

**ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ АРМИРАНОБЕТОНСКЕ  
СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ****DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MULTISTOREY REINFORCED CONCRETE  
RESIDENTIAL BUILDING IN NOVI SAD***Драган Јањош, Факултет техничких наука, Нови Сад***Област- ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Садржај-** У раду је приказан пројекат конструкције вишеспратне армиранобетонске стамбене зграде По+П+5С, према РВАВ 87 и према ЕС.

**Кључне ријечи:** армиранобетонска зграда, скелетни систем

**Abstract-** This project contains design and construction of a multistorey reinforced concrete residential building with a basement, ground floor and five storeys to РВАВ 87 and ЕС.

**Key words:** reinforced concrete building, frame system

**1. УВОД**

Пројектним задатком предвиђено је пројектовање стамбене зграде спратности подрум + приземље + пет спратова. Зграда је у основи у облику латиничног слова L површине 563 m<sup>2</sup>, дефинисани су габарити, растери стубова, намјена појединих површина, локација и конструктивни систем.

**2. ОПИС ПРОЈЕКТА****2.1. Пројектни задатак и архитектонско рјешење**

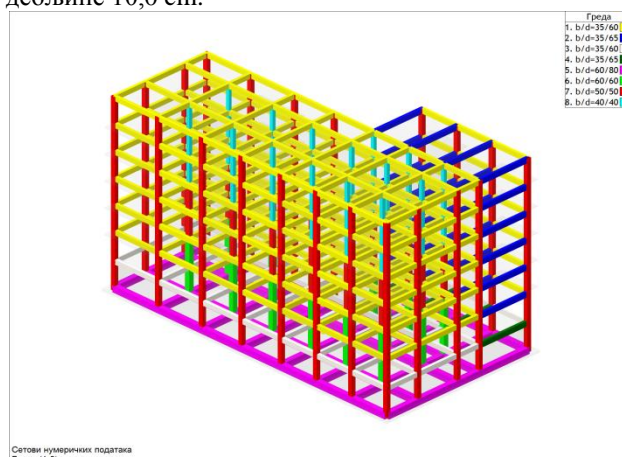
Зграда се изводи као скелетни систем са платнима за укрућење. Положај конструктивних елемената дефинисан је осама у „X“ и „Y“ правцу. У „X“ правцу налазе се рамови А, Б, Ц, Д, Е, Ф, Г и Х. Међусобни распони између рамова су 6,00, 5,40 и 4,80 m. У „Y“ правцу се пружају рамови 1, 2, 3, 4 и 5, а њихови међусобни распони су 4,20, 5,40, 3,00 и 6,60 m, слика 1. У подруму зграде су предвиђене оставе за станаре као и техничке просторије. Спратна висина подрума је 3,00 m. У приземљу објекта се предвиђа пословни простор. Спратна висина приземља је 3,50 m. Спратови су стамбени и у оквиру сваког спрата се налазе терасе. Спратна висина свих спратова је 3,20 m. Укупна висина објекта је 19,50 m.

Зидови са унутрашње стране и плафони се малтеришу продужним малтером  $d = 1,5$  cm и боје полудисперзивном бојом. У санитарним просторијама и кухињама зидови се облажу керамичким плочицама, у купатилима од пода до плафона а у кухињама од 1,50 m. Подови у собама, трпезаријама и ходницима су од класичног паркета  $d = 2,2$  cm, а у купатилима и кухињама од керамичких плочица.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Ђорђе Лађиновић.

Подови на терасама су од мразоотпорних плочица  $d = 1,0$  cm. У купатилима и терасама на конструкцију треба поставити хидроизолацију. Степеништа и ходници обрађују се керамичким плочицама  $d = 1,0$  cm. Фасадни зидови су сендвич зидови дебљине 36,0 cm (гитерблок 19,0 cm + изолација 5,0 cm + опека 12,0 cm) и 25,0 cm (гитерблок 20,0 cm + изолација 5,0 cm). Унутрашњи зидови су од пуне опеке дебљине 25,0 и 12,0 cm. Изнад таванице тавана предвиђено је постављање термоизолације у виду стаклене вуне дебљине 10,0 cm.



Слика 1: 3D изглед конструкције

**2.2. Конструктивни систем зграде**

Објекат је пројектован у класичном систему скелетне армиранобетонске (АБ) конструкције, комбинацијом АБ стубова и АБ плоча, са АБ платнима за укрућење објекта.

Међуспратна конструкција је пројектована као систем континуалних крстасто армираних плоча у оба правца. Дебљина плоче приземља је 20 cm, а плоче по спратовима, као и кровна плоча су дебљине 16 cm. Примају гравитационо оптерећење једног спрата и преносе га на стубове објекта. Поред тога међуспратна конструкција укрућује систем у хоризонталном правцу и прима хоризонталне силе и преноси их даље на вертикалне елементе.

Степениште је смјештено око лифт окна, двокрако је са међуподестом на половини спратне висине. Ширина степенишног крака и међуподеста је 16 cm. Степенишна плоча носи у једном, дужем правцу, а на својим крајевима је ослоњена на греде. Коришћен је бетон марке МВ 40.

Димензије греда усвојене су из услова  $L/10$ , гдје је  $L$  највећи распон између стубова. Усвојене димензије су  $b/d = 35/60$  cm и  $b/d = 35/65$  cm. Армирање греда се врши арматуром RA 400/500 у складу одредби датих у РВАВ 87 [2] и правилнику за сеизмику.

Потребне површине пресека стубова одређене су из услова да напон у бетону не смије да буде већи од 35% чврстоће бетонске призме. Димензије фасадних стубова су  $b/d = 50/50$  cm и исти су на свим спратовима. Унутрашњи стубови у подруму и приземљу су димензија  $b/d = 60/60$  cm, на првом и другом спрату  $b/d = 50/50$  cm, а на осталим спратовима  $b/d = 40/40$  cm. Примењени материјали су бетон МВ 40 и арматура RA 400/500.

Зидови за укрућење постављају се у оба ортогонална правца и њихова улога је да приме и на темеље пренесу хоризонтална сеизмичка оптерећења и допринесу цјелокупној крутости зграде. Зидна платна у попречном и подужном правцу су дебљине 25,0 cm, док су зидови лифтовског окна дебљине 20,0 cm.

Зидови за укрућење су пројектовани тако да задовољавају прописане услове из правилника о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима. Коришћена је марка бетона МВ 40. Армирање зидова врши се арматуром RA 400/500 и извршено је према РВАВ 87 и правилнику за сеизмику. У подруму су пројектовани АБ зидови дебљине 20,0 cm. Њихова улога је да приме оптерећење од тла. Армирање зидова врши се арматуром RA 400/500 и извршено је према РВАВ 87 и правилнику за сеизмику.

Фундирање објекта је извршено на темељној плочи ојачаној гредама. Плоча је дебљине 30,0 cm, а греде су постављене у два ортогонална правца висине 80 cm и ширине 60 cm. Темељна плоча је проширена изван габарита објекта за 85 cm у односу на осу ивичног стуба. Испод темељне плоче насипа се тампон слој шљунка дебљине 15,0 cm и слој мршаваог бетона дебљине 7,0 cm. Коришћена је марка бетона МВ 40 и арматура RA 400/500. Дозвољени напон у тлу према геомеханичком елаборату износи:  $\sigma_{doz} = 400,0$  kN/m<sup>2</sup>.

### 2.3. Анализа оптерећења

У прорачуну конструкције су анализирани следећи случајеви оптерећења: стално оптерећење према SRPS (сопствена тежина конструкције: стубови, греде, зидна платна, таванице, као и тежине неносивих елемената: зидови испуне, подови, кровне облоге); корисно оптерећење, у функцији намјене просторија према SRPS; оптерећење снијегом (0,75 kN/m<sup>2</sup> основе крова); оптерећење вјетром је рачунато према важећим стандардима SRPS; док су утицаји од сеизмичког дејства анализирани методом статички еквивалентног оптерећења сагласно Правилнику [2] (II категорија објекта, II категорија тла, VIII сеизмичка зона).

### 2.4. Статички и динамички прорачун

Зграда је моделирана као просторна конструкција у програмском пакету Tower 6.0, коришћењем линијских и површинских коначних елемената. Оптерећења у прорачунском моделу су аплицирана као линијска и површинска, сагласно анализи оптерећења, а

посебно за сваки случај основног оптерећења. При формирању прорачунског модела коришћена је густа мрежа коначних елемената (страница елемента 0,5 m). Гло је моделирано помоћу Винклеровог (Winkler) модела подлоге – еластичне опруге које одговарају коефицијенту постелице од 20 MN/m<sup>3</sup>.

Анализа дејства хоризонталних оптерећења, као и модална анализа, претпоставља недеформабилност таваничне конструкције у својој равни.

Статички и динамички прорачун спроведен је на моделу код кога су комбиновани линијски и површински елементи. Модална анализа је спроведена са реалним распоредом маса без редуковања фактора крутости и модула еластичности сеизмичких зидова што омогућује реалнији приказ садејства плоча и сеизмичких зидова.

### 2.5. Димензионисање и армирање елемената

За све елементе конструкције коришћен је бетон МВ 40. При димензионисању елемената, и за подужну и за попречну арматуру, усвојена је ребраста RA 400/500. Сви елементи су димензионисани сагласно важећим прописима [2], према утицајима меродавних граничних комбинација оптерећења, за шта је искоришћена опција коришћеног софтвера. Греде су димензионисане као једноструко армиране, а стубови као косо савијени, обострано симетрично армирани. АБ зидови су димензионисани сагласно Правилнику [2].

## 3. УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРОРАЧУНА ГРАНИЧНОГ СТАЊА ПРЕМА РВАВ 87 И ЕС2

### 3.1. Опште

Прорачуном према граничним стањима носивости није истовремено обезбеђено да се елементи и конструкције на жељени начин понашају и у различитим фазама експлоатације, при дејствима знатно мањег интензитета од оних која би изазвала лом, односно довела конструкцију у стање граничне равнотеже. Да би се обезбедило захтјевано понашање елемената и конструкције у експлоатацији, мора се посебно доказати да нису прекорачена ни гранична стања употребљивости.

Под граничним стањима употребљивости се подразумевају напонско-деформацијска стања елемената конструкција при којима је, под утицајем најнеповољније комбинације дејства у експлоатацији, достигнут неки од прописаних или конвенционално утврђених критеријума о погодности конструкције за употребу.

У случају прекорачења тако утврђеног граничног стања употребљивости, конструкција или конструкцијски елемент се више не сматрају подобним за пројектовану намену.

За разлику од граничних стања носивости, за гранична стања употребљивости не прописују се коефицијенти сигурности јер та стања у нормалној експлоатацији могу бити достигнута али не смеју бити прекорачена.

На основу приказаних анализа и резултата могу се упоредити резултати добијени по два различита стан-

дарда што је и тема овог мастер рада, односно поређење резултата домаћег важећег стандарда и Eurocode-a.

Прорачун и димензионисање по домаћем стандарду и по Eurocode-у су рађени такође у софтверу Tower 6 произвођача Радимпех-Београд. Овај софтвер је заснован на методи коначних елемената што омогућава анализу носача сложене геометрије и сложеног оптерећења, за које не постоји рјешење у аналитичком облику. Због тога се користе нумерички методи, а један од њих, најчешће кориштен је метод коначних елемената (МКЕ).

Рјешавање проблема методом коначних елемената своди се на рјешавање система алгебарских једначина. Добијена решења су приближна и односе се на одређене тачке структуре.

Процес моделирања састоји се у дискретизацији континуума (тијела или структуре), па се прорачунски модел састоји од коначних елемената који су повезани у чворовима (штапни елементи), по граничним заједничким линијама (равански елементи), или заједничким површинама (просторни елементи).

За сваки коначни елемент постављају се једначине, а њиховом комбинацијом добију се једначине цијеле структуре.

### 3.2 Анализа примијењених материјала

При прорачуну конструкције према националним (SRPS) и европским (EC 2) стандардима, коришћене су одговарајуће карактеристике материјала (табела 1).

Табела 1: Ознаке за материјал према SRPS и EC 2

Материјал	Домаћи прописи	Eurocode
Бетон	MB 40	C35/45
Челик	RA 400/500	B500B

MB 40 – Номинална чврстоћа бетона при притиску у старости од 28 дана. Заснива се на карактеристичној чврстоћи и има јединицу у МПа. Модул еластичности за MB 40 износи  $E = 34 \text{ GPa}$ .

C35/45 – Класа чврстоће бетона заснована на карактеристичној вриједности бетона при притиску на цилиндар  $f_{ck}$  и чврстоће бетона при притиску на коцку  $f_{ck,cube}$  у старости бетона од 28 дана и има јединицу у МПа,  $(Cf_{ck}/f_{ck,cube})$ . Модул еластичности за C35/45 износи  $E = 34 \text{ GPa}$ .

RA 400/500 – арматура која има границу развлачења 400 МПа и карактеристичну чврстоћу при затезању од 500 МПа.

B500B – Челик са нормалном класом дуктилности (Б) и чврстоћом при затезању од 500 МПа.

### 3.3. Анализа резултата модалне анализе

За модалну анализу конструкције кориштен је прорачунски модел са реалним распоредом маса и максималним бројем тонова  $n = 10$ .

За прорачун маса у модалној анализи су узете одговарајуће комбинације оптерећења (удјели појединих оптерећења) – табела 2.

Табела 2: Комбинација оптерећења према SRPS и EC 2

Прописи	Мјерадавне комбинације
Домаћи прописи	$1.0 * G + 0.5 * Q + 1.0 * S$
Eurocode	$1.0 * G + 0.15 * Q - A + 0.4 * Q - E$

На основу приказаног закључује се да су различите комбинације оптерећења прописане различитим стандардима а да су тонови осциловања модалне анализе приближно једнаки.

### 3.4. Анализа сеизмичког дејства

Детаљна анализа и сеизмички прорачун су приказани у претходном дијелу тако да ће у овом дијелу бити приказани само коначни резултати анализе и подаци који су релевантни за поређење.

Овај податак је битан јер се примењују различите методе сеизмичке анализе (еквивалентна – домаћи правилник, мултимодална спектрална – Eurocode) а такође су различите и величине корисног оптерећења и комбинација оптерећења за модалну анализу.

Величина и однос сила је такав да су сеизмичке силе по Eurocode-у знатно веће од сила добијене прорачуном по домаћем стандарду.

Укупно сеизмичко оптерећење конструкције прорачунато по домаћем стандарду је знатно мање од оптерећења прорачунаог уз примену одредби европских стандарда (приближно за 50%) – табела 3.

Табела 3: Сеизмичко оптерећење према SRPS и EC 2

Сеизмичко оптерећење по тоновима [kN]		
Правец	Домаћи прописи	Eurocode
X	3986.3	8536.1
Y	3968.6	6671.3

### 3.5. Анализа корисног оптерећења

Корисна оптерећења су усвајана у складу са стандардима SRPS U.C.7.121 и EN 1991-1-1:2004 која имају нешто различите интензитете прописане овим правилницима. тако да су за предметни објекат усвојене следеће вриједности корисних оптерећења:

Табела 4: Корисно оптерећење према SRPS и EC 2

Корисно оптерећење [kN/m <sup>2</sup> ]		
Ниво	Домаћи правилник	Eurocode
Подрум	4.0	4.0
Приземље	4.0	4.0
Типски спрат	1.5	2.0
Кров	1.0	1.0

Из приложеног се види да су корисна оптерећења прописана по Eurocode-у већа од оних прописаних домаћим стандардима.

Такође се мора напоменути да је по препорукама домаћег правилника тежина преградних зидова представљена као једнако подељено оптерећење интезитета  $q = 1,1 \text{ kN/m}^2$  за усвојену спратну висину, док европски правилник препоручује да оптерећења зидова  $\leq 3 \text{ kN/m}^2$  буду усвојена као једнако расподељена оптерећења интезитета  $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ , што у суми даје знатно већа корисна оптерећења усвајана по Eurocode-у.

### 3.6. Анализа статичких утицаја

У овом поглављу рада приказани су утицаји у површинским елементима, табеларно (у пресецима који су анализирани и издвојени за прорачун арматуре у претходним дијеловима рада). Утицаји који су издвојени су утицаји од анvelope комбинација оптерећења без коефицијената сигурности. У табели 5 су приказани утицаји у тачкама за које је и вршено димензионисање.

Табела 5: Величине момената према SRPS и EC 2

Величине минималних и максималних момената у плочама [kNm/m]					
Плоча	правац	Домаћи прописи		Eurocode	
		M+	M-	M+	M-
Подрум	Mx	271,63	155,37	336,53	206,23
	My	190,6	138,89	276,67	179,31
Спрат	Mx	12,02	19,59	26,23	39,63
	My	8,36	16,02	23,11	37,70

Из приложене табеле се види да су утицаји (моменти савијања) добијени по EC знатно већи него по домаћим прописима.

### 3.7. Анализа потребне површине арматуре греда и стубова

У поглављима рада приказани су дијаграми потребних арматура и димензионисање појединих елемената у пресецима датим и означеним на скицама. У наредном дијелу рада табеларно су приказане средње вредности потребне арматуре у пољима и ослонцима површинских елемената (АБ плоче и сеизмичко платно).

Табела 6: Површина арматуре у плочама према SRPS и EC 2

Потребна површина арматуре у плочама [cm <sup>2</sup> ]				
Плоча	Домаћи прописи		Eurocode	
	Доња зона	Горња зона	Доња зона	Горња зона
Темељна	25.00	17.00	20.00	18.50
Типски спрат	4.6	7.00	4.50	5.50

### 3.8. Анализа хоризонталних померања врха конструкције

Анализом хоризонталних померања према домаћим прописима добијено је да померање врха зграде у Х правцу износи  $u_x = 9,6 \text{ mm}$ , а у Y правцу  $u_y = 15,2 \text{ mm}$ . Анализом према Eurocode-у добијена су нешто већа померања врха зграде:  $u_x = 21,5 \text{ mm}$  и  $u_y = 27,6 \text{ mm}$ .

### 4. ЗАКЉУЧАК

На основу свих резултата и анализа рада долази се до закључка да европски стандард има нешто строжије критеријуме одређивања оптерећења која дјелују на конструкцију, како вертикалних тако и хоризонталних, што проузрокује веће пресјечне силе у пресецима одређених елемената конструкције. Међутим, када је ријеч о димензионисању и потребној количини арматуре у елементима, разлике су мање због мањих коефицијената сигурности у комбинацијама оптерећења потребним за димензионисање, с тим да су у стубовима већином захтјеване минималне површине арматуре.

Након анализа које обухвата овај рад, такође може да се закључи да Eurocode прописује нешто веће минималне вриједности површина арматура у елементима у односу на РВАВ, као и да Европски стандарди имају мање дозвољене вредности напона када је ријеч о контролама које су спроведене за предметну конструкцију.

### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Petrović: *Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva*, Грађевинска књига, Београд, 1989.
- [2] Група аутора: *Beton i armirani beton* према ВАВ 87, књига 1 и 2, Универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [3] Ж. Radosavljević, Д. Bajić: *Armirani beton 3*, Грађевинска књига, Београд, 2007.
- [4] EN 1998-1:2004; Dio 1: Општа правила, сеизмичка дејства и правила за зграде; Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2009.

### Кратка биографија:



Драган Јањош рођен је у Сарајеву 1990. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство, смјер – конструкције, одбранио је 2019. године.