



IZRADA STATIČKOG PROJEKTA STUDENTSKOG DOMA

prof.dr. sc. **Mladen Glibić**, dipl. ing. građ.
Ivana Jelčić, mag.građ.

Sažetak: Predmet rada je Studentski dom koji je smješten u Mostaru. Objekt se nalazi u VIII MCS zoni, zoni vjetra III i I. klimatskoj zoni. Dopuštena nosivost tla je 250 kPa. Objekt je takvog oblika da ima isturenih i izlomljenih dijelova, ali je u suštini pravokutnog oblika. Osnovne tlocrtne dimenzije objekta su: 34.65 m × 21.85 m. Ukupna visina objekta od nivoa temelja do vrha je 23.08 m, a katnost objekta je Suterena + Prizemlje + 4 Kata + Potkrovlje. Konstruktivna visina suterena je 3.08 m, Prizemlja 3,52 m, katova 3,04 m.

Ključne riječi: diplomski rad, projekt konstrukcije zgrade, studentski dom „Hrvoje“

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURAL DESIGN OF THE STUDENT HOSTEL

Abstract: The subject of the paper is the student hostel, which is situated in Mostar. The building is located in the MCS zone VIII, wind zone III and climate zone I. The allowable bearing capacity of soil is 250 kPa. The shape of the building is such that it has some projecting and interrupted parts, but essentially its shape is rectangular. The ground-plan dimensions of the building are: 34.65 m × 21.85 m. The total height of the building from the ground level up to the top is 23.08 m and the number of floors in the building is basement + ground floor + 4 floors + loft. The structural height of the basement is 3.08 m, of the ground floor 3.52 m, and of floors 3.04 m.

Key words: graduation thesis, structural design of a building, Student Hostel "Hrvoje"



1. KONSTRUKTIVNI SUSTAV OBJEKTA

Temeljnu konstrukciju objekta sačinjavaju temeljne trake širine 2.20 m, 2.0 m, 1.8 m, 1.40 m i debljine 0.6 m i temelji samci dimenzija 2.0 x 2.6 m i 3.40 x 8.10 m, a debljina temeljne ploče ispod lifta je 0.3 m i dimenzija 4.0 x 4.0 m. Temeljna konstrukcija se nalaze na koti -2.88 m i -1.40 m.

Konstruktivni sustav suterena su AB platna širine 25 cm, koji pogotovo dobro dođu kod obodnih zidova suterena zbog eventualne pojave hidrostatičkog tlaka, a i lakše izvedbe hidroizolacije.

AB stupove imamo: pravokutnog oblika dimenzija 25x25cm, 25x50cm, 25x55cm, 85x25cm, 70x25cm, 100x25cm, 40x25 cm, 55x25 cm, 45x25 cm, 50x25 cm, 35x25 cm, 100x35 cm, 110x25 cm, 85x35 cm, 35x55 cm, 50x35 cm, 60x25 cm i 60x35cm.

Dimenzije greda su sljedeće: 25x35cm, 25x60cm, 35x40cm, 15x60cm, 25x50 cm i 30x25cm.

Vertikalna komunikacija je osigurana armirano-betonskim stubištima i armirano-betonskom jezgrom lifta.

Stupovi i grede su dimenzionirani po Eurocode 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija i Eurocode 8 – Projektiranje seizmički otpornih konstrukcija. Za stupove, zidove i grede usvojena je srednja klasa duktilnosti (DCM). Srednja klasa duktilnosti odgovara konstrukcijama za koje je projekt, dimenzioniranje i konstrukcijski detalji urađeni po posebnim zahtjevima seizmičke otpornosti, koji osiguravaju da konstrukcija pri ponovljenim cikličkim opterećenjima zađe u područje neelastičnog ponašanja, bez krto g loma. Za tu klasu duktilnosti ne dopušta se normalna sila veća od:

$0.65 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}$ - u stanju eksploatacije

$0.4 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}$ – za zidove u stanju eksploatacije,

Za seizmičku kombinaciju opterećenja:

$$s_{sd} = \sum G_{ki} + \sum (\Psi_{2i} + Q_{ki}) + \gamma_i \cdot A_d \cdot P_k$$

Gdje je:

$\sum G_{ki}$ - ukupna vrijednost stalnog opterećenja,

Q_{ki} – ukupno korisno opterećenje,

Ψ_{2i} - kvazistalna vrijednost koeficijenta za korisno opterećenje,

A_d - seizmičko opterećenje,

γ_i – koeficijent važnosti

P_k - koeficijent prednapinjanja.

Međukatne konstrukcije su monolitne AB ploče debljine 20 cm, a podesti stubišta su 15 cm.



2. NAČIN PRORAČUNA I SOFTWARE

Model objekta sa gore navedenim konstruktivnim elementima razmatran je kao prostorna konstrukcija u programskom paketu Tower 3D model builder 6.0.

Formirana mreža konačnih elemenata se sastoji od pravokutnih elemenata stranica veličine 1.0 m, što daje zadovoljavajuće rezultate. Modalnom analizom se dobiju podaci za seizmički proračun.

Prema pravilniku za seizmiku potrebno je bilo unijeti seizmičke sile u dva okomita pravca. Daljnjim proračunom su se dobili statički i dinamički utjecaji na konstrukciju. Ovaj programski paket omogućava da sve konstruktivne elemente lako dimenzioniramo na kompletnu shemu opterećenja.

Prema Eurocode 8: Projektiranje seizmički otpornih konstrukcija potrebno je definirati:

Kategorija tla: B – krute naslage pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline,

Kategorija značaja: $\gamma_I = 1.2$ – objekt veće važnosti

Faktor ponašanja: q – dat je za različit materijal, konstruktivni sustav i klasu duktilnosti.

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

q_0 – osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o vrsti konstruktivnog sustava

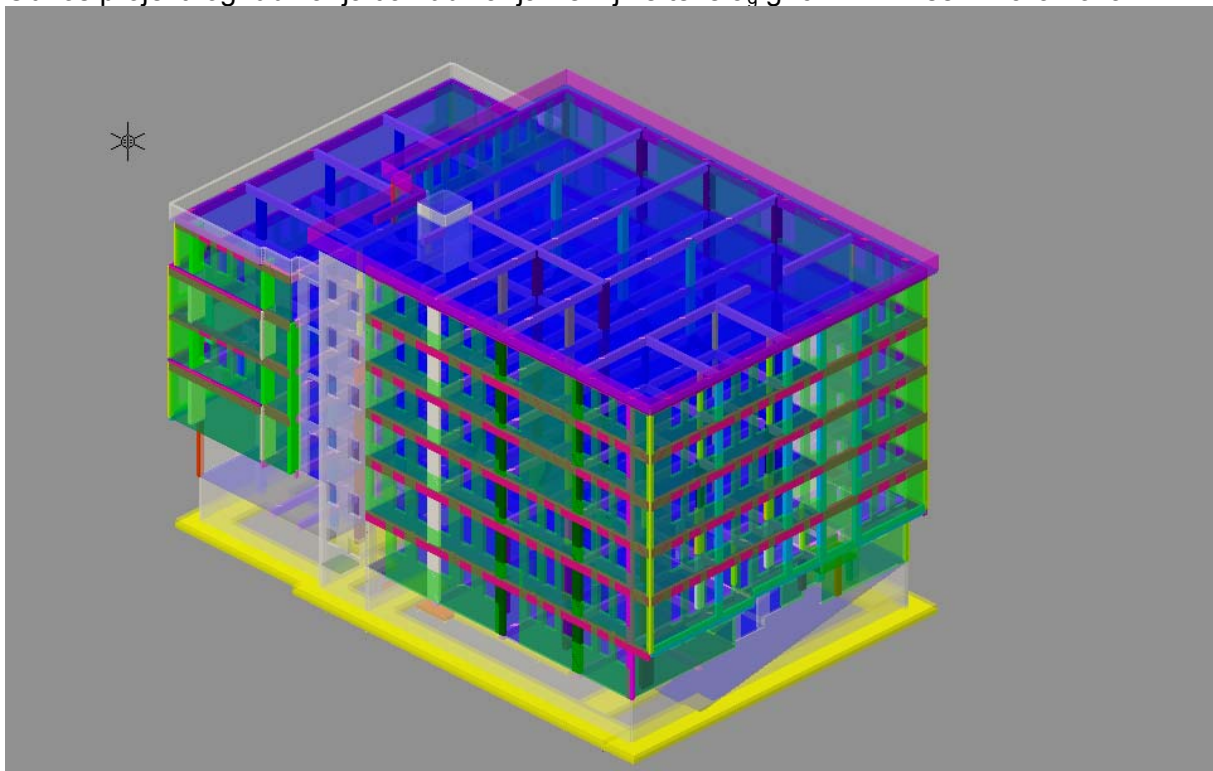
k_d - faktor koji uzima u obzir klasu duktilnosti

k_r – faktor koji uzima u obzir pravilnost konstrukcije po visini

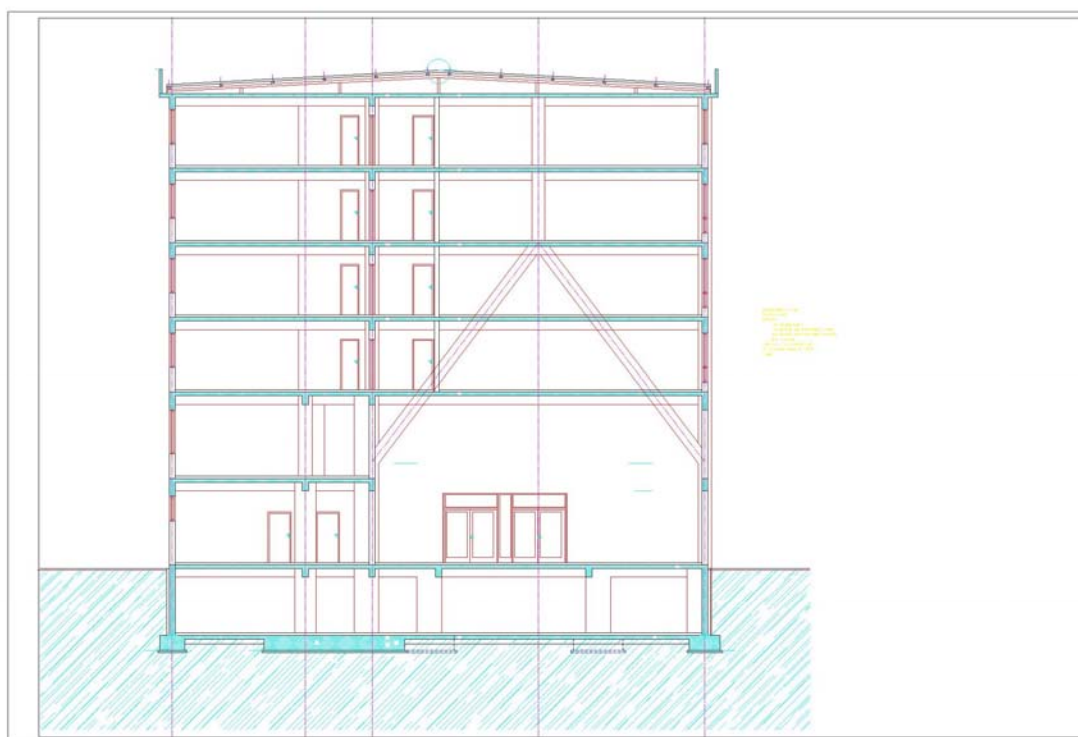
k_w – faktor koji uzima prevladavajuću vrstu loma konstrukcijskog sustava sa zidovima

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 3.75 \geq 1.5$$

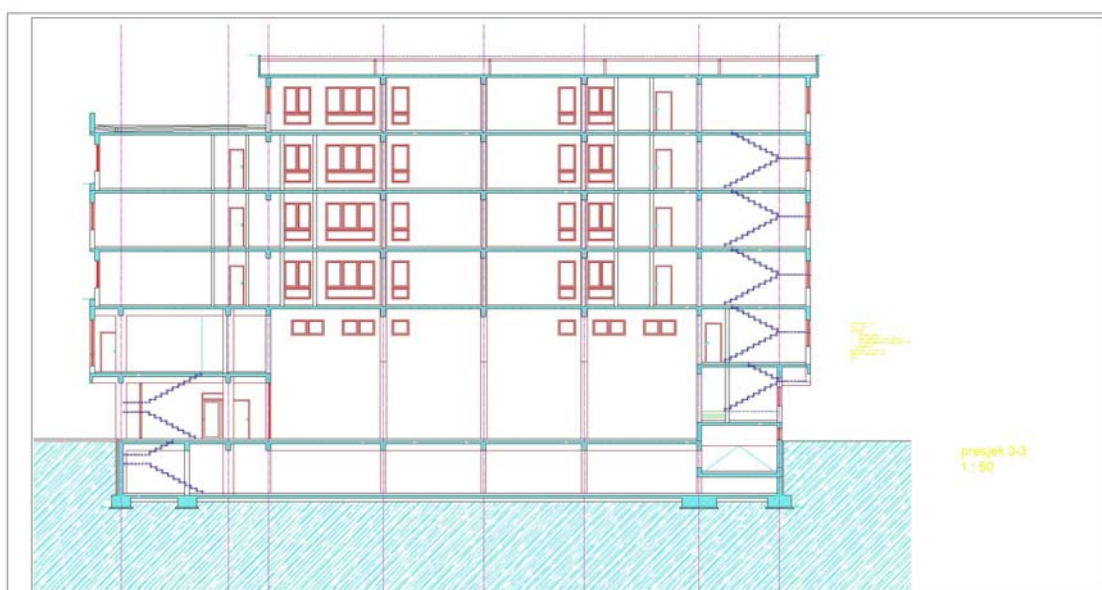
Odnos projektnog ubrzanja tla i ubrzanja Zemljine teže $a_g/g=0.2$ – VIII seizmička zona.



Slika 1. Model studentskog doma



Slika 2. Presjek 1-1 objekta



Slika 3. Presjek 2-2 objekta



Slika 4. Zapadno pročelje objekta

3. OPTEREĆENJA

3.1. Stalno opterećenje

Program uzima u obzir vlastitu težinu konstrukcije. Slojeve poda i slojeve kod ravnog prohodnog i neprohodnog krova treba unijeti u model kao površinsko opterećenje. Nosivi zidani zidovi obično se postavljaju u modelu sa svojim karakteristikama, dok se pregradni zidovi nanose u model kao linijsko opterećenje. U nekim slučajevima se ne zna točan raspored pregradnih zidova (prostorija) onda se u model opterećenje nanosi kao površinsko. Opterećenje od snijega je uzeto minimalno za ovu klimatsku zonu i nadmorsku visinu. Zidani zidovi i stubišta su modelirani u programskom paketu, stubišta kao kose ravni i na njih nanošeno površinsko opterećenje.

3.1.1. Međukatne konstrukcije

Slojevi poda (prostorije s oblogom od parketa)

- | | |
|--------------------|---|
| - estrih | $g = 0.05 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 1.10 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $g = 0.03 \text{ m} \times 0.3 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$ |
| - parket | $g = 0.02 \text{ m} \times 8.0 \text{ kN/m}^3 = 0.16 \text{ kN/m}^2$ |
| - pregradni zidovi | $g = 1.0 \text{ kN/m}^2$ |

$$\Sigma g = 2.27 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 2.35 \text{ kN/m}^2$

Slojevi poda (prostorije s oblogom od keramičkih pločica)

- | | |
|-------------|---|
| - estrih | $g = 0.05 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 1.10 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija | $g = 0.03 \text{ m} \times 0.3 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$ |



- keramičke pločice $g = 0.01 \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.20 \text{ kN/m}^2$
 - pregradni zidovi $g = 1.0 \text{ kN/m}^2$
- $$\Sigma g = 2.30 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 2.35 \text{ kN/m}^2$

3.1.2. Ravni neprohodni krov

- estrih $g = 0.05 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 1.10 \text{ kN/m}^2$
 - izolacija $g = 0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$
 - nagibni beton $g = 0.1 \text{ m} \times 24.0 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
 - šljunak $g = 0.1 \text{ m} \times 18.0 \text{ kN/m}^3 = 1.80 \text{ kN/m}^2$
- $$\Sigma g = 5.30 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 5.50 \text{ kN/m}^2$

Ravni prohodni krov

- estrih $g = 0.05 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 1.10 \text{ kN/m}^2$
 - izolacija $g = 0.03 \text{ m} \times 0.3 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$
 - nagibni beton $g = 0.1 \text{ m} \times 24.0 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
 - pločice $g = 0.01 \text{ m} \times 20.0 \text{ kN/m}^3 = 0.10 \text{ kN/m}^2$
- $$\Sigma g = 3.61 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 4.0 \text{ kN/m}^2$

3.1.3. Stepenište

Podest :

- estrih $g = 0.03 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 0.66 \text{ kN/m}^2$
 - pločice $g = 0.01 \text{ m} \times 20.0 \text{ kN/m}^3 = 0.20 \text{ kN/m}^2$
 - izolacija $g = 0.03 \text{ m} \times 0.30 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$
 - cementni malter $g = 0.02 \text{ m} \times 21.0 \text{ kN/m}^3 = 0.42 \text{ kN/m}^2$
- $$\Sigma g = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 1.30 \text{ kN/m}^2$

Krakovi :

- estrih $g = 0.03 \text{ m} \times 22.0 \text{ kN/m}^3 = 0.66 \text{ kN/m}^2$
 - pločice $g = 0.01 \text{ m} \times 20.0 \text{ kN/m}^3 = 0.20 \text{ kN/m}^2$
 - izolacija $g = 0.03 \text{ m} \times 0.30 \text{ kN/m}^3 = 0.009 \text{ kN/m}^2$
 - cementni malter $g = 0.02 \text{ m} \times 21.0 \text{ kN/m}^3 = 0.42 \text{ kN/m}^2$
- $$\Sigma g = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

Usvojeno opterećenje: $g = 1.30 \text{ kN/m}^2$

3.1.4. Snijeg

$$s = 0.75 \text{ kN/m}^2$$



3.1.5. Ograde

$$g = 0.70 \text{ kN/m'}$$

3.1.6. Opterećenje na zid od tla

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$k_a = \text{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{3}$$

$$P = k_a \times \gamma_{\text{tla}} \times h = \frac{20}{3} \cdot 2.68 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] = 17.89 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

3.1.7. Korisno opterećenje- Međukatne konstrukcije

Prema namjeni objekta uzima se iz propisa:

- poslovni prostori	$p = 2.00 \text{ kN/m}^2$
- hodnici	$p = 3.00 \text{ kN/m}^2$
- sobe	$p = 2.00 \text{ kN/m}^2$
- balkoni	$p = 4.00 \text{ Kn/m}^2$
- kuhinja, toalet	$p = 2.00 \text{ Kn/m}^2$
- stubište i podest	$p = 3.00 \text{ Kn/m}^2$

3.2. Pokretno opterećenje

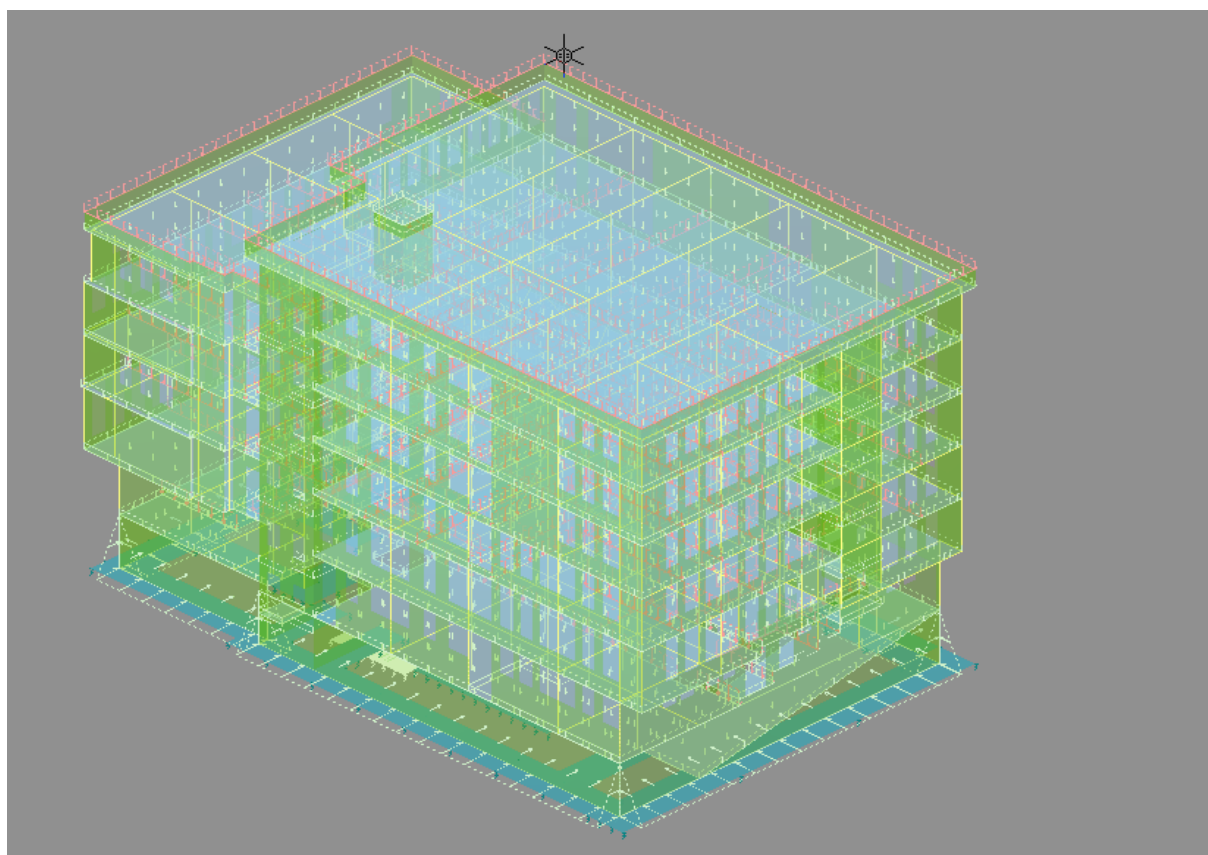
Iz Pravilnika za opterećenja u visokogradnji uzeto je pokretno opterećenje koje ovisi o lokaciji, klimatskom području, namjeni objekta i rasporedu prostorija.

3.3. Seizmičko opterećenje

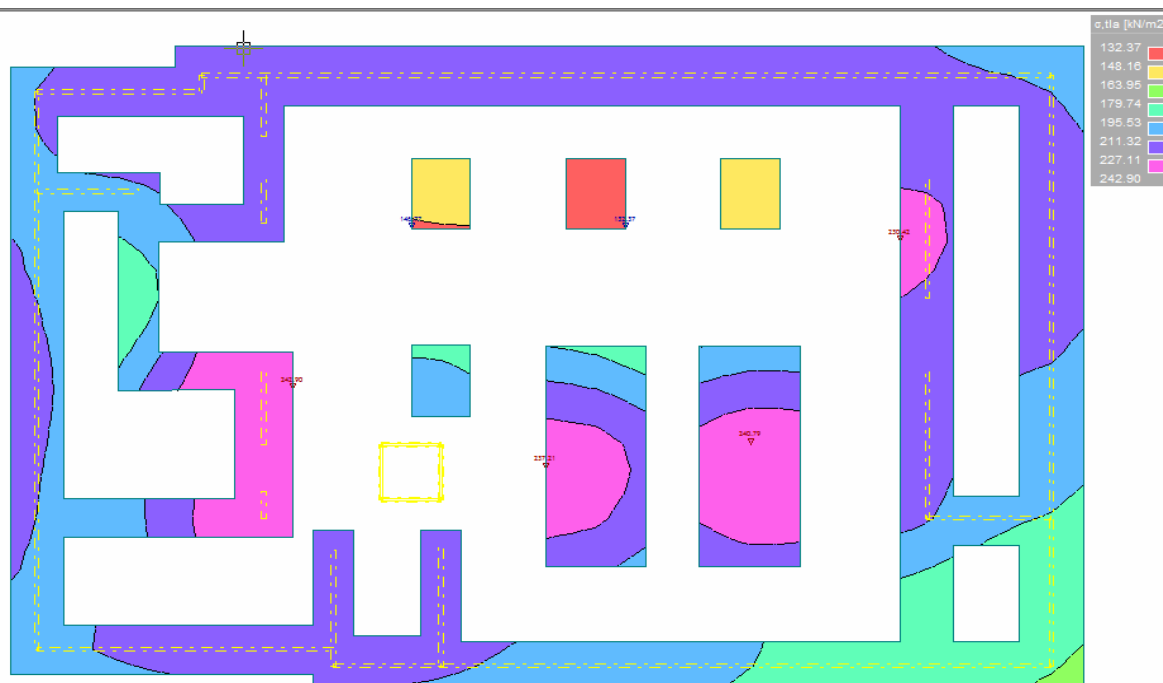
Opterećenje od seizmike je zadano u dva okomita pravca. Seizmički utjecaj je dobiven proračunom prema metodi ekvivalentnog statičkog opterećenja.

3.4. Kombinacije opterećenja

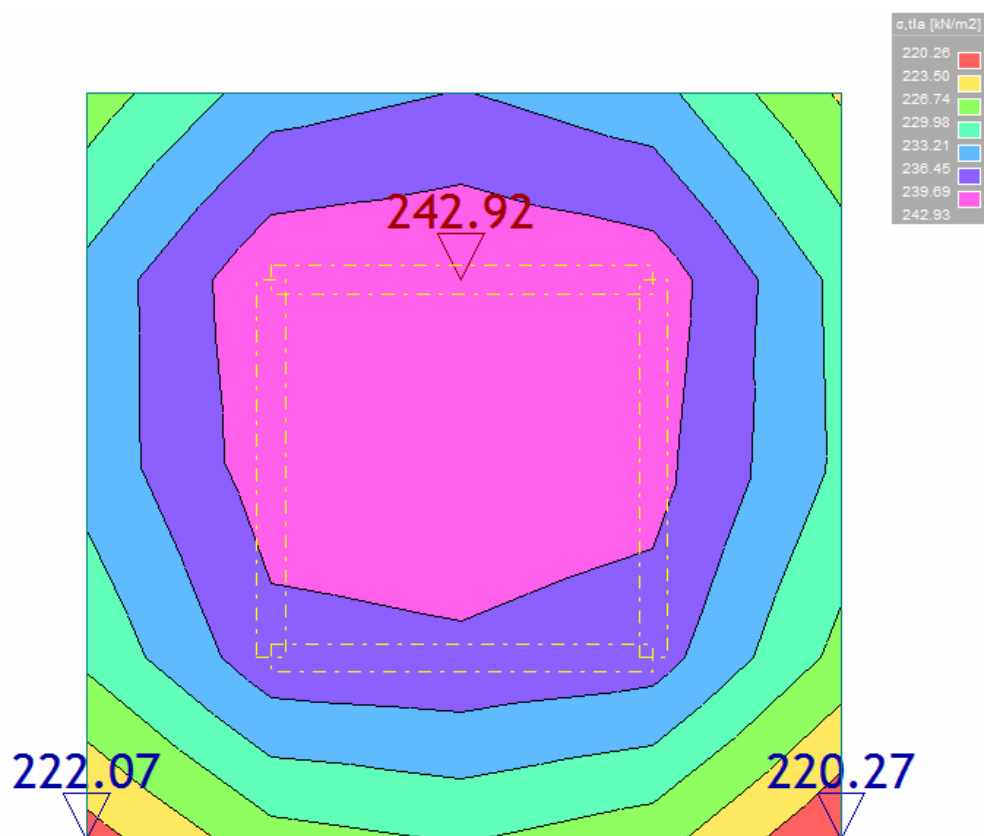
Programski paket Tower 6.0 ima mogućnost da pravi sve kombinacije opterećenja.



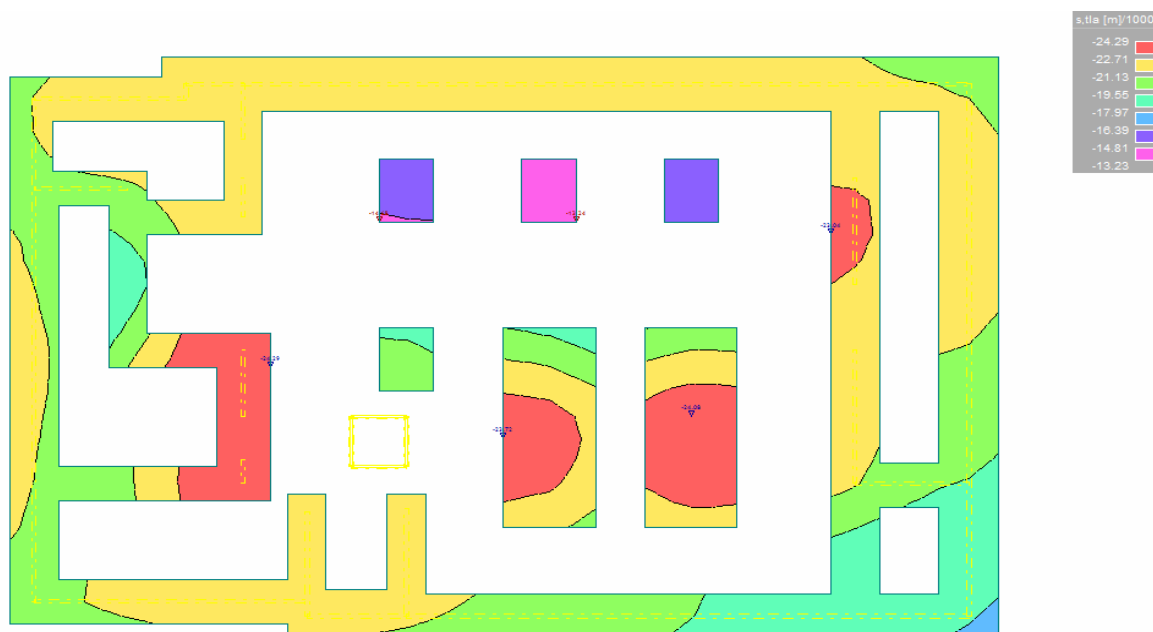
Slika 5. Zadana opterećenja na konstrukciju



Slika 6. Prikaz naprezanja u tlu



Slika 7. Prikaz naprezanja u tlu – temelj ispod dizala



Slika 8. Prikaz slijeganja tla



3.5. Proračun dvokrakog stubišta

Proračun dvokrakog stubišta sastoji se od:

Ploča stubišta presjeka 1-1 je jednonosiva, jer predaje opterećenje slijeva podestu, a zdesna međupodestu.

Ploča stubišta presjeka 2-2, također je jednonosiva i predaje opterećenje slijeva međupodestu, a zdesna podestu.

Materijal: Beton C 25/30

($f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$, $f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$)

Armatura: B 500 B

($f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$, $f_{yd} = 434,8 \text{ Mpa}$)

Presjek 1-1

Statička visina:

$d_{pl} = 15 \text{ cm}$, $c = 2 \text{ cm}$, $\Phi_{pretp.} = \Phi 14$

$d = h - c - \Phi/2 = 15 - 2 - 1,4/2 = 12,3 \text{ cm}$

Presječne sile:

$V_{Ag} = 21,35 \text{ KN}$

$V_{Ap} = 9,19 \text{ KN}$

$V_{Bg} = 20,03 \text{ KN}$

$V_{Bp} = 9,18 \text{ KN}$

$M_{maxg} = 32,18 \text{ KNm}$

$M_{maxp} = 13,42 \text{ KNm}$

Dimenzioniranje na savijanje:

$$M_{sd} = 1,35 \cdot 32,18 + 1,5 \cdot 13,42 = 63,57 \text{ KNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{63,57 \cdot 100}{100 \cdot 12,3^2 \cdot 1,67} = 0,252$$

$$\xi = 0,812$$

$$A_{s1,req} = \frac{63,57 \cdot 100}{0,812 \cdot 12,3 \cdot 43,48} = 14,64 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvajam: $\Phi 14/10$

$$A_{s1} = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Razdjelna armatura:

$$A_{s1,prop,req} = 0,2 \cdot 14,64 = 2,93 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojeno: $\Phi 8/15$

$$A_{s1} = 3,33 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Kontrola posmika:

$$V_{sd,max} = 1,35 \cdot 21,35 + 1,5 \cdot 9,19 = 42,61 \text{ KN}$$

$$V_{Ad,1} = \tau_{Ad} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_1) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Ad,1} = 0,03 \cdot 1,477 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,011) \cdot 100 \cdot 12,3 = 90,05 \frac{\text{KN}}{\text{m}} > V_{sd,max}$$

Beton sam može preuzeti posmik!



Presjek 2-2

Statička visina:

$$d_{pl} = 15 \text{ cm}, c = 2 \text{ cm}, \Phi_{pretp.} = \Phi 14$$

$$d = h - c - \Phi/2 = 15 - 2 - 1.4/2 = 12.3 \text{ cm}$$

Presječne sile:

$$V_{Ag} = 20.79 \text{ KN}$$

$$V_{Ap} = 9.11 \text{ KN}$$

$$V_{Bg} = 10.07 \text{ KN}$$

$$V_{Bp} = 9.06 \text{ KN}$$

$$M_{maxg} = 31.28 \text{ KNm}$$

$$M_{maxp} = 13.33 \text{ KNm}$$

Dimenzioniranje na savijanje:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot 31.28 + 1.5 \cdot 13.33 = 62.22 \text{ KNm}$$

$$\eta_{sd} = \frac{62.22 \cdot 100}{100 \cdot 12.3^2 \cdot 1.67} = 0.246$$

$$\xi = 0.818$$

$$A_{s1,req} = \frac{62.22 \cdot 100}{0.818 \cdot 12.3 \cdot 43.48} = 14.22 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvajam: $\Phi 14/10$

$$A_{s1} = 15.39 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Razdjelna armatura:

$$A_{s2,prop,req} = 0.2 \cdot 14.22 = 2.84 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojeno: $\Phi 8/15$

$$A_{s2} = 3.33 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

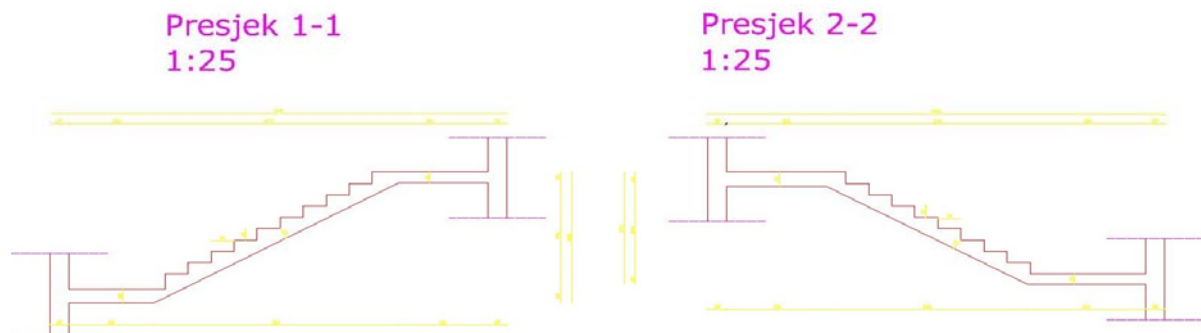
Kontrola posmika:

$$V_{sdmax} = 1.35 \cdot 20.79 + 1.5 \cdot 9.11 = 41.73 \text{ KN}$$

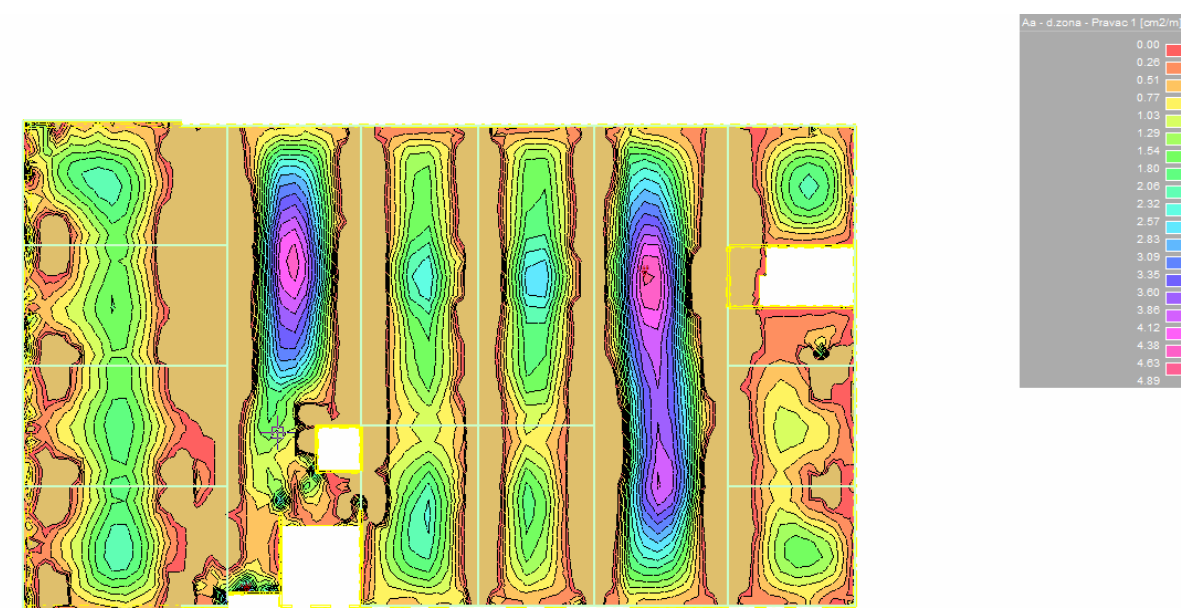
$$V_{Rd,s} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1.2 + 40 \cdot \rho_1) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,s} = 0.03 \cdot 1.477 \cdot (1.2 + 40 \cdot 0.011) \cdot 100 \cdot 12.3 = 90.03 \frac{\text{KN}}{\text{m}} > V_{sdmax}$$

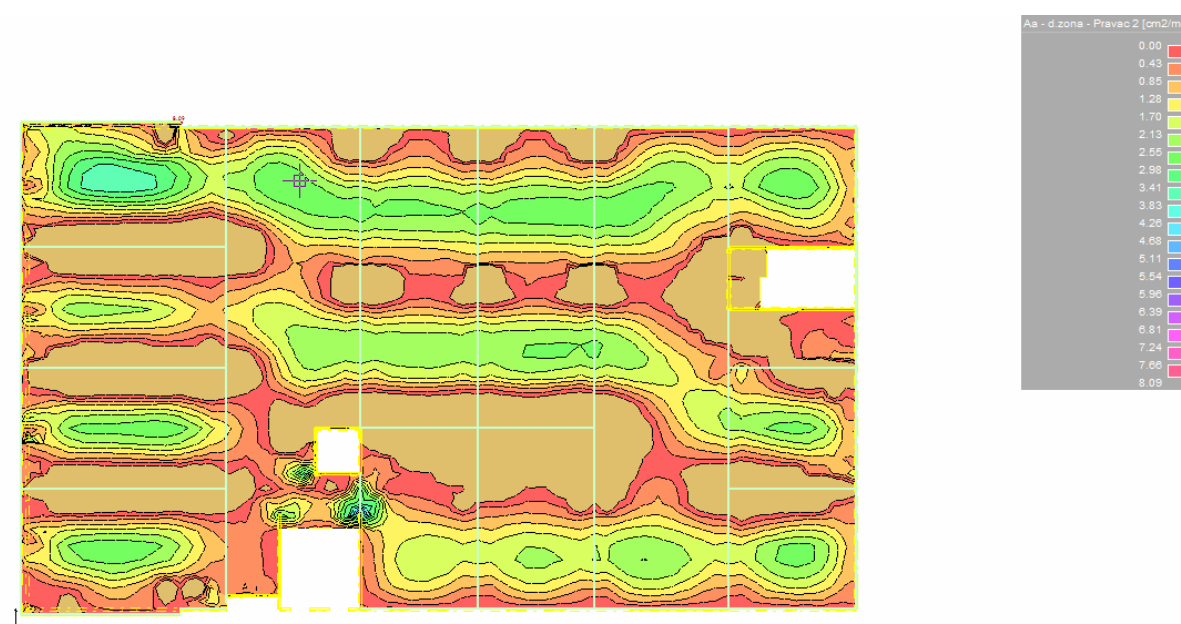
Beton sam može preuzeti posmik!



Slika 9. Plan oplate stubišta



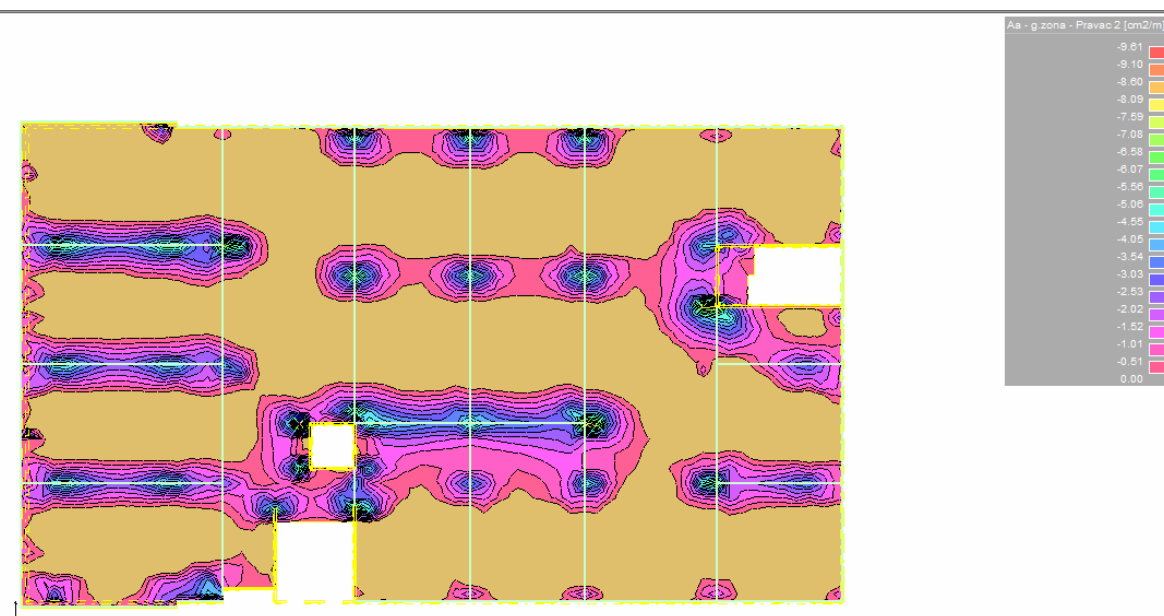
Slika 10. Prikaz potrebne armature u ploči POZ 400-donja zona,pravac1



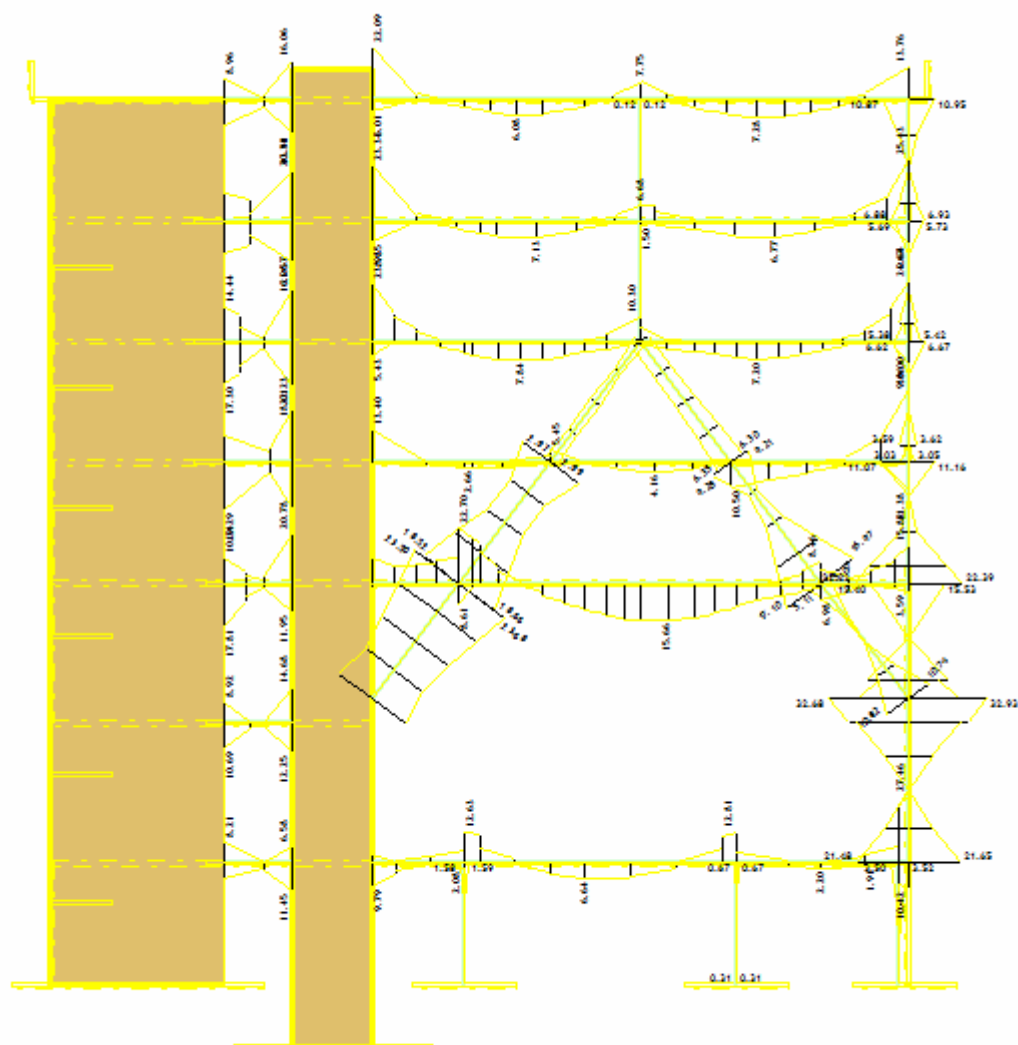
Slika 11. Prikaz potrebne armature u ploči POZ 400-donja zona,pravac 2



Slika 12. Prikaz potrebne armature u ploči POZ 400-gornja zona,pravac 1



Slika 13. Prikaz potrebne armature u ploči POZ 400-gornja zona,pravac 2



Slika 14. Prikaz potrebne armature u gredama – okvir V-13



4. Ugrađeni materijali

Beton C 25/30 ugrađen je u sve konstruktivne elemente
Armatura: B 500 B ugrađena u površinske i linijske elemente
Q i R mreže ugrađene u površinske elemente
Opeka vanjski zidovi d= 25 cm

5. Pravilnici i propisi

Eurocode 1 – Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije
Eurocode 2 – Projektiranja betonskih konstrukcija
Eurocode 8 – Projektiranje seizmički otpornih konstrukcija

6. Program kontrole i osiguranja kvalitete

U procesu kontrole kvaliteta betona (projekt betona) mora obuhvatiti:

- kontrola proizvodnje betona
- ispitivanje proizvodne sposobnosti tvornice betona
- ispitivanje komponenata betona
- ispitivanje svježeg betona
- ispitivanje očvrslog betona
- dokaz kakvoće betona
- načina transporta i ugradnje betona
- plan betoniranja organizacija i oprema

LITERATURA

1. Betonske konstrukcije I i II
Prof.dr. Vahid Hasanović, dipl.ing.građ.
Prof.dr. Muhamed Zlatar, dipl.ing.građ. ;Sarajevo, 1997.
2. Betonske konstrukcije
Prof.dr.sc. Ivan Tomičić, dipl.ing.građ. ;Zagreb, 1996.
3. Eurocode 1 – Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije
4. Eurocode 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija
5. Eurocode 8 – Projektiranje seizmički otpornih konstrukcija

Korišteni računalni programi

*AutoCAD 2007

*ArmCAD 2005

*Tower 3D Model BUILDER 6.0