



## IZRADA PROJEKTA KONSTRUKCIJE CRKVE U CIMU

prof.dr. sc. **Mladen Glibi** , dipl. ing. gra .

**Marko Mari** , mag. gra .

Gra evinski fakultet Sveu ilišta u Mostaru

**Sažetak:** Katoli ka crkva Svetog Marka i Luke je smještena u Mostaru, župa Cim-III i. Objekt se nalazi u uvjetima VIII. zone stupnja seizmi kog inteziteta prema MCS ljestvici, s ra unskim ubrzanjem tla  $a_g=0.2*g$ . U potpunosti je izložen djelovanju vjetra, inteziteta i karakteristika III. zone, propisanih prema Eurocode propisima. Objekt se nalazi na 101.90 m.n.v. i pripada mediteranskoj klimatskoj zoni prema kojoj je i usvojena karakteristi na vrijednost optere enja od snijega na tlo. Maksimalna vrijednost dopuštene nosivosti tla je 385 kPa i ona se odnosi na temeljno tlo ispod zvonika, dok je vrijednost dopuštene nosivosti tla ispod temeljnih traka 140 kPa. Prvotni geomehani ki uvjeti za temeljenje bili su izrazito nepovoljni zbog degradiranog tla i podzemnih voda. Problem podzemnih voda je riješen drenažnim sustavom dok je degradirani sloj tla u potpunosti zamijenjen slojem šljunka debljine 30 cm.

**Ključne riječi:** crkva, konstrukcija, izvo enje, armatura

## CONSTRUCTION PROJECT DESIGN OF THE CHURCH IN CIM

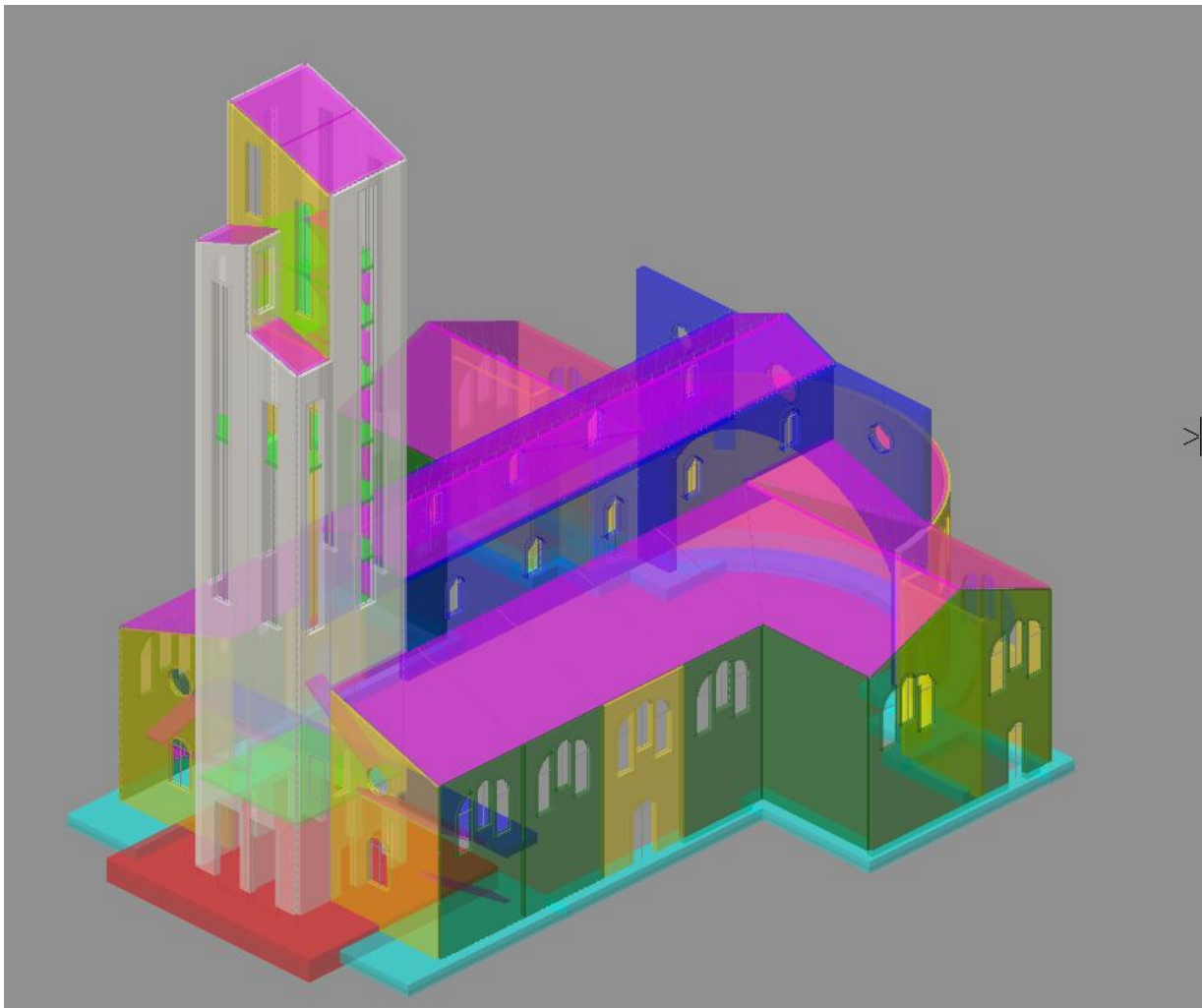
**Abstract:** The Catholic church of St. Mark and Luke is located in Mostar, parish Cim-III i. The structure is placed in terms of VIII<sup>th</sup> zone degree of seismic intensity scale according to MCS, with ground acceleration of  $a_g=0.2*g$ . It is fully exposed to wind action, by its III<sup>rd</sup> zone intensity and characteristics, regulated according to Eurocode standards. The building is located at 101.90 meters above the sea level, and it belongs to the Mediterranean climate zone which defines the characteristic value of snow load on the ground. The maximum permitted value of the soil bearing capacity is 385 kPa and it refers to the foundation soil beneath the bell tower, while the value of permitted bearing capacity of the foundation soil beneath the strip footings is 140 kPa. The initial geotechnical conditions for foundation were extremely unfavourable because of degraded soil and groundwater issue. The problem is solved with groundwater drainage system while the degraded soil layer was completely replaced by a layer of gravel subsoil 30 cm thick.

**Key words:** church, structure, construction, reinforcement steel

## 1. UVOD

Arhitektonski izgled crkve ima uporište u arheološkom nalazištu ranokršćanske bazilike u Cimu, na lokaciji Crkvine, koja datira iz razdoblja od VI. do V. stoljeća prije Krista. Crkva Svetog Marka i Luke je trobrodna bazilika, s tlocrtom standardnog oblika latinskog križa. Središnji prilaz oltaru, brod (lađa), je tlocrtnih dimenzija 6.40 m širine i 27.10 m dužine, a najveća mu visina krova, u poprečnom presjeku, iznosi 15.5 m. S obje strane središnje lađe se nalaze niži, bojni brodovi sa najvećom unutrašnjom visinom krova od 11 m. Bojni brodovi tlocrtno imaju širinu od 7.0 m i dužinu od 31.7 m. Krovne površine središnjeg i bojnih brodova su kose i neprohodne, sa nagibom od 22°. Poprečni brod (transept) ima tlocrtnu dimenziju sa širinom od 11.5 m i dužinom od 34 m. Apsida, polukružni završetak crkve, ima polumjer od 9.75 m i nadsvojeva je kupolom koja prati oblik stošca.

Ulaz u crkvu je kroz zvonik crkve. Zvonik je pravokutnog oblika, tlocrtnih dimenzija 7.0 m širine i 7.6 m dužine, a najveća visina zvonika, mjerena od podne ploče, iznosi oko 39 m. Kor se nalazi iznad ulaza u crkvu, nasuprot oltaru, i ograničava povišeni prostor u uskoj sprezi sa unutrašnjim zidovima zvonika i vanjskim, prozračnim armiranobetonskim zidom crkve. Konstrukcijski ga sačinjavaju dvije horizontalne ploče na visinama od 4.0 m i 5.5 m, međusobno povezane kosom pločom debljine  $d=20$  cm.



Slika 1. Model crkve



## 2. KONSTRUKCIJSKI SUSTAV OBJEKTA

Temeljnu konstrukciju objekta sa injavaju temeljne trake ispod vanjskih zidova crkve širine 140 cm i debljine 60 cm. Temeljne trake ispod vanjskih zidova apside su ve e širine, 270 cm. Debljina podne plo e je 20 cm. Temeljenje zvonika je izvedeno putem temeljne plo e. Debljina temeljne plo e koja se izravno odnosi na temelje ispod zidova zvonika ima površinske dimenzije od 12.60 m širine i 11.90 m dužine. Debljina joj iznosi 1.2 m. S obje strane središnje temeljne plo e se nalaze dvije istovjetne temeljne plo e koje se direktno ne odnose na temeljenje konstrukcije zvonika nego na temeljenje pro elnog vanjskog AB zida i pripadaju eg mu okomitog vanjskog ope nog zida. Ta plo a u biti prestavlja temeljne trake navedena dva zida koje su se zbog blizine stopile u temeljnu plo u tlocrtnih dimenzija 4.4 m širine i 10.10 m dužine. Debljina joj je upola manja, 60 cm. U samoj konstrukciji temelja je predvi eno izvo enje dviju temeljnih veznih greda u popre nom pravcu objekta, dužina po 18.6 m i dimenzija popre nog presjeka 0.6\*0.6 m, te dviju temeljnih veznih greda u uzdužnom pravcu objekta, dužine 7.4 m i dimenzija popre nog presjeka 0.5\*0.6 m. Prvotni geomehani ki uvjeti za temelje su bili izrazito nepovoljni zbog degradiranog tla i podzemnih voda. Problem podzemnih voda je riješen drenažnim sustavom tako da je za prora un nosivosti temeljnog tla uzeto drenirano stanje  $RPV=0.0$ . Degradirani sloj tla (humusno tlo, ilova a) je u potpunosti ukonjen i zamijenjen slojem šljun ane posteljice debljine  $d=30$  cm. Maksimalna vrijednost dopuštene nosivosti tla dreniranog stanja je 385 kPa i ona se odnosi na temeljno tlo ispod temeljne plo e zvonika, dok je vrijednost dopuštene nosivosti tla ispod temeljnih traka 140 kPa.

Vertikalna konstrukcija objekta je izvedena u kombinaciji armiranobetonskih i zidanih ope nih elemenata. Konstrukcijski, srž nosivog sustava objekta sa injavaju dvije paralelne AB grede (zidna nosa a) koje tlocrtno prate središnji brod crkve. Dužina im je 26 m, s dimenzijama popre nog presjeka: širina 0.5 m i visina 5.2 m. Oslonci greda su konstrukcija zvonika na jednoj strani i visokostijeni nosa na drugoj strani crkve. Zvonik je konstrukcija sa injena od AB zidova sa debljinom  $d=0.4$  m, koji imaju svoja zadebljanja na svakom od krajeva zida, na debljinu od  $d=0.7$  m. Dužina popre nog presjeka im je 7.6 m, a srednja visina oko 35 m. Kao takvi, ovi zidovi e prilikom stati kog prora una, odnosno dimenzioniranja biti promatrani kao seizmi ki zidovi. Spomenuti visokostijeni nosa je tako er AB konstrukcija koja s jedne strane preuzima optere enja od uzdužnih greda a sa druge pridržava kupolu apside na vrhu crkve. Arhitektonski, visokostijeni nosa ima ulogu lu nog svoda iznad oltarnog prostora, presjeka la â i apside. Raspon visokostjenog nosa a je otprilike 16.5 m a njegova najmanja visina je 5.80 m. Debljina zida je  $d=50$  cm. Apsida je izvedena kao AB zid debljine  $d=30$  cm, tlocrtno je polukružnog oblika polumjera 9.75 m, a nadsvo ena je AB plo om stožastog oblika, debljine  $d=20$  cm.

Vanjski nosivi zidovi su ope ni, debljine  $d=30$  cm, a unutrašnji ope ni zidovi imaju samo funkciju pregrada i debljina im je  $d=15$  cm. Okviri se sastoje od stubova, popre nog presjeka 60\*40 cm gdje je ja a os presjeka izložena savijanju. Savijanje u smjeru slabije osi presjeka nije izraženo zbog bo nog pridržanja vanjskim ope nim zidovima koji imaju i ulogu horizontalne ispune izme u okvirova u uzdužnom smislu. Na stubove se nastavljaju grede koje prate nagib krovnih plo a nad bo nim la ama crkve. Dimenzije popre nog presjeka greda su 60\*40 cm gdje je tako er samo ja a dimenzija presjeka izložena savijanju. Podesti stubišta, stubišni krakovi i unutarnje plo e zvonika su AB plo e debljine  $d=20$  cm.

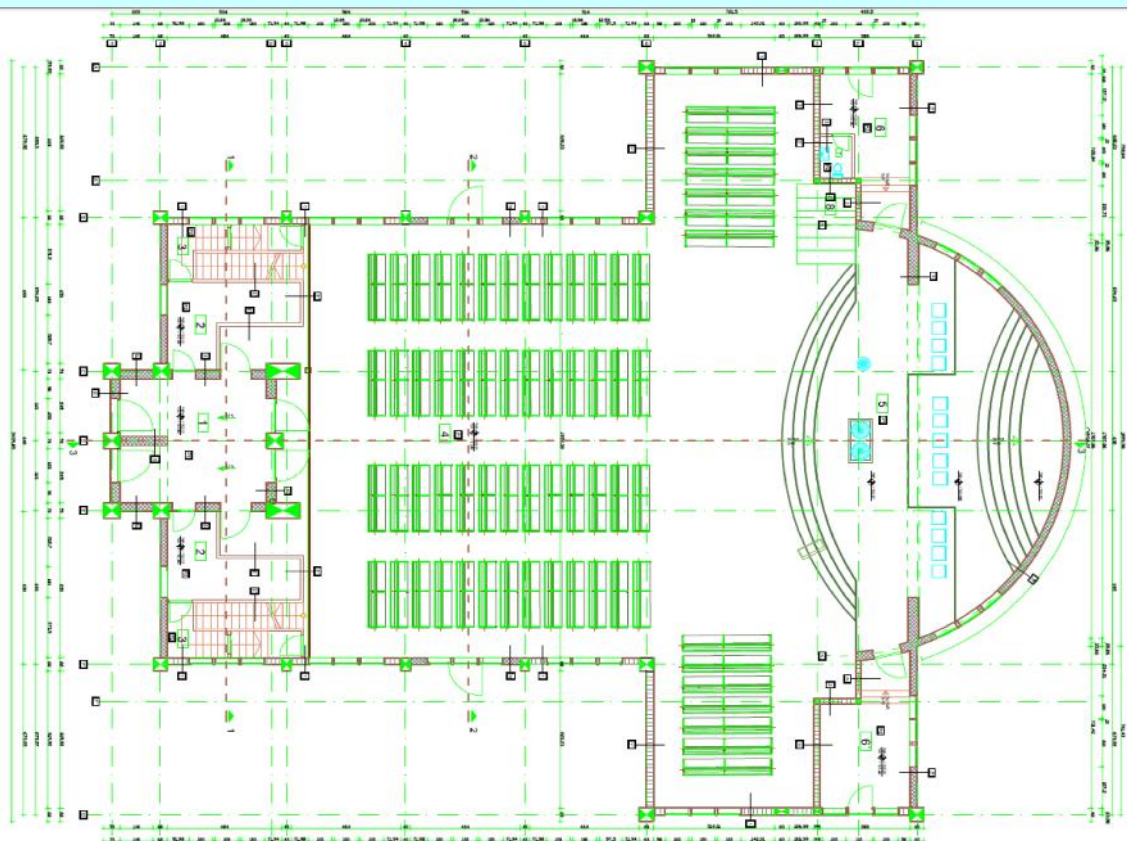
Krovnu konstrukciju ine AB kose plo e debljine  $d=20$  cm, nagiba  $20^\circ$ , na koju se postavlja crijep. Kor konstrukcijski sa injavaju dvije horizontalne AB plo e na visini od 4.0 m, debljine  $d=50$  cm, i na visini od 5.5 m, debljine  $d=20$  cm. One su me usobno povezane AB kosom plo om debljine  $d=20$  cm. Cijela konstrukcija kora je (spomenute tri plo e) oslonjena dijelom na zvonik, dijelom na prednji vanjski, pro elni AB zid crkve i dijelom to kasto i linijski na prednji zid zvonika.



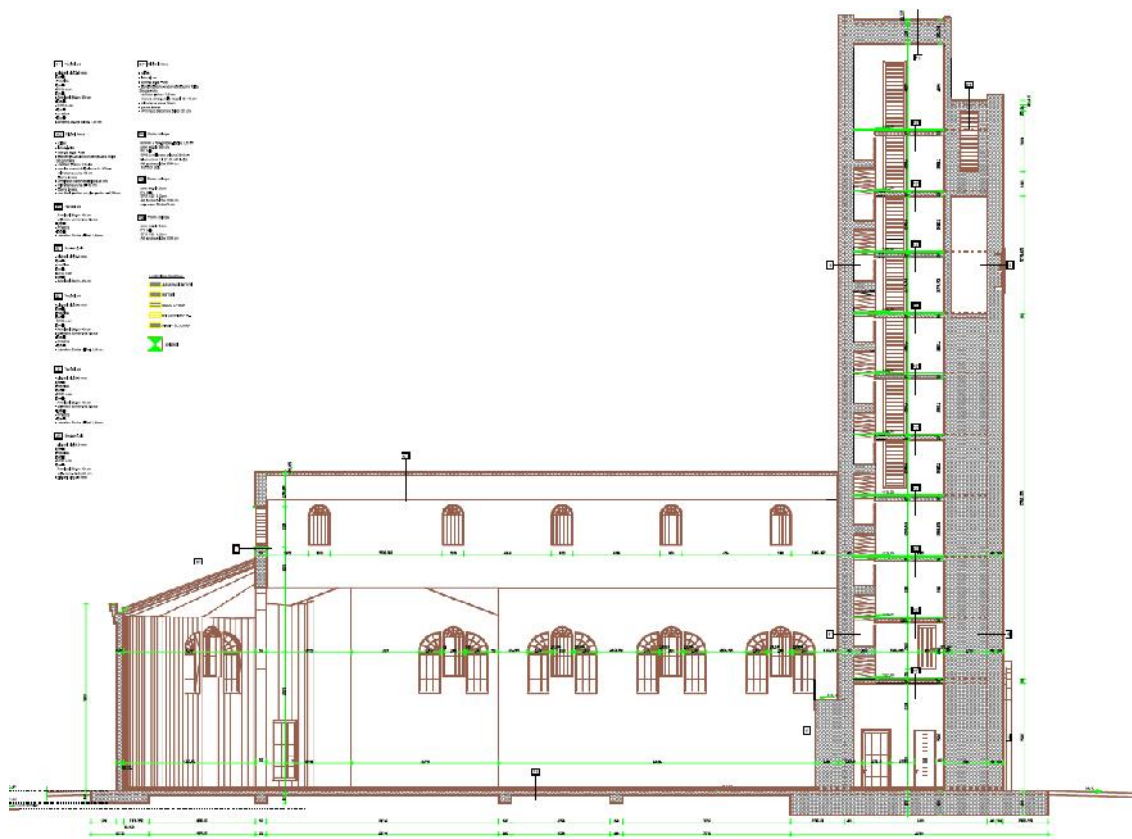
Slika 2. Crkva u izgradnji



Slika 3. Prikaz unutrašnjosti crkve u izgradnji



Slika 4. Tlocrt crkve



Slika 5. Uzdužni presjek crkve



Slika 6. Prikaz unutrašnjosti crkve u izgradnji

### **3. STATI KI PRORA UN**

#### **3.1. Analiza optere enja**

##### **3.1.1. Stalna djelovanja – G**

Software uzima u obzir vlastitu težinu konstrukcije prilikom zadavanja osnovnih slu ajeva optere enja. Dodatna optere enja vlastitom težinom, slojevima poda elemenata i slojevima



kosog neprohodnog krova potrebno je posebno unijeti u model kao površinsko opterećenje s odgovarajućim intenzitetom i geometrijom djelovanja.

Proračun dodatnog opterećenja vlastitom težinom uračunava se prema Eurocodeu 1 (EN 1991\_1\_1), na osnovi zapreminskih težina korištenih materijala:

- Dodatna vlastita težina kosog neprohodnog krova:  $g_1 = 0.85 \text{ kN/m}^2$ .
- Dodatna vlastita težina stepenika na stubištu:  $g_2 = 0.65 / (1.0 \cdot 0.26) = 2.5 \text{ kN/m}^2$
- Dodatna vlastita težina podne kamene obloge:  $g_3 = 0.234 / (1.0 \cdot 0.26) = 0.9 \text{ kN/m}^2$
- Dodatna vlastita težina stepenika na koru:  $g_4 = 9.75 / (1.0 \cdot 1.30) = 7.5 \text{ kN/m}^2$
- Stalno opterećenje vlastitom težinom zvona i pripadajućim konstrukcijom:  $g_5 = 20 / 11.85 = 1.68 \text{ kN/m}^2$

### 3.1.2. Promjenjiva djelovanja – Q

#### 3.1.2.1. Uporabno opterećenje „q“

Uporabna opterećenja se sa svim svojim karakteristikama uzimaju iz odgovarajućih propisa. Eurocode 1 (EN 1991\_1\_1) propisuje veličinu i geometriju uporabnih opterećenja na zadane elemente konstrukcije, tj. kategorizira ih prema kategoriji i važnosti upotrebe date površine objekta.

Kategorija upotrebe površine: C (C2 i C5); Uporabna opterećenja na podovima, balkonima i stubištima zgrada.

- Na kosom neprohodnom krovu:  $q_1 = 0.0 \text{ kN/m}^2$
- Na stubištu:  $q_2 = 3.0 \text{ kN/m}^2$
- Na koru:  $q_3 = 5.0 \text{ kN/m}^2$

#### 3.1.2.2. Opterećenje snijegom „s“

Prema Eurocodeu 1 (EN 1991\_1\_3) propisana je sva potrebna analiza ovog opterećenja na konstrukcije u zavisnosti od klimatske zone u kojoj se objekt nalazi (mediteranska klimatska zona) koja definira karakterističnu vrijednost djelovanja snijega na tlo „ $s_k$ “, iz koje proizlazi sav daljnji proračun i analiza ovog opterećenja. Snijeg se u model unosi kao jednoliko raspodijeljeno površinsko opterećenje. Opterećenje snijegom djeluje vertikalno u smjeru globalne osi „z“, tj. odnosi se na horizontalnu projekciju kose površine krova.

Opterećenje od snijega na krovove se računa prema izrazu:  $s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k$

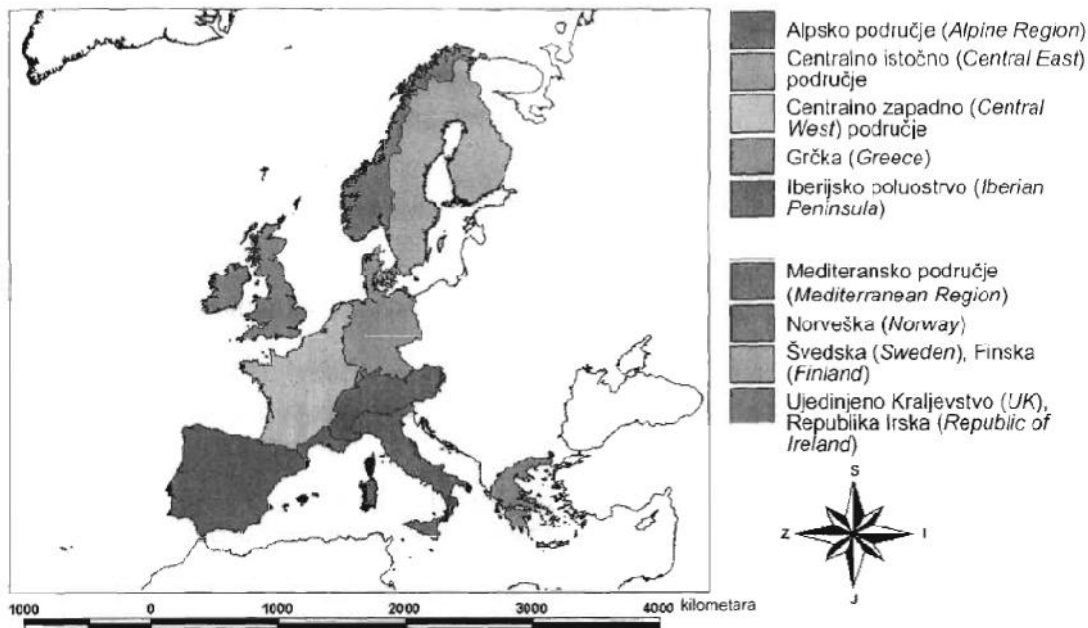
$\mu$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom (u inak oblika krova) nagib krova:  $= 22^\circ$

$C_e$  - koeficijent izloženosti

$C_t$  - toplinski koeficijent

$C_e = C_t = 1.0$  – preporučena vrijednost

$s_k$  – karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo usvojena vrijednost  $s_k = 0.75 \text{ kN/m}^2$

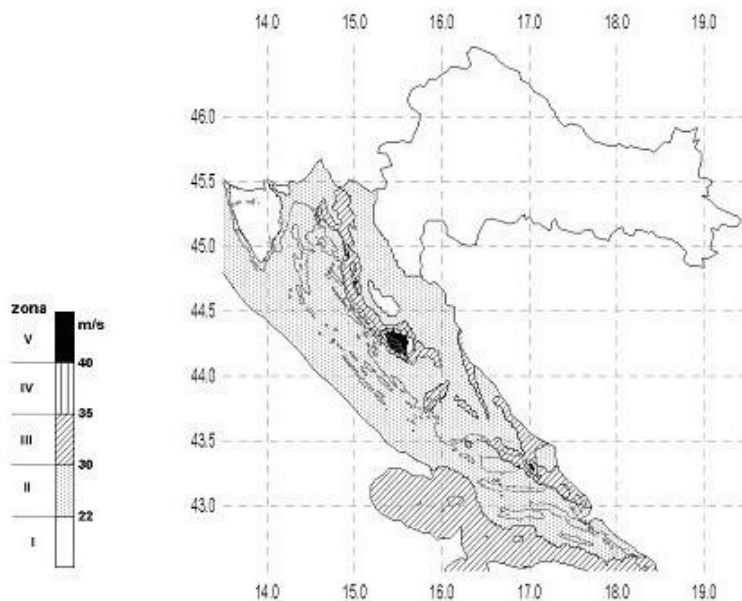


Slika C.1: Evropska klimatska područja

$$s = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.75 = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

### 3.1.2.3. Optere enje vjetrom „w“

Prema Eurocodeu 1 (EN 1991\_1\_4) propisana je sva potrebna analiza ovog optere enja na konstrukcije; u zavisnosti od klimatske zone u kojoj se objekt nalazi, s karakterističnom vrijednošću u djelovanju vjetra „ $v_{ref}$ “ (zona III., prema HRN ENV 1991\_2\_4), kao i samog položaja objekta u odnosu na pravac djelovanja vjetra (izloženosti). Vjetar se u model unosi kao jednoliko raspodijeljeno površinsko optere enje.



HRN ENV 1991\_2\_4; zona III  
 $v_{ref} = 35 \text{ m/s}$  – poredbena brzina vjetra, propisana Nacionalnim dodatkom za primjenu norme

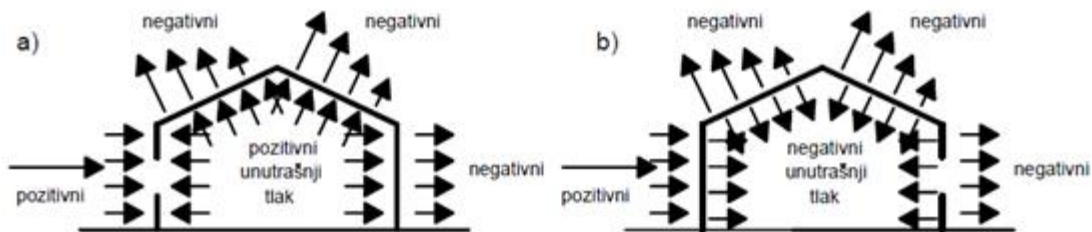




Vanjski tlak vjetra „ $w_e$ “	Unutrašnji tlak vjetra „ $w_i$ “
$W_e = q_{ref} * C_e(Z_e) * C_{pe}$	$W_i = q_{ref} * C_e(Z_i) * C_{pi}$

Neto tlak na površine „ $w_{net}$ “ je algebarski zbroj vanjskog i unutarnjeg tlaka vjetra:

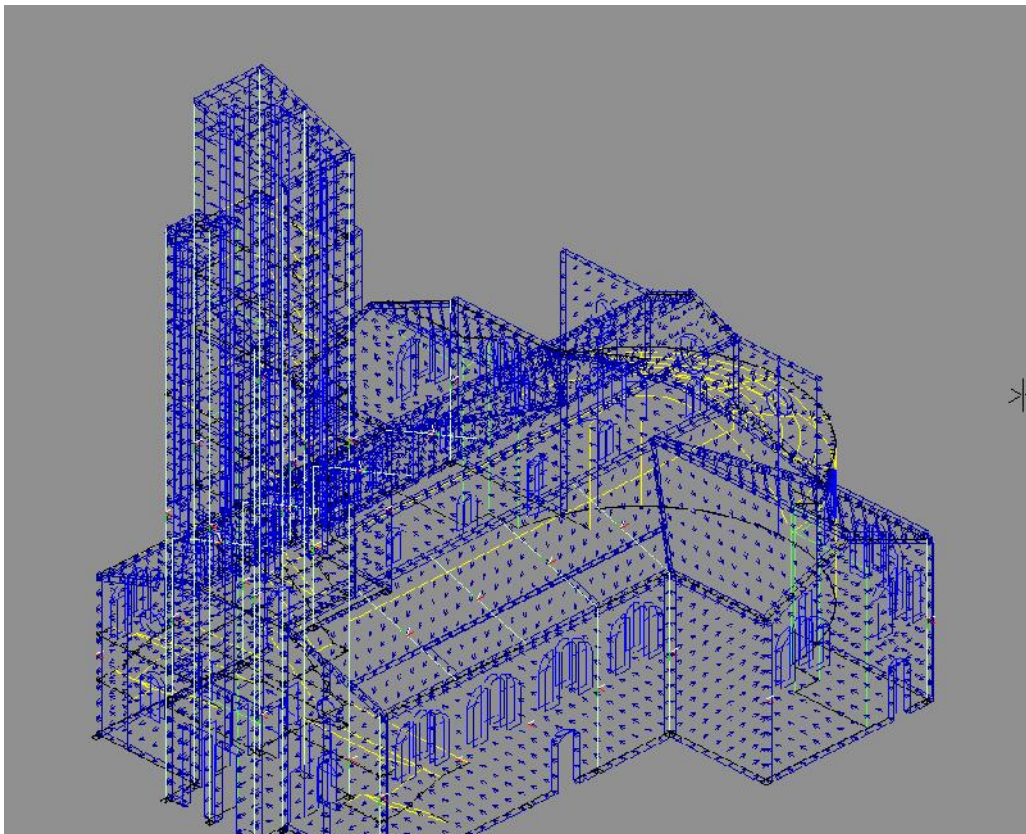
„ $w_e \pm w_i$ “



		$w_e(\text{kN/m}^2)$	$w_i(\text{kN/m}^2)$	$w_{net}(\text{kN/m}^2)$
crkveni prostor	A	-2,07	+0.26	-1,81
	B	-1,38		-1,12
	C	-0,86		-0,60
	D	+1,38		+1,64
	E	-0,69		-0,43
zvonik 7.5	A	-1,64	-0.66	-2,30
	B	-1,32		-1,97
	D	+1,32		+0,66
	E	-1,15		-1,81
40	A	-2,49	-0.99	-3,48
	B	-1,99		-2,98
	D	+1,99		+0,99
	E	-1,74		-2,73
12.5	A	-1,91	-0.77	-2,68
	B	-1,53		-2,30
	D	+1,53		+0,77
	E	-1,34		-2,10
17.5	A	-1,99	-0.8	-2,78
	B	-1,59		-2,39
	D	+1,59		+0,80
	E	-1,39		-2,19
22.5	A	-2,30	-0.92	-3,21
	B	-1,84		-2,75
	D	+1,84		+0,92
	E	-1,61		-2,52
27.5	A	-2,37	-0.95	-3,32
	B	-1,90		-2,85
	D	+1,90		+0,95
	E	-1,66		-2,61
32.5	A	-2,41	-0.96	-3,37
	B	-1,93		-2,89
	D	+1,93		+0,96



	E	-1,69					-2,65
37.5	A	-2,45					-3,43
	B	-1,96				-0,98	-2,94
	D	+1,96					+0,98
	E	-1,71					-2,69
42.5	A	-2,49					-3,48
	B	-1,99				-0,99	-2,98
	D	+1,99					+0,99
	E	-1,74					-2,73
krov		$w_e(\text{kN/m}^2)$	$w_i(\text{kN/m}^2)$	$w_{\text{net,I}}(\text{kN/m}^2)$	$w_e(\text{kN/m}^2)$	$w_i(\text{kN/m}^2)$	$w_{\text{net,II}}(\text{kN/m}^2)$
= 0° ;	F	-0,96	+0,29	-0,67	+1,34	+0,29	+1,63
=22°	G	-0,96	+0,29	-0,67	+1,34	+0,29	+1,63
	H	-0,38	+0,29	-0,10	+0,77	+0,29	+1,05
	I	-0,77	+0,29	-0,48	+0,00	+0,29	+0,29
	J	-0,96	+0,29	-0,67	+0,00	+0,29	+0,29



Slika 7. Optere enje vjetrom na konstrukciju

### 3.1.2.4. Seizmi ko optere enje

Prora un seizmi kog djelovanja na konstrukciju je vršen prema Eurocodeu 8 (EN 1998\_8\_1). Software omogu ava zadavanje potpuno proizvoljnih pravaca djelovanja potresa. Seizmi ki utjecaj prikazan je preko elasti nog spektra odgovora ubrzanja tla.Referentna metoda za odre ivanje seizmi kih utjecaja je multimodalna analiza u kombinaciji s metodom spektra odgovora, gdje se koristi linearno elasti ni model konstrukcije i odre eni projektni (ra unski) spektar odgovora.

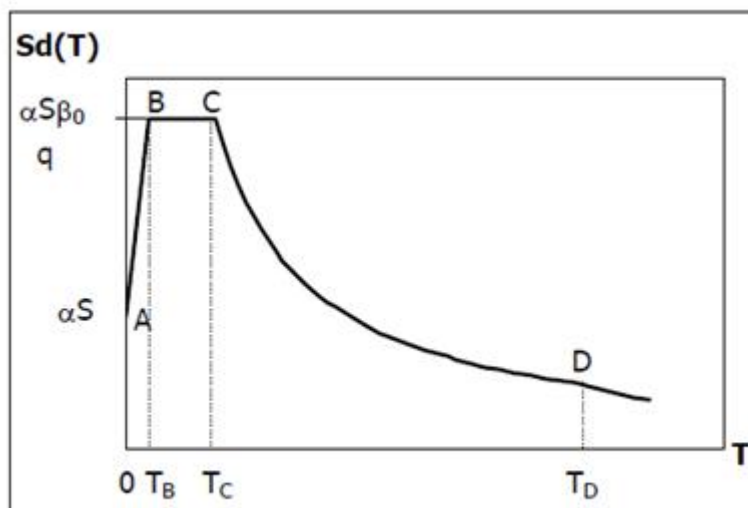
Pri proraunu modalne analize modela, korišten je realni raspored masa. Modalna analiza je proraunata uz 100% -tno sudjelovanje ukupne vlastite težine konstrukcije, i 50% -tno sudjelovanje uporabnog opterećenja. Odabrani broj tonova osciliranja konstrukcije je 5. Spriječeno je osciliranje modela u vertikalnom „z“ smjeru.

Periodi osciliranja konstrukcije		
No	T [s]	f [Hz]
1	1.2958	0.7717
2	1.2956	0.7718
3	1.1617	0.8608
4	1.1613	0.8611
5	0.9410	1.0628

Proraunski spektar odgovora.

Kako bi se izbjegla opsežna nelinearna analiza sustava uzima se u obzir mogućnost disipacije energije konstrukcije preko duktilnosti njezinih elemenata (i drugih nelinearnih u inaka). Zato se koristi linearna analiza temeljena na proraunskom spektru odgovora, koji je reduciran u odnosu na elastični spektar pomoću faktora ponašanja „q“. Faktor ponašanja „q“ odražava duktilnost konstrukcije, odnosno njenu sposobnost da prihvaća reducirane seizmičke sile bez krhkih lomova u postelastom području deformiranja.

Njime se uzima u obzir kapacitet trošenja energije pri seizmičkom djelovanju na konstrukciju. Proraunava se prema izrazu:  $q = q_0 \cdot k_D \cdot k_R \cdot k_W = 2.21 \cdot 1.5$



Slika 8. Proraunski spektar odgovora

Objekt se nalazi u VIII. zoni seizmičke aktivnosti, prema MCS ljestvici. Proraunsko ubrzanje tla za datu zonu iznosi  $a_g = 0.2 \cdot g$ . Pretpostavljena je srednja klasa duktilnosti objekta DC „M“. Zadana su dva horizontalna, međusobno okomita i neovisna pravca djelovanja potresa, u smjeru globalnih osi „x“ i „y“.

Dobivene sile potresnog djelovanja u daljnji proraun dimenzioniranja konstrukcije ulaze kao nova dva osnovna slučajna opterećenja, i ravnopravno ulaze u kombinacije s ostalim osnovnim slučajevima opterećenja:



„Seizmika\_x“  $k_x=1.0; k_y=0.3; k_z=0.0$   
 „Seizmika\_y“  $k_y=1.0; k_x=0.3; k_z=0.0$

### 3.2. Na in prora una i software

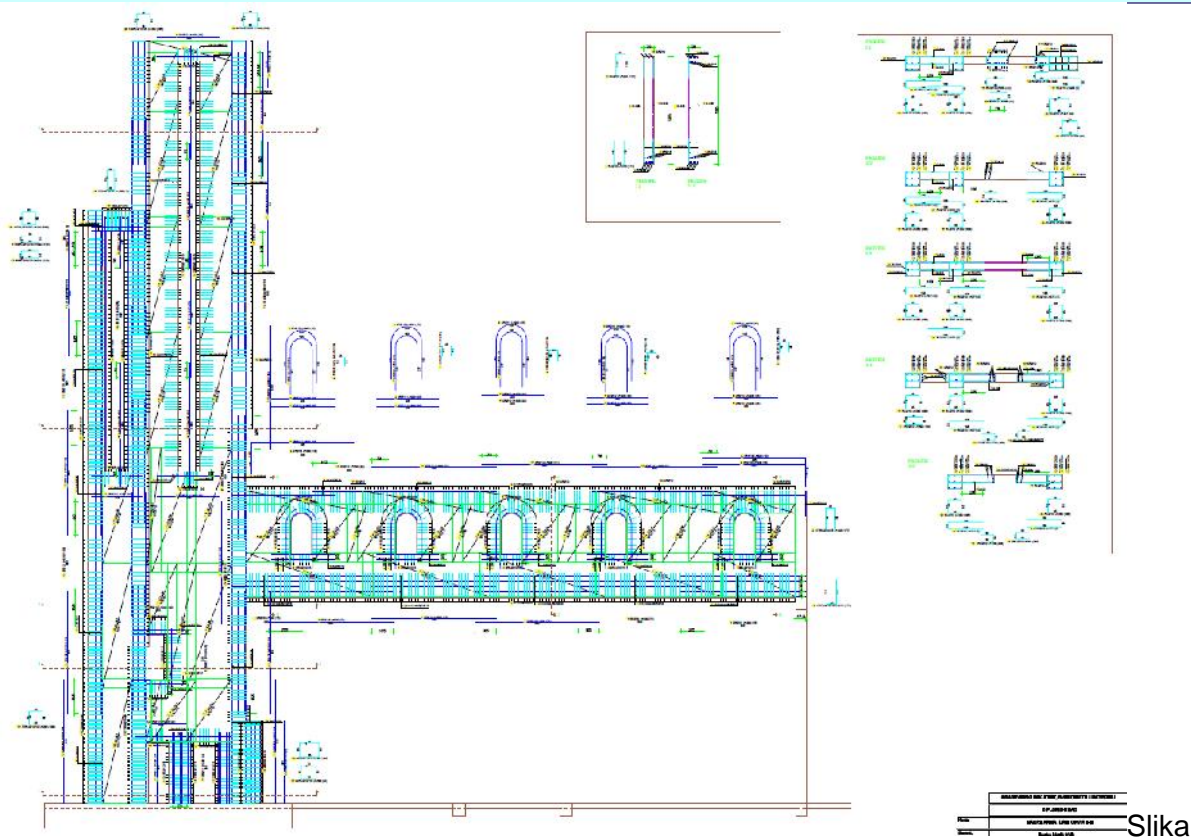
Model objekta s ranije opisanim elementima konstrukcije je razmatran kao prostorna konstrukcija u programskom paketu *Tower 6.0 3D Model Builder*. Pri unosu podataka ve ina elemenata je modelirana kao plošni elementi. Temelji su modelirani kao betonske plo e odgovaraju e krutosti, dok je temeljno tlo modelirano kao površinski oslonac s odgovaraju om krutosti tla. Svi pripadaju i elementi konstrukcije modelirani su s odgovaraju im numerikim podacima koji se ti u materijala elementa i njihove pripadaju e krutosti.

Optere enja na model unesena su u svojim osnovnim slu ajevima optere enja sa svojim intezitetima i geometrijskim položajima djelovanja. Sva optere enja unesena su kao površinska jednoliko raspodijeljena optere enja.

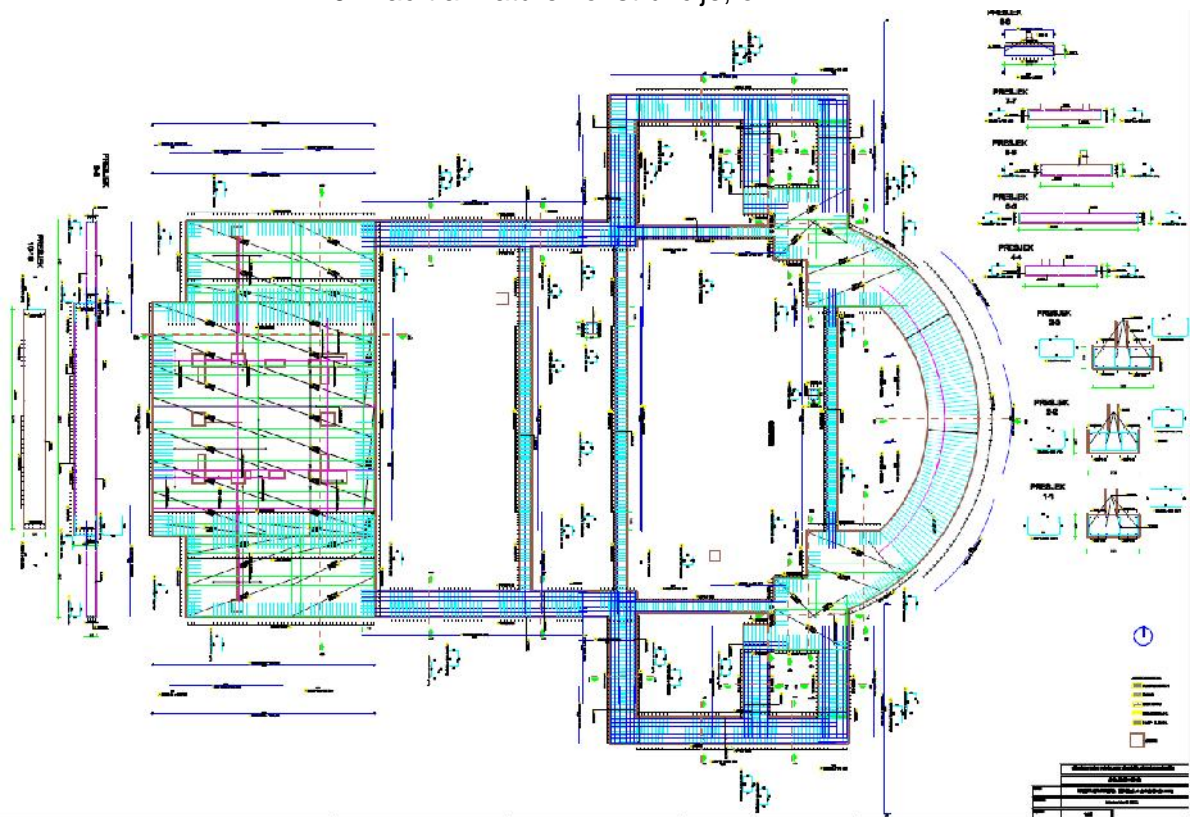
Formirana mreža kona nih elemenata sastoji se od pravokutnih elemenata stranica veli ine 0.6 m, što daje zadovoljavaju e rezultate. Modalnom analizom su dobiveni podaci o vlastitim oblicima modela i njihovim periodima osciliranja objekta. Seizmi ki utjecaji su dobiveni multimodalnom analizom na temelju propisa Eurocode 8, te u daljnje razmatranje oni ulaze kao zaseban slu aj stati kog optere enja.

Prema pravilniku za seizmiku potrebno je odrediti parametre na osnovu kojih se definira spektar odgovora. Daljnjim prora unom su se dobili stati ki i dinami ki utjecaji na konstrukciju. Ovaj programski paket omogu ava da sve konstruktivne elemente lako dimenzioniramo na kompletnu shemu optere enja, koriste i Eurocode propise kao mjerodavne za dimenzioniranje.

Programski paket Tower 6.0 ima mogu nost samostalnog kreiranja svih kombinacija optere enja. U samom modulu za obradu rezultata i pregleda utjecaja u konstrukciji, izgenerirane su uporabne kombinacije optere enja, dok su prilikom dimenzioniranja armiranobetonskih presjeka izgenerirane i valjane ra unske kombinacije optere enja prema važe em propisu za dimenzioniranje, Eurocodeu. Software radi na na elu metode kona nih elemenata ime jednostavno i brzo dolazi do rezultata utjecaja u svakom od konstrukcijskih elemenata, ovisno o tome radi li se o plošnom ili o grednom elementu. Software automatski vrši dimenzioniranje svih zadanih betonskih elemenata konstrukcije.



9. Nacrt armature konstrukcije, okvir E-E



Slika 10. Nacrt armature konstrukcije, temelji



#### 4. UGRA ENI MATERIJALI

Beton C25/30 je ugra en u sve armiranobetonske elemente konstrukcije.

Armatura B500 je ugra ena u sve površinske i linijske armiranobetonske elemente konstrukcije.

Opeka je ugra ena u sve vanjske ope ne nosive zidove konstrukcije  $d=30$  cm i u sve unutarnje pregradne zidove objekta  $d=15$  cm.



Slika 11. Prikaz izgradnje objekta



Slika 12. Prikaz izgradnje objekta



Slika 13. Prikaz armature visokostijjenog nosa a



Slika 14. Prikaz izgradnje objekta

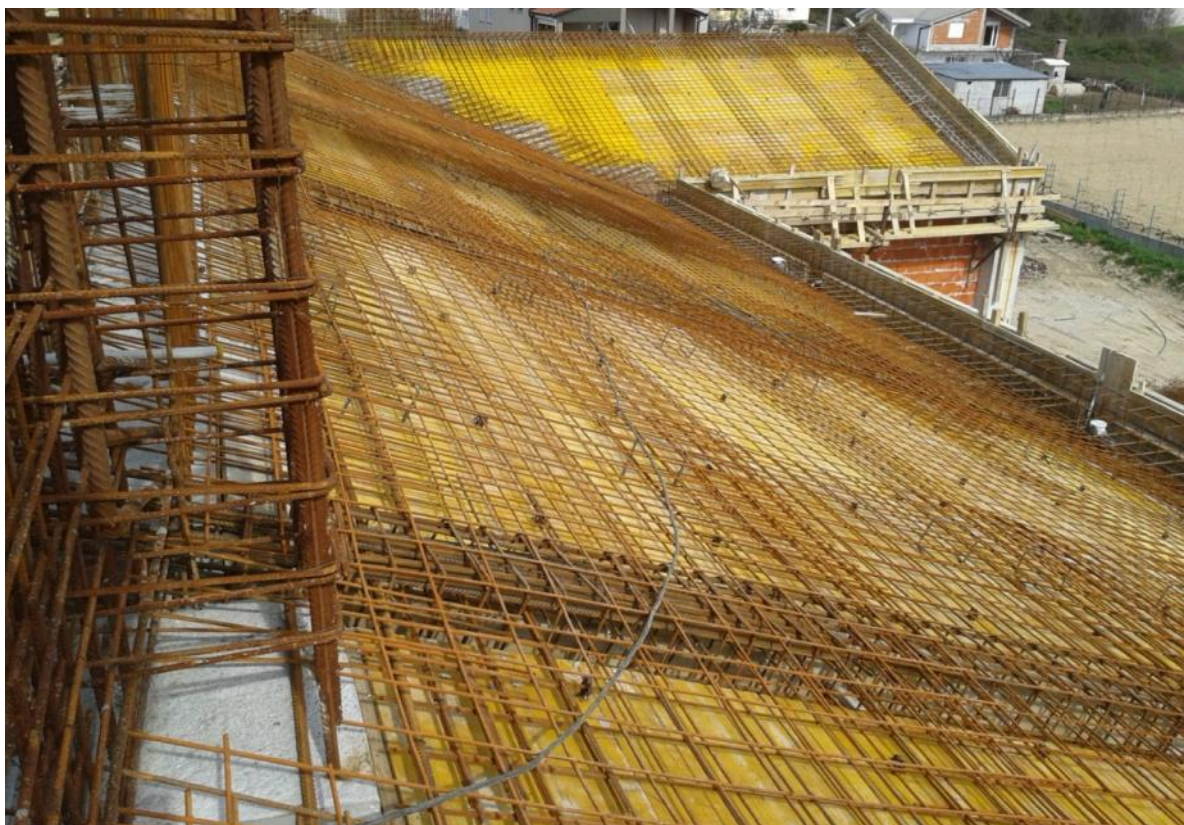


Slika 15. Prikaz detalja kutne armature seizmi kog zida zvonika



Slika 16. Prikaz armature zida zvonika





Slika 17. Prikaz armature krovne ploče objekta



Slika 18. Prikaz armature uzdužnog grednog nosača (iznutra)



Slika 19. Prikaz armature uzdužnog grednog nosa a (izvana)

## 5. PRAVILNICI I PROPISI

Eurocode 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije, Dio 1-1 : Zapreminske težine, vlastita težina, uporabna optere enja za zgrade.

Eurocode 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije, Dio 1-3 : Snijeg.

Eurocode 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije, Dio 1-4: Vjetar.

Eurocode 2: Projektiranje betonskih konstrukcija.

Eurocode 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potresno djelovanje.

## LITERATURA

(1) Radi , J., i suradnici: Betonske konstrukcije I, Priručnik, Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet, 2006.

(2) Radi , J., i suradnici: Betonske konstrukcije II, Priručnik, Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet, 2006.

(3) Radi , J., i suradnici: Betonske konstrukcije II, Riješeni primjeri, Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet, 2006.

(4) Tomić , I., Betonske konstrukcije, Udžbenik, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb, 1996.

(5) Gukov, I., Betonske konstrukcije I, Predavanja, Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet, 2009.

(6) Radnić , J., Harapin, A., Osnove betonskih konstrukcija, Interna skripta, Sveučilište u Splitu; Građevinsko-arhitektonski fakultet, 2007.

(7) EUROPSKE NORME:

Eurocode 1- Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije

Eurocode 2- Projektiranje betonskih konstrukcija

Eurocode 8- Projektiranje konstrukcija otpornih na seizmičko djelovanje

(8) KORIŠTENI RAČUNALNI PROGRAMI:

AutoCAD 2007

ArmCAD 2005

Tower 6.0 3D Model Builder