

**PROJEKAT VIŠESPRATNE ZIDANE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA DOMAĆIH I EVROPSKIH STANDARDA ZA ZIDANE ZGRADE****DESIGN OF MULTY-STOREY MASONRY BUILDING AND COMPARATIVE ANALYSIS OF NATIONAL AND EUROPEAN STANDARDS**

Ljubiša Prodanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan projekat višespratne zidane zgrade spratnosti (Pr + 3) na području Novog Sada, prema Evrokod standardima. U drugom delu rada prikazana je uporedna analiza proračuna zidanih zgrada prema domaćim propisima i Evrokodu.

**Ključne reči:** Višespratna zidana zgrada, upredna analiza, Evrokod.

**Abstract** – The paper contains the design project of multi-storey masonry building (GF + 3) in Novi Sad according to Eurocode standards. In the second part of papers is presented a comparativ analysis of national and Eurocode regulations for the calculation of masonry buildings.

**Keywords:** Multy-storey masonry building, comparativ analysis, Eurocode.

**1. UVOD**

Projektom zadatkom je predviđena izgradnja višespratne zidane zgrade spratnosti (Pr+3) u Novom Sadu, pravougaonog oblika u osnovi, a prema zadatom arhitektonskom rešenju. Fundiranje je izvršeno na temeljnoj ploči ojačanoj temeljnim gredama. Noseća konstrukcija objekta projektovana je kao zidana konstrukcija, sa AB međuspratnim tavanicama, AB stepenicama za vertikalnu komunikaciju i zidovima za ukrućenje. Podaci o dejstvima [1, 2] uzeti su u skladu sa namenom objekta kao i podaci o tlu u skladu sa lokacijom. Projektom su obuhvaćeni analiza opterećenja, proračun merodavnih uticaja, dimenzionisanje, neophodni konstrukcijski detalji, kao i planovi oplata i armiranja. U istraživačkom delu sprovedena je uporedna analiza proračuna zidanih zgrada prema Evrokodu i domaćim propisima.

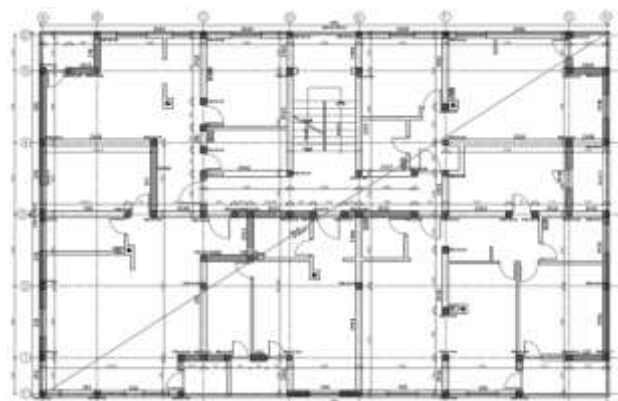
**2. OPIS PROJEKTA****2.1 Arhitektonsko rešenje**

Objekat je pravougaone osnove dimenzija 23,05 x 14,75 m. Arhitektonskim konceptom predviđeno je da suteran (prizemlje) bude iskorišten kao skladišni prostor, odnosno ostave, pojedinih stanova i 8 garažnih mesta. Tri tipske etaže predviđene su kao stambeni deo objekta, sl. 1.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red. prof.**

Za vertikalnu komunikaciju predviđeno je stepenište postavljeno tako da bude u neposrednoj blizini ulaza u zgradu ali i u blizini samih ulaza u pojedine stanove. Prilikom odabira položaja stepeništa u zgradi jedan od uslova je bilo i prirodno osvetljenje ovog prostora. Kao krovno rešenje predviđen je ravni krov.



Slika 1. Tipiska stambena etaža

**2.2. Konstruktivni sistem**

Projektom zadatkom predviđen je konstruktivni sistem kao zidana zgrada, što podrazumeva glavne nosive zidane zidove, ortogonalno ravnomerno raspoređene. Zidovi su izvedeni od opeke projektovane marke, ukrućeni su horizontalnim i vertikalnim serklažima, te je međuspratna tavanica izvedena kao kontinualna krstasto armirana AB ploča. Zbog velike krutosti objekta, smanjen je broj nosivih zidanih zidova, te su isti zamenjeni zidovima od lakoagregatnih materijala koji služe isključivo kao pregradni. Nakon dinamičke analize, radi postizanja boljeg ponašanja konstrukcije prilikom seizmičkog delovanja dodat je jedan AB zid za ukrućenje koji se proteže od temelja do krovne ploče, nalazi se u fasadnom zidu na južnoj strani objekta. Osa rastojanja variraju od 1,45 do 5,00 m u oba pravca.

Temeljna ploča je ojačana grednim nosačima na mestima gde automobili ulaze u garaže radi ublažavanja i boljeg prihvatanja dinamičkog dejstva istih.

Stepenice su formirane kao dvokrako stepenište sa međupodestom na polovini spratne visine. Dimenzije kao i položaj stepeništa je uslovnjeno prirodnim osvetljenjem i udobnim korištenjem u skladu sa namjenom objekta.

Armirano betonsko delovi konstrukcije su izvedeni u klasi betona C25/30, a korišćen je čelika za armiranje

S500. Kvalitet zidanih zidova je definisan u skladu sa preporučenim vrednostima EC ( $f_b = 10$  MPa;  $f_m = 5$  MPa).

### 2.3. Analiza opterećenja

Sopstvena težina konstruktivnih elemenata (grede, stubovi, zidovi, ploče...) automatski su generisani prema zadatim parametrima. Sopstvena težina nekonstruktivnih elemenata koji imaju karakter stalnog opterećenja (podne podloge i obloge, krov, pregradni zidovi, instalacije, opterećenje od tla i td.) imaju karakteristične vrednosti usvojene u skladu sa EN 1991-1-1:2002 [2] a potom dodatno aplicirane na model za proračun.

Korisna opterećenja, u zavisnosti od namene objekta i njegovih delova usvojena su prema EN 1991-1-1:2002 [2], u ovom slučaju razmatrane su sledeće grupe prostora: stambeni prostor; balkoni i stepeništa; hodnici; garaže i ostave; krov.

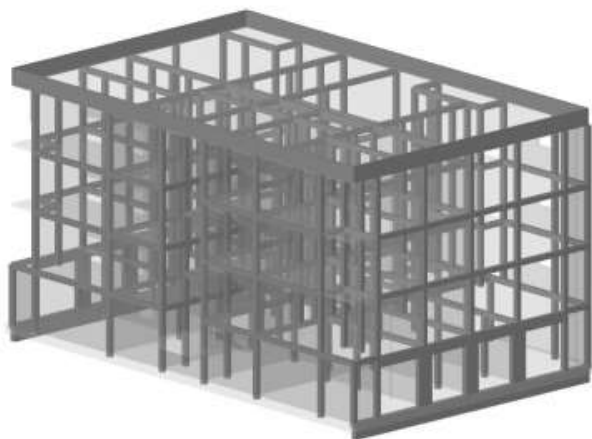
Opterećenje snegom je razmatrano za datu lokaciju, Novi Sad, čija je nadmorska visina oko 81 mm, usvojeno je u skladu sa EN 1991-1-3:2003 [3], u iznosu od  $1,0 \text{ kN/m}^2$  (na strani sigurnosti).

Proračun opterećenja vetrom sproveden je primenom standarda EN 1991-1-4:2005 [4], modelirano je kao površinsko opterećenje na fasadne zidove, i automatski konvertovano na linijsko tamo gdje je to bilo potrebno.

Seizmičko opterećenje je generisano primenom softvera Tower 6.0, a u skladu sa EN 1998-1-2004 [7]. Za izračunavanje seizmičkih sila primenjena je multimodalna spektralna analiza.

### 2.4. Statički i dinamički proračun

Statički i dinamički proračun je izvršen primenom softverskog paketa Tower 6.0 [11], primenom teorije prvog reda.



Slika 2. 3D model

Tlo je modelirano kao Vinklerov model tla, što podrazumeva niz elastičnih opruga koje omogućavaju rad konstrukcije koja odgovara približno realnim uslovima.

Prilikom modalne analize usvojene su pretpostavke da je međuspratna tavanica kruta i da su mase koncentrisane u nivoima tavanica, usvojeni su konačni elementi dimenzija  $0,25 \times 0,25$  m radi tačnijih rezultata.

Kao rezultat dinamičke analize modela dobijeni su periodi oscilovanja koji su dalje iskorišćeni pri seizmičkom

proračunu, a za definisanje koeficijenta učešća masa za modalnu analizu korišćene su odredbe EN 1991:2002.

Za određivanje uticaja u nosećoj konstrukciji od dejstva seizmičkih sila primenjena je multimodalna spektralna analiza u saglasnosti sa odredbama EN 1998-1:2004, a proračun je sproveden primenom softverskog paketa Tower 6.0.

Prema seizmološkoj karti za predmetnu lokaciju objekta usvojeno je projektno ubrzanje tla u iznosu  $a_g = 0,2g$ , a projektni elastični spektar je konstruisan za kategoriju tla tipa „C“ i III kategorija objekta.

Faktor ponašanja usvojen je sa vrednošću  $q = 2,5$ , isti je u funkciji klase dutilnosti objekta ( $k_D = 0,5$  za DC „L“), pravilnosti konstrukcije objekta po visini ( $k_R = 1,0$  za pravilne konstrukcije), i preovlađujućeg loma konstruktivnih sistema sa zidovima ( $k_W = 1,0$ ).

Za potrebe dimenzionisanja definisana su dva pravca delovanja seizmičkih sila u X i Y pravcu, ali nisu iskorišćeni kao takvi nego kao kvadratni koren zbira kvadrata zadatih dejstava i na taj način je formirano jedinstveno seizmičko dejstvo alternativnog karaktera.

### 2.5. Proračunske kontrole

Sprovedene su proračunske kontrole u cilju potvrde kvaliteta odabranog koncepta konstrukcije. Izvršene su sledeće kontrole:

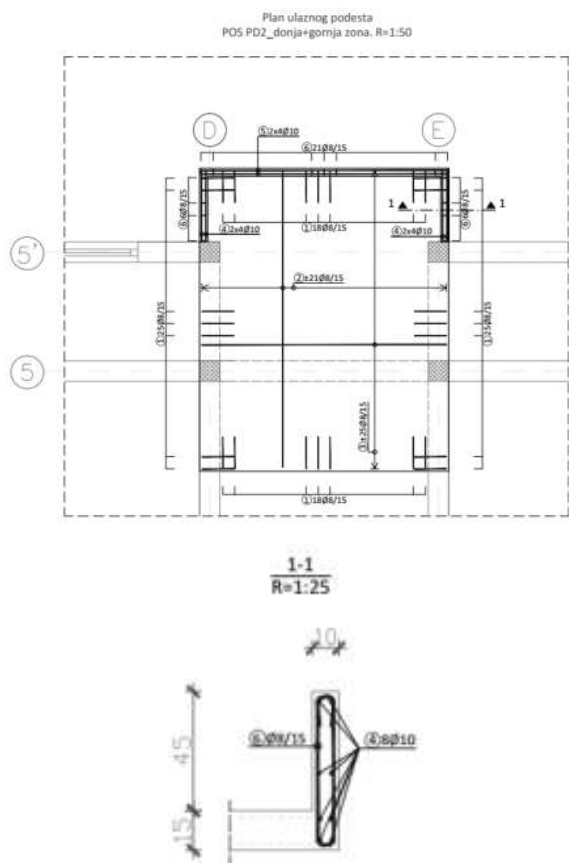
- Provera graničnog stanja nosivosti za nosivost tla u skladu sa EN 1997-1:2004, napon se kontroliše za dve kombinacije opterećenja.
- Provera graničnog stanja upotrebljivosti za sleganje tla u skladu sa EN 1997-1:2004.
- Kontrola normalnog napona u stubovima u skladu sa EN 1992-1-1:2004 za kvalitet betona C25/30.
- Kontrola relativnog spratnog pomeranja prema EN 1998-1:2004, pomeranja su očitana kao pomeranja krovne ploče, kao najvišeg dela objekta.
- Kontrola zidanih zidova i to: a) kontrola vitkosti zida; b) kontrola na vertikalno opterećenje; c) kontrola zida na bočno opterećenje; d) kontrola zida na smičuće opterećenje.

### 2.5. Dimenzionisanje elemenata

Primenom softverskog paketa izvršeno je dimenzionisanje prema kompletnoj šemi opterećenja, merodavne kombinacije opterećenja su automatski odabrane. Dimenzionisanje i armiranje elemenata je izvedeno prema EN 1992-1-1:2004. Zaštitni slojevi su definisani prema klasama izloženosti.

Dimenzionisani su svi AB elementi: ploče, stubovi, grede i serklaži kako vertikalni tako i horizontalni u cilju provere da li minimalna zahtevana armatura zadovoljava proračunske zahteve. Zidani zidovi su prethodno u arhitektonskom rešenju pretpostavljeni te kao takvi proračunski kontrolisani, ustanovljeno je da svi nosivi zidovi (pretpostavljene debljine  $d_z = 25$  cm) zadovoljavaju uslove po pitanju dimenzija.

Poštujući sve odredbe i preporuke Evrokoda izrađeni su planovi oplate i armature za sve razmatrane elemente. Kao primer, prikazani su planovi armiranja podesta nadstrešnice, sl. 3.



Slika 3. Plan armiranja podesta – Nadstrešnice

### 3. UPOREDNA ANALIZA

U okviru istraživačkog dela Master rada zadatak je da se izvrši poređenje proračuna zidanih konstrukcija prema Pravilniku o tehničkim normativima za zidane zidove [9] i proračuna zidanih konstrukcija prema EN 1996-1-1 [6]. Poređenje je sprovedeno teoretski uz opisivanje pojedinačno svakog koraka pri procesu proračuna zidanog zida uz mogućnost uvida u prednosti i mane svakog od načina proračuna.

#### 3.1. Analiza opterećenja

Pored opterećenja stalnog karaktera koja su jednaka u oba slučaja, veoma bitnu su ona opterećenja koja su u funkciji namene objekta kao i opterećenja u zavisnosti od spoljnih uticaja (vetar, sneg i seizmičko dejstvo). Korisna opterećenja su ona koja se značajno razlikuju, te je uočeno da EN detaljnije razmatra moguće slučajeve te daje mogućnost boljeg definisanja opterećenja. Opterećenje od vetra i snega imaju približno iste vrednosti, dok se značajno razlikuje seizmičko opterećenje gde je kod domaćeg pravilnika za određivanje uticaja primenjena metoda statički ekvivalentnih sila, a u slučaju EN multi modalna spektralna analiza.

#### 3.2. Elementi za zidanje

Domaći pravilnik za zidane konstrukcije predviđa elemente za zidanje od veštačkog ili prirodnog kamena kao i EN standardi. Razlika je u tome što EN zahteva detaljniju klasifikaciju elemenata za zidanje prema šupljinama kako vertikalnim tako i horizontalnim, dok je prema domaćem

pravilniku zabranjena upotreba elemenata sa horizontalnim šupljinama za zidanje nosivih zidova. Čvrstoće na pritisak, savijanje i smicanje se po istom principu određuju, kao i modul elastičnosti i modul klizanja.

#### 3.3. Analiza elemenata konstrukcije

Pri analizi elemenata konstrukcije misli se na analizu dejstava, ekscentričnosti, uticaje II reda i td. Domaći pravilnik je u ovom delu sačinjen po ugledu na EN, te su razlike minimalne. Osim gore nabrojanih analiza u ovom delu su obrađene:

- Efektivna visina nosećeg zida – on mora da bude procenjena uzimajući u obzir relativne krutosti elemenata konstrukcije koji su povezani sa posmatranim zidom, kao i efikasnost veza.
- Efektivna debljina zida jednostrukog zida, dvostrukog zida, zida sa licem, zida sa horizontalnim spojnica – trakama i popunjenog dvoslojnog zida.
- Vitkost zida dobijena kao odnos vitkosti efektivne visine zida i efektivne debljine zida, vrednost ne sme da bude veća od 27.

#### 3.4. Proračun nosivosti zida i kombinacije dejstava

Pri formiranju kombinacija dejstava, kako prema domaćim propisima tako i prema EN standardima razmatra se parcijalni koeficijent sigurnosti kao i faktor kombinacije pojedinih slučajeva dejstava, te u zavisnosti od proračuna usvaja se preporučena kombinacija opterećenja.

Prema domaćem pravilniku proračun može da se sprovede prema dozvoljenim naponima i prema graničnom stanju loma. EN predviđa proračun nosivih zidova prema graničnom stanju nosivosti i graničnom stanju upotrebljivosti. Za razliku od domaćeg pravilnika, u EN se dopušta primena uprošćene metode proračuna ukoliko su zadovoljeni određeni uslovi kao što su spratno ograničenje, pravilnost objekta i td.

#### 3.5. Konstrukcijsko oblikovanje

U oba slučaja zahteva se ostvarenje pravilnog zidnog sloga uz poštovanje svih zahteva kada su u pitanju horizontalne i vertikalne spojnice, minimalna površina zida kao i minimalna debljina zida.

Dodatnu pažnju oba pravilnika zahtevaju pri postojanju žlebova bilo kog oblika, jer u određenim situacijama mogu značajno da utiču karakteristike zida.

#### 3.6. Seizmički uslovi i pravila za zidane zgrade

Prema pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, osnovni sistem zidanih konstrukcija su noseći zidovi u oba ortogonalna pravca objekta povezani u visini međuspratnih konstrukcija horizontalnim serklažima. Međuspratne konstrukcije moraju biti krute u svojoj ravni, nije dozvoljena kombinacija AB skeleta i masivnog sistema.

Najveći razmak zidova se kreće u rasponu od 5,00 do 7,50 m u zavisnosti od debljine zida. Vertikalni serklaži se betoniraju nakon zidanja i njihov razmak ne sme biti veći od 5,00 m. Za zidanje u seizmičkim područjima dozvoljena je upotreba samo produžnog cementnog maltera, propisana je minimalna čvrstoća altera u zavisnosti od seizmičke zone, kreće se od M25-M50.

Evrokod predviđa minimalne vrednosti čvrstoće na pritisak kako za elemente za zidanje tako i za malter:

- Elementi za zidanje, upravno na površinu spojnice,  $f_{b,min} = 5 \text{ N/mm}^2$ .
- Malter, za nearmirane zidove i zidove sa serklažima,  $f_{m,min} = 5 \text{ N/mm}^2$ .

Smičući zidovi se moraju postaviti u najmanje dva ortogonalna pravca, može se iskoristiti bilo koji tip tavanica ako su ispunjeni opšti uslovi za kontinuitet i efektivno delovanje dijafragme. Razmak vertikalnih serklaža ne sme biti veći od 5,00 m, dok je maksimalan razmak zidova 7,00 m.

U evrokodu se dopušta izostavljanje direktnog dokaza sigurnosti svakog konstrukcijskog elementa ukoliko su zadovoljeni uslovi za definisanje objekta kao "jednostavna zidana zgrada".

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega gore navedenog, moguće je uočiti tri značajne razlike:

- Prva razlika odnosi se na vrednosti korisnih opterećenja zgrada – u evropskim standardima vrednosti opterećenja su malo veće nego u našim propisima, pa se mogu očekivati i razlike u veličini uticaja u nosećoj konstrukciji;
- Druga razlika se odnosi na seizmičku analizu i na proračun seizmičkog dejstva – u nacionalnim propisima se za proračun uticaja od seizmičkog dejstva koristi statički ekvivalentna metoda dok se u evropskim standardima proračun sprovodi metodom multi modalne analize;
- Treća razlika se odnosi na način proračuna zidanih zidova – u Evrokodu je omogućena primena uprošćenih postupaka i metoda ukoliko su zadovoljeni uslovi koje klasifikuje objekat kao "jednostavna zidana zgrada", te proračun noseće konstrukcije postaje znatno brži i jednostavniji.

#### 4. LITERATURA

- [1] Pakvor Aleksandar, Perišić Života, Ačić Mirko, "Evrokod 0: EN 1990:2002. Osnove proračuna konstrukcija". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [2] Najdanović Dušan, "Evrokod 1: EN 1991-1-1:2002. Dejstva na konstrukcije; deo 1-1: Zapremnske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [3] Najdanović Dušan, "Evrokod 1: EN 1991-1-3:2003. Dejstva na konstrukcije; deo 1-3: Dejstva snega". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.

- [4] Marković Zlatko, "Evrokod 1: EN 1991-1-4:2005. Dejstva na konstrukcije; deo 1-4: Dejstva vetra". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [5] Pakvor Aleksandar, Perišić Života, Ačić Mirko, "Evrokod 2: EN 1992-1-1:2004. Proračun betonskih konstrukcija; deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade". Prevod sa Engleskog jezika: dr Života Perišić. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2006.
- [6] Stevanović Boško, Glišović Ivan, Muravljev Mihailo, Jevtić Dragica, Zakić Dimitrije, "Evrokod 6: EN 1996-1-1:2005. Proračun zidanih konstrukcija; deo 1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije". Prevod sa Engleskog jezika: dr Stevanović Boško, mr Glišović Ivan. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [7] Đorđe Lađinović, "Evrokod 8: EN 1998-1:2004. Proračun seizmički otpornih konstrukcija; deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade". Prevod sa Engleskog jezika: dr Lađinović Đorđe, dr Folić Radomir, dr Brčić Stanko, dr Brujić Zoran, dr Tatjana Kočetov Mišulić, Andrija Rašeta. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [8] Muravljev Mihailo, Stevanović Boško, "Zidane i drvene konstrukcije zgrada. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2003
- [9] Pravilnik o tehničkim normativima za zidane zidove. Beograd 1991.
- [10] Pravilnik o tehničkim normativima za objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.
- [11] "Tower 6.0" – Upustvo za rad sa programom.
- [11] "Allplan 2015" – Upustvo za rad sa programom.

#### Kratka biografija:



**Ljubiša Prodanović** rođen je u Doboju 1990. godine. Osnovne akademske studije završio je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti "Seizmička analiza konstrukcija" pod mentorstvom prof. dr Đorđa Lađinovića odranio je 2018. godine.

Kontakt: ljubisa\_pro@hotmail.com