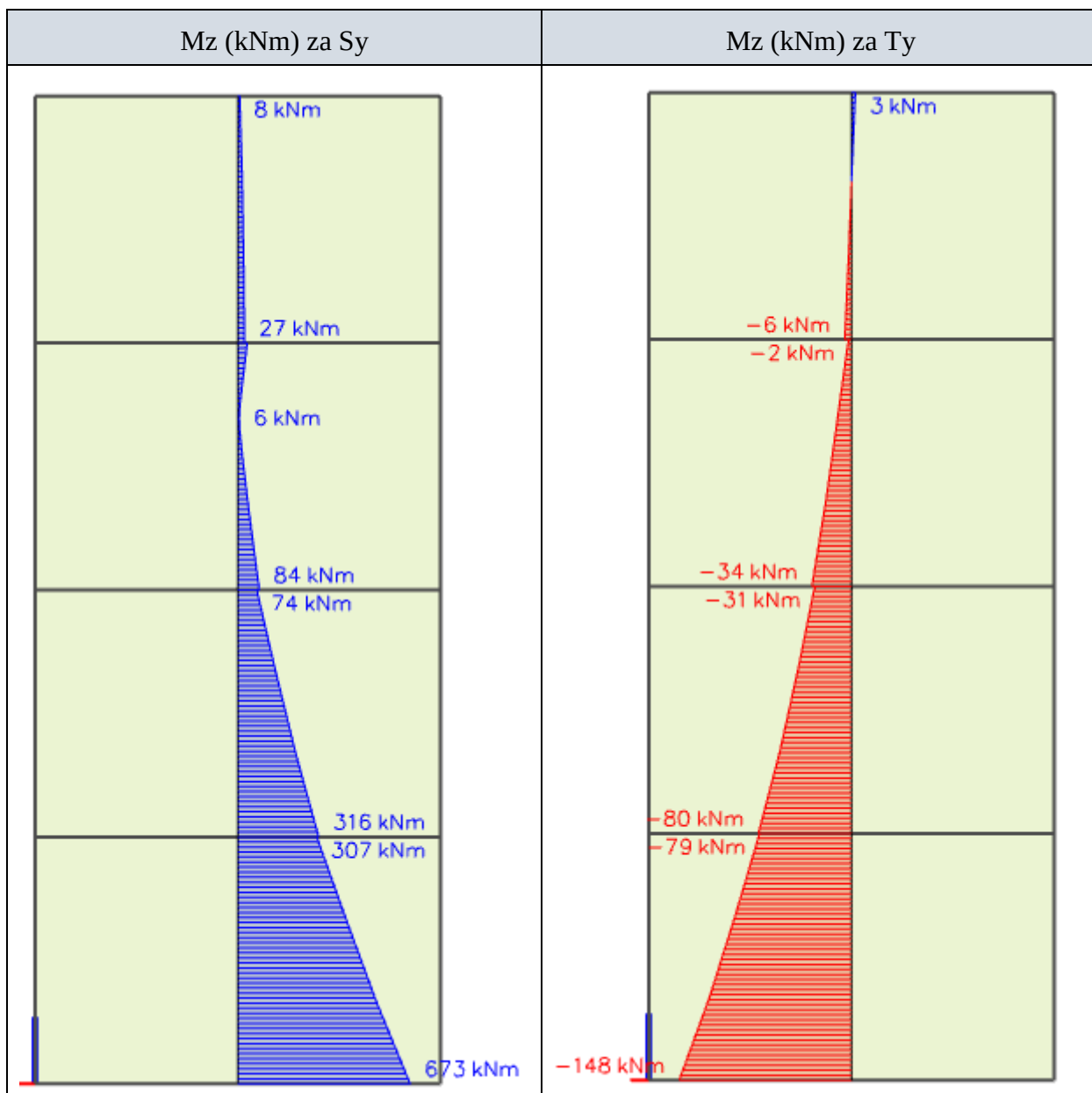
Slika 8.3. Geometrijske karakteristike zida



Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011. Uzimajući u obzir gore navedene norme u konkretnom slučaju uzet je beton klase C 20/25 te armatura B 500B. Za potresnu kombinaciju parcijalni koeficijent sigurnosti za beton je $\gamma_c=1,5$ te za armaturu $\gamma_s=1,15$. Geometrijske karakteristike zida su prikazane na slici 6.3. Duljina zida $l_w = 4.7 \text{ m}$, visina zida $h_w = 11.44 \text{ m}$ te širina zida $b_w = 0,20 \text{ m}$. Karakteristični zid je dimenzioniran u presjeku iznad ploče prizemlja gdje je i horizontalno pridržana konstrukcija kao simulacija utjecaja oklnog tla na konstrukciju. Proračunom dobijena armatura voditi će se sve do temeljne ploče. Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka ζ izračunat je za pojedine etaže i vrijednost ne prelazi 0,10 stoga se učinci drugog reda ne uključuju u dienzioniraje nosivih elemenata.

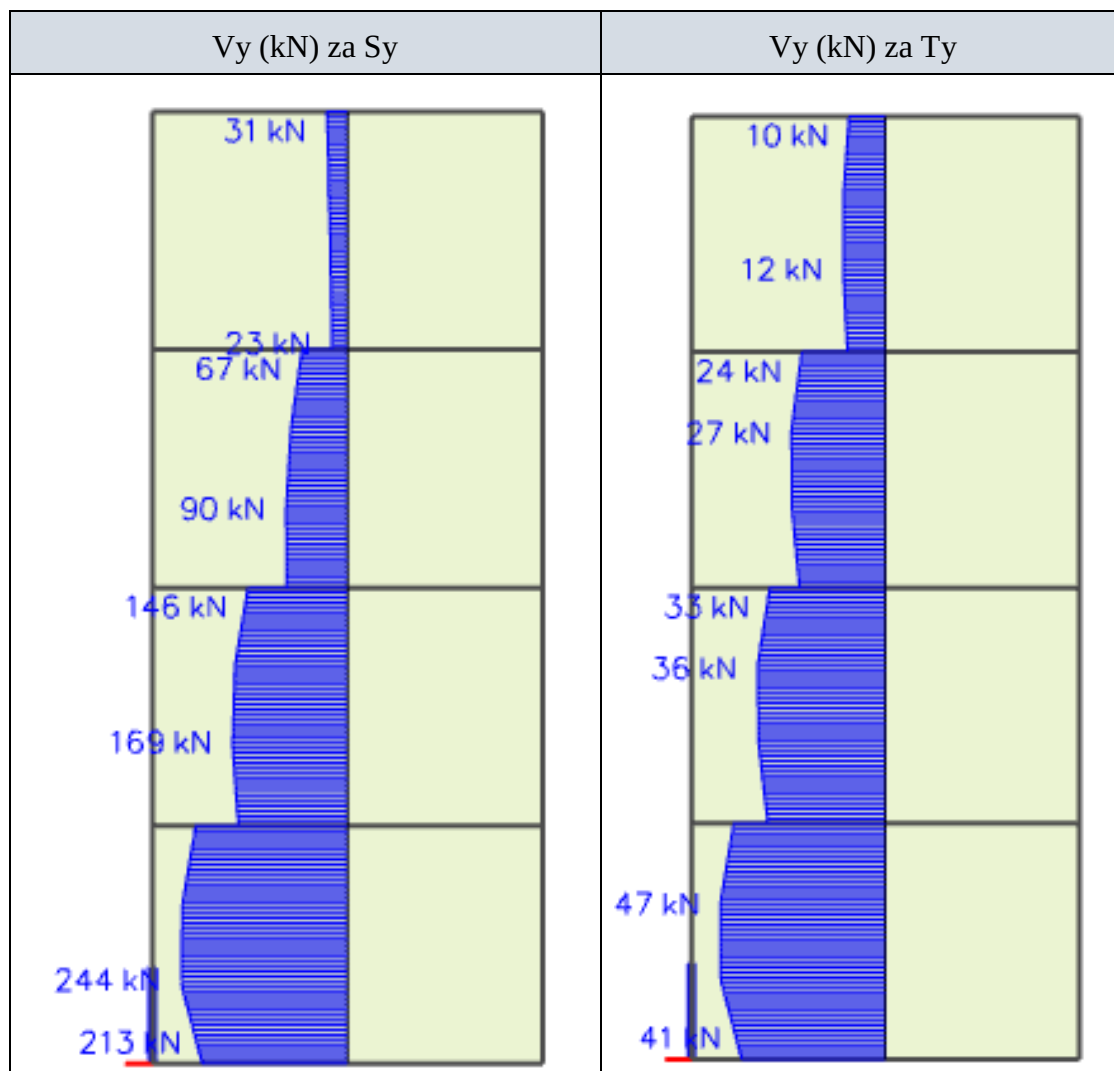
8.2. Rezultati proračuna

Proračunske vrijednosti momenata savijanja i poprečnih sila dobivene su iz proračuna konstrukcije za potresnu proračunsku situaciju: S_y+T_y , dok su proračunske vrijednosti uzdužnih sila dobivene iz kombinacije: $1G + 1dG + 0.3Q$ u skladu s normom EN 1990:2001



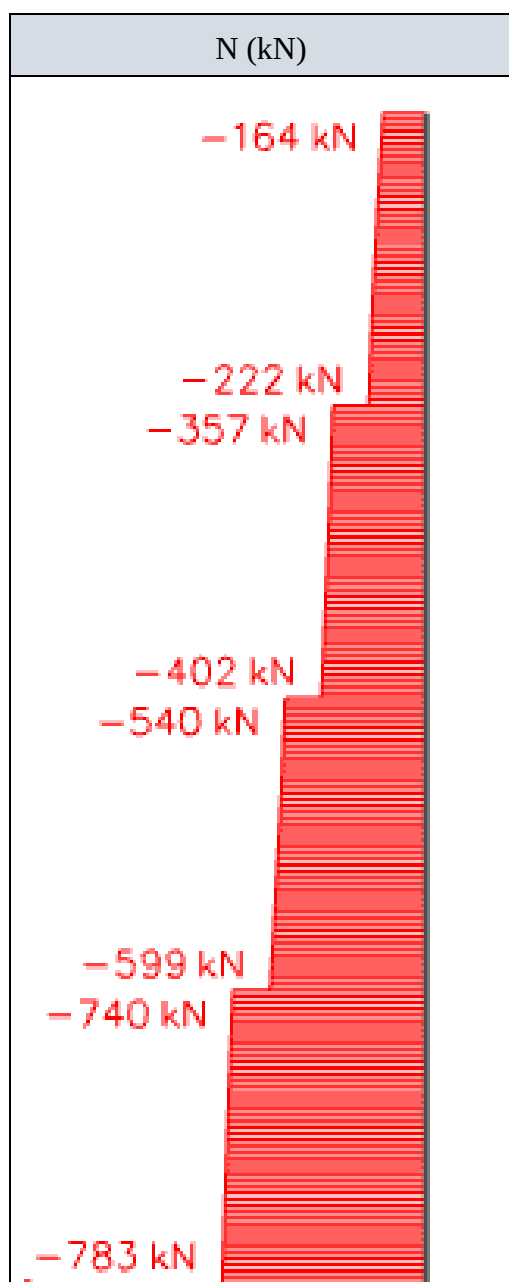
Slika 8.4. Dijagram momenta savijanja M_z (kNm)

Maksimalna vrijednost momenta savijanja $M_z(S_y+T_y)$ iznosi 821 kNm.



Slika 8.5. Dijagram momenta savijanja M_z (kNm), poprečnih sila V_y (kN), uzdužnih sila N (kN)

Maksimalna vrijednost poprečnih sila $V_z(S_y+T_y)$ iznosi 291 kN.

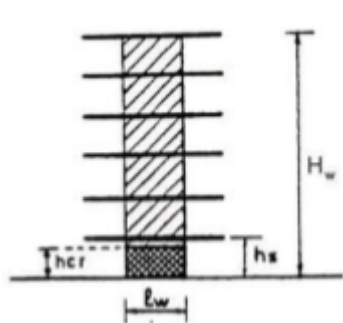


Slika 8.6. Dijagram uzdužnih sila N (kN)

Maksimalna vrijednost uzdužne sile ($1G + 1dG + 0.3Q$) iznosi 783 kN.

8.3. Proračunska ovojnica savijanja

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Konstrukcija po visini nema diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti, stoga se pretpostavlja da je ovojnica linearna. Vlačni pomak je u skladu s nagibom tlačnih stapova uzetim pri provjeri poprečnih sila u graničnom stanju nosivosti.



$$h_{cr} = \max [l_w ; H_w/6]$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 l_w \\ \begin{cases} h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova, gdje je } h_s - \text{svijetla visina kata.} \end{cases} \end{cases}$$

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[4.70; 11.44/6]=[4.7; 1.9]=4.7$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 9.4 \\ 2.86 \end{cases}$$

$$h_{cr} = 2.86 \text{ m}$$

Momenti savijanja vitkih zidova:

$$h_w = 11.44 \text{ m}, l_w = 4.7 \text{ m}$$

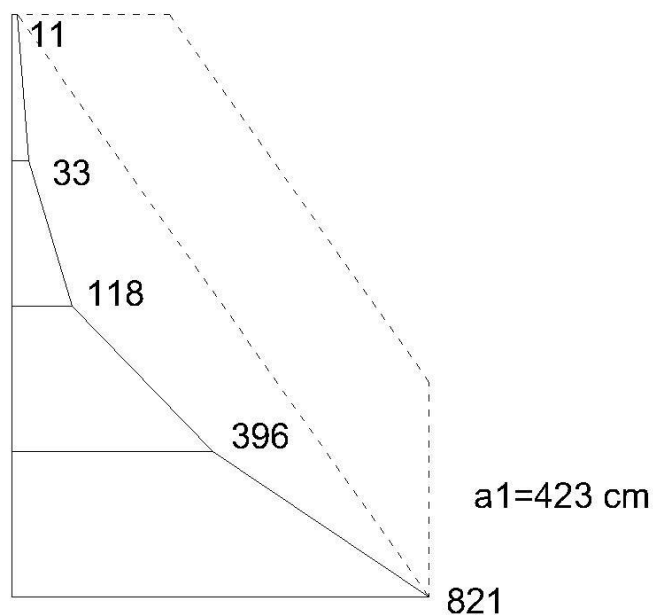
$$h_w / l_w = 11.44/4.7 = 2.43 > 2 \text{ -vitki zid, potrebno povećanje momenata savijanja } a_1 = d$$

$\cot\theta$ - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$$\text{DCM} \rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5, \text{ odabrano } \cot\theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 4.7 = 4.23 \text{ m}$$

$$a_1 = 4.23 \cdot 1 = 4.23 \text{ m}$$



Slika 8.7. Proračunska ovojnica momenata savijanja (kNm)

8.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje

Geometrijske karakteristike zida:

Duljina: $lw = 470 \text{ cm}$

Širina: $bw = 20 \text{ cm}$

$d_{zs} = 3.0 \text{ cm}$

$dy = 423 \text{ cm} (= 0.9 \cdot 470 \text{ cm})$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za potresnu kombinaciju: $\gamma_c = 1.5$ $\gamma_s = 1.15$

Beton C 20/25

$f_{cd} = 20 / 1.5 = 13.3 \text{ MPa}$

Armatura B500C

$f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.8 \text{ MPa}$

8.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile

Vrijednost osnovog opterećenja, v_d u primarnim potresnim zidovima ne treba biti veća od 0,4.

$$V_d = \frac{N_{ed}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{783}{20 \times 470 \times 1,33} = 0.063 < 0,4 \text{ -za DCM} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

8.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije

Zidovi se dimenzioniraju na momente savijanja i uzdužne sile proračunane za potresnu proračunsku situaciju.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 821 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 783 \text{ kN (tlak)}$$

Bezdimenzionalne vrijednosti

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{821 \cdot 100}{20 \cdot 470^2 \cdot 1,33} = 0,014$$

$$N_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-783}{20 \cdot 470 \cdot 1,33} = -0,06$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature

(α) i omjer d_1/l_w , d_2/l_w (β) očitamo mehanički

Određivanje duljine rubnog elementa i

razmještaja savojne armature

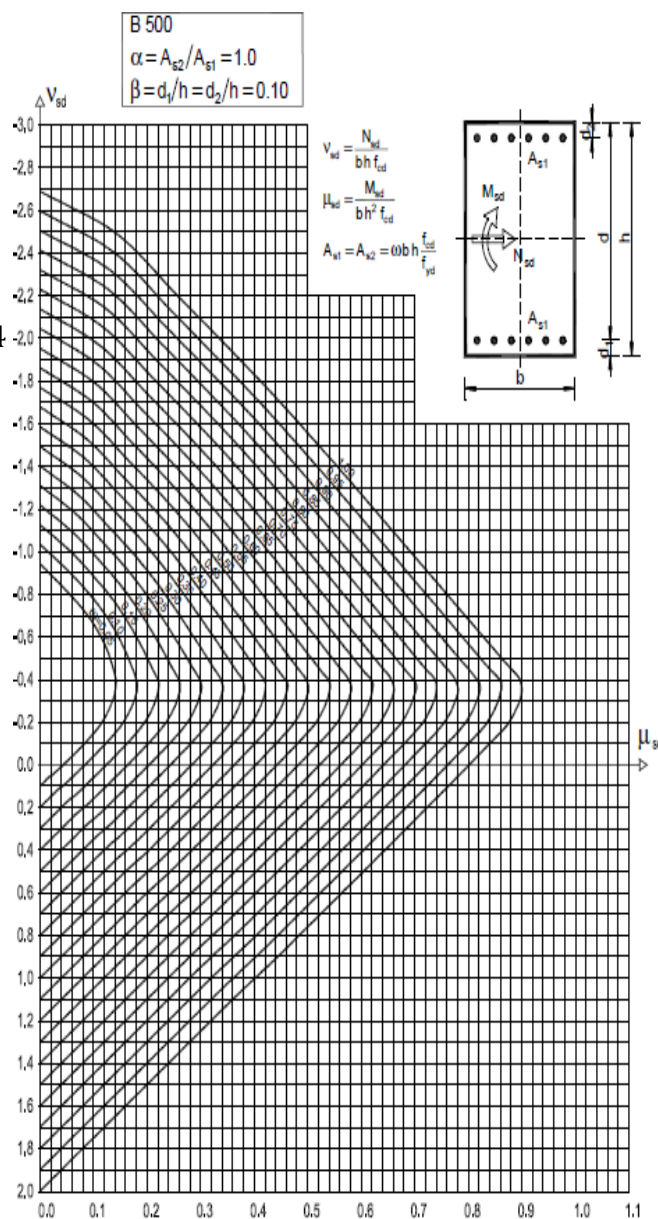
koeficijent armiranja (ω)

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = 0,1$$

iz dijagrama interakcije za pravokutni

poprečni presjek određen koeficijentima α i β



Dijagram interakcije za simetrično
armiran poprečni presjek

očitano je: $\omega=0,05$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 20 \cdot 470 \cdot \frac{1,33}{43,47} = 14,38 \text{ (cm}^2\text{)}$$

8.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

Prije određivanja broja i promjera šipki savojne armature potrebno je izračunati duljinu rubnog elementa. Najmanji promjer uzdužnih šipki ovisi o razmaku ovojne armature rubnog elementa.

Najmanja vrijednost l_c ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

l_w , b_w - duljina i širina r.e. zida

$$0,15 l_w = 0,15 \times 4,70 = 0,7 \text{ (m)}$$

$$1,5 b_w = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ (m)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

$$\alpha \times \omega_{vd} \geq 30 \times \mu_\varphi \times (v_d + \omega_v) \times \varepsilon_{s,yd} \times \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

b_0 - širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

b_c – bruto širina ovijene jezgre

x_u - visina neutralne osi

ε_{cu2} – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$ – granična deformacija ovijenog betona

α - faktor učinkovitosti ovijanja

ω_{wd} – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3.0 cm i vilice $\emptyset 10$ mm:

$$b_0 = 20 - 2 \times 3 - 2 \times 0,5 = 13 \text{ cm}$$

$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$\rho_v = A_{sv}/A_c$ – omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

A_{sv} - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 A_c = 0,002 \times 20 \times 100 = 4 \text{ cm}^2/\text{m} , \text{ odabrano Q-283 obostrano}$$

$$\rho_v = A_{sv}/A_c = 5,66/(20 \times 100) = 0,00283$$

$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd}$ – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$ – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd} = 0,00283 \times 434,8/13,33 = 0,092$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1 = 2 \times 3,0 - 1 = 5,0 \text{ (uzimajući da je } MR_d \cong M_{ed})$$

$$\varepsilon_{s,yd} = 434,8/200000 = 0,002174$$

$$\alpha \times \omega_{wd} = 30 \times 5,0 \times (0,063 + 0,092) \times 0,002174 \times 200/130 - 0,035 = 0,043$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{wd} = 0,0035 + 0,1 \times 0,043 = 0,0078$$

$$x_u = (v_d + \omega_{vd}) \times \frac{l_w b_c}{b_0} = (0,063 + 0,092) \times \frac{4700 \times 200}{130} = 112 \text{ (cm)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 112 \times \left(1 - \frac{0,0035}{0,0078}\right) = 62 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$l_c \geq \{0,705 ; 0,3 ; 0,62\}$$

$$\text{Odabrano: } h_0 = 1,0/2 + 1,6/2 + 4 \times 17,6 + 1,6/2 + 1,0/2 = 73 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } 10\emptyset 16 = 20,11 \text{ cm}^2 > 14,38 \text{ cm}^2$$

$$b_c = 20 \text{ cm} ; h_0 = 73 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } A_{odabr} = 20,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,5/100 \times 20 \times 73 = 7,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4/100 \times 20 \times 73 = 58,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{odabr} < A_{s,max}$$

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 3 \text{ (cm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 3 + 1 = 4 \text{ (cm)} \leq 4.5 \text{ (cm)} \text{ zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od } \begin{cases} k_{1\varphi} = 1 \times 9.5 = 9.5 \text{ (cm)} \\ d_g + k_2 = 2.5 + 5 = 3 \text{ (cm)} \\ 20 \text{ (cm)} \end{cases} \quad \text{dg- maksimalno zrno agregata}$$

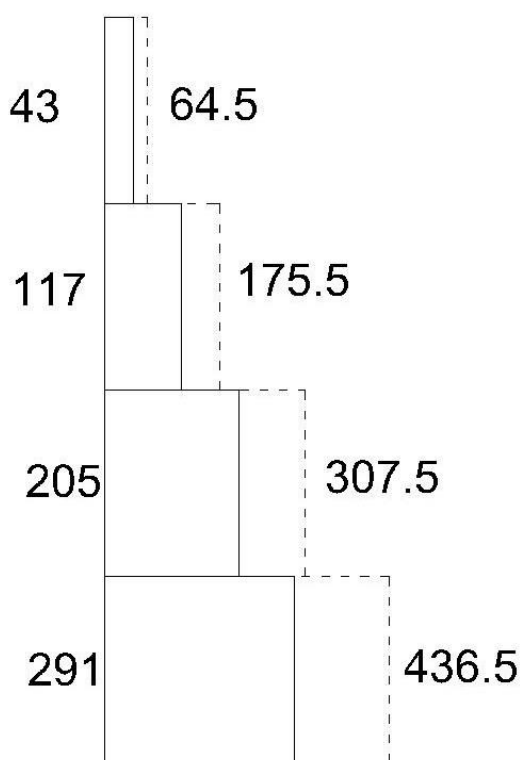
Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama prema EC 8 ne smije premašiti 20 (cm).

8.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila V_{Ed} izvodi se iz $V_{Ed} = \varepsilon \times V_{ed}$

V_{Ed} – poprečna sila dobivena proračunom

ε - faktor uvećanja za DCM $\rightarrow \varepsilon = 1,5$



Slika 8.8. Proračunska ovojnica poprečnih sila (kN)

8.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha

Vrijednost $V_{Rd,max}$ u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s $z=0,8l_w$)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_{w0} z v_1 f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$\alpha_{cw}=1 \rightarrow$ za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \times \left[1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0.55$$

$tg\theta=1$ - nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_{w0} \times z v_1 \times f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1.0 \times 20.0 \times (0.8 \times 470) \times 0.55 \times 1.33}{1 + 1} = 2750.4 (kN) > 436.5$$

8.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha

Postupak ovisi o koeficijentu α_s

$$\alpha_s = \frac{M_{ed}}{V_{ed} \times l_w} = \frac{821}{436,5 \times 4,7} = 0,4$$

Za $\alpha_s < 1$ horizontalna armatura računa se iz izraza

$$V_{Ed} \leq b_{w0} (0.8l_w) \rho_h \times f_{yd,h} \times ctg\theta$$

ρ_h – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$ – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{ed}}{0.80 \times l_w \times f_{yd,v} \times b_{w0} \times cot\theta} = \frac{436,5}{0.80 \times 470 \times 43.5 \times 20 \times 1} = 0.0013$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \times \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \times 0.00283) = \max(0.001; 0.0007)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \times s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \times b_{w0} \times s_h = 0.0013 \times 20 \times 100 = 2,6 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283** (A_s , odabrano = 2.83 cm²/m) (obostrano)

8.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **Q-283 i 10Ø16**

Najmanji promjer spona: 6 (mm)

Razmak spona $s_w \leq (8dbL ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ;$

$s_w \leq (8 \times 16 ; 130/2 ; 175 \text{ mm})$ Odabrano **$s_w = 7 \text{ (cm)}$**

$h_{kr} = 286 \text{ cm}$

$\alpha\omega_{wd} = 0,092$

Faktor učinkovitosti ovijanja: α_s, α_n – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \times b_0 \times h_0} = 1 - \frac{2 \times (4 \times 17.6^2 + 7^2)}{6 \times 13 \times 73} = 0.87$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) = \left(1 - \frac{7}{2 \times 73}\right) \times \left(1 - \frac{7}{2 \times 73}\right) = 0.90$$

$$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n = 0.87 \times 0.9 = 0.78$$

$$\alpha\omega_{wd} = 0.092$$

$$0.78 \times \omega_{wd} = 0.092$$

$$\omega_{wd} = 0.12 \geq 0.08$$

8.8.1. Izračun ω_{wd} za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: - Vanjskih $L_v = 2 \times 13 + 2 \times 73 = 172 \text{ (cm)}$

- unutarnjih $L_u = 2 \times 13 + 2 \times 17.6 = 61.2 \text{ (cm)}$

Za vilice (unutarnje i vanjske) Ø10:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \times (172 + 61.2) \times \frac{100}{7}}{13 \times 73 \times 100} \times \frac{43.5}{1.33} = 0.9$$

> 0.19

Odabrane vilice **vanjske Ø10 i unutarnje Ø10.**

8.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja

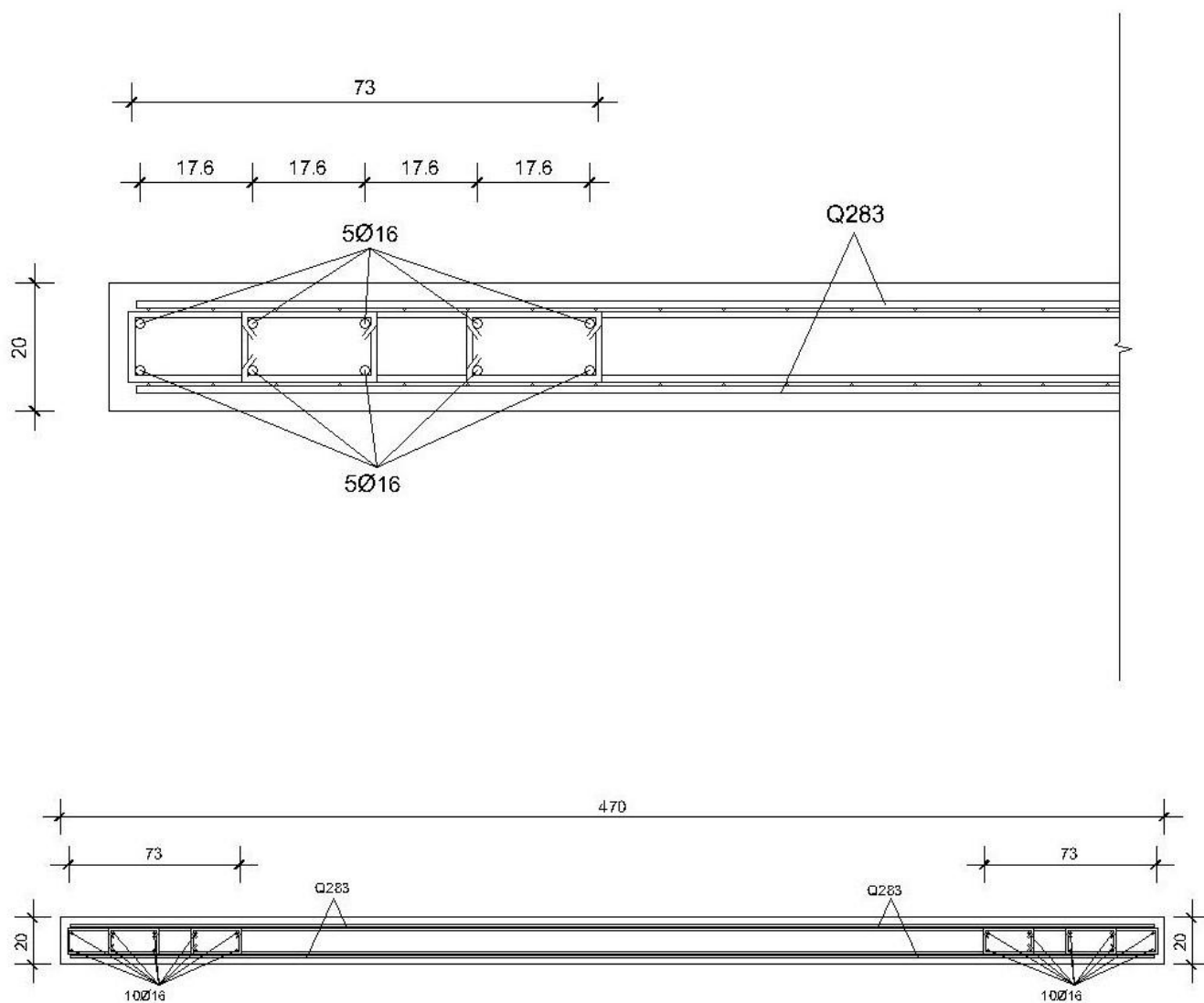
Armirano betonski zidovi dimenzionirani su na moment savijanja i uzdužnu silu u odabranom presjeku. Iznad kritičnog područja armatura je uzeta prema EN1992-1-1:2004. Zid je po visini podijeljen u 3 segmenta i za svaki segment je prikazana armatura kritičnog područja i armatura hrpta. Razliku dimenzioniranja kritičnog područja i iznad njega u slučaju kada tlačna deformacija ε_c ne premašuje 0,002 prikazana je u tablici 8.1. Ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija ε_c premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

Površina armature	Kritično područje	Iznad kritičnog područja	
$A_{s,min}$	$\frac{0.5}{100} \cdot b_w \cdot l_c$	Vertikalna armatura	Horizontalna armatura
		$\frac{0.2}{100} \cdot b \cdot l_c$	$25\% \cdot A_{s1}$ ili $\frac{0.1}{100} \cdot b \cdot l_c$
$A_{s,max}$	$\frac{4}{100} \cdot b_w \cdot l_c$	$\frac{4}{100} \cdot b \cdot l_c$	

Tablica 8.2. Površina armature za kritično područje i iznad njega za slučaj kada je $\varepsilon_c < 0,002$

Područje	Rezne sile		Koeficijenti			l_c (m)	Vertikalna armatura cm ² /m		Horizontalna armatura (cm ² /m)		Odabrana armatura (cm ² /m)
	Med (kNm)	Ned (kN)	μ_{SD}	V_{SD}	ω		$A_{sv,min}$	$A_{sv,max}$	$A_{sh,min}$	$A_{sh,max}$	
2.86-5.72 (m) 1-2 kat	396	740	0,007	0,059	0,05	0,73	2,92	58,4	1,46	1,46	10Ø16
5.72-8.58 (m) 2-3 kat	118	540	0,002	0,043	0,05	0,73	2,92	58,4	1,46	1,46	10Ø16
8.58-11.44 (m) 3-4 kat	33	357	0,001	0,029	0,05	0,73	2,92	58,4	1,46	1,46	10Ø16

Slika 8.9. Armatura zida iznad kritičnog područja

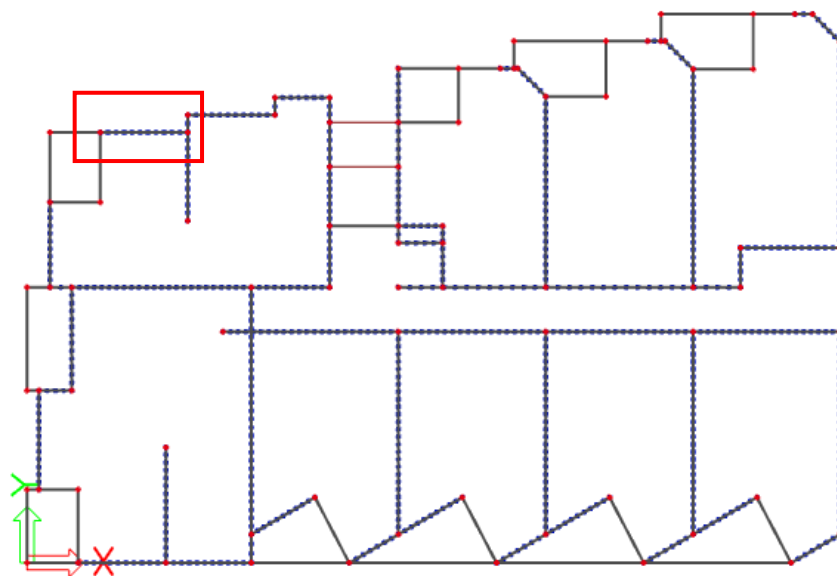


Slika 8.10. Detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti DCM

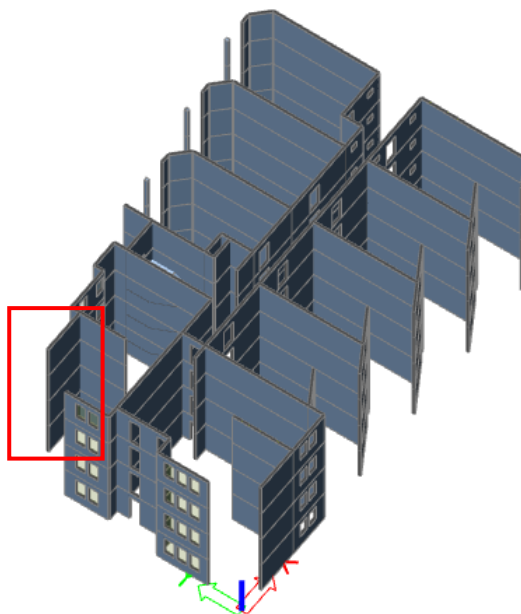
9. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED SREDNJE DUKTILNOSTI (DCM) U X SMJERU

9.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida

Zid prikazan na slici 7.1. dimenzioniran je na potresno opterećenje za razred umjerene duktilnosti (DCM) u X smjeru prema HRN EN 1998-1:2011. Zid je upeto pridržan pri trakastom temelju i horizontalno pridržan u visini etaže prizemlja. Na zidu ne postoje nikakva oslabljenja u cijeloj visini.



Slika 9.1. Prikaz karakterističnog zida za koji će se vršiti proračun



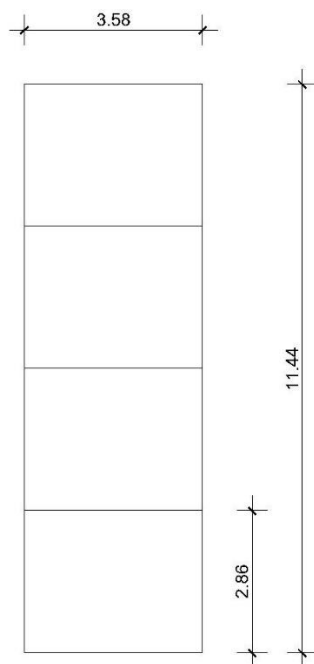
Slika 9.2. Prikaz karakterističnog zida na 3D proračunskom modelu

Prema HRN EN 1998-1:2011 za srednju klasu duktilnosti (DCM) u glavnim potresnim elementima potrebno je uzeti beton klase ne manje od C16/20. isto tako u kritičnim područjima nosivih elemenata upotrebiti isključivo rebrastu armaturu razreda B ili C.

Klasa duktilnosti	DC L (Niska)	DC M (Srednja)	DC H (Visoka)
Klasa betona	Bez ograničenja	$\geq C16/20$	$\geq C16/20$
Klasa čelika prema EN 1992-1-1, Tablica C1	B ili C	B ili C	C
Glavna armatura		rebrasta	rebrasta
Čvrstoća čelika	Bez ograničenja	Bez ograničenja	$f_{yk,0.95} \leq 1.25f_{yk}$

Tablica 9.1. Karakteristike materijala za primarne potresne elemente prema klasama duktilnost

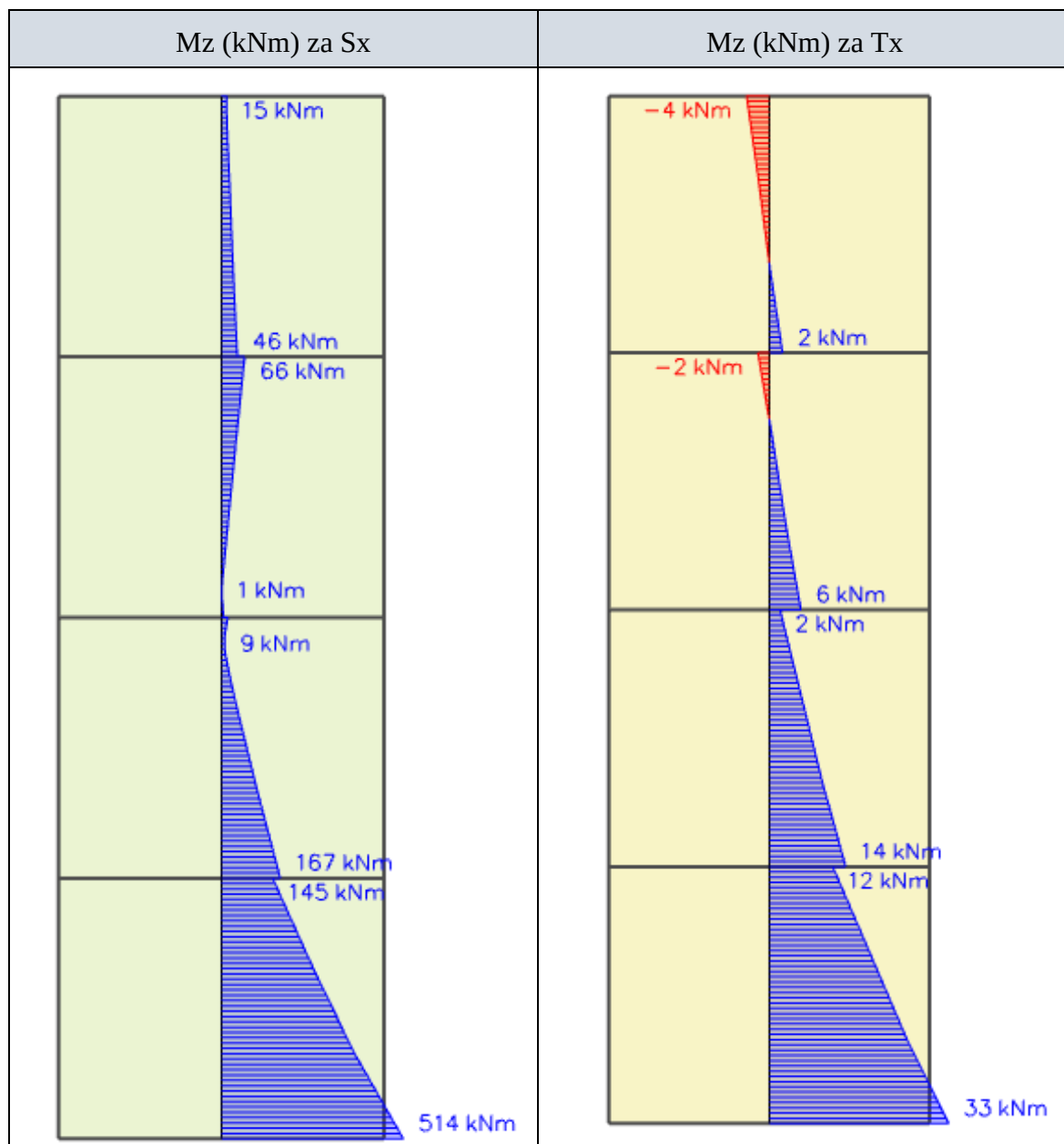
Slika 9.3. Geometrijske karakteristike zida



Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalnih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011. Uzimajući u obzir gore navedene norme u konkretnom slučaju uzet je beton klase C 20/25 te armatura B 500B. Za potresnu kombinaciju parcijalni koeficijent sigurnosti za beton je $\gamma_c=1,5$ te za armaturu $\gamma_s=1,15$. Geometrijske karakteristike zida su prikazane na slici 6.3. Duljina zida $l_w = 3.58 \text{ m}$, visina zida $h_w = 11.44 \text{ m}$ te širina zida $b_w = 0,20 \text{ m}$. Karakteristični zid je dimenzioniran u presjeku iznad ploče prizemlja gdje je i horizontalno pridržana konstrukcija kao simulacija utjecaja oklnog tla na konstrukciju. Proračunom dobijena armatura voditi će se sve do temeljne ploče. Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka ζ izračunat je za pojedine etaže i vrijednost ne prelazi 0,10 stoga se učinci drugog reda ne uključuju u dienzioniraje nosivih elemenata.

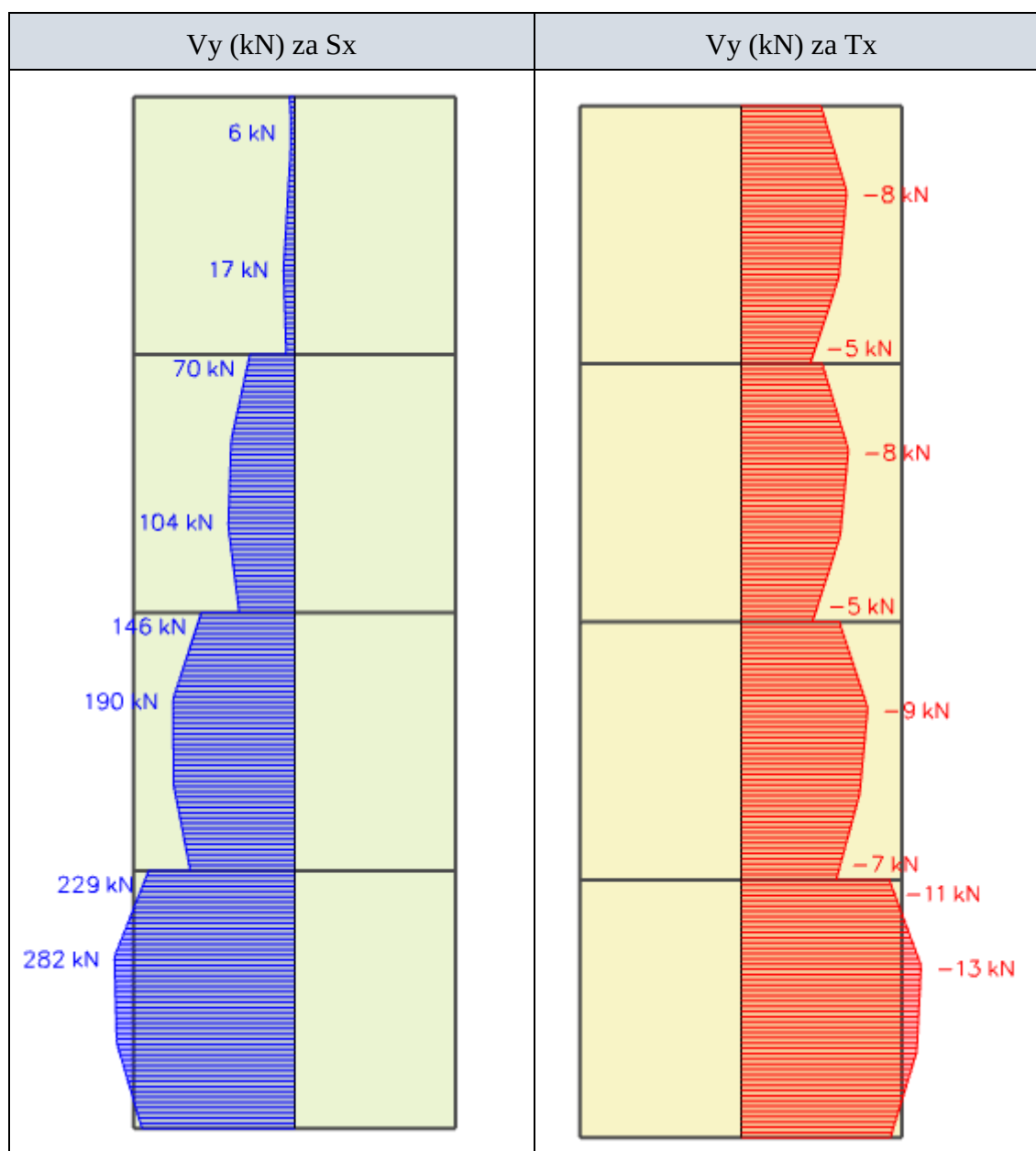
9.2. Rezultati proračuna

Proračunske vrijednosti momenata savijanja i poprečnih sila dobivene su iz proračuna konstrukcije za potresnu proračunsku situaciju: S_x+T_x , dok su proračunske vrijednosti uzdužnih sila dobivene iz kombinacije: $1G + 1dG + 0.3Q$ u skladu s normom EN 1990:2001



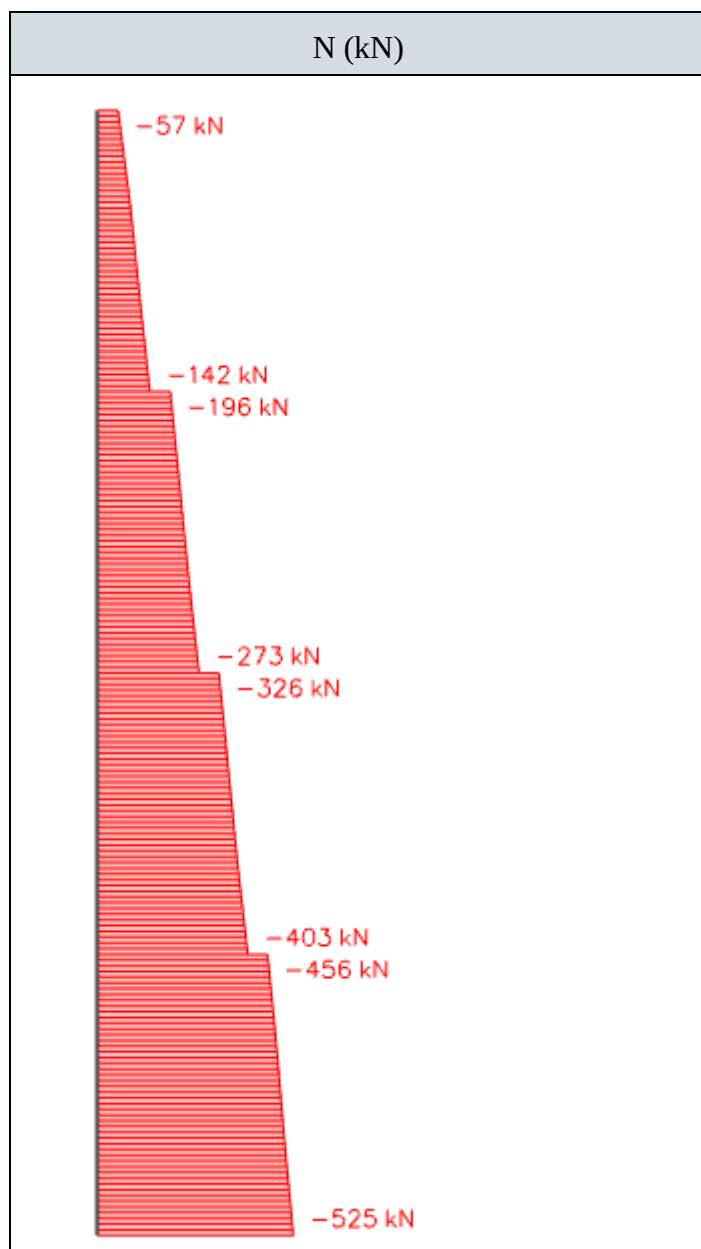
Slika 9.4. Dijagram momenta savijanja M_z (kNm)

Maksimalna vrijednost momenta savijanja $M_z(S_x+T_x)$ iznosi 547 kNm.



Slika 9.5. Dijagram momenta savijanja M_z (kNm), poprečnih sila V_y (kN), uzdužnih sila N (kN)

Maksimalna vrijednost poprečnih sila $V_z(S_x+T_x)$ iznosi 295 kN.

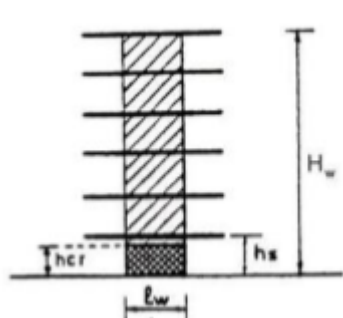


Slika 9.6. Dijagram uzdužnih sila N (kN)

Maksimalna vrijednost uzdužne sile ($1G + 1dG + 0.3Q$) iznosi 525 kN.

9.3. Proračunska ovojnica momenta savijanja

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Konstrukcija po visini nema diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti, stoga se pretpostavlja da je ovojnica linearna. Vlačni pomak je u skladu s nagibom tlačnih stapova uzetim pri provjeri poprečnih sila u graničnom stanju nosivosti.



$$h_{cr} = \max [l_w ; H_w/6]$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 l_w \\ \begin{cases} h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova, gdje je } h_s - \text{svijetla visina kata.} \end{cases} \end{cases}$$

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[3.58; 11.44/6]=[3.58; 1.9]=3.58$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 7.16 \\ 2.86 \end{cases}$$

$$h_{cr} = 2.86 \text{ m}$$

Momenti savijanja vitkih zidova:

$$h_w = 11.44 \text{ m}, l_w = 3.58 \text{ m}$$

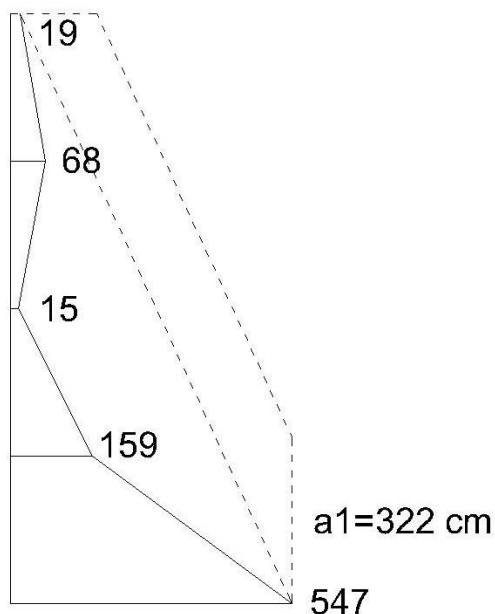
$$h_w / l_w = 11.44/3.58 = 3.2 > 2 \text{ -vitki zid, potrebno povećanje momenata savijanja } a_1 = d$$

$\cot\theta$ - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$$\text{DCM} \rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5, \text{ odabrano } \cot\theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 3.58 = 3.22 \text{ m}$$

$$a_1 = 3.22 \cdot 1 = 3.22 \text{ m}$$



Slika 9.7. Proračunska ovojnica momenata savijanja (kNm)

9.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje

Geometrijske karakteristike zida:

Duljina: $lw = 358 \text{ cm}$

Širina: $bw = 20 \text{ cm}$

$d_{zs} = 3.0 \text{ cm}$

$dy = 322 \text{ cm} (= 0.9 \cdot 358 \text{ cm})$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za potresnu kombinaciju: $\gamma_c = 1.5$ $\gamma_s = 1.15$

Beton C 20/25

$f_{cd} = 20 / 1.5 = 13.3 \text{ MPa}$

Armatura B500C

$f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.8 \text{ MPa}$

9.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile

Vrijednost osnovog opterećenja, v_d u primarnim potresnim zidovima ne treba biti veća od 0,4.

$$V_d = \frac{N_{ed}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{525}{20 \times 358 \times 1,33} = 0.055 < 0,4 \text{ -za DCM} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

9.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije

Zidovi se dimenzioniraju na momente savijanja i uzdužne sile proračunate za potresnu proračunsku situaciju.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 547 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 525 \text{ kN (tlak)}$$

Bezdimenzionalne vrijednosti

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{547 \cdot 100}{20 \cdot 358^2 \cdot 1,33} = 0,016$$

$$N_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-525}{20 \cdot 470 \cdot 1,33} = -0,06$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature

(α) i omjer d_1/l_w , d_2/l_w (β) očitamo mehanički

Određivanje duljine rubnog elementa i

razmještaja savojne armature

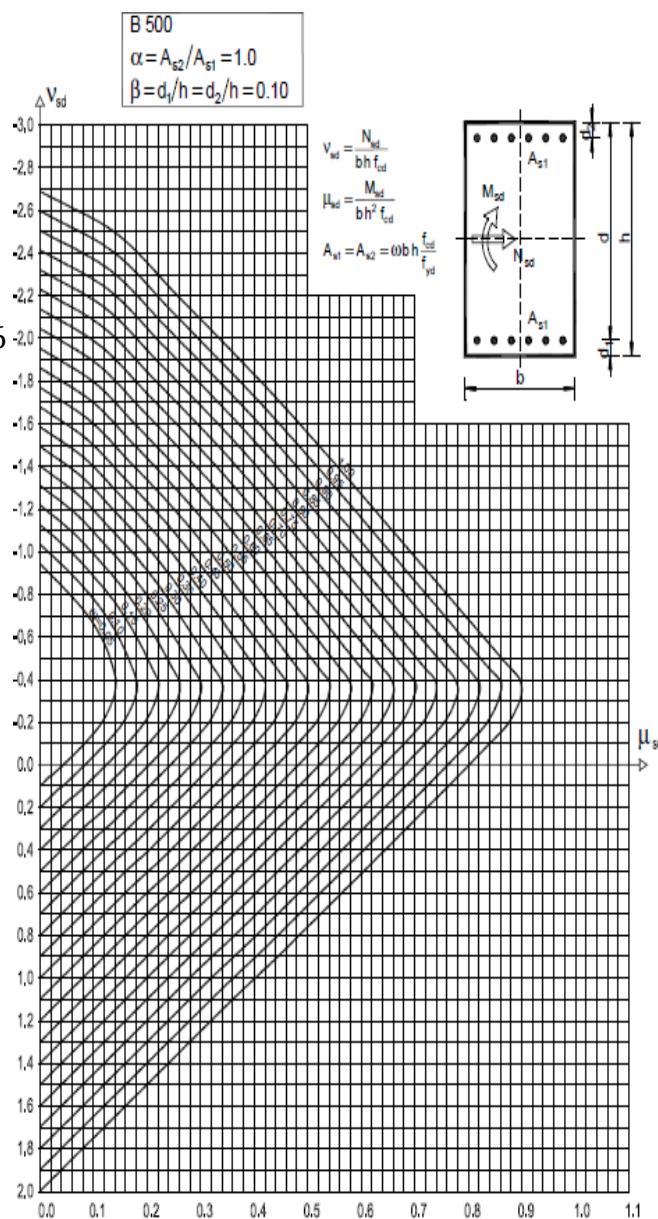
koeficijent armiranja (ω)

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = 0,1$$

iz dijagrama interakcije za pravokutni

poprečni presjek određen koeficijentima α i β



Dijagram interakcije za simetrično
armiran poprečni presjek

očitano je: $\omega=0,05$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 20 \cdot 358 \cdot \frac{1,33}{43,47} = 10,95 \text{ (cm}^2\text{)}$$

9.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

Prije određivanja broja i promjera šipki savojne armature potrebno je izračunati duljinu rubnog elementa. Najmanji promjer uzdužnih šipki ovisi o razmaku ovojne armature rubnog elementa.

Najmanja vrijednost l_c ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

l_w , b_w - duljina i širina r.e. zida

$$0,15 l_w = 0,15 \times 3,58 = 0,537 \text{ (m)}$$

$$1,5 b_w = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ (m)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

$$\alpha \times \omega_{vd} \geq 30 \times \mu_\varphi \times (v_d + \omega_v) \times \varepsilon_{s,yd} \times \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

b_0 - širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

b_c – bruto širina ovijene jezgre

x_u - visina neutralne osi

ε_{cu2} – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$ – granična deformacija ovijenog betona

α - faktor učinkovitosti ovijanja

ω_{wd} – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3.0 cm i vilice $\emptyset 10$ mm:

$$b_0 = 20 - 2 \times 3 - 2 \times 0,5 = 13 \text{ cm}$$

$$b_c = 20 \text{ cm}$$

$\rho_v = A_{sv}/A_c$ – omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

A_{sv} - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 A_c = 0,002 \times 20 \times 100 = 4 \text{ cm}^2/\text{m} , \text{ odabrano Q-283 obostrano}$$

$$\rho_v = A_{sv}/A_c = 566/(200 \times 1000) = 0,00283$$

$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd}$ – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$ – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd} = 0,00283 \times 434,8/13,33 = 0,092$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1 = 2 \times 3,0 - 1 = 5,0 \text{ (uzimajući da je } MR_d \cong M_{ed})$$

$$\varepsilon_{s,yd} = 434,8/2000000 = 0,002174$$

$$\alpha \times \omega_{wd} = 30 \times 5,0 \times (0,055 + 0,092) \times 0,002174 \times 200/130 - 0,035 = 0,03974$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{wd} = 0,0035 + 0,1 \times 0,039 = 0,0074$$

$$x_u = (v_d + \omega_{vd}) \times \frac{l_w b_c}{b_0} = (0,055 + 0,092) \times \frac{358 \times 20}{13} = 81 \text{ (cm)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 81 \times \left(1 - \frac{0,0035}{0,0074}\right) = 42,6 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$l_c \geq \{0,537 ; 0,3 ; 0,426\}$$

$$\text{Odabrano: } h_0 = 1,0/2 + 1,6/2 + 3 \times 17,8 + 1,6/2 + 1,0/2 = 56 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } 8\emptyset 16 = 16,08 \text{ cm}^2 > 10,95 \text{ cm}^2$$

$$b_c = 20 \text{ cm} ; h_0 = 56 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrana armatura: } A_{odabr} = 16,08 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,5/100 \times 20 \times 56 = 5,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4/100 \times 20 \times 56 = 44,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{odabr} < A_{s,max}$$

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 3 \text{ (cm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 3 + 1 = 4 \text{ (cm)} \leq 4.5 \text{ (m)} \text{ zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od} \begin{cases} k_{1\varphi} = 1 \times 9.5 = 9.5 \text{ (cm)} \\ d_g + k_2 = 2.5 + 0.5 = 3.0 \text{ (cm)} \\ 20 \text{ (cm)} \end{cases} \quad \text{dg- maksimalno zrno agregata}$$

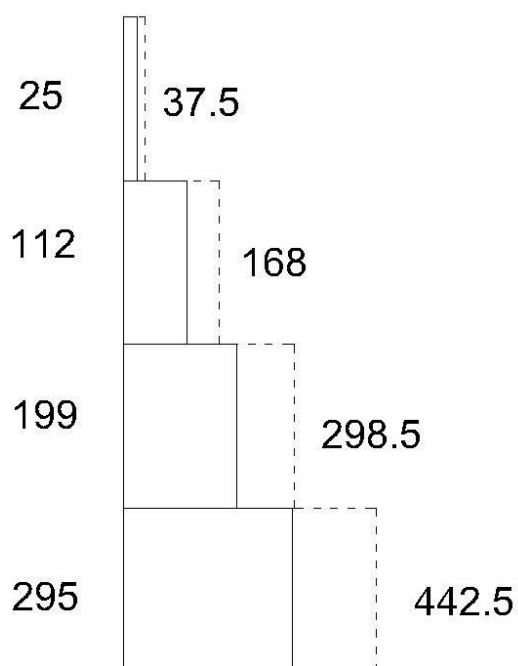
Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama prema EC 8 ne smije premašiti 20 (cm).

9.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila V_{Ed} izvodi se iz $V_{Ed} = \varepsilon \times V_{ed}$

V_{Ed} – poprečna sila dobivena proračunom

ε - faktor uvećanja za DCM $\rightarrow \varepsilon = 1,5$



Slika 9.8. Proračunska ovojnica poprečnih sila (kN)

9.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha

Vrijednost $V_{Rd,max}$ u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s $z=0,8l_w$)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_{w0} z v_1 f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$\alpha_{cw}=1 \rightarrow$ za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \times \left[1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0.55$$

$tg\theta=1$ - nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_{w0} \times z v_1 \times f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1.0 \times 20.0 \times (0.8 \times 358) \times 0.55 \times 1.33}{1 + 1} = 2095 \text{ (kN)}$$

> 442.5

9.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha

Postupak ovisi o koeficijentu α_s

$$\alpha_s = \frac{M_{ed}}{V_{ed} \times l_w} = \frac{547}{442.5 \times 3.58} = 0.345$$

Za $\alpha_s < 1$ horizontalna armatura računa se iz izraza

$$V_{Ed} \leq b_{w0} (0.8 l_w) \rho_h \times f_{yd,h} \times ctg\theta$$

ρ_h – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$ – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{ed}}{0.80 \times l_w \times f_{yd,v} \times b_{w0} \times cot\theta} = \frac{442.5}{0.80 \times 358 \times 43.5 \times 20 \times 1} = 0.00178$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \times \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \times 0.00283) = \max(0.001; 0.0007)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \times s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \times b_{w0} \times s_h = 0.00178 \times 20 \times 100 = 3.56 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283** (As, odabrano=2.83 cm²/m) (obostrano)

9.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **Q-283 i 8Ø16**

Najmanji promjer spona: 6 (mm)

Razmak spona $s_w \leq (8dbL ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ;$

$s_w \leq (8 \times 16 ; 130/2 ; 175 \text{ mm})$ Odabrano **$s_w = 7 \text{ (cm)}$**

$h_{kr} = 286 \text{ cm}$

$\alpha\omega_{wd} = 0,03974$

Faktor učinkovitosti ovijanja: α_s, α_n – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \times b_0 \times h_0} = 1 - \frac{2 \times (3 \times 17.8^2 + 7^2)}{6 \times 13 \times 56} = 0.54$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) = \left(1 - \frac{7}{2 \times 13}\right) \times \left(1 - \frac{7}{2 \times 56}\right) = 0.685$$

$$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n = 0.54 \times 0.685 = 0.37$$

$\alpha\omega_{wd} = 0.03974$

$$0.37 \times \omega_{wd} = 0.03974$$

$$\omega_{wd} = 0.11 \geq 0.08$$

9.8.1. Izračun ω_{wd} za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: - Vanjskih $L_v = 2 \times 13 + 2 \times 56 = 138 \text{ (cm)}$

- unutarnjih $L_u = 2 \times 13 + 2 \times 17.8 = 61.6 \text{ (cm)}$

Za vilice (unutarnje i vanjske) Ø10:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \times (138 + 61.6) \times \frac{100}{7}}{13 \times 56 \times 100} \times \frac{43.5}{1.33} = 1.01$$

> 0.19

Odabrane vilice **vanjske Ø10 i unutarnje Ø10.**

9.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja

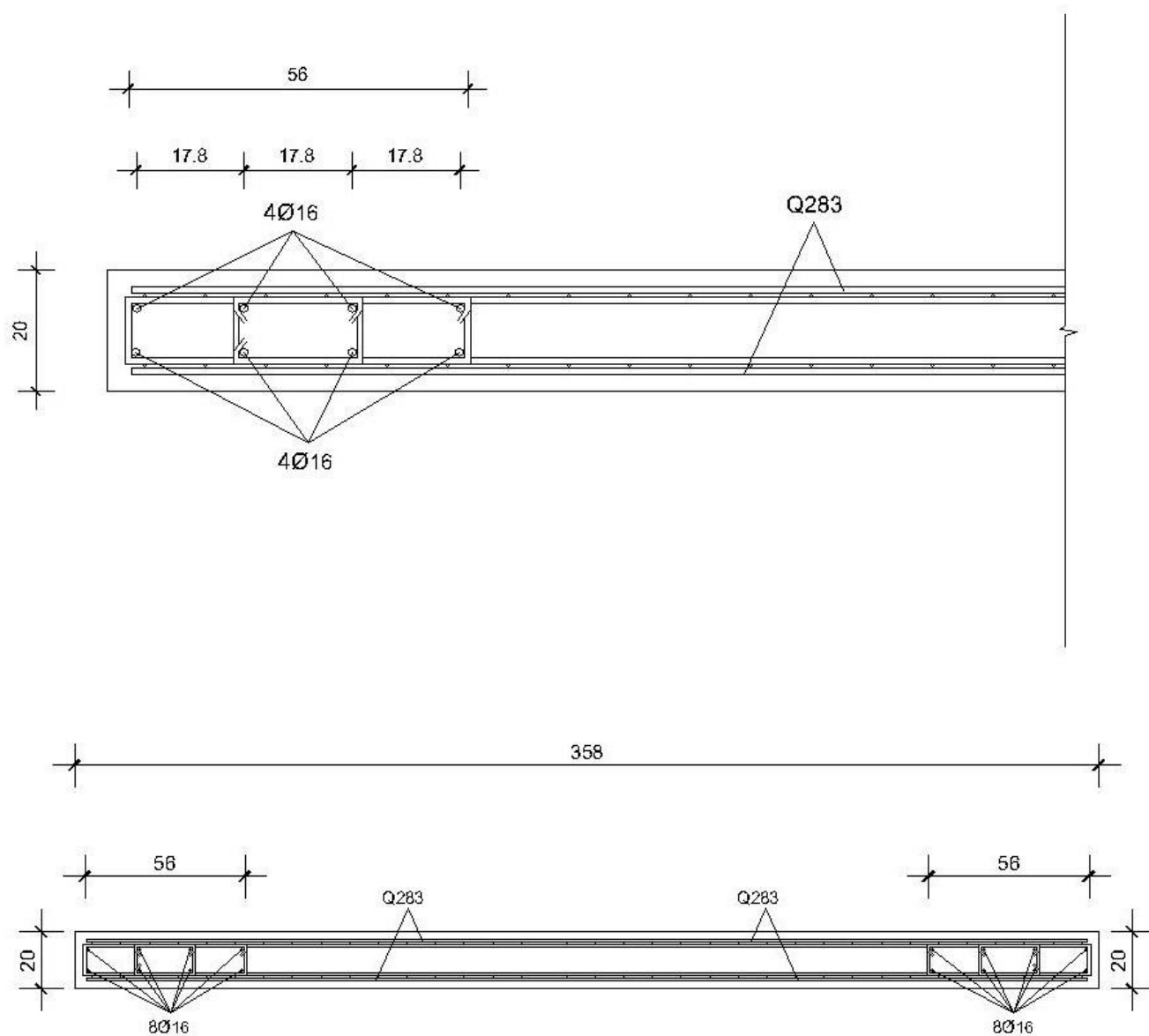
Armirano betonski zidovi dimenzionirani su na moment savijanja i uzdužnu silu u odabranom presjeku. Iznad kritičnog područja armatura je uzeta prema EN1992-1-1:2004. Zid je po visini podijeljen u 3 segmenta i za svaki segment je prikazana armatura kritičnog područja i armatura hrpta. Razliku dimenzioniranja kritičnog područja i iznad njega u slučaju kada tlačna deformacija ε_c ne premašuje 0,002 prikazana je u tablici 8.1. Ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija ε_c premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

Površina armature	Kritično područje	Iznad kritičnog područja	
$A_{s,min}$	$\frac{0.5}{100} \cdot b_w \cdot l_c$	Vertikalna armatura	Horizontalna armatura
		$\frac{0.2}{100} \cdot b \cdot l_c$	$25\% \cdot A_{s1}$ ili $\frac{0.1}{100} \cdot b \cdot l_c$
$A_{s,max}$	$\frac{4}{100} \cdot b_w \cdot l_c$	$\frac{4}{100} \cdot b \cdot l_c$	

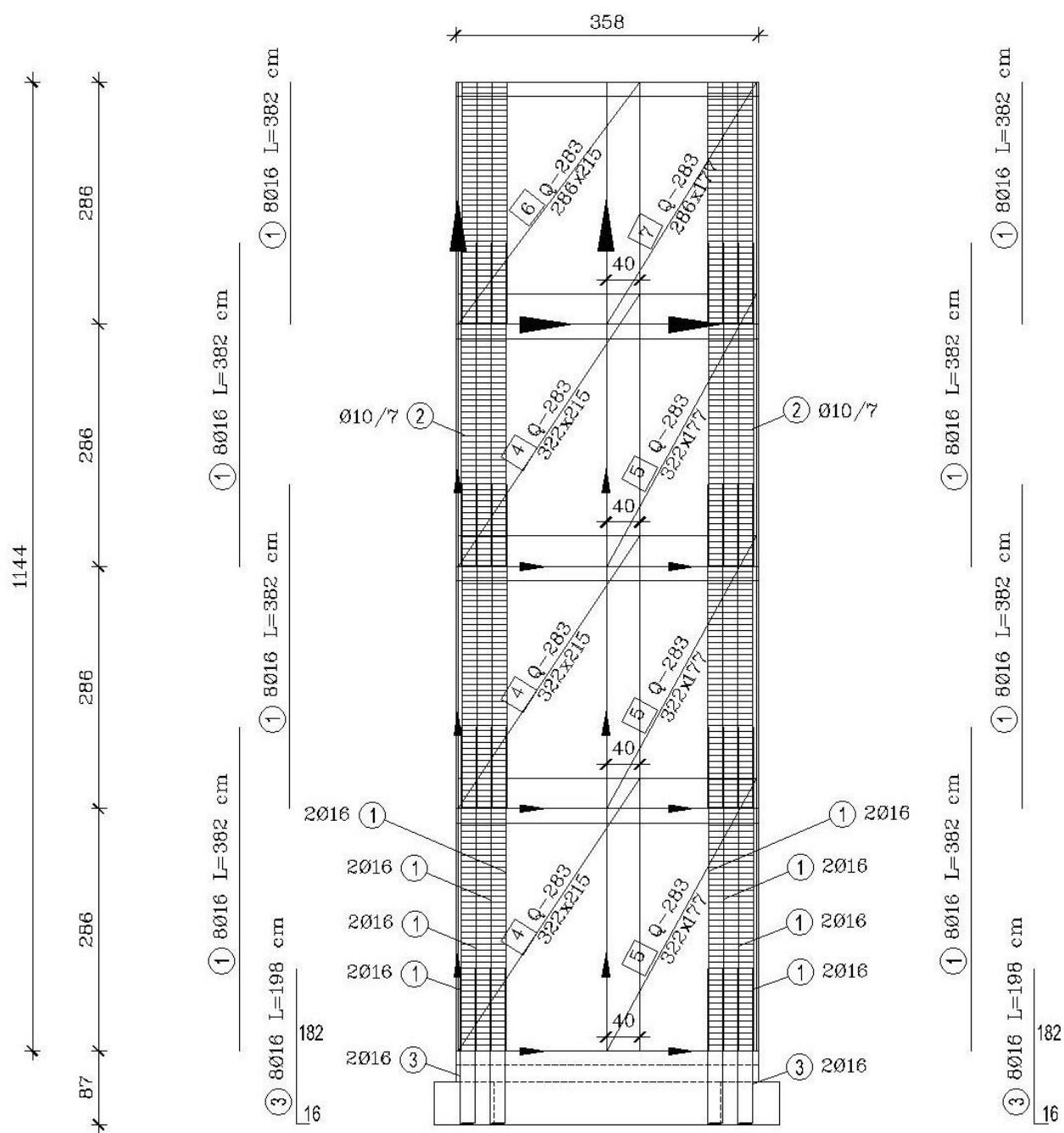
Tablica 9.2. Površina armature za kritično područje i iznad njega za slučaj kada je $\varepsilon_c < 0,002$

Područje	Rezne sile		Koeficijenti			l_c (m)	Vertikalna armatura cm ² /m		Horizontalna armatura (cm ² /m)		Odabrana armatura (cm ² /m)
	Med (kNm)	Ned (kN)	μ_{SD}	V_{SD}	ω		$A_{sv,min}$	$A_{sv,max}$	$A_{sh,min}$	$A_{sh,max}$	
2.86-5.72 (m) 1-2 kat	181	456	0,005	0,048	0,05	0,56	2,24	44,8	1,12	1,12	8Ø16
5.72-8.58 (m) 2-3 kat	15	326	0,000	0,034	0,05	0,56	2,24	44,8	1,12	1,12	8Ø16
8.58-11.44 (m) 3-4 kat	68	196	0,002	0,021	0,05	0,56	2,24	44,8	1,12	1,12	8Ø16

Slika 9.9. Armatura zida iznad kritičnog područja



Slika 9.10. Detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti DCM



Slika 9.10. Presjek zida za klasu duktilnosti DCM

10. DIMENZIONIRANJE TRAKASTOG TEMELJA

Iz dobivenih reakcija na linijskim osloncima ispod zidova uzete su srednje vrijednosti naprezanja na zidovima. Pošto su naprezanja u zidovima neujednačena svaku temeljnu traku posebno gledamo i dimenzioniramo kako bi ujednacili slijeganja temelja.

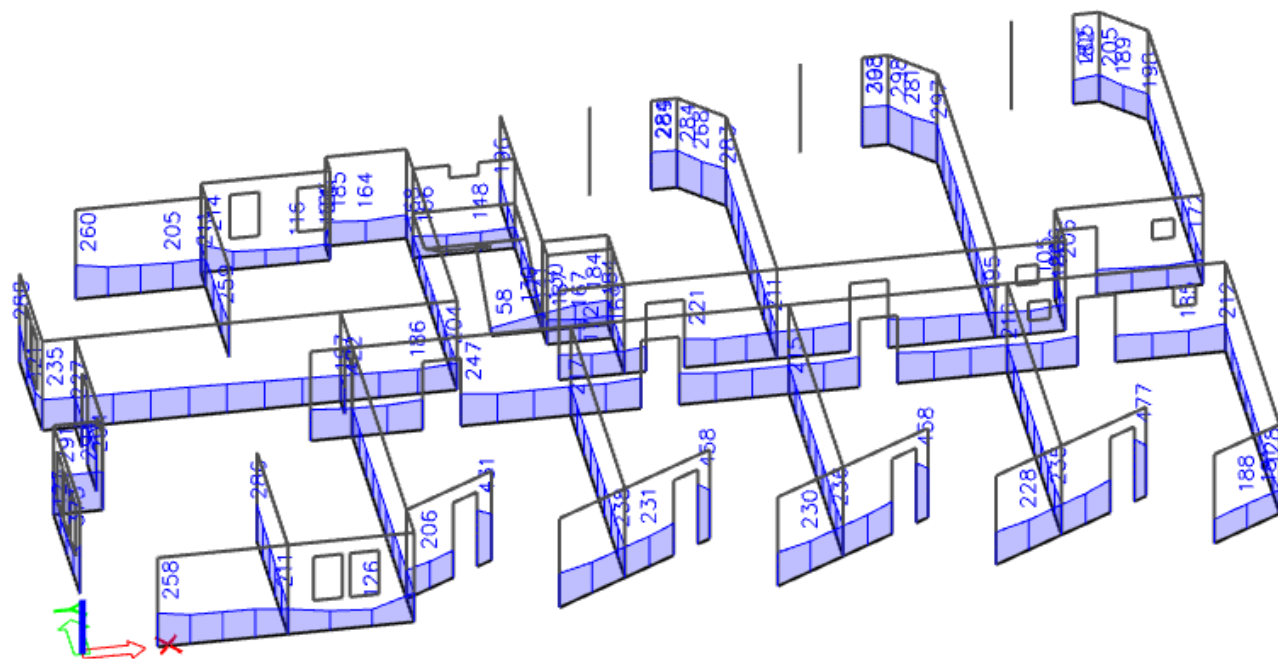
$$\sigma_{sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1,0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1,0}{\sigma_{dop}}$$

Dopušteno kontaktno naprezanje u tlu uzimamo vrijednost od 500 kN/m^2 kao mjerodavnu za dimenzioniranje širine temeljne trake.

10.1. Rezultati proračuna



Slika 10.1. Reakcije $R_z(\text{kN/m})$ na linijskim osloncima ispod zidova za kombinaciju GSN-1

Proračun trakastog temelja T1

$$\sigma_{sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1,0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1,0}{\sigma_{dop}}$$

$$B > \frac{300 \cdot 1,0}{500} = 0.6 \text{ m}$$

Odabrano B=0.75 m

Minimalna površina armature:

$$A_{sw} = (0,15/100) \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 75 \cdot 50 = 5.62 \text{ cm}^2 \text{ odabrano } 5 \text{ } \phi 14 \text{ (} A_s = 7.7 \text{ cm}^2 \text{)}$$

11. FIZIKALNA SVOJSTVA 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 energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.).

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 $\Theta_i \geq 18^\circ\text{C}$.

Klimatološki podaci lokacije objekta:

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	$\leq 10^{\circ}\text{C}$	83,1
		$\leq 12^{\circ}\text{C}$	121,6
		$\leq 15^{\circ}\text{C}$	168,4

Diplomski rad

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

Geometrijske karakteristike zgrade

Uvjet	Status
Koeficijenti prolaska topline	ZADOVOLJAVA
Difuzija	ZADOVOLJAVA
Dinamičke toplinske karakteristike	ZADOVOLJAVA
Korisna energija	ZADOVOLJAVA
Primarna energija	ZADOVOLJAVA

Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A [m^2]$	2935,36
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e [m^3]$	5860,70
Obujam grijanog zraka – $V [m^3]$	4688,56
Faktor oblika zgrade - $f_o [m^{-1}]$	0,50
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_K [m^2]$	2049,20
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk} [m^2]$	1855,60
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk} [m^2]$	410,36

Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada**Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v**

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda [W/mK]$	$\mu [-]$	sd [m]	$\rho [kg/m^3]$
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.01 Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	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	219,90	
				Sjever	261,23	
				Zapad	103,22	
				Jug	216,58	

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 žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.01 Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	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	34,08	
				Sjever	27,83	

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 žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.01 Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	5,000	0,037	1,10	0,06	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					677,43	

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 žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.01 Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
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 žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					100,67	

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

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 35 parna	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 parna	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]:					512,30	

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 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl.	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	2.03 Beton	17,000	2,000	100,00	17,00	2400,00
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m ²]:					512,30	

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
3.19 Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
Knauf Insulation LDS 100 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
Geotekstil 150-200 g/m ²	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5.01 Bitum. traka s uloškom stakl.	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
2.03 Beton	17,000	2,000	100,00	17,00	2400,00
6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m ²]:					70,10

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
3.01 Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2.01 Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
Geotekstil 150-200 g/m ²	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
Geotekstil 500 g/m ²	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
2.03 Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m ²]:					512,30

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

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

Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Naziv otvora	Uw [W/m ² K]	Orijentacija	Aw [m ²]	n
P 80 x140 g-v	1,40	Jug	1,12	8,00
P 80 x140 g-v S	1,40	Sjever	1,12	8,00
V 85 x 240 g-v	1,40	Zapad	2,04	8,00
P 80 x160 g-v	1,40	Zapad	1,28	20,00
P 80 x 80 n-v S	1,40	Sjever	0,64	3,00
V 105 x 240 n-v	1,40	Istok	2,52	1,00
P 160 x160 g-v S	1,40	Sjever	2,56	24,00
SS 240 x280 g-v	1,40	Zapad	6,72	8,00
SS 195 x240 g-v S	1,40	Sjever	4,68	4,00
SS 150 x240 g-v	1,40	Jug	3,60	4,00
SS 200 x240 g-v	1,40	Zapad	4,80	12,00
V 105 x 218 n-u	1,40	Zapad	2,29	1,00
P 60 x 60 n-u	1,40	Sjever	0,36	2,00

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	Zapad	14,88	7,42	0,50	0,08	0,20	Da

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

Naziv prostorije	Naziv otvora	f _c	A _g [m ²]	g _⊥	n
soba 1	P 80 x160 g-v	0,30	1,02	0,60	2
soba 1	SS 240 x280 g-v	0,30	5,38	0,60	1

Sustav grijanja i energent za grijanje

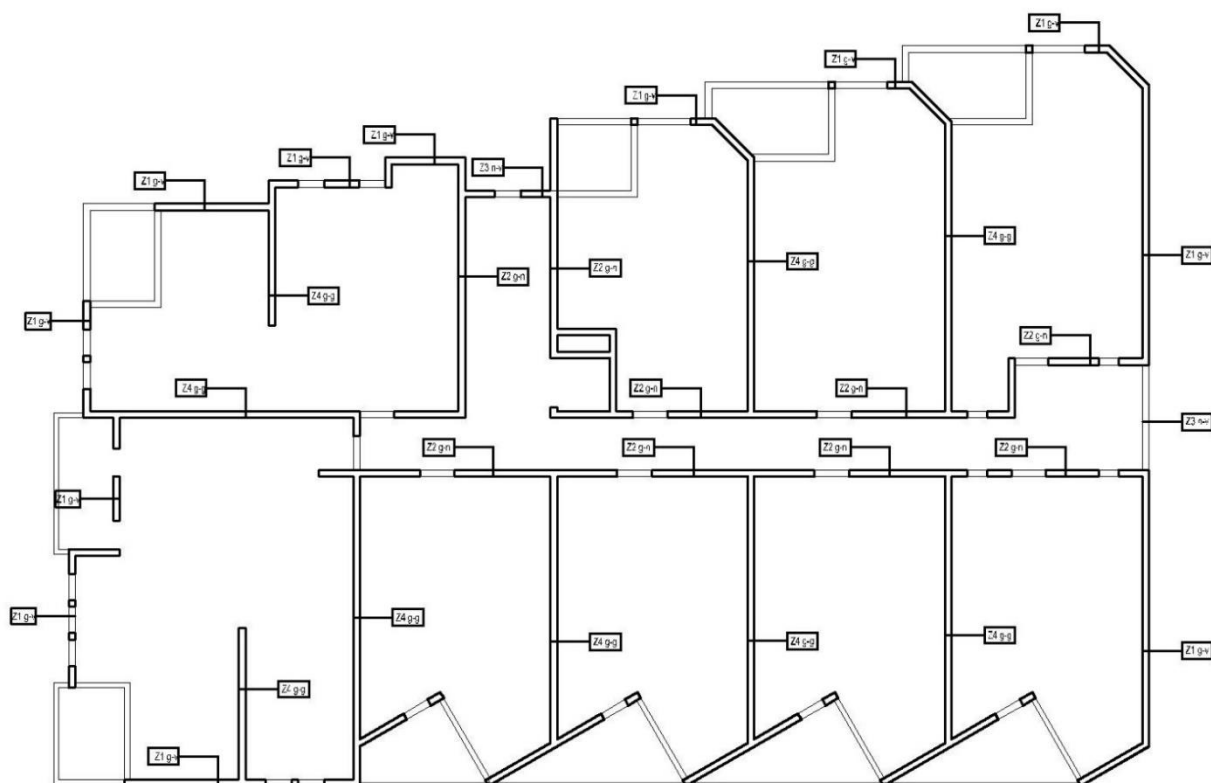
Sustav grijanja:	Lokalno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi s prekidom rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f _{H,hr}	0,71
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f _{C,day} :	1,00
Vrsta energenta za grijanje:	Električna energija
Vrsta i način korištenja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

12. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU

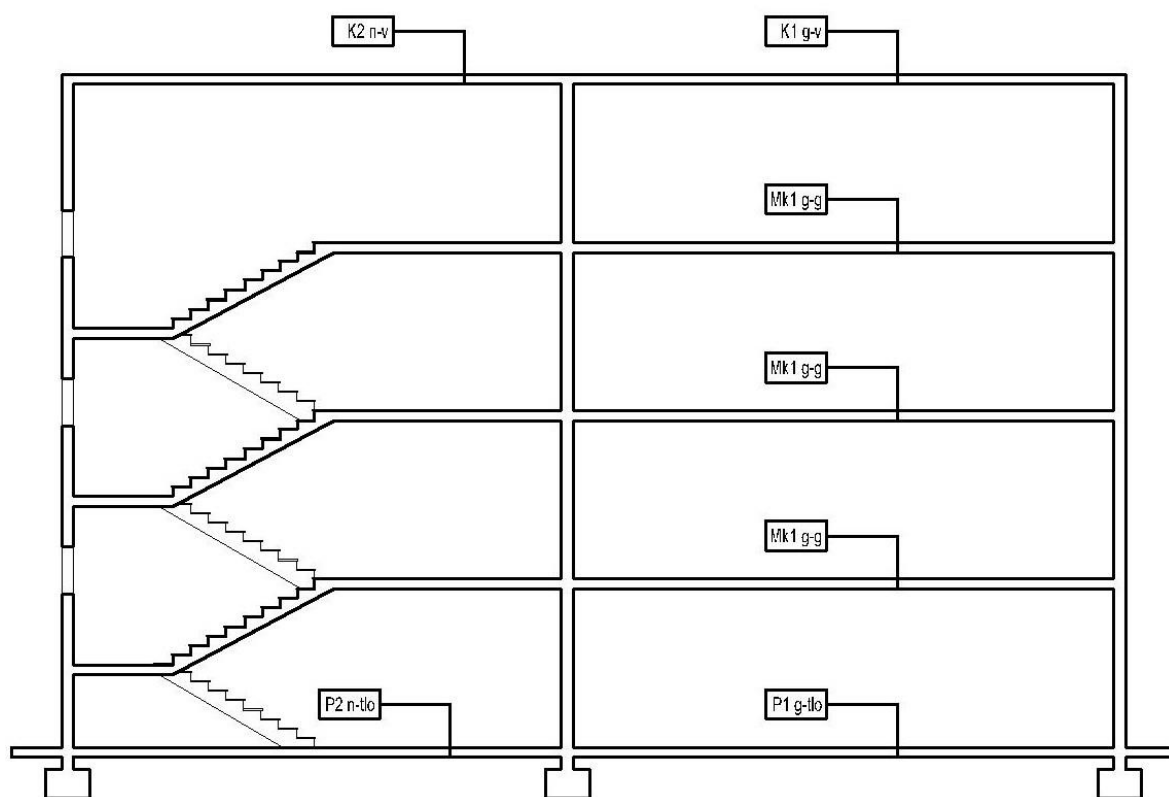
Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20.00 °C

Proračun građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	OK
Z1 g-v	800,93	0,38	0,45	✓ -
Z3 n-v	61,91	0,38	0,45	✓ -
Z2 g-n	677,43	0,58	0,60	✓ -
Z4 g-g	100,67	0,68	0,80	✓ -
Mk1 g-g	512,30	0,57	0,80	✓ -
P1 g-tlo	512,30	0,40	0,50	✓ -
P2 n-tlo	70,10	0,40	0,50	✓ -
K1 g-v	512,30	0,30	0,30	✓ -
K2 n-v	70,10	0,30	0,30	✓



Slika 12.1. Oznake građevnih djelova u tlocrtu



Slika 12.2. Oznake građevnih djelova u presjeku

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

Opći podaci o građevnom dijelu

	A_{gd} [m²]	A_I	A_z	A_s	A_J	A_{si}	A_{sz}	A_{II}	A_{Jz}
	800,93	219,90	103,22	261,23	216,58	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			fR _{si} = 0,39 ≤ 0,91			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA		
	Dinamičke karakteristike:			559,20 ≥ 100 kg/m ² U = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	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	2.01 Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	8,000	25,00	0,034	2,353
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 = 2,634
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,38		U = 0,38 ≤ U _{max} = 0,45			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 559,20 [kg/m ²]		559,20 ≥ 100 kg/m ² U = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA

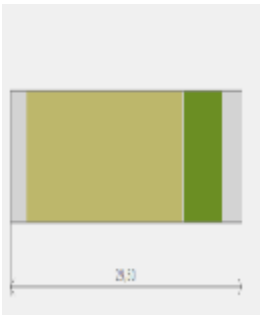
Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

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}
	61,91	34,08	0,00	27,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{SI} ≤ 0,8)			fR _{SI} = 0,39 ≤ 0,91			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA		
	Dinamičke karakteristike:			559,20 ≥ 100 kg/m ² U = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA		

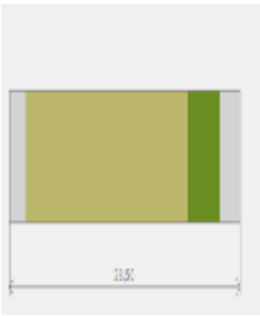
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	2.01 Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	8,000	25,00	0,034	2,353
5	Polimerno-cementno 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 = 2,634
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] =		U = 0,38 ≤ U _{max} = 0,45		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 559,20 [kg/m ²]		559,20 ≥ 100 kg/m ² U = 0,38 ≤ 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}
	677,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,58 \leq 0,60$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,86$			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA		

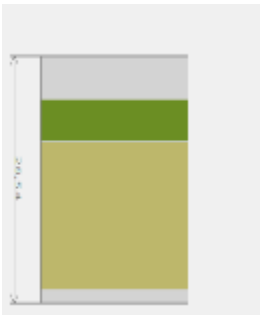
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	2.01 Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	5,000	16,00	0,037	1,351
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,130$
					$R_T = 1,734$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,58 \leq U_{max} = 0,60$		ZADOVOLJAVA	

Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 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}
	100,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,68 ≤ 0,80			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m³]	λ[W/mK]	R[m² K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	2.01 Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
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 = 1,464
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] =		U = 0,68 ≤ U _{max} = 0,80		ZADOVOLJAVA	

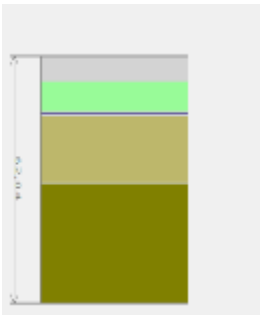
Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

Opći podaci o građevnom dijelu								
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_z	A_s	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}
	512,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,57 \leq 0,80$			ZADOVOLJAVA	

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$
1	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	130,00	0,036
4	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500
5	2.01 Armirani beton	17,000	2500,00	2,600
6	3.01 Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,57$		$U = 0,57 \leq U_{max} = 0,80$		ZADOVOLJAVA

Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

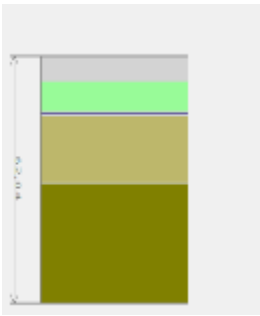
Opći podaci o građevnom dijelu

	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	512,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,40 \leq 0,50$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,00 \leq 0,90$			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
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/m ²	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	17,000	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 $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,40 \leq U_{max} = 0,50$		ZADOVOLJAVA	

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

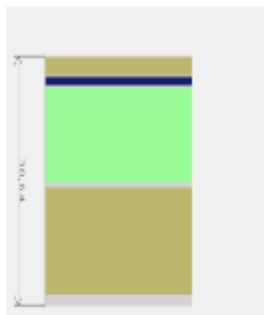
Opći podaci o građevnom dijelu

	A_{gd} [m²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	70,10	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 $\phi_{si} \leq 0,8$)			fR _{si} = 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/m ²	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	17,000	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}
	512,30	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)			fR _{SI} = 0,39 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{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]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
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 ljepjenka (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 ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m ²	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/m ²	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	-
					$R_{si} = 0,100$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_T = 4,409$
					$\Delta U = 0,069$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,30 \leq U_{max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 557,61 [kg/m²]		$557,61 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,30 \leq 0,30$		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 _{J1}	A _{JZ}
	70,10	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)			fR _{SI} = 0,39 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{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]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
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 ljepjenka (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 ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m ²	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/m ²	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	-
					$R_{si} = 0,100$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_T = 4,409$
					$\Delta U = 0,069$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,30 \leq U_{max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 557,61 [kg/m²]		$557,61 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,30 \leq 0,30$		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

Jug														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ²]
P 80 x140 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,30	0,22	0,90	1,12	8,00	1,40
V 85 x 240 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,56	0,41	1,63	2,04	16,00	1,40
SS 240 x280 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	1,85	1,34	5,38	6,72	16,00	1,40
SS 150 x240 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,95	0,72	2,88	3,60	4,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 335; Velj = 376; Ožu = 398; Tra = 339; Svi = 330; Lip = 316; Srp = 342; Kol = 376; Ruj = 418; Lis = 476; Stu = 347; Pro = 298

Zapad														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ²]
V 85 x 240 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,56	0,41	1,63	2,04	8,00	1,40
P 80 x160 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,37	0,26	1,02	1,28	20,00	1,40
SS 240 x280 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	1,85	1,34	5,38	6,72	8,00	1,40
SS 200 x240 g-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	1,37	0,96	3,84	4,80	12,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

Istok														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ²]
V 105 x 240 n-v	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,73	0,50	2,02	2,52	1,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

Naziv	M.i.	M.o.	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ²]
P 80 x140 g-v S		P	0,22	0,90	1,12	8,00	1,40
P 80 x 80 n-v S		P	0,13	0,51	0,64	3,00	1,40
P 160 x160 g-v S		P	0,51	2,05	2,56	24,00	1,40
SS 195 x240 g-v S		P	0,94	3,74	4,68	4,00	1,40
V 105 x 218 n-u		P	0,46	1,83	2,29	9,00	1,40
P 60 x 60 n-u		P	0,07	0,29	0,36	4,00	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 transmisijских gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka	
Koeficijent transmisijiske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	1140,625
Uprosječni koeficijent transmisijiske izmjene topline prema tlu, $H_{a,avg}$ [W/K]	196,351
Koeficijent transmisijiske izmjene topline kroz ne grijani prostor, H_U [W/K]	133,771
Koeficijent transmisijiske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
Ukupni koeficijent transmisijiske izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	1470,747

Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun H_D

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
Z1 g-v	344,141
Z3 n-v	26,601
K1 g-v	177,330
K2 n-v	24,265

Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

Naziv otvora	n	A _w	U _w	H _D
P 80 x140 g-v	8,00	1,12	1,40	12,54
P 80 x140 g-v S	8,00	1,12	1,40	12,54
V 85 x 240 g-v	24,0	2,04	1,40	68,54
P 80 x160 g-v	20,0	1,28	1,40	35,84
P 80 x 80 n-v S	3,00	0,64	1,40	2,69
V 105 x 240 n-v	1,00	2,52	1,40	3,53
P 160 x160 g-v S	24,0	2,56	1,40	86,02
SS 240 x280 g-v	24,0	6,72	1,40	225,79
SS 195 x240 g-v S	4,00	4,68	1,40	26,21
SS 150 x240 g-v	4,00	3,60	1,40	20,16
SS 200 x240 g-v	12,0	4,80	1,40	80,64
V 105 x 218 n-u	9,00	2,29	1,40	28,84
P 60 x 60 n-u	4,00	0,36	1,40	2,02

Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U [W/m ²]	H _g
G1	Podovi na tlu	0,20	184,
G2	Podovi na tlu	0,12	11,7

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, H _{g,m,H} [W/K]												
Gubita	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	83,77	78,00	89,26	154,09	-	-195,30	-190,40	-126,33	-399,20	147,07	97,84	99,89
G2	3,50	3,26	3,67	6,16	-252,09	-17,30	-17,72	-11,71	-33,91	5,69	3,98	4,16

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, H _{g,m,C} [W/K]												
Gubita	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	62,15	58,86	63,01	83,25	336,23	-753,29	-952,01	-266,69	1052,44	75,33	65,49	69,85
G2	2,60	2,46	2,59	3,33	28,01	-66,75	-88,58	-24,71	89,39	2,92	2,66	2,91

Podovi na tlu

Gubitak	A	P	B	d _t	R _f	K.p.	ΔΨ	U ₀	U	d'	R'	R _n	d _n	R.i.	D	Ψ _g	H _g
	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m ² K/W]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m]	[m]	[m ² K/W]	[cm]		[m]	[W/mK]	[W/ mK]
G1	592,10	105,40	11,24	5,10	2,22	2,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	(A)	0,00	0,60	184,
G2	70,10	5,00	28,04	5,10	2,22	2,00	0,00	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	(B)	0,00	0,60	11,7

Gubici topline kroz negrijane prostore

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m ³]	n _{ue}	b	H _U
1	(1)	(a)	*	801,94	0,50	0,29	133,77

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

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2935,36	[m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	V _e	5860,70	[m ³]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	4688,56	[m ³]
Faktor oblika zgrade	f ₀	0,50	[m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A _K	2049,20	[m ²]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama	A _f	512,30	[m ²]
Ukupna ploština pročelja	A _{uk}	1855,60	[m ²]
Ukupna ploština prozora	A _{wuk}	410,36	[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} - Uprosječni 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	1470,747 [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	$A = 2049,20 \text{ [m}^2\text{]}$
Neto volumen zone	$V = 4688,56 \text{ [m}^3\text{]}$
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	$n_{50} = 2,00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Površina kanala	$A_{\text{duct}} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}$
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{\text{indoorduct}} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$e_{\text{wind}} = 0,03 \text{ [-]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$f_{\text{wind}} = 20,00 \text{ [-]}$
Dnevno vrijeme korištenja zone	$t_{\text{kor}} = 15,00 \text{ [h]}$
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{\text{v,mech}} = 17,00 \text{ [h]}$
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	$V_A = 0,00 \text{ [m}^3\text{]/(hm}^2\text{)}$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	$n_{\text{req}} = 0,50 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

c) Ukupni gubici topline

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

Mjesečni gubici topline [kWh]

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za	Koef. topl. gubitka za
Siječanj	22966,84	17287,57	1953,76	1969,15
Veljača	20528,25	15385,94	1946,25	1957,60
Ožujak	18749,80	13053,30	1938,57	1949,42
Travanj	13304,87	7846,82	1943,45	1978,52
Svibanj	6668,72	45,22	2134,13	303,90
Lipanj	454,62	0,00	6313,93	1864,00
Srpanj	0,00	0,00	1130,02	1804,58
Kolovoz	0,00	0,00	1878,89	1869,29
Rujan	5796,65	0,00	2862,54	1925,37
Listopad	9608,50	3841,27	1926,36	1909,28
Studen	15852,82	10332,60	1947,76	1964,75
Prosinac	21750,94	16103,79	1962,64	1986,53

Godišnji gubici topline [kWh]

	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja
Godišnje	135682,03	83896,52

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
$Q_{sol,k}$	4745	5056	6280	7424	4624	4817	5115	4925	4577	6585	4552	4692
$Q_{sol,u,l}$	14	23	33	42	37	43	45	37	26	31	21	13
Q_{sol}	4759	5079	6313	7466	4661	4860	5160	4962	4603	6615	4573	4705

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}	7.623,02	6.885,31	7.623,02	7.377,12	7.623,02	7.377,12	7.623,02	7.623,02	7.377,12	7.623,02	7.377,12	7.623,02

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	$Q_{int} = 89.754,96$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 63.757,66$ [kWh]
Ostali dobici topline	$Q' = 0,00$ [MJ]

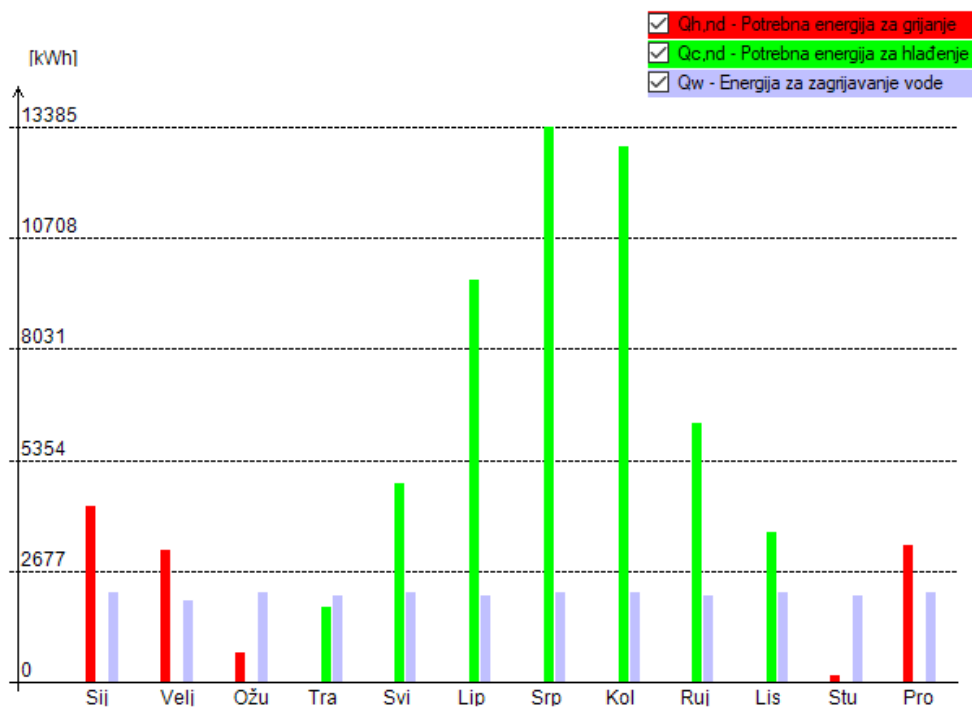
Mjesečni dobici topline

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	44576,92	12382,48
Veljača	43070,10	11963,92
Ožujak	50170,76	13936,32
Travanj	53435,54	14843,21
Svibanj	44222,79	12284,11
Lipanj	44054,70	12237,42
Srpanj	46018,28	12782,85
Kolovoz	45306,45	12585,13
Rujan	43129,00	11980,28
Listopad	51257,29	14238,13
Studen	43021,85	11950,51
Prosinac	44381,75	12328,27

Godišnji dobici topline

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	552645,44	153512,62

Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje



Rezultati proračuna

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 više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 2935,36 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 5860,70 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,50 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 2049,20 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 11684,51 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 5,70 \text{ (max} = 32,33) \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max} = -) \text{ [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 52540,44 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 25427,89 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine	$E''_{del} = 12,41 \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 41040,62 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 20,03 \text{ (max} = 90,00) \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,50 \text{ (max} = 0,75) \text{ [W/m}^2\text{ K]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 1470,75 \text{ [W/K]}$

13. ZAKLJUČAK

U ovo radu je izvršen proračun armiranobetonske zgrade zidnog konstrukcijskog sustava s naglaskom na proračun i razradu detalja armiranja za klasu umjerene duktilnosti te je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu. Statički proračun je napravljen koristeći software Scia engineer. Proračun konstrukcije izvršen je primjenom modalne analize pomoću spektra odgovora, a dimenzioniranje zida provedeno je prema kapacitetu nosivosti. Armiranobetonski zid, osim velike krutosti, ima vrlo veliku nosivost, a ispravnim proračunom, konstrukcijskim oblikovanjem i armiranjem postiže se njegovo duktilno ponašanje. Na taj je način zid sposoban trošiti potresnu energiju, čime se omogućuje racionalno projektiranje i građenje. Posebna pažnja posvećena je konstrukcijskom oblikovanju i armiranju kritičnih područja zidova u kojima se predviđa trošenje potresne energije. Primjena armiranobetonskih zidova omogućuje prihvaćanje horizontalnog potresnog djelovanja na ekonomičan način, uz razuman utrošak materijala, osobito čelika za armiranje, omogućujući pri tom povoljno ponašanje zgrada u potresu. Ova je činjenica bitna jer omogućuje izbor racionalnih konstrukcijskih rješenja.

Fizikalna svojstva zgrade su rađena algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.) u računalnom programu KI Expert Plus. Zbog velikog broja otvora na zgradi i solarnih dobitaka iz priloženih rezultata se vidi se da je potrebna energija za hlađenje mnogo veća od potrebne energije za grijanje. Proračun pokazuje da bi se uz primjenu odgovarajućih materijala te uz odgovorno korištenje energije, ostvarile znatne uštede ukupne potrošnje energije.

Jamstvo kvalitetno projektirane konstrukcije leži u više faktora. Potrebno je ostvariti balans između ekonomskih, estetskih i najvažnije statičkih zahtjeva za konstrukciju. Kako bi se sami projektant osigurao od moguće pogreške potrebno je držati se normi. Eurocod kao takav propisuje sve norme i smjernice za projektiranje seizmički opterećenih konstrukcija. Projektiranjem se ne može u potpunosti predvidjeti niti djelovanje na konstrukciju kao niti samo ponašanje materijala. Naravno da u proračun nisu uključeni ni otegotni faktori kao što su prekidi betoniranja. Osiguranje za takvo što leži u koeficijentima kojima korigiramo opterećenje i na taj način osiguravamo od mogućeg nepredviđenog djelovanja na konstrukciju.

Dimenzioniranje seizmički otpornih konstrukcija svodi se na dvije bitne smjernice. Prva je projektiranje konstrukcija koju su u mogućnosti primiti energiju i raspodijeliti je u nosive elemente. Drugi je opće duktilno ponašanje konstrukcije. Da bi se ostvarilo takvo što potrebno je već u fazi idejnog rješenja obratiti pozornost na moguće probleme.

14. GRAFIČKI PRILOZI

- I. Tlocrt temelja
- II. Tlocrt tipične etaže
- III. Presjek 1-1
- IV. Presjek 2-2
- V. Presjek kroz zid
- VI. Armatura ploče-donja zona-mreže
- VII. Armatura ploče-donja zona-šipke
- VIII. Armatura ploče-gornja zona

15. LITERATURA

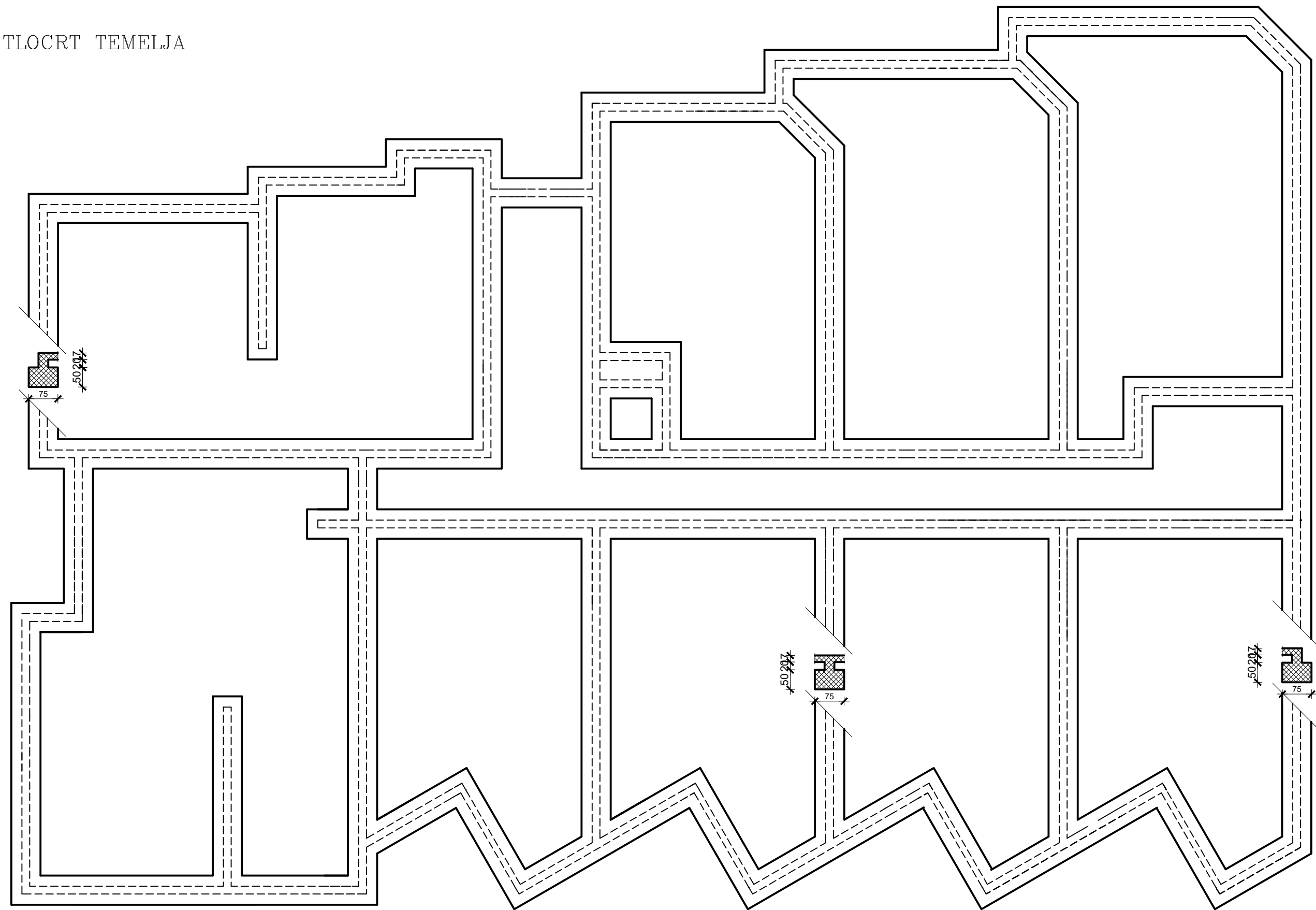
Knjige i skripte:

- Eurocode 0, Basis of structural design, CEN European Committee for Standardization, Brussels, EN 1990: 2002.
- Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)
- Eurokod 8 – Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak, HRN EN 1998-1:2012/NA
- J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.
- Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)

Računalni programi:

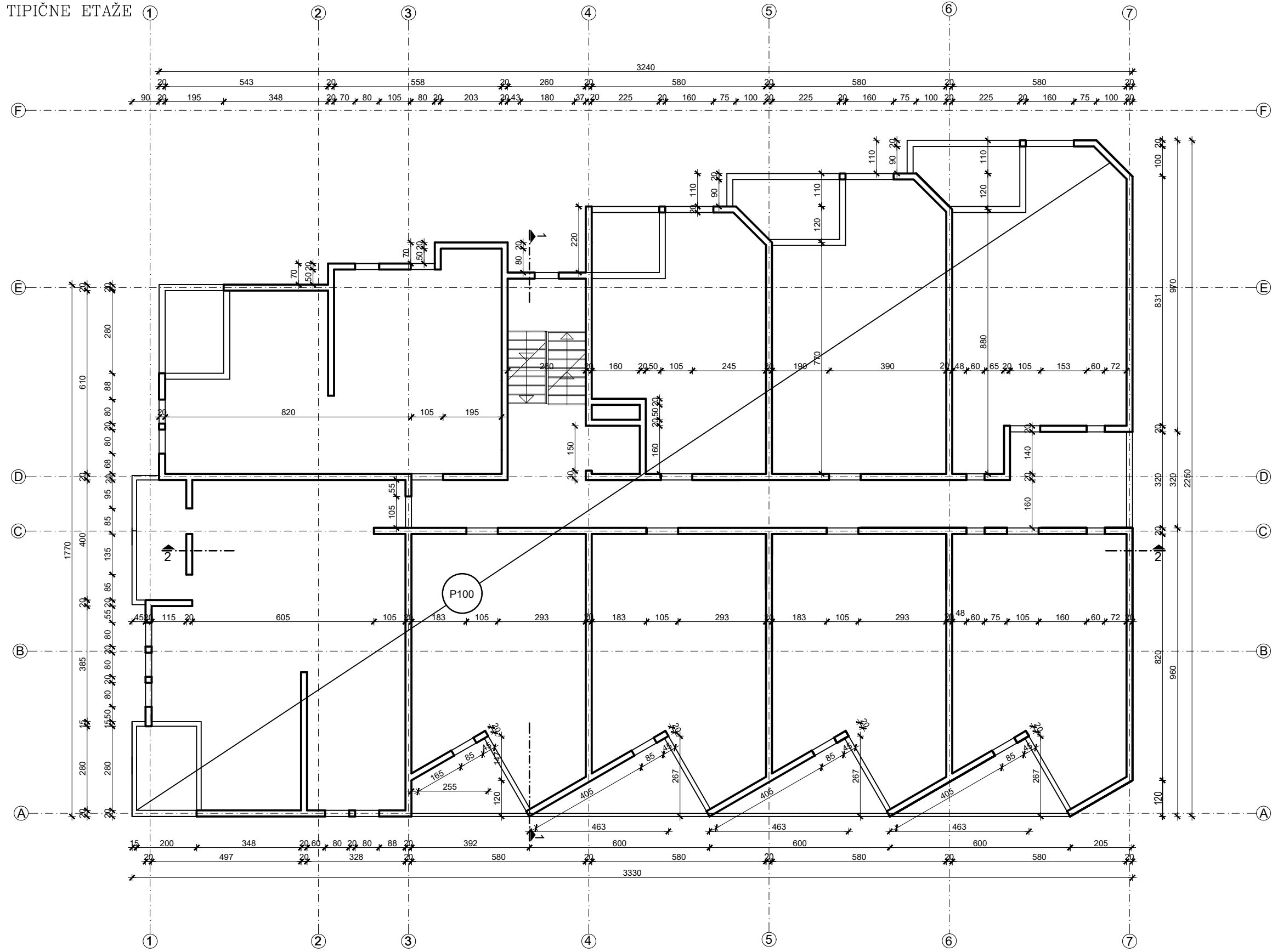
- Microsoft Office Word 2016
- Microsoft Office Excel 2016
- AutoCAD 2017
- SCIA Engineer 2018
- KI Expert Plus

TLOCRT TEMELJA

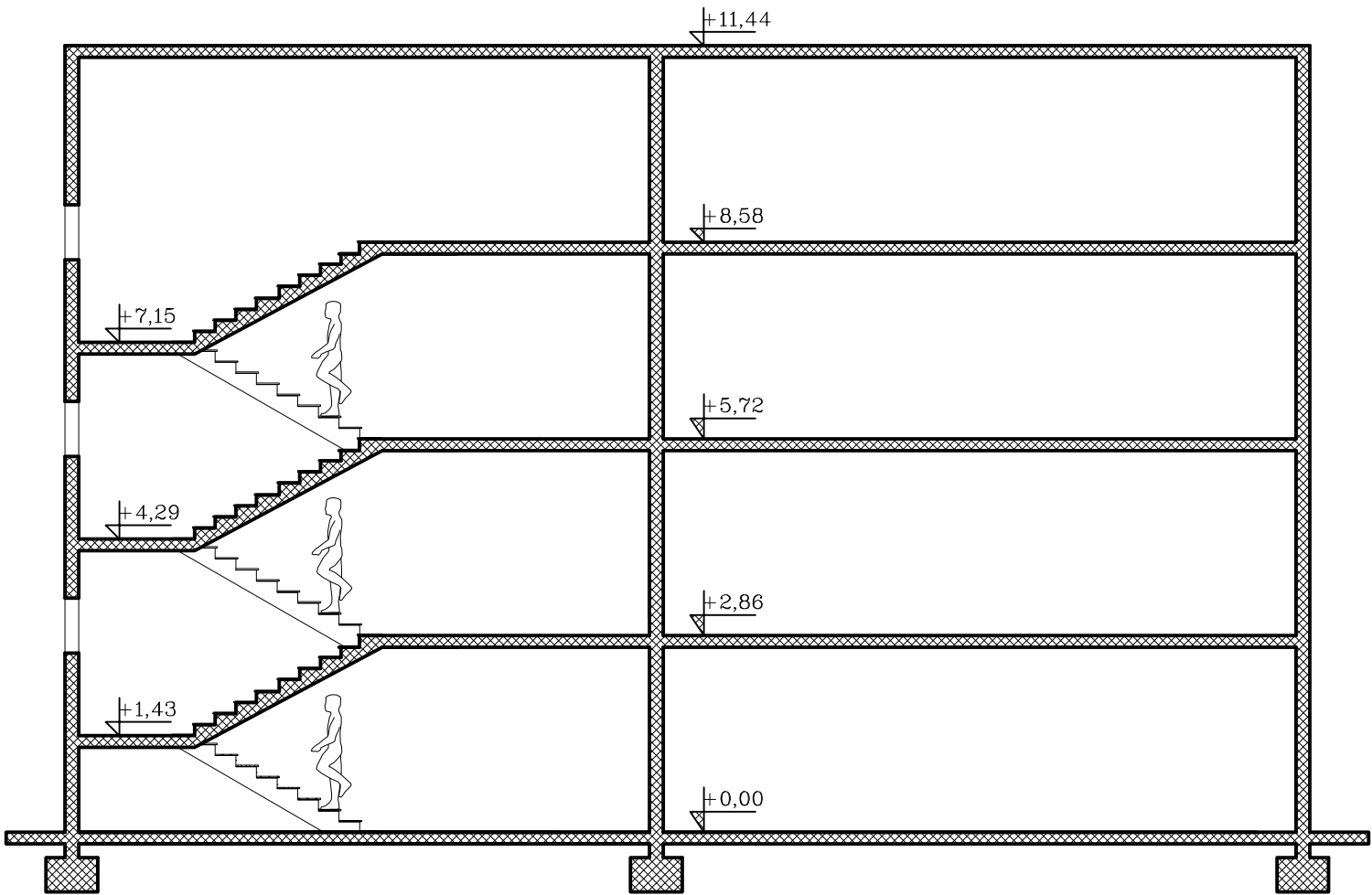


	Sveučilište u Splitu ♦ Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije		
	Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr		
	student:	Alberto Marelič	
	građevina:	STAMBENA ZGRADA	
	projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE	datum: 7/2019.
mentor:		Hrvoje Smoljanović	
sadržaj:		Tlocrt temelja	mjerilo: M 1:100 list: I.

TLOCRT TIPIČNE ETAŽE ①

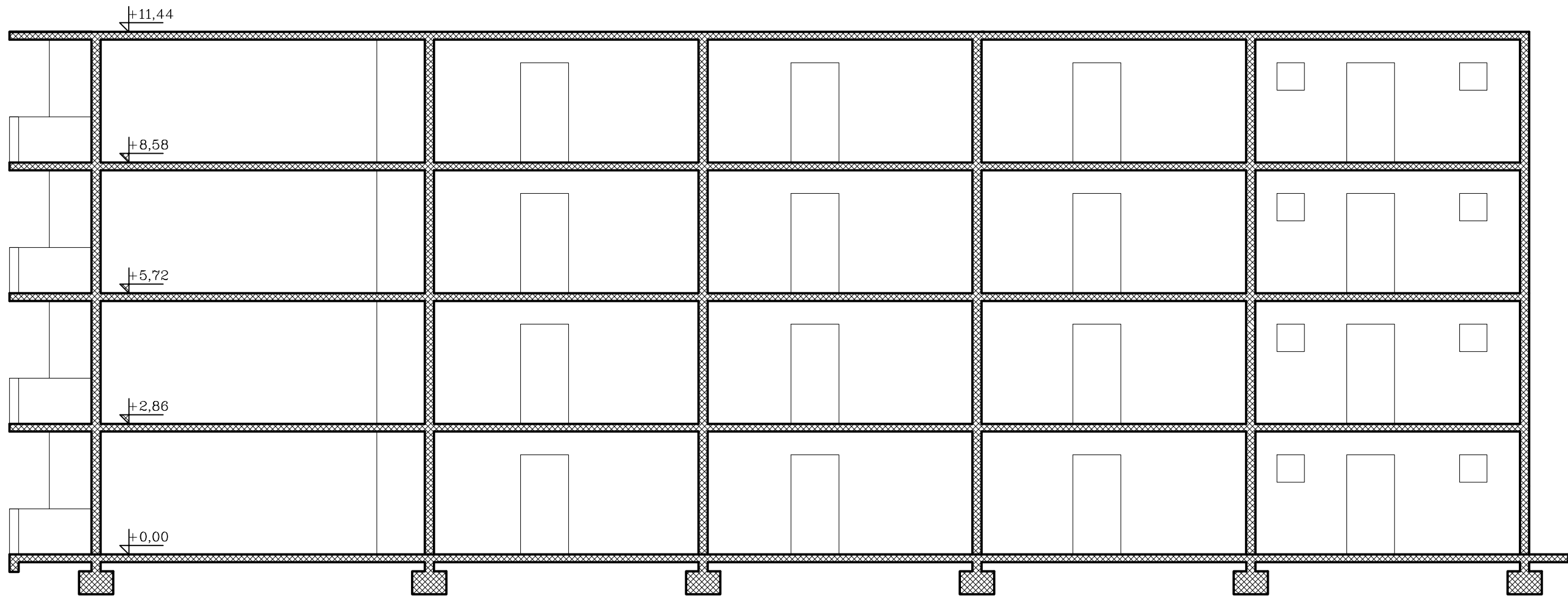


PRESJEK 1-1

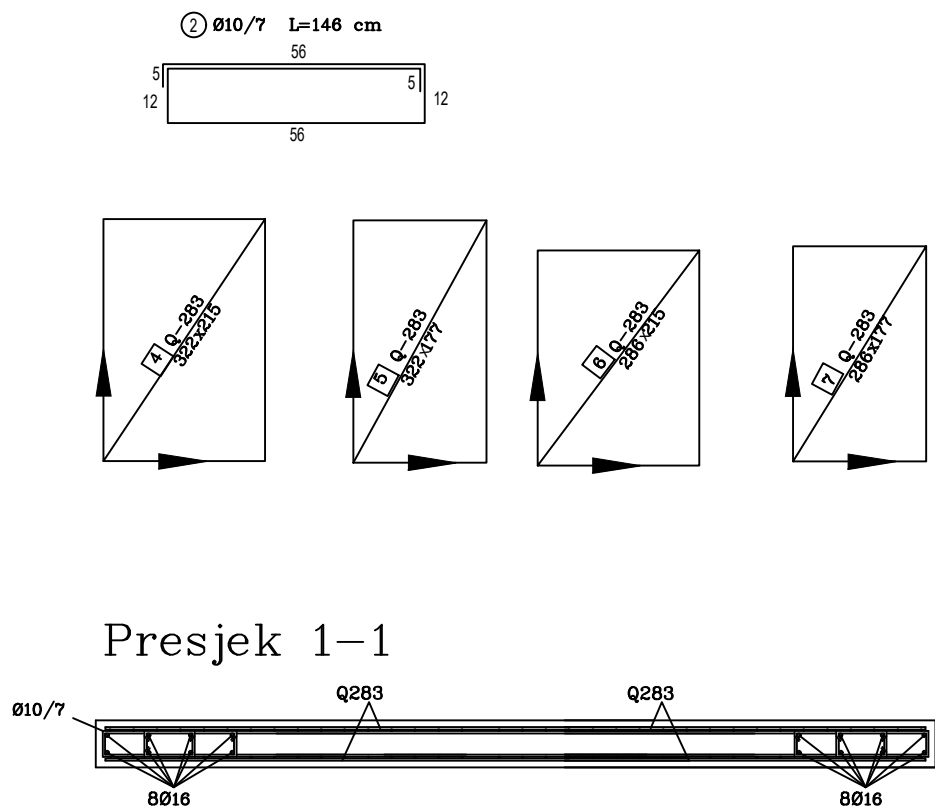
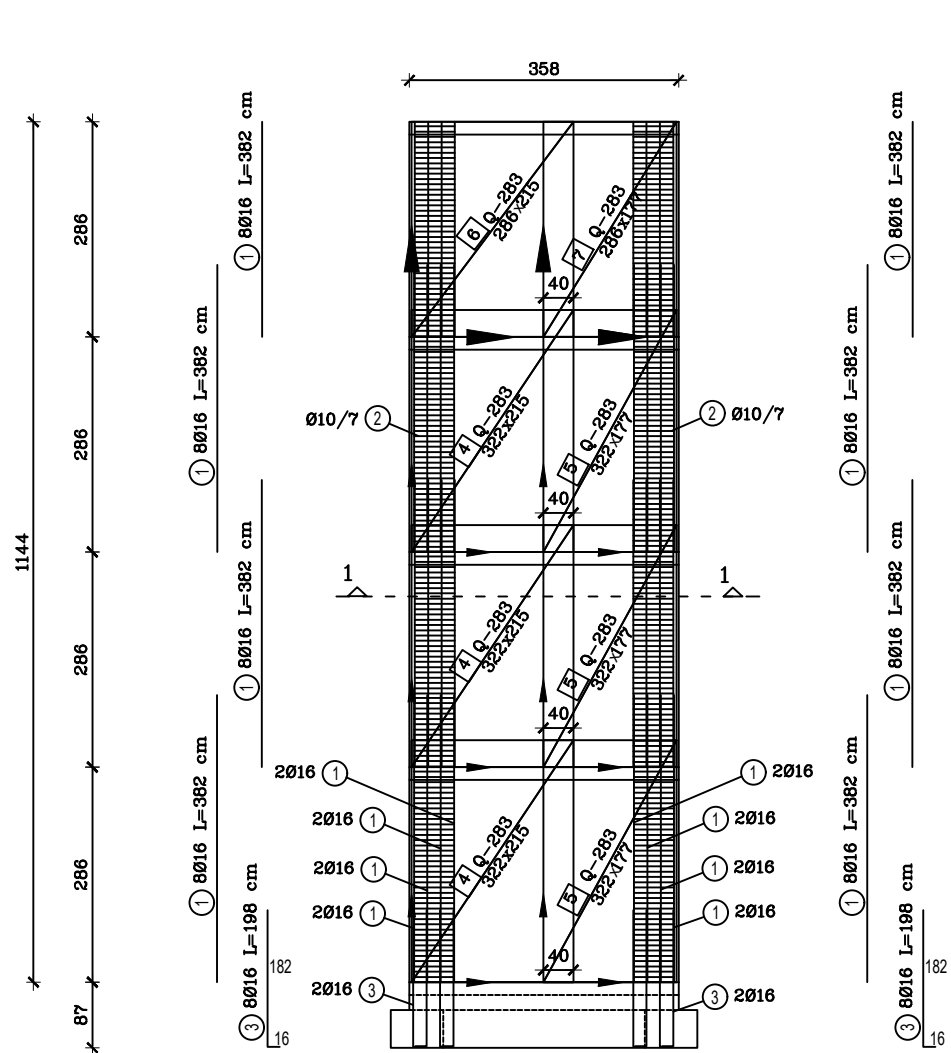


	Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr		
student:	Alberto Marelič		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE	datum:	7/2019.
mentor:	Hrvoje Smoljanović		
sadržaj:	Presjek 1-1	mjerilo:	M 1:100 list: III.

PRESJEK 2-2

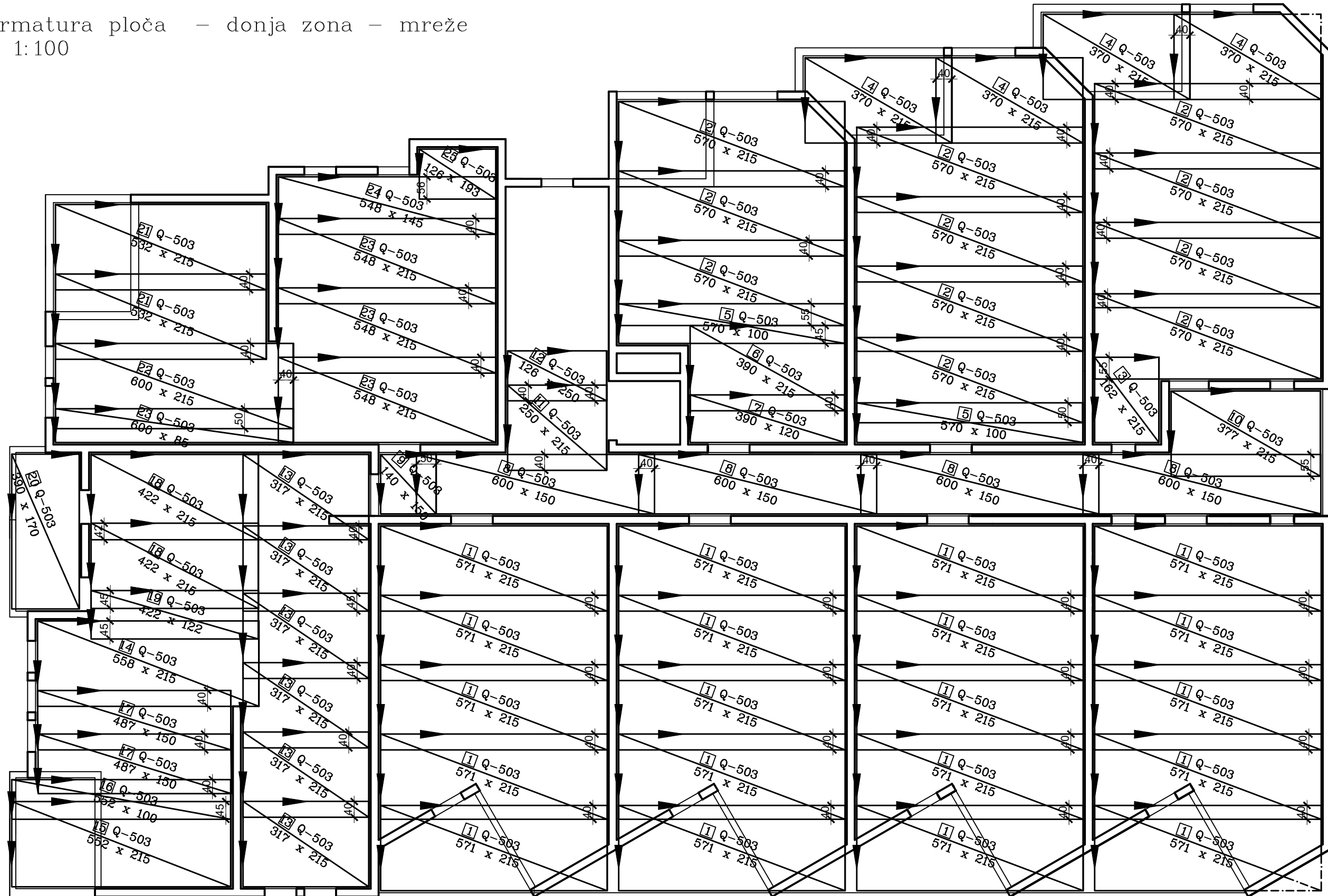


ARMATURA ZIDA U X SMJERU
M 1:100

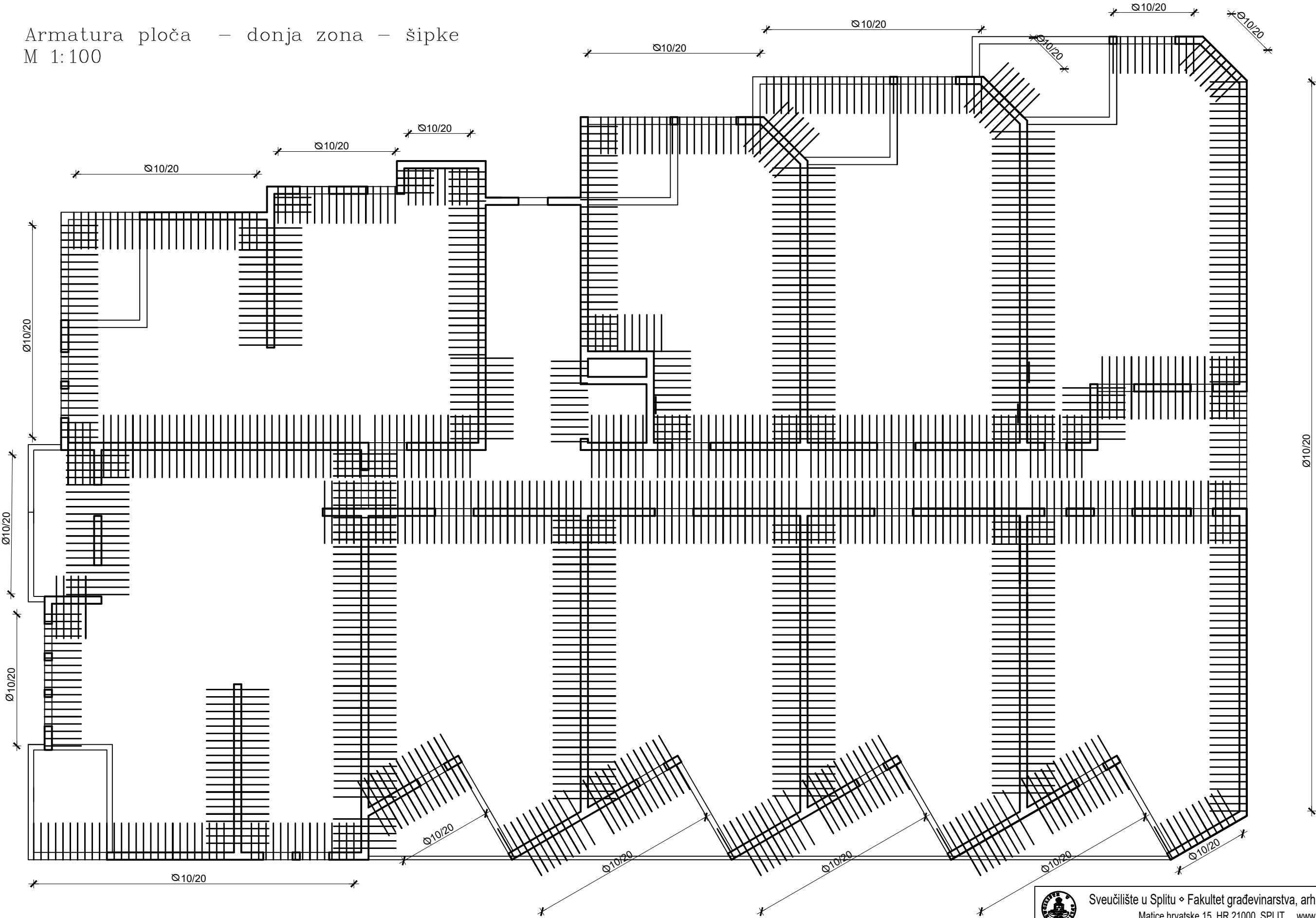


	Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr		
student:	Alberto Marelič		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE	datum:	7/2019.
mentor:	Hrvoje Smoljanović		
sadržaj:	Presjek kroz zid	mjerilo:	M 1:100 list: V.

Armatura ploča – donja zona – mreže
M 1:100



Armatura ploča – donja zona – šipke
M 1:100



	Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije		
	Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr		
	student:	Alberto Marelić	
	građevina:	STAMBENA ZGRADA	
	projekt:	GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE	datum: 7/2019.
mentor:		Hrvoje Smoljanović	
sadržaj:		Armatura ploče - donja zona - šipke	mjerilo: M 1:100 list: VII.

Armatura ploča – gornja zona
M 1:100

The drawing illustrates the reinforcement layout for a concrete slab in the upper zone. It features a dense network of reinforcement bars, with labels indicating the type and quantity of bars used. Key labels include:

- Q-503**: Top longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- R-503**: Bottom longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- Q-008**: Top longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- R-008**: Bottom longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.

Dimensions are provided for various sections of the slab, including:

- Horizontal dimensions: 150, 215, 300, 430, 503, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000.
- Vertical dimensions: 150, 215, 300, 430, 503, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200, 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, 5700, 5800, 5900, 6000, 6100, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 6800, 6900, 7000, 7100, 7200, 7300, 7400, 7500, 7600, 7700, 7800, 7900, 8000, 8100, 8200, 8300, 8400, 8500, 8600, 8700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 9300, 9400, 9500, 9600, 9700, 9800, 9900, 10000.

The drawing also includes various symbols and notes, such as:

- Q-503**: Top longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- R-503**: Bottom longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- Q-008**: Top longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.
- R-008**: Bottom longitudinal bars, with quantities ranging from 1 to 8.