

Usporedna potresna analiza seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu

Berta, Bono

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:983748>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)

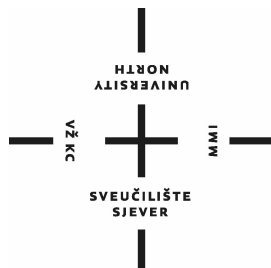


zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



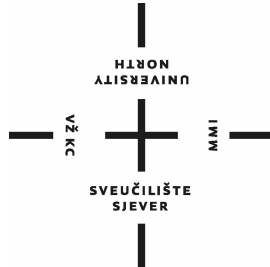
DIPLOMSKI RAD br. 93/GRD/2023

**USPOREDNA POTRESNA ANALIZA SEIZMIČKE
OTPORNOSTI VIŠESTAMBENE ZGRADE
OŠTEĆENE U POTRESU**

Bono Berta

Varaždin, listopad 2023.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Diplomski sveučilišni studij Graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 93/GRD/2023

**USPOREDNA POTRESNA ANALIZA SEIZMIČKE
OTPORNOSTI VIŠESTAMBENE ZGRADE
OŠTEĆENE U POTRESU**

Student:
Bono Berta, 0114030180

Mentor:
doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, listopad 2023.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Bono Berta	MATIČNI BROJ	0114030180
DATUM	28.08.2023.	KOLEGIJ	Tehnička dijagnoza
NASLOV RADA	Usporedna potresna analiza seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Comparative earthquake analysis of seismic resistance of multi-residential building previously damaged in earthquake		
MENTOR	dr. sc. Matija OREŠKOVIĆ	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo SOLDO 2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ 3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN 4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ 5.		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	93/GRD/2023
OPIS	Diplomskim radom potrebno je prikazati potresni izračun stambene zgrade oštećene u potresu na temelju dvije različite metode te isto usporediti. Usporedbom je potrebno jasno iskazati prednosti i mane pojedinih proračuna kao i razlike u rezultatima. Rad se sastoji od: Uvod Predmetna građevina Seizmičke karakteristike terena i geološki sastav tla Analize potresnih otpornosti Usporedna analiza provedenih seizmičkih proračuna Zaključak Rad treba sadržavati vlastite priloge, detalje, nacрте koji trebaju biti tekstualno potkrijepljeni. Potrebno se pridržavati svih smjernica naučenim u kolegiju „Metodologija znanstvenog istraživanja“

ZADATAK URUČEN

06.10.2023.



[Handwritten signature]

SAŽETAK: Predmet ovog diplomskog rada je izrada usporedne potresne analize seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu, s ciljem prikaza izrade iste te pregleda i usporedbe dobivenih rezultata. Nakon dobivenih snimaka postojećeg stanja konstrukcije i analize rezultata provedenih istražnih radova konstrukcije, njezinih dijelova i seizmičkih parametara pristupa se izradi potresne analize seizmičke otpornosti. Prvo se provodi gruba seizmička analiza, a nakon nje analiza metodom spektra odziva i analiza metodom postupnog guranja. Nakon provedenih analiza prikazuje se pregled i usporedba dobivenih rezultata svih provedenih i gore navedenih seizmičkih analiza gdje se prikazuju razlike između rezultata.

KLJUČNE RIJEČI: potres, postojeće konstrukcije, zidane konstrukcije, seizmički proračun, pushover analiza, 3Muri

ABSTRACT: Objective of this master thesis is to make a comparative earthquake analysis of the seismic resistance of a multi-residential building previously damaged in an earthquake, with the aim of presenting the steps in the making, reviewing and comparing the results. After obtaining the documentation of the state of the existing structure and the analysis of the results from the damage assessment of the existing structure, its parts and seismic parameters work on the earthquake analysis of the seismic resistance can start. Main analysis that are performed are response spectrum analysis and a pushover analysis. After the performed analyses, an overview and comparison of the results is presented where the differences between the results of the performed analyzes are shown.

KEYWORDS: earthquake, existing structures, masonry structures, seismic analysis, pushover analysis, 3Muri

Sadržaj

1.	Uvod	1
1.1.	Definiranje predmeta rada	1
1.2.	Cilj rada	1
1.3.	Struktura rada	2
2.	Tehnički opis – parametri za proračun	3
2.1.	Opis zgrade	3
2.1.1.	<i>Nacrti postojećeg stanja</i>	7
2.1.2.	<i>Nosivi zidovi</i>	15
2.1.3.	<i>Međukatna konstrukcija</i>	16
2.1.4.	<i>Temelji</i>	17
2.1.5.	<i>Pregradni zidovi</i>	17
2.2.	Seizmički parametri i geološki sastav tla	18
2.2.1.	<i>Osnovna geološka karta</i>	18
2.2.2.	<i>Tektonika područja</i>	20
2.2.3.	<i>Seizmičnost promatranog područja</i>	22
2.2.4.	<i>Horizontalno vršno ubrzanje tla</i>	24
2.2.5.	<i>Kategorija tla</i>	26
2.2.6.	<i>Faktor važnosti zgrade</i>	27
3.	Analize seizmičke otpornosti	28
3.1.	Gruba seizmička analiza	28
3.2.	Metoda spektra odziva	29
3.3.	Metoda postupnog guranja	41
4.	Usporedba provedenih seizmičkih analiza	89
5.	Zaključak	90
6.	Popis literature	91

1. Uvod

1.1. Definiranje predmeta rada

Predmet ovog diplomskog rada je izrada usporedne potresne analize seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu. Kao predmetna zgrada odabrana je stambena zgrada koju čini sedam etaža koja se nalazi na uglu Palmotićeve ulice i Boškovićeve ulice u Zagrebu. Kuća Hirschl na uglu Palmotićeve 27 /Boškovićeve podignuta je 1910. godine prema projektu Otta Goldscheidera (arhitektonski biro Hönigsberg & Deutsch). Kasnosecesijska uglovnica s različito oblikovanim pročeljima. Na trokatnici je 1938./1939. izvedena dvokatna terasasta nadogradnja. [1] U ovom radu prikazana je izrada potresne analize seizmičke otpornosti na tri različita načina te je dan pregled i usporedba dobivenih rezultata. Konstrukcijska obnova zgrade nije dio ovog rješenja.

1.2. Cilj rada

Cilj ovog rada je prikazati izradu usporedne potresne analize seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu. Nakon dobivenih snimaka postojećeg stanja konstrukcije i analize rezultata provedenih istražnih radova konstrukcije, njezinih dijelova i seizmičkih parametara pristupa se izradi potresne analize seizmičke otpornosti. Prvo se provodi gruba seizmička analiza, a nakon nje mjerodavnije analize na prostornim modelima. Prvi dio analiza na prostornim modelima je modeliranje postojeće konstrukcije gdje se definira geometrija modela i karakteristike materijala te opterećenja koja djeluju na zgradu. Kroz nastavak analize kod metode spektra odziva provodi se modalna analiza, očitavaju izračunate vrijednosti djelovanja na zid u ravnini M_{Ed} , V_{Ed} i N_{Ed} za mjerodavne kombinacije te se provodi tablični proračun računске nosivosti postojećeg zida na poprečne sile. Kod metode postupnog guranja nakon provedene modalne analize odabire se kontrolni čvor sa najvećim pomakom za svaki smjer, oblik nanošenja bočnog opterećenja i slučajna ekscentričnost te se pokreće analiza. Analizom se provode provjere graničnog stanja znatnog oštećenja (ZO) i graničnog stanja ograničenog oštećenja (OO). Na kraju svake od analiza prikazuju su dobiveni rezultati.

1.3. Struktura rada

Rad se sastoji od šest glavnih dijelova odnosno cjelina. Prvi dio je uvod i u njemu se nalaze definiranje predmeta rada, ciljevi rada i struktura rada. Definiranjem predmeta rada objašnjena je osnova rada, ciljevima rada su definirani ciljevi ovog rada, a u strukturi rada je objašnjen koncept rada. Drugi dio predstavlja opis zgrade sa nacrtima postojećeg stanja konstrukcije iz kojih su očitani elementi konstrukcije i njihove dimenzije koji su korišteni za izradu prostornih modela. Također opisani su seizmički parametri koji su korišteni u analizama potresne otpornosti zgrade. Treći dio je glavni dio rada i u njemu su prikazane provedene analize seizmičke otpornosti. Provedene su gruba seizmička analiza, analiza metodom spektra odziva i analiza metodom postupnog guranja. Četvrti dio prikazuje pregled i usporedbu dobivenih rezultata svih provedenih i gore navedenih seizmičkih analiza. Određen je slabiji smjer, navedena najveća i najmanja otpornost te su prikazane razlike između analiza. Peti dio predstavlja zaključak u kojem je završna riječ. Šesti dio je popis literature gdje su navedeni izvori korišteni u realizaciji ovog rada.

2. Tehnički opis – parametri za proračun

U poglavlju dva dan je opis zgrade sa nacrtima postojećeg stanja konstrukcije iz kojih su očitani elementi konstrukcije i njihove dimenzije koji su korišteni za izradu prostornih modela. Također opisani su seizmički parametri koji su korišteni u analizama potresne otpornosti zgrade.

2.1. Opis zgrade

Stambena zgrada koju čini sedam etaža (Su+Pr+5 kata) izgrađena je na katastarskoj čestici broj 6025, katastarske općine Centar. Zgrada se nalazi na uglu Palmotićeve ulice i Boškovićeve ulice u Zagrebu. Ulično pročelje orjetirano je prema zapadu (Palmotićeve) i jugu (Boškovićeve), a dvorišno pročelje prema sjeveru i istoku.

Kuća Hirschl na uglu Palmotićeve 27 /Boškovićeve podignuta je 1910. godine prema projektu Otta Goldscheidera (arhitektonski biro Hönigsberg & Deutsch). Kasnosecesijska uglovnica s različito oblikovanim pročeljima. U arhitektonskoj kompoziciji vidljiva je asimetrija u pozicioniranju erkera i ritmu prozorskih otvora. Na trokatnici je 1938./1939. izvedena dvokatna terasasta nadogradnja prema projektu Stjepana Planića. Radove je izveo ovlašteni graditelj Franjo Car. [1]



Slika 2.1 Pogled na predmetnu zgradu na uglu Palmotićeve 27 /Boškovićeve [1]



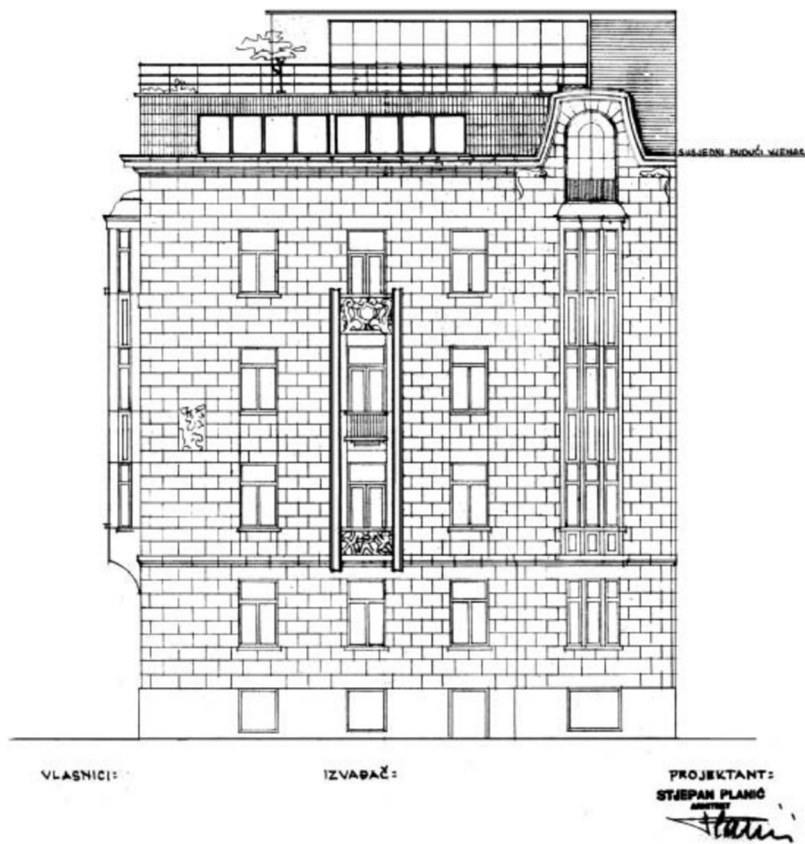
Slika 2.2 Ploča s godinom gradnje te projektnim uredom kod ulaza u zgradu [1]



Slika 2.3 Originalni izgled zgrade fotografiran po dovršetku gradnje 1910. godine [2]



Slika 2.4 Nacrt originalnog zapadnog pročelja zgrade [3]



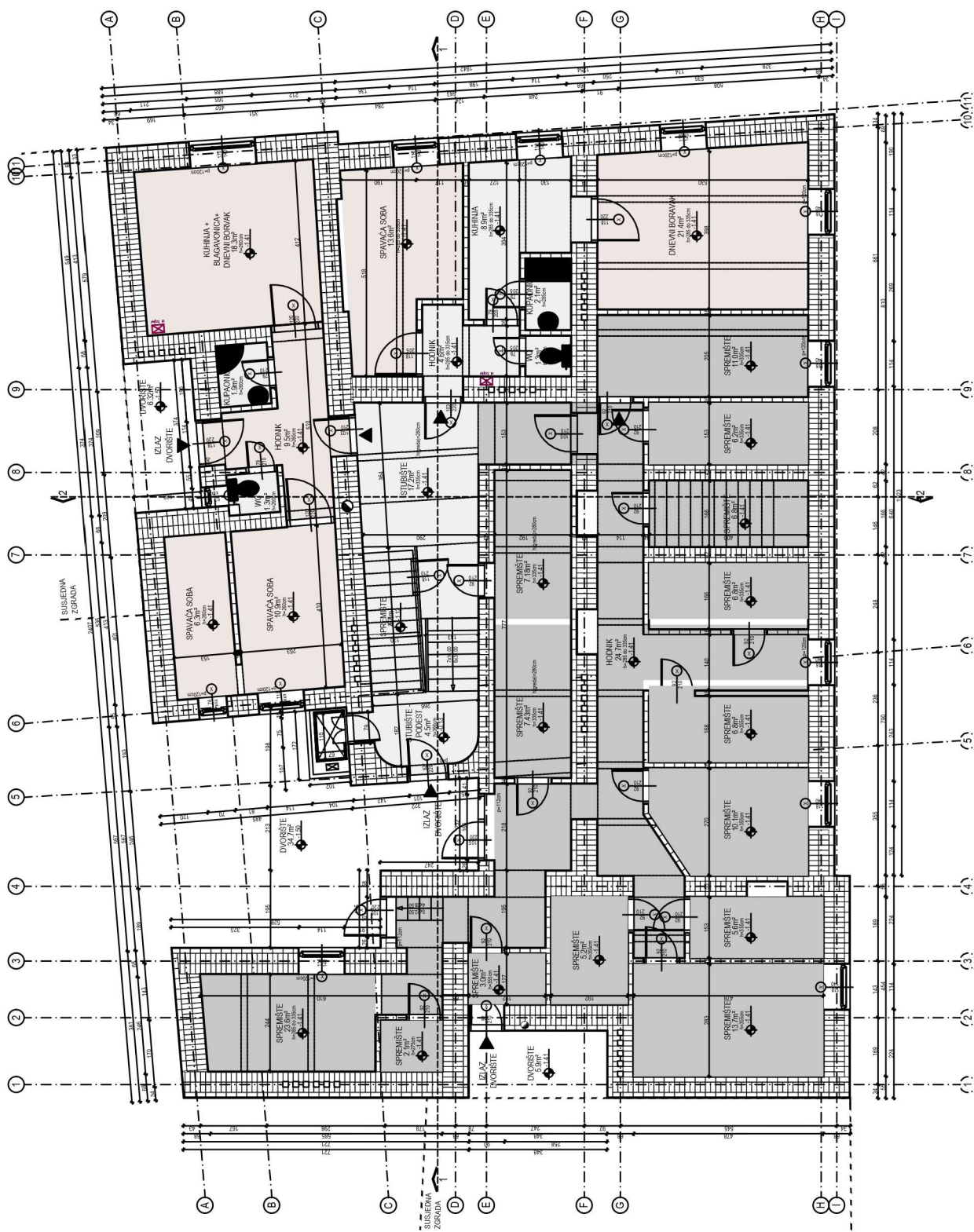
Slika 2.5 Nacrt južnog pročelja nadogradnje [4]

Konstruktivni zgradu čini zidana vertikalna nosiva konstrukcija zidana od opeke „normalnog formata“ u vapnenom mortu te na zadnjoj etaži drvena nosiva konstrukcija s međukatnim konstrukcijama izvedenima kao drveni grednik i u suterenu kao „Pruski svod“.

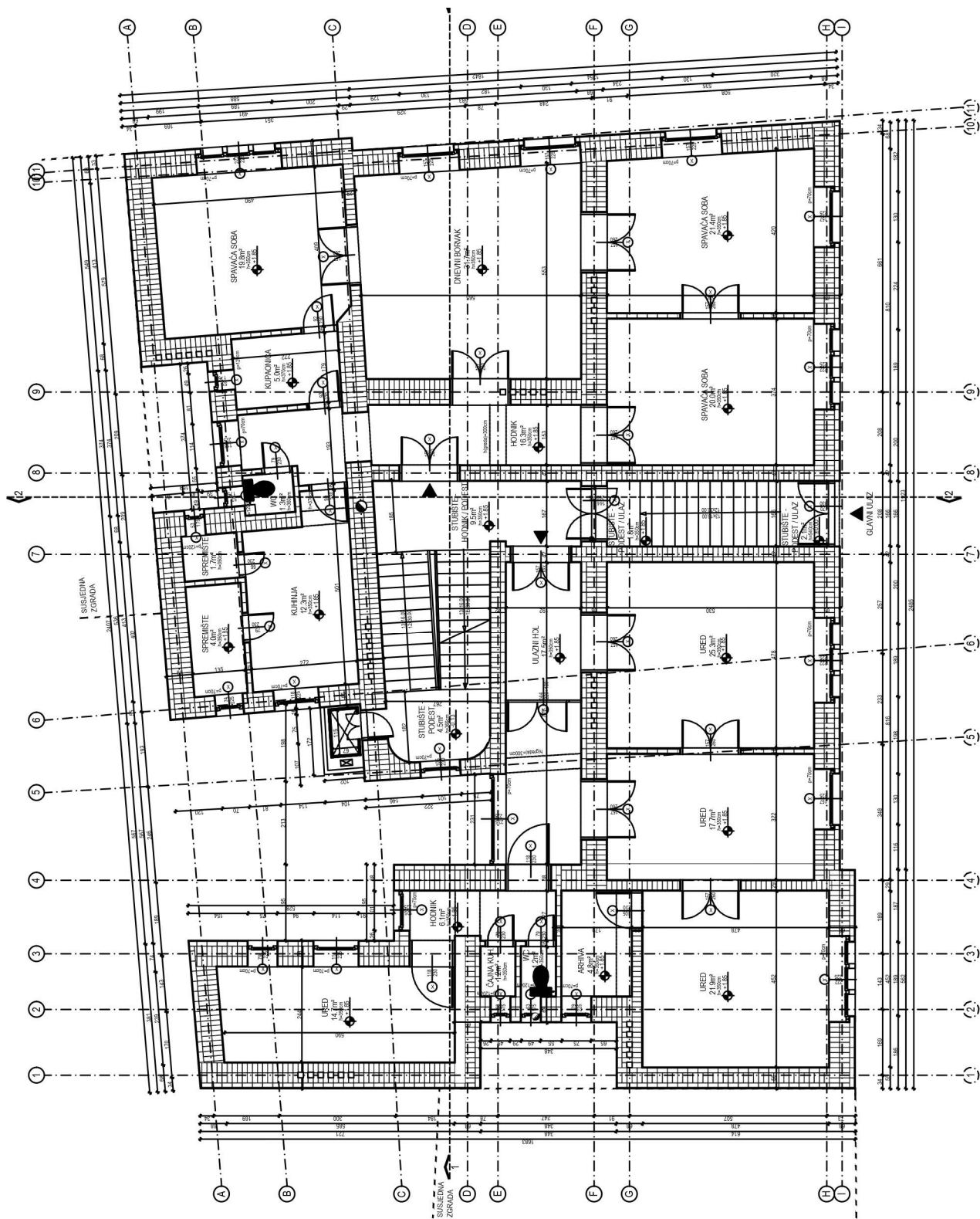
Na originalni objekt izvedena je nadogradnja 4. kata na način da većim dijelom prati konstruktivni sustav donjih etaža, s manjim širinama nosivih zidova. Nadogradnja 5. kata je izvedena kao laka drvena konstrukcija ravnog krova. Terasa se proteže cijelom dužinom zapadnog pročelja od kraja rizalita i nastavlja se na jug (Boškovićeve) sve do južnog rizalita.

2.1.1. Nacrti postojećeg stanja

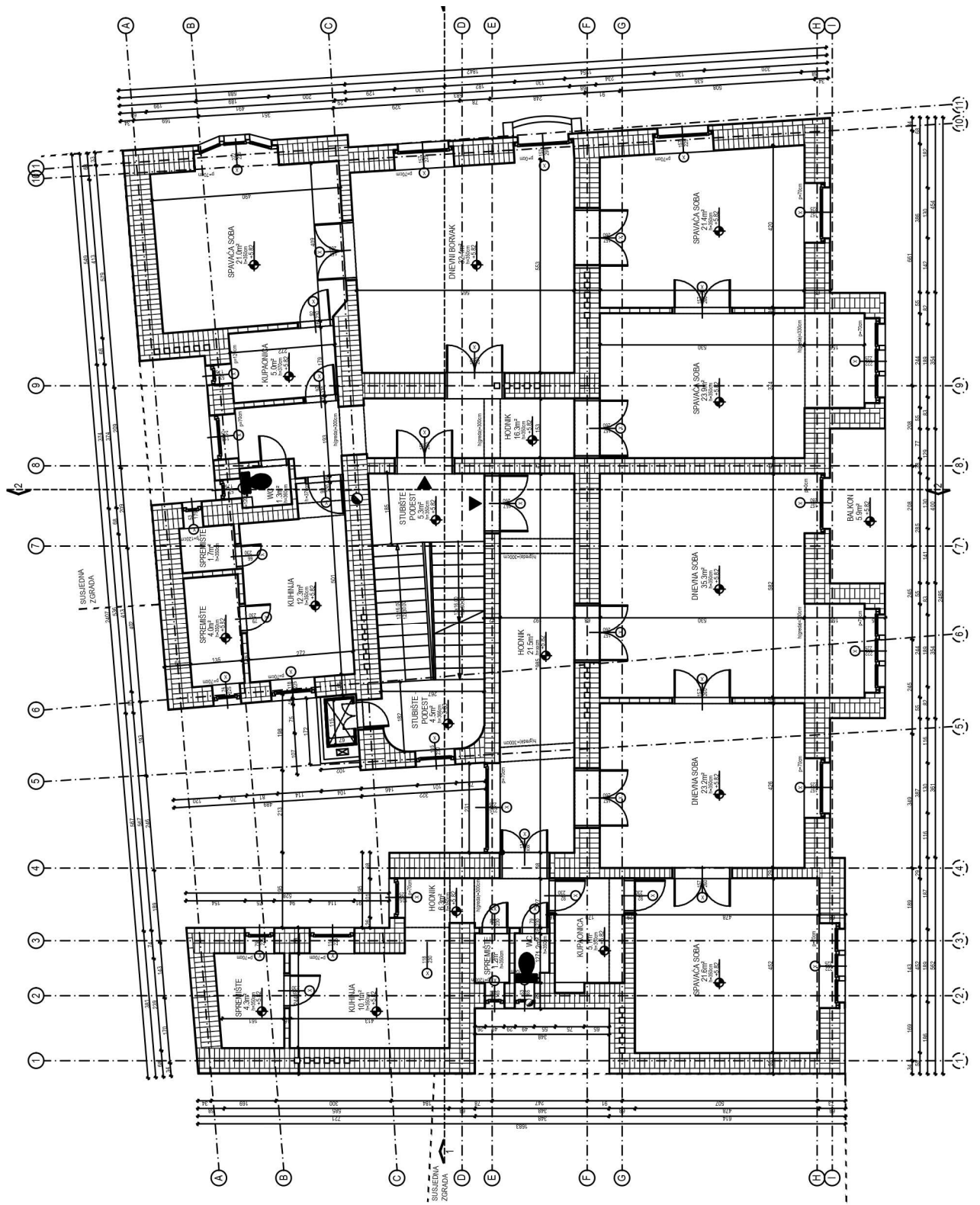
U nastavku su prikazani relevantni nacrti za izradu modela konstrukcije, a to su tlocrti i presjeci postojećeg stanja konstrukcije.



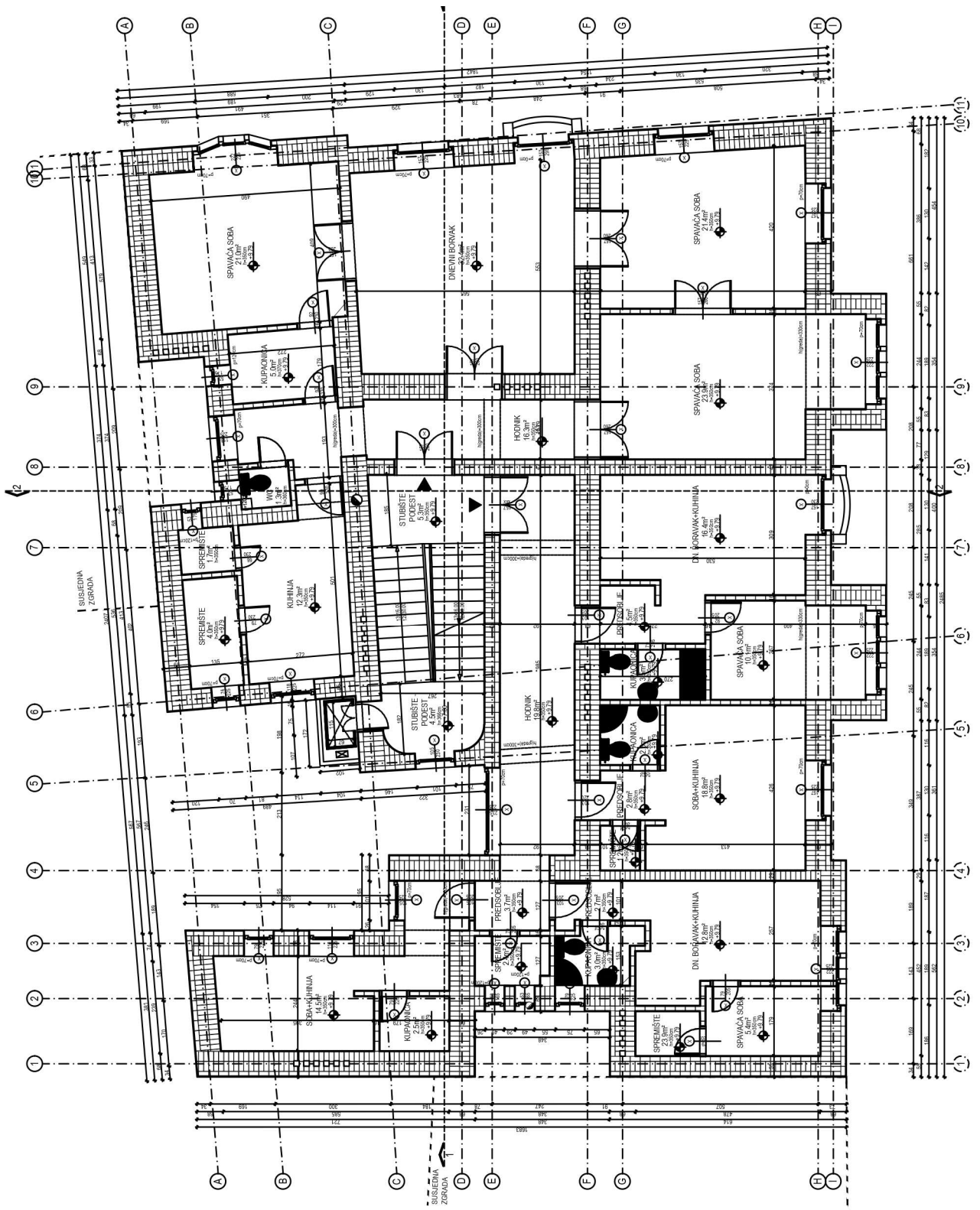
Slika 2.6 Prikaz tlocrta suterena



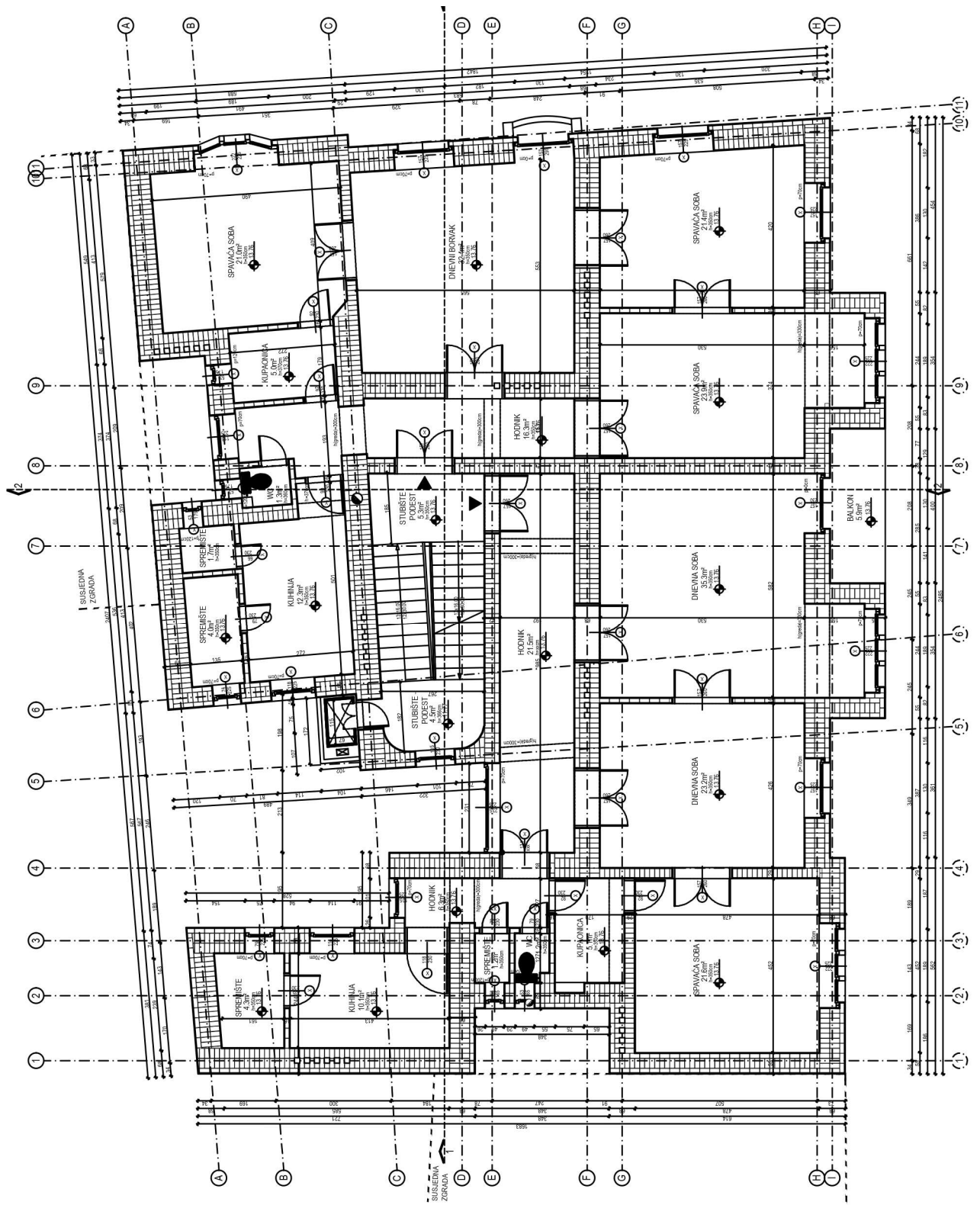
Slika 2.7 Prikaz tlocrt prizemlja



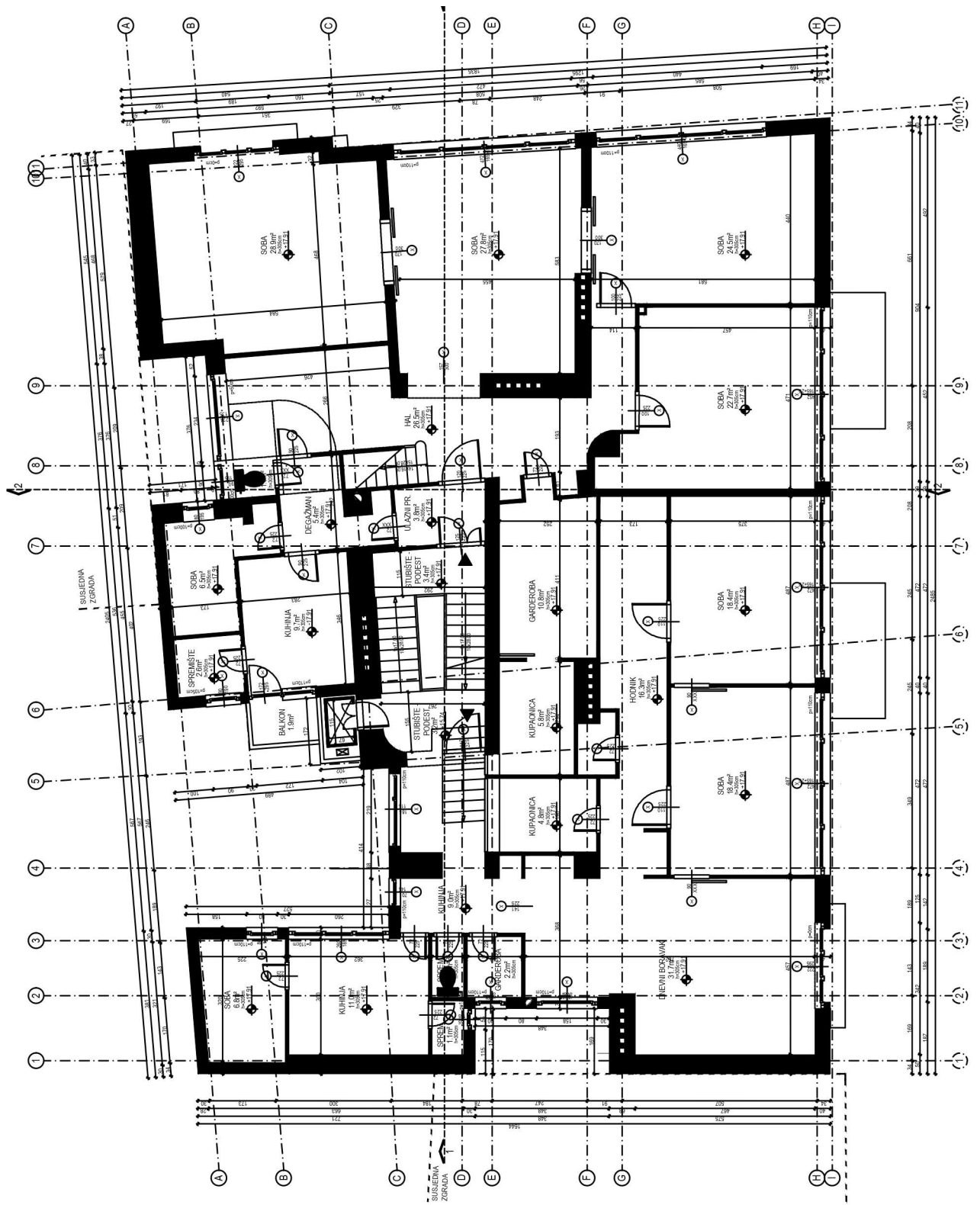
Slika 2.8 Prikaz tlocrta 1. kata



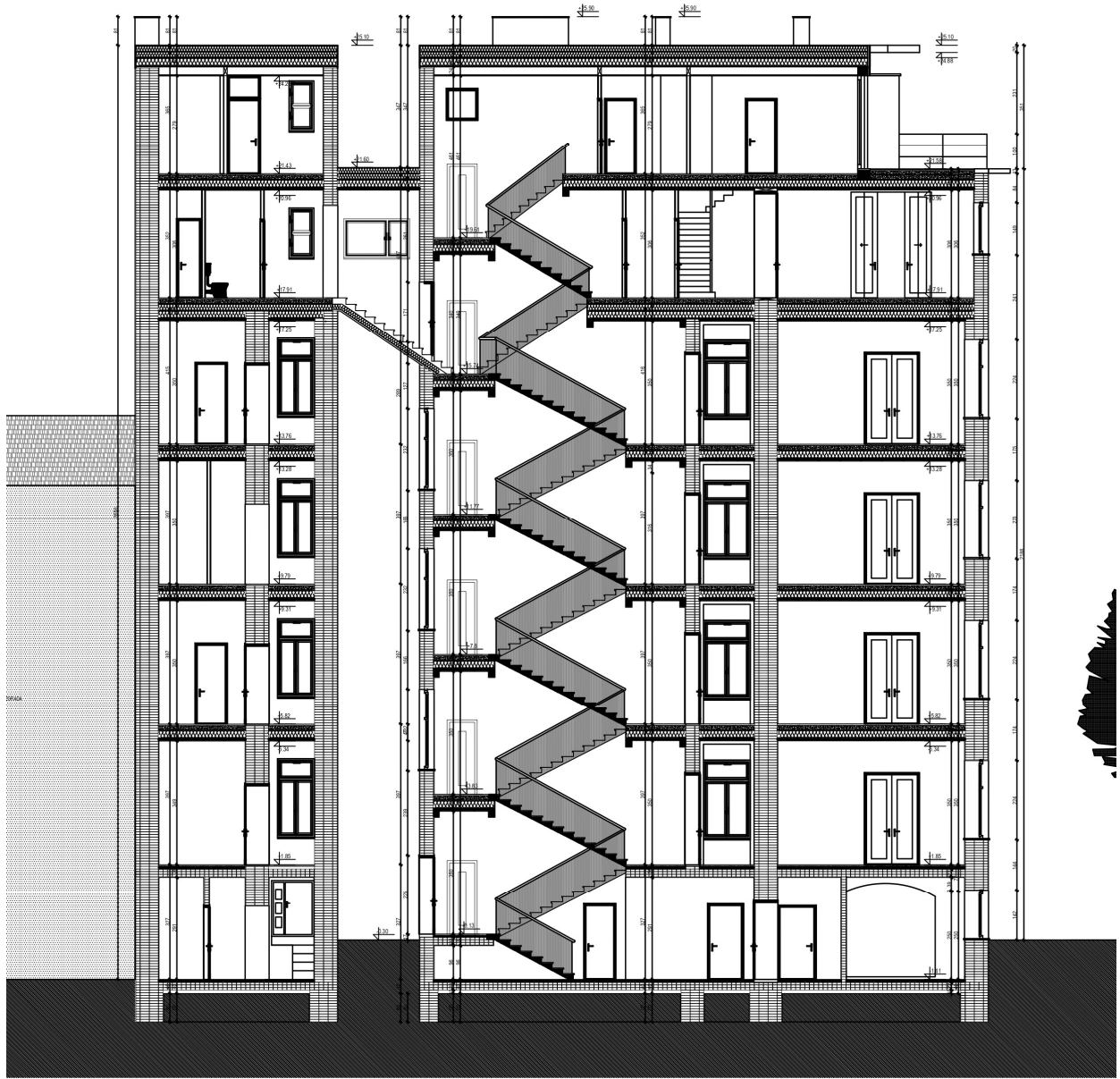
Slika 2.9 Prikaz tlocrta 2. kata



Slika 2.10 Prikaz tlocrta 3. kata



Slika 2.11 Prikaz tlocrta 4. kata



Slika 2.13 Prikaz tlocrta 1-1



Slika 2.14 Prikaz tlocrta 2-2

2.1.2. Nosivi zidovi

Vertikalnu nosivu konstrukciju zgrade čine zidani nosivi zidovi od pune opeke „normalnog formata“ dimenzija 25x12x6.5 cm zidani u vapnenom mortu te na zadnjoj etaži drvena nosiva konstrukcija. Kod predmetne zgrade tlocrtni raspored zidova je razveden i pomalo neuredan, što je posljedica želje da se maksimalno iskoristi površina čestice za gradnju.

Uobičajena debljina nosivih zidova je 64 cm kroz originalno projektirane i izgrađene etaže. Opeka je zidana na različite načine, odnosno zidana je različitim vezovima. Nosivi zidovi su promjenjivih debljina i one se mijenjaju po visini objekta i kod različitim pozicija

zidova te variraju od 38 cm do 64 cm za originalni dio zgrade. Događeni dio je zidan u debljini od 30 do 50 cm.



Slika 2.15 Prikaz nosivih zidova zgrade s pripadajućim oznakama

Napomene za zidove i dijelove zidova označeni crvenom bojom:

ZY3 i ZX4: Nejasan je detalj oslanjanja međukatne konstrukcije na zapadnom dijelu zida ZV3 i južnom dijelu zida ZX4, koji nisu dimenzija nosivih zidova po cijeloj svojoj visini.

ZY11 i ZY12: nosivi zidovi samo u podrumu. Na mjestu zida ZY12 se nalaze pregradni zidovi na gornjim etažama.

ZY7: pregradni zid koji počinje od etaže prizemlja, te treba provjeriti način oslanjanja (vjerojatno je oslonjen na čeličnu traverzu).

2.1.3. Međukatna konstrukcija

Međukatna konstrukcija iznad suterena je „Pruski svod“ prema pravilima iz vremena gradnje (zbog zaštite od požara, ali i veće nosivosti od drvenog grednika).

Međukatne konstrukcije od prizemlja do 2. kata izvedene su kao drveni grednik.

Međukatna konstrukcija iznad 3. kata koja je prema originalnom projektu bila ploča prema tavanskom prostoru je izvedena od drvenih oblica također prema pravilima iz vremena gradnje (zbog zaštite od požara).

Nadograđeni dijelovi zgrade 4. i 5. kat imaju izvedene međukatne konstrukcije tipa drveni grednik s hidroizolacijskim slojem i zaštitnim teškim slojem (na terasi 4. kata taraco ploče, na krovu šljunak).

2.1.4. Temelji

S obzirom na vremensko razdoblje gradnje i tadašnje načine gradnje za očekivati je da je temeljenje izvedeno temeljnim trakama od kamena ili opeke. Širina temelja je 10 cm veća od širine nosivih zidova i minimalne visine 80 cm.

2.1.5. Pregradni zidovi

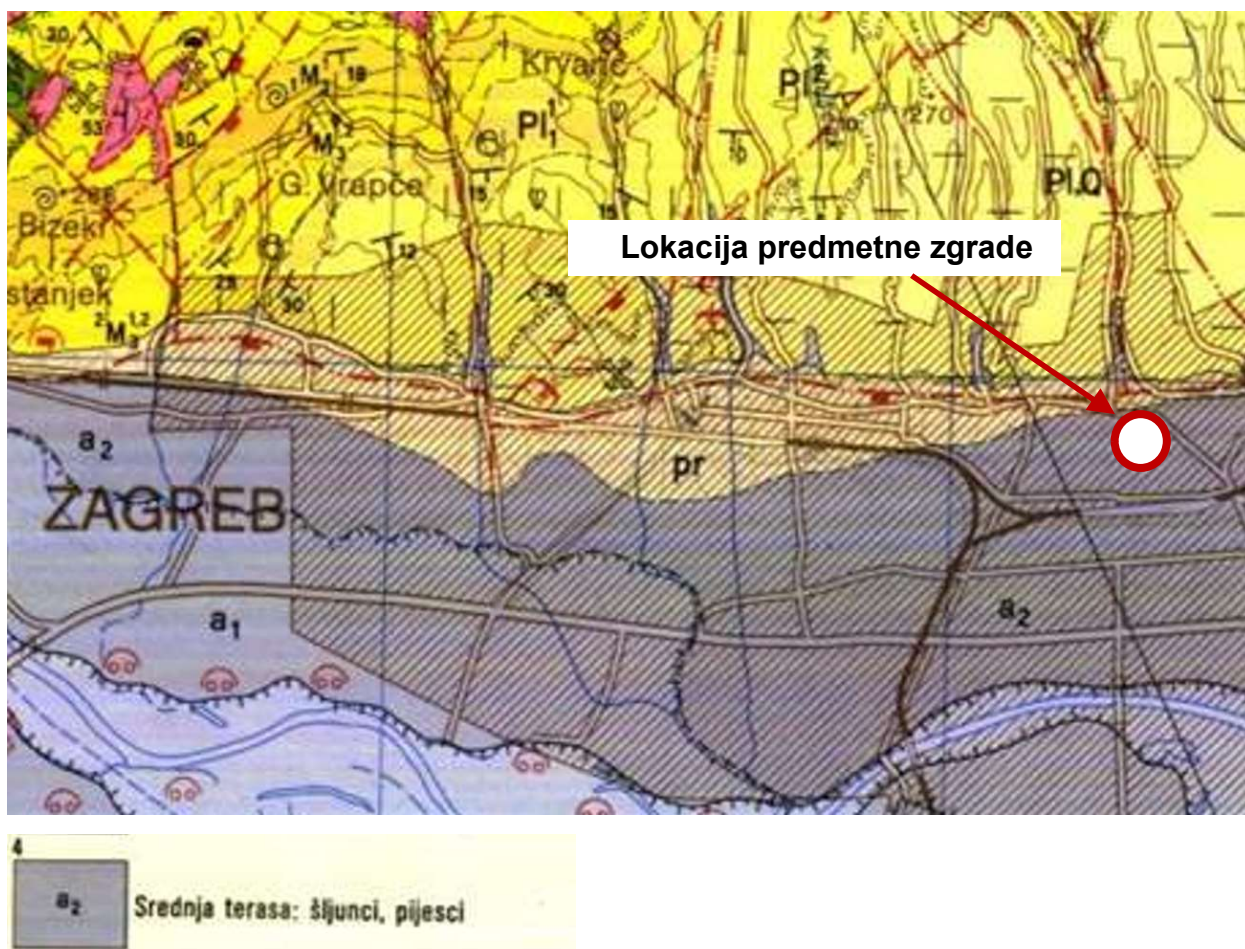
Pregradni zidovi koji su značajnih dimenzija su originalni zidovi. Nisu primijećene bitne izmjene na njima u smislu otvaranja novih otvora ili zazidavanja postojećih. Manje izmjene su primjetne u sanitarnim i pomoćnim prostorima (sjeverni i zapadni dijelovi zgrade).

2.2. Seizmički parametri i geološki sastav tla

U nastavku su prikazani pregledi Osnovne geološke karte, tektonike područja i seizmičnost istog te su opisani seizmički parametri bitni za analize seizmičke otpornosti, a to su: horizontalno vršno ubrzanje tla, kategorija tla na kojem je zgrada temeljena te faktor važnosti zgrade.

2.2.1. Osnovna geološka karta

Čitanjem Osnovne geološke karte (slika 2.16), vidljivo je da se predmetna zgrada nalazi na području kraja holocena.



Slika 2.16 Osnovna geološka karta promatranog područja [5]

Tlo na lokaciji predmetne zgrade sastoji se od šljunka i pijeska.

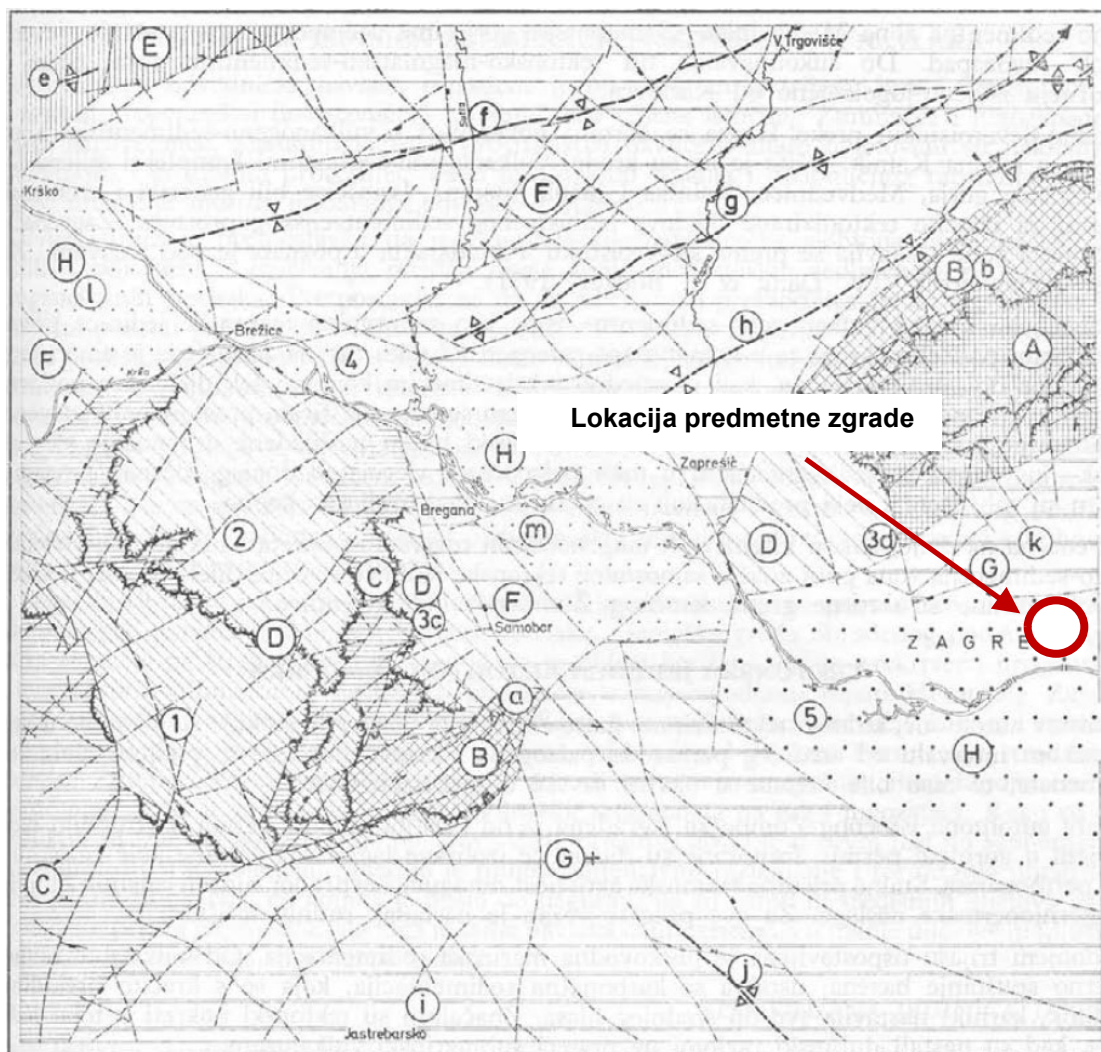
Aluvijalni nanos druge savske terase (a₂)

Druga savska terasa razvijena je uz manje prekide duž čitavog toka rijeke Save na listu Zagreb. Nastala je usijecanjem Save u aluvijalne sedimente, koje je prije nanijela.

Terasni odsjek ima najveću visinu u Krškom polju, gdje iznosi 3 – 5 m. Na tom području njegova visina opada, od zapada prema istoku. U zapadnom dijelu Brežičko - Samoborskog polja, ova terasa nije razvijena. Ponovno se pojavljuje na lijevoj obali Save kod V. Dobove, a na desnoj kod Bregane zatim se bez prekida proteže do istočne granice lista. U tom dijelu visina terasnog odsjeka varira od 1 – 2 m. Druga savska terasa sastoji se od izmjene krupnozrnih šljunaka i pijesaka. Količina pijeska u odnosu na šljunak povećava se od sjeverozapada prema jugoistoku, tj. u smjeru toka Save. U istom smjeru opada i promjer valutica i veličina zrna pijeska. Iz profila bušotine Z-13, Z-16, Z-18, Z-30 i Z-35 koje su bušene u ovoj terasi, vidljivo je, da stalno prevladava šljunak i da su slojevi pijeska dosta rijetki i tanki. Petrografski sastav valutica vrlo je različit. Najčešće se pojavljuju dobro zaobljene i izdužene valutice karbonatnih stijena, zatim valutice rožnjaka, kvarcita, pješčenjaka i eruptiva. Promjer valutica varira od 3 – 5 cm, a u Krškom polju vrlo se često pojavljuju valutice promjera 7 – 10 cm. Pijesak je krupnozrn, dosta dobro sortiran. Na čitavom području druga savska terasa ima dosta ujednačen mineralni sastav sedimenata. Među prozirnim teškim mineralima prevladavaju granat 17 – 35%, epidot 11 – 20% i aktinolit 8 – 21%. Sporedni minerali su staurolit, disten, rutil i titanit. U lakoj mineralnoj frakciji uvijek dominira kvarc 64 - 88%, dok postotak feldspata, muskovita i čestice stijena varira 7 – 18%. Debljina naslaga druge savske terase dosta varira, jer su one taložene nakon intenzivne erozije. Isto tako na debljinu ovih naslaga znatno su utjecali neotektonski pokreti koji su bili vrlo intenzivni u Savskoj dolini. Iz profila navedenih bušotina vidljivo je da debljina šljunka i pijeska u Krškom polju varira od 6 – 12,5 m. U sjevernom dijelu Brežičko – Samoborskog polja debljina šljunka i pijeska iznosi 10 – 13 m, a u južnom 40 – 45 m. (Kovačević i Capar, 1972). Isti autori navode da se na području Sv. Nedelje i Samobora u podlozi šljunka i pijeska nalazi prašinast pijesak, koji možda odgovara lesu. Na području zagrebačke depresije prema D. Borčić i sur. (1968) debljina šljunka i pijeska druge savske terase iznosi 10 – 20 m. Zbog velike debljine i dobre kvalitete šljunak se iz ove terase eksploatira na mnogo mjesta. Najveće šljunčare su u Krškom polju, zatim između Savskog Marofa i Zaprešića, te u okolici Zagreba. Na aluvijalnim naslagama druge savske terase nisu nađeni provodni fosili, pa je njezina starost određena na osnovu položaja prema gornjopleistocenskim naslagama kod Brezine i Samobora. Tu je, vidljivo, kako su naslage druge savske terase taložene na već prije erodirane naslage barskog lesa, koji je taložen u gornjem pleistocenu. [6]

2.2.2. Tektonika područja

Područje lista Zagreb, podijeljeno je u 8 tektonskih jedinica. Podjela je izvršena na temelju rekonstrukcije tektonskih pokreta, koji su svojim intenzitetom i u pojedinim odsječcima vremena prouzrokovali paleogeografske promjene i na taj način neposredno utjecali na genezu i na cjelokupnu evoluciju područja. Vrijeme pojave takvih značajnih kretanja ujedno determinira početak diferencijacije određenog stijenskog kompleksa koji tada, u odnosu prema okolini, poprima karakter tektonske jedinice. Novi poremećaji mogu narušiti njenu osebujnost i ona tada gubi raniji strukturni značaj. Postoji mogućnost da se u kasnim fazama, zajedno sa strukturnim elementima okoline, ponovno formira u novi oblik određenog tektonskog ranga. Takvo shvaćanje tektonske jedinice zahtijevalo je da u njenu interpretaciju uđu elementi, koji objašnjavaju uzrok postanka, genezu, funkciju i današnji položaj u odnosu prema okolnim strukturama. Samim tim je građa recentnog strukturnog sklopa, iako veoma značajna, prestala biti najvažnijim kriterijem u tektonskoj rajonizaciji područja. Kao primjer može se navesti horst Medvednice, koji danas predstavlja samostalnu strukturnu formu, a u biti je izgrađen od dijelova triju različitih tektonskih jedinica. [6]



Slika 2.17 Pregledna tektonska karta lista Zagreb [6]

A. Tektonska jedinica: Kristalin Medvednice. B. Tektonska jedinica: Vulkanogeno-sedimentna zona, a. Vulkanogeno-sedimentni kompleks Samoborskog gorja, b. Vulkanogeno-sedimentni kompleks Medvednice, C. Tektonska jedinica: Autohton Žumberka, D. Tektonska jedinica Žumberačko-medvednička navlaka, 1. Strukturna jedinica Japetić, 2. Strukturna jedinica Goli Crnik, 3. Strukturna jedinica Vrhovčak-Zakličnica. c. Vrhovčak, d. Zakićnica, E. Tektonska jedinica Posavske bore, e. Antiklinala Orlica, F. Tektonska jedinica Zagorski tercijalni bazen, f. Sinklinala Breznica, V. Trgovišće, g. Antiklinala Marija Gorica, D. Stubica, h. Sinklinala Brdovec Stubičko podgorje, G. Tektonska jedinica Savski tercijalni bazen, i. Depresija Crna Mlaka, j. Antiklinala Vukomeričke gorice, k. Zagrebačko prigorje, **H. Tektonska jedinica Savska potolina**, 4. Strukturna jedinica Krško i Brezničko-Samoborsko polje, 1. Krško polje, m. Brezničko-Samoborsko polje, 5. Strukturna jedinica Zagrebačka depresija [6]

H. Tektonska jedinica Savska potolina

Na području između Krškog na sjeverozapadu i Zagreba na jugoistoku leži dolina Save ispunjena nevezanim, aluvijalnim sedimentima. Postanak obrađenog dijela Savske potoline uvjetovan je tektonskim pokretima čija je aktivnost počela krajem pleistocena ili početkom holocena. Tada je na jugu Hrvatskog zagorja u jugoistočnim padinama Medvednice i Žumberka, duž značajnih rubnih rasjeda dinarskog pružanja, došlo do

spuštanja blokova i djelomičnog razlamanja neogenskih donjopleistocenskih struktura prostorne orijentacije sjeveroistok – jugozapad. Razorena su i uzvišenja između Podsuseda i Sv. Nedelje kao i kod Brežica. Ta su uzvišenja u toku neogena i većeg dijela pleistocena povremeno razdvajala prostore Savskog i Zagorskog bazena, odnosno sinklinalna područja unutar depresije Hrvatskog zagorja. Istovremeno ili možda nešto kasnije nastali su rasjedi protezanja sjever – jug, duž kojih su formirane doline donjeg toka Sutle i Krapine. Ta tektonska aktivnost, zajedno s razlamanjem pretercijanih stijena na današnjem prostoru Krške klisure, omogućilo je prodor vodenih masa u netom formirane nizinske prostore Krškog polja, Brezičko-Samoborskog polja i Zagrebačke depresije. Tada je izvršeno i najjače nasipavanje aluvijalnog materijala u ove nizinske prostore. Stvaranje rubnih terasnih odsjeka nastalih urezivanjem vodenog toka u neogenske ili pretercijarne stijene kontrolirano je rasjedima koji leže uz bokove savske doline. Rubni terasni odsjeci predstavljaju granicu ove tektonske jedinice prema jugozapadu i sjeveroistoku i ujedno markiraju područje van kojega vode savskog toka nisu nikada doprle. Te morfološke forme označene su kao rubni terasni odsjeci zato što im je postanak i oblik vezan za eroziju riječnog toka. U kasnijim fazama evolucije Savske potoline, ovisno o snazi vodenog toka, istovremeno s donosom materijala vodama Save i njenih pritoka, vrši se i premještanje već istaloženih aluvijalnih sedimenata. Kada je pad savske doline nizvodno od Krškog bio veoma blag, to se je energija vodenog toka manifestirala pojavama bočne erozije, dok su procesi dubinske erozije bili manjeg intenziteta. Posljedica su brojne pojave meandriranja kao i ostataka starih tokova u vidu mrtvaja i sprudova. Rezultat bočne erozije vodenog toka jest i postanak terasnih odsjeka i s tim u vezi akumulacionih terasa, koje je Sava formirala urezujući se u vlastiti nanos. [6]

2.2.3. Seizmičnost promatranog područja

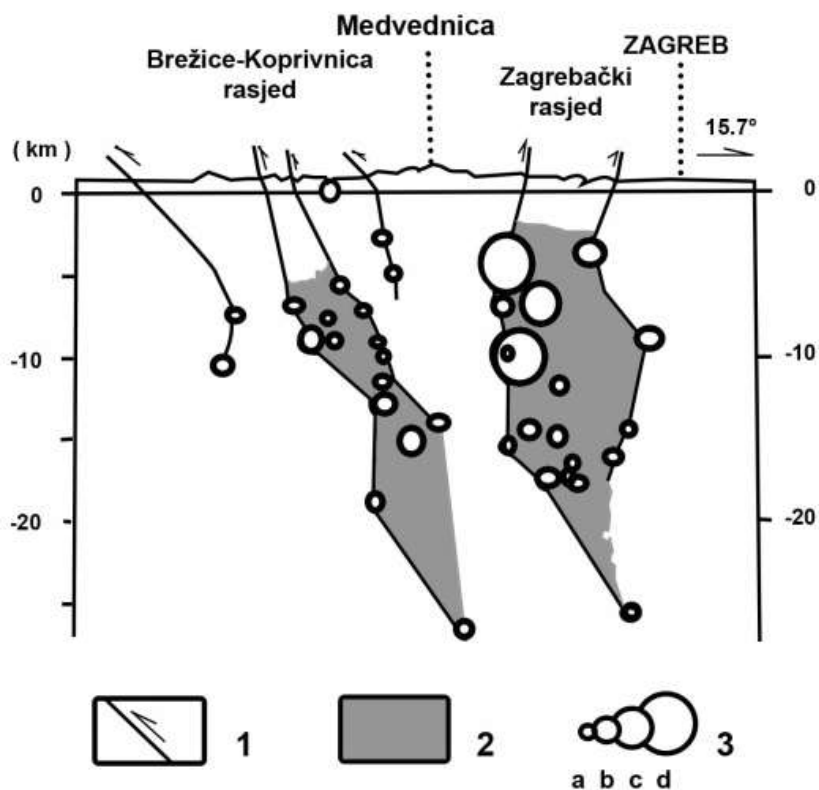
Seizmičnost sjeverozapadne Hrvatske može se okarakterizirati kao umjerena s rijetkim pojavama jačih potresa. Medvednica i šira okolica Zagreba pripadaju seizmotektonski aktivnom području. Na tu činjenicu ukazuju povijesni podatci o potresima i ne tako davna seizmička aktivnost. Kada govorimo o geološkom položaju, navedeno je područje smješteno na granici između zapadnog i središnjeg dijela Panonskog bazena. Njegovu granicu određuje žumberačko-medvednički rasjed širine 12–25 km, duljine 100 km i orijentacije sjeveroistok–jugozapad (Kuk i dr. 2000). Općenito, tektonska aktivnost Zagreba uvjetovana je pokretima u regionalnom strukturnom sklopu u kojem vrlo važnu

ulogu igra Jadranska mikroploča koja uzrokuje jaku kompresiju u području Alpa i sjevernog dijela Dinarida. Regionalni stres dodatno pokazuje najjaču kompresiju u području žumberačko-medvedničkog rasjeda, Ivanščice i Kalnika. Područje samog grada Zagreba presijeca zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda: Podsused – Markuševac – Kašina – Zelina i Kerestinec – Ilica – Maksimir – Sesvete (slika 2.18). [7]



Slika 2.18 Zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda [7]

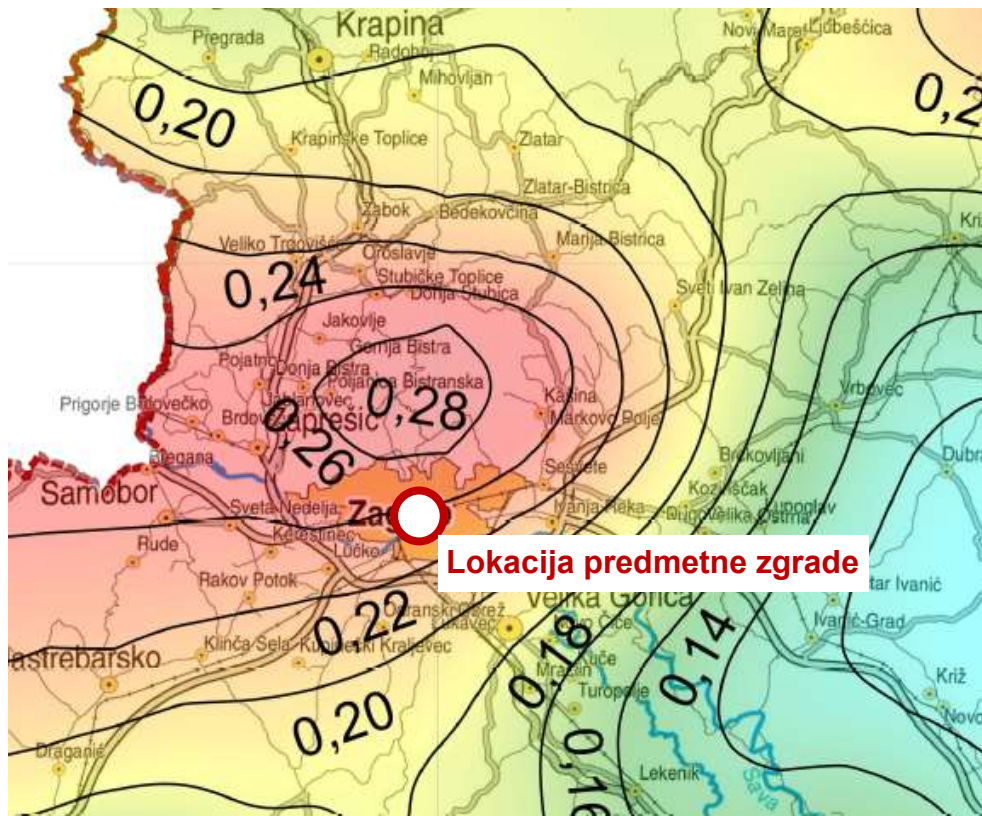
Zajedno, oni čine snop paralelnih rasjeda različita karaktera i nagiba. Najčešći nagibi u prostoru su između 70° i 80° (Herak i dr. 2009). U dolini Save su još dva reversna rasjeda orijentacije jug–jugoistok. U Medvednici se ističe rasjed Bistra – Laz, orijentiran sjever–zapad, širok 1 km. Uz njega, veliku važnost ima rasjed Stubica–Kašina koji Medvednicu dijeli na dva dijela. Pojave potresa prema pravilu ovise o rasporedu masa stijena u dubini (u Medvednici su relativno velike gustoće) i mogućim deformacijama izazvanim kompresijom (zapadnog dijela Panonskog bazena). Najveće koncentracije žarišta potresa na ovom području su na dubini između 5 i 15 km (slika 2.19). Ako uzmemo u obzir kompresiju prostora u zoni žumberačko – medvedničkog rasjeda, tektonske pomake dijelova Medvednice, amplitude pokreta i potrese koji su se dogodili, možemo izdvojiti seizmički najaktivniji prostor, odnosno dionicu zagrebačkog rasjeda između Markuševca i Moravča, u duljini od oko 20 km. Također, koncentraciji žarišta potresa pridonose i pomaci blokova Medvednice u zoni rasjeda Stubica – Kašina. [7]



Slika 2.19 Žarišta potresa na ovom području [7]

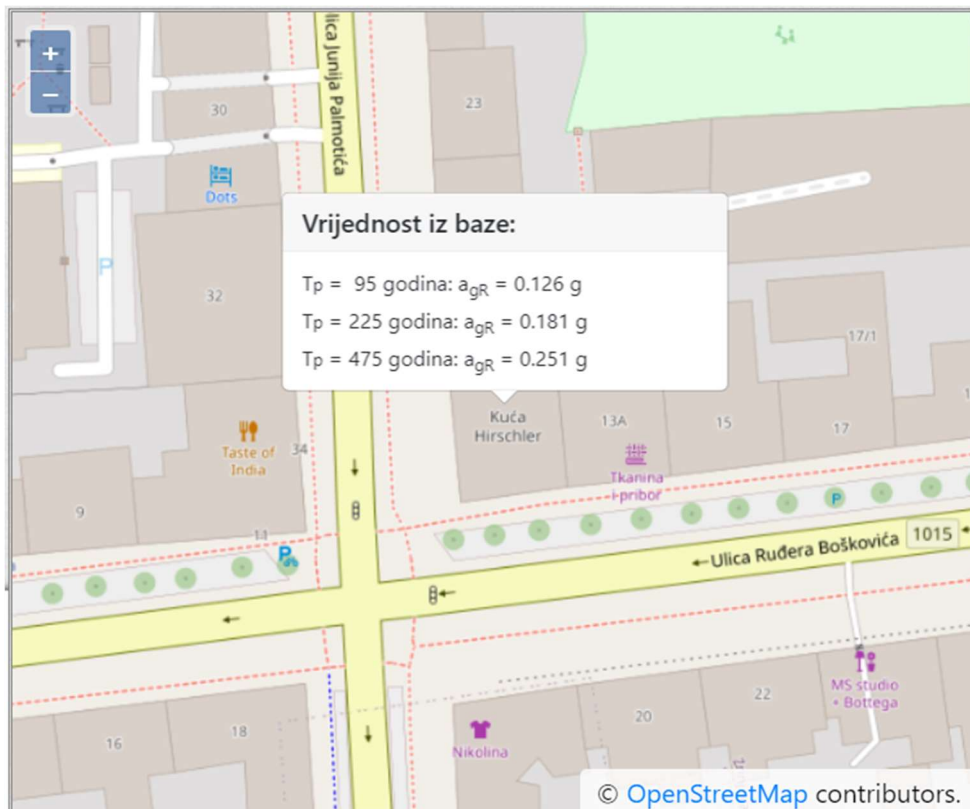
2.2.4. Horizontalno vršno ubrzanje tla

Horizontalno vršno ubrzanje tla određuje se prema nacionalnom dodatku Eurocode-a 8 preko seizmičke karte. Karte potresnih područja Republike Hrvatske izrađene su za povratna razdoblja od 475, 225 i 95 godina. Sve navedene karte dostupne su na internetskim stranicama seizmološkog zavoda.



Lokacija predmetne zgrade

Slika 2.20 Relevantni dio karte potresnih područja za povratno razdoblje od 475 godina [8]



Slika 2.21 Lokacija predmetne zgrade sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95, 225$ i 475 godina [9]

Očitana horizontalna vršna ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) sa slike 2.21 iznose:

Za 95 godišnje povratno razdoblje $a_{gR} = 0.126 g$

Za 225 godišnje povratno razdoblje $a_{gR} = 0.181 g$

Za 475 godišnje povratno razdoblje $a_{gR} = 0.251 g$

2.2.5. Kategorija tla

Tlo na kojem je temeljena predmetna građevina spada u tip tla „B“ koji označava nanose vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom. [10] Kategorije tla prema Eurocode-u 8 i njihove karakteristične vrijednosti prikazane su na slici 2.22.

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT} [n/30cm]	C_u [kPa]
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najmanje 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	–	–
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	> 50	> 250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlama.	< 180	< 15	< 70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800 m/s	–	–	–
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($I_p > 40$) i visokim sadržajem vode	< 100	–	10 - 20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1	–	–	–

$V_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;
 N_{spt} - standardni penetracijski test (broj udaraca); C_u - posmična čvrstoća tla

Slika 2.22 Kategorije tla prema seizmičnosti [10]

2.2.6. Faktor važnosti zgrade

Predmetna zgrada spada u kategoriju važnosti II te njezin faktor važnosti iznosi 1,0. Faktor važnosti zgrade očitao je iz Eurocode-a 8, a sve kategorije važnosti zgrada prikazane na slici 2.23.

Kategorija važnosti zgrade	Opis zgrade	Faktor važnosti γ_f
IV	Zgrade čija je cjelovitost neposredno nakon potresa životno važna za zaštitu ljudi: npr. zgrade državnih tijela razine ministarstva, vlade i sabora; bolnice; zgrade s kapitlno opremom za telekomunikacijske i radio veze; zgrade zračnih luka; zgrade profesionalnih vatrogasnih jedinica, zgrade policijskih postaja županijske razine; zgrade elektrana i energana; spremnici opasnih tvari	1,4
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna zbog posljedica vezanih uz rušenje: osnovne i srednje škole; zgrade s kinodvoranama; zgrade s dvoranama za skupove veće od 100 osoba; đučki i studentski domovi, domovi za djecu s teškoćama; domovi umirovljenika; dječji vrtići; silosi, spremnici i dimnjaci viši od 30 m	1,2
II	Obične zgrade: stambene zgrade, poslovne zgrade, proizvodne zgrade, trgovačke zgrade, hoteli, zgrade sveučilišta, zgrade istraživačkih instituta, hale, skladišta, stadioni, javne garaže	1
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost: skladišta poljoprivrenih proizvoda; staje i peradarnici; skloništa	0,8

Slika 2.23 Faktori važnosti zgrada [10]

3. Analize seizmičke otpornosti

U trećem poglavlju prikazane su provedene analize seizmičke otpornosti. Provedene su gruba seizmička analiza, analiza metodom spektra odziva i analiza metodom postupnog guranja.

3.1. Gruba seizmička analiza

Na početku je proveden grubi seizmički proračun. Masa građevine izračunata je umnoškom tlocrtnih ploština prvih šest etaža $A_{\text{etaže}} = 388.00 \text{ m}^2$ te ploština posljednje etaže $A_{\text{etaže}} = 270.00 \text{ m}^2$ i procijenjene težine od $q_{\text{Ed}} = 15.00 \text{ kN/m}^2$ za konstrukciju prvih šest etaža te 7.00 kN/m^2 za konstrukciju posljednje etaže. Kod izračuna ploštine zida ne uzimaju se u obzir otvori. Predmetna zgrada spada u kategoriju uobičajene važnosti (razred važnosti II), pa se seizmičko djelovanje množi s faktorom važnosti 1,0. Tlo na kojem je temeljena predmetna građevina spada u tip tla „B“. Odabrani faktor ponašanja za nearmirano ziđe iznosi: 1.5.

Ukupna ploština stropa jedne etaže: 388 m^2 (posljednja etaža 270 m^2)

Procjena: $q_{\text{Ed}} = 15 \text{ kN/m}^2$ (posljednja etaža 7 kN/m^2)

Masa građevine – šest etaža zidane konstrukcije, jedna etaža drvena konstrukcija:

$$M = 6 \cdot 388 \cdot 15 + 1 \cdot 270 \cdot 7 = 36\,810.00 \text{ kN}$$

Seizmička sila (HRN EN 1998), kategorija tla B, faktor ponašanja 1.5:

$$S_d(T) = 0.251 \cdot 1.2 \cdot 2.5 \cdot 1 / 1.5 = 0.50 \quad (T = 475 \text{ g})$$

$$S_x = S_y = 0.50 \cdot 36\,810.00 = 18\,405.00 \text{ kN}$$

Ploština zidova prizemlja:

$$A_x = 43.37 \text{ m}^2 \quad (11,18 \% \text{ ploštine etaže})$$

$$A_y = 42.93 \text{ m}^2 \quad (11,07 \% \text{ ploštine etaže})$$

Prosječno naprezanje:

$$\sigma_x = 18405 / 43370 = 0.424 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 18405 / 42930 = 0.429 \text{ MPa}$$

Karakteristična osnovna posmična čvrstoća ziđa (prema HRN EN 1996): $f_{vk,0} = 0.1 \text{ MPa}$

Prosječno vertikalno naprezanje $\sigma_d = 0.4 \text{ MPa}$

Računska posmična čvrstoća (otpornost): $f_{v,d} = (0.1 + 0.4 \cdot 0.4) / 1.5 = 0.173 \text{ MPa}$

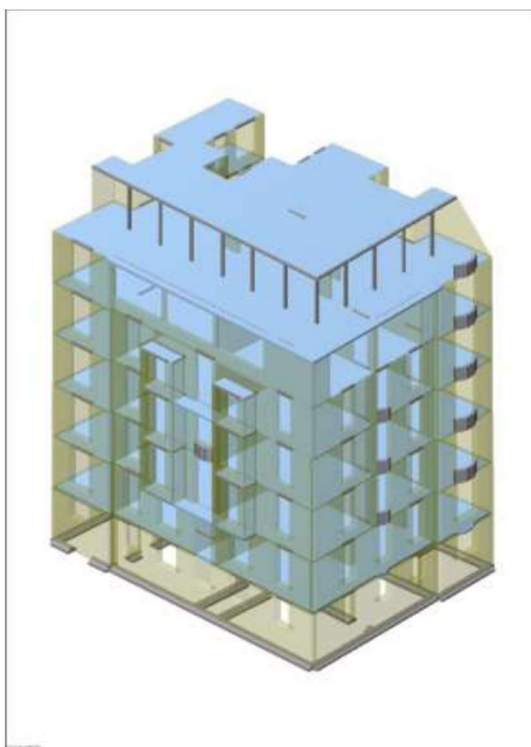
Postotak u odnosu na računsko djelovanje prema HRN EN 1998 za 475 god

$$\psi_x = 0.173 / 0.424 = 40.84\%$$

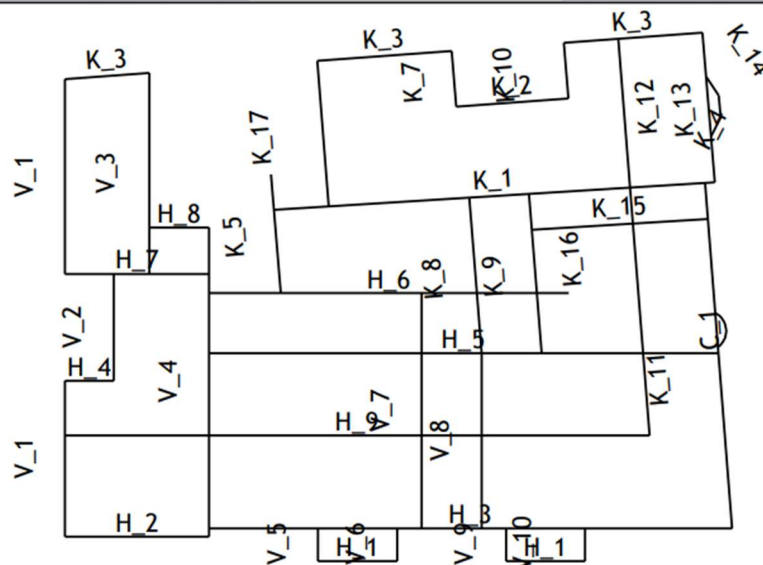
$$\psi_y = 0.173 / 0.429 = 40.43\%$$

3.2. Metoda spektra odziva





U nastavku je proveden linearno dinamički modalni proračun primjenom spektra odziva na prostornom modelu u programskom paketu Tower. Za zidove i međukatne konstrukcije korišteni su plošni elementi, a za grede i stupove štapni elementi. Zidovi su modelirani stvarnih dimenzija prema nacrtima postojećeg stanja. Materijal zida je ziđe od pune opeke u vapnenom mortu. Međukatne konstrukcije su modelirane kao krute dijafragme. Temelji su definirani kao temeljne trake, visine 80 cm i 10 cm šire od zidova koji se na njih oslanjaju. Tlo na kojem je temeljena predmetna građevina spada u tip tla „B“. Odabrani faktor ponašanja za nearmirano ziđe iznosi: 1.5. U nastavku je prikazan model građevine, njegovi elementi sa pripadajućim debljinama te opterećenja.



Ulazni podaci - Konstrukcija

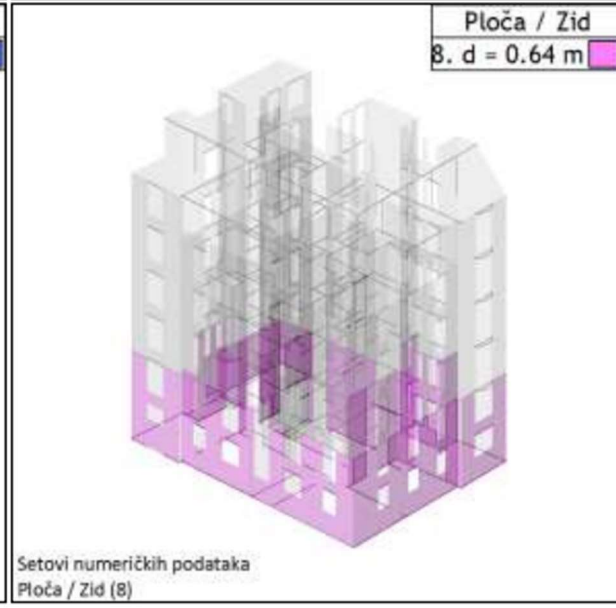
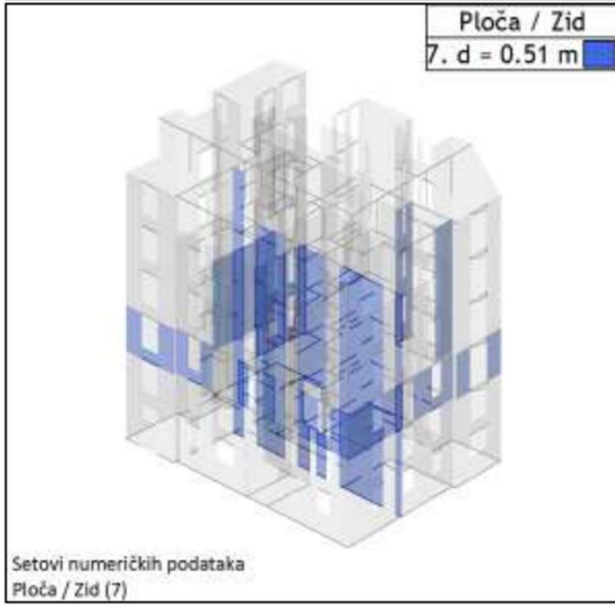
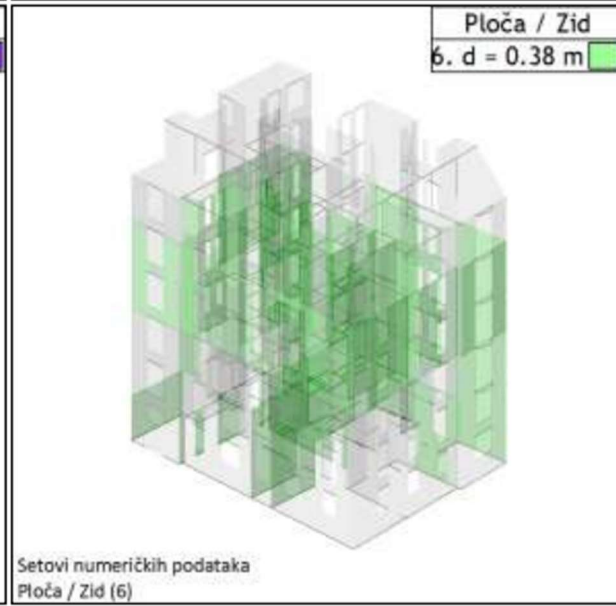
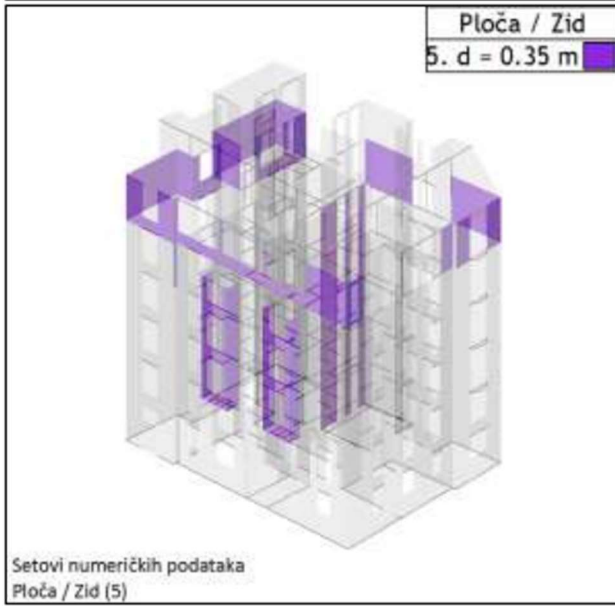
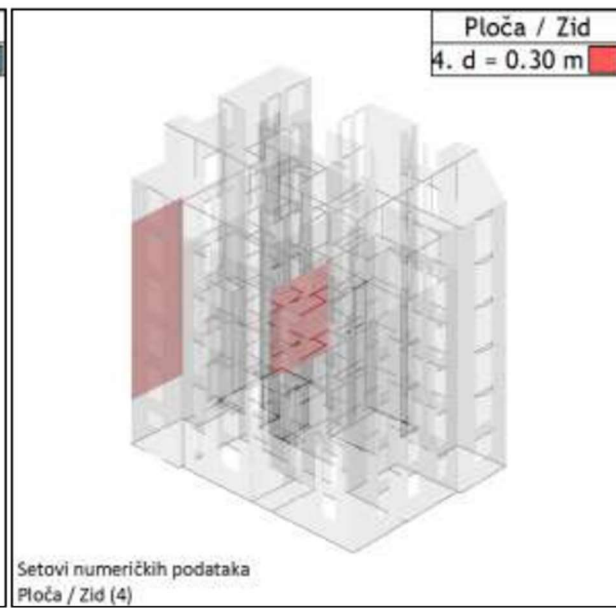
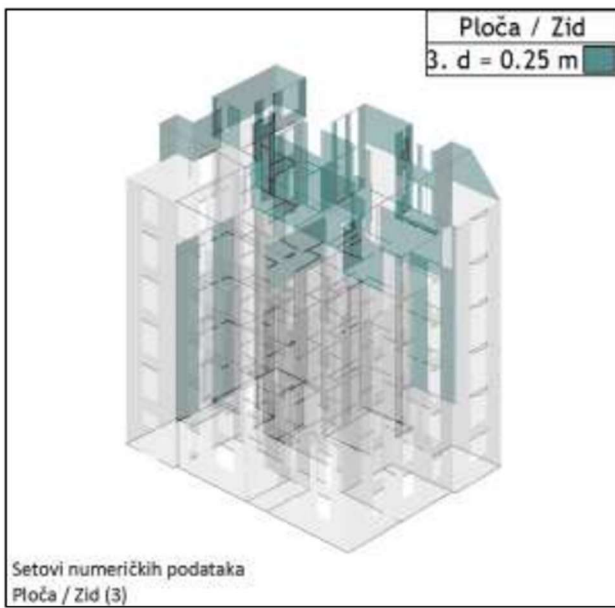


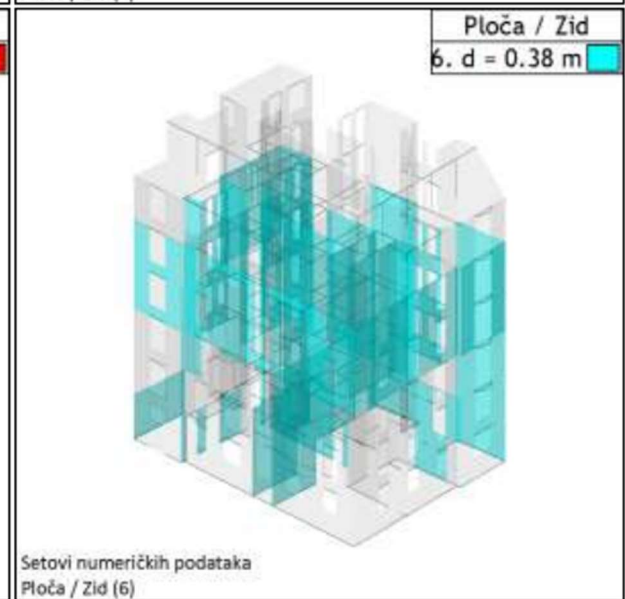
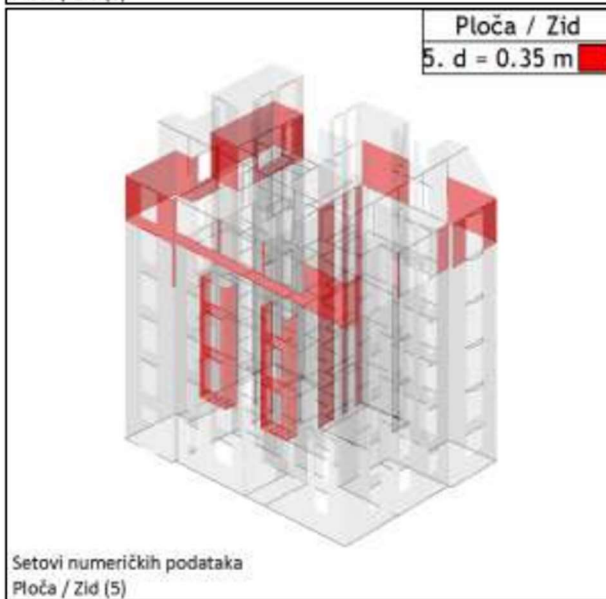
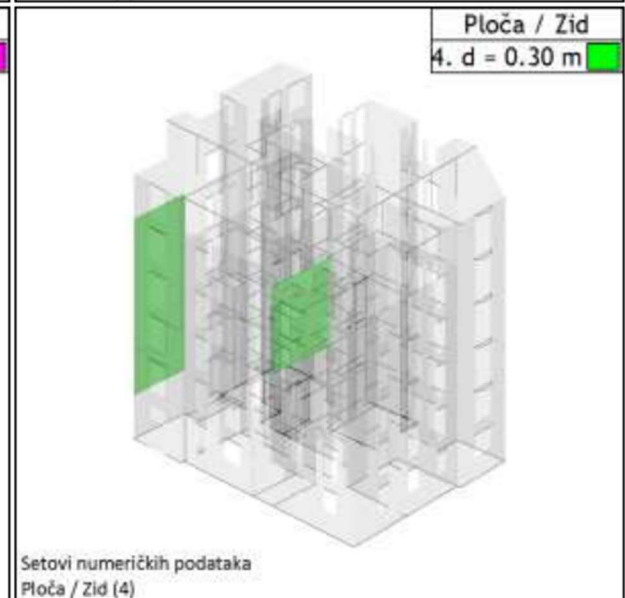
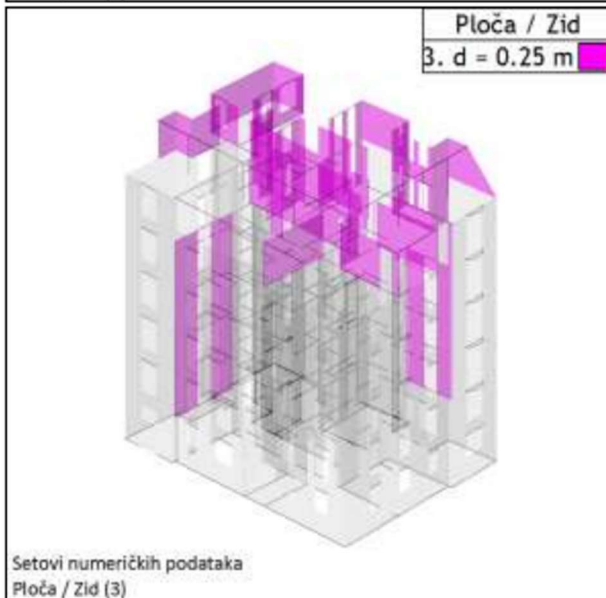
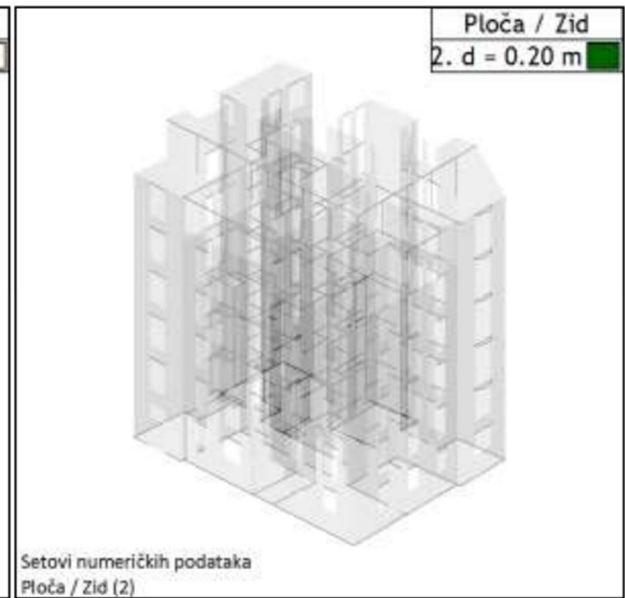
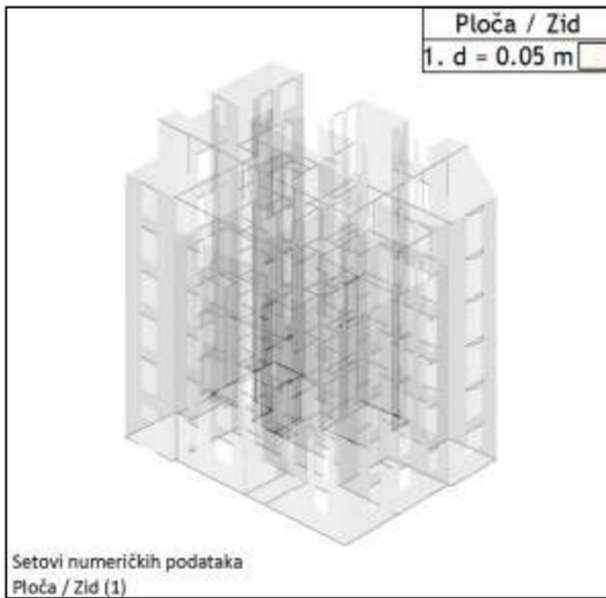
Dispozicija okvira

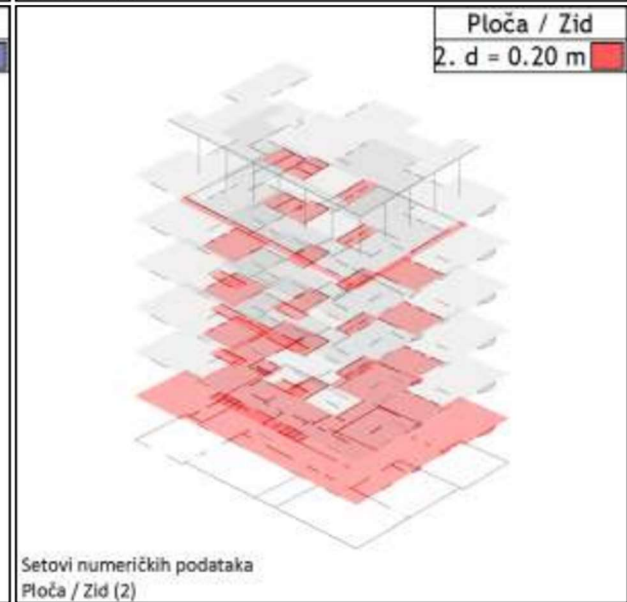
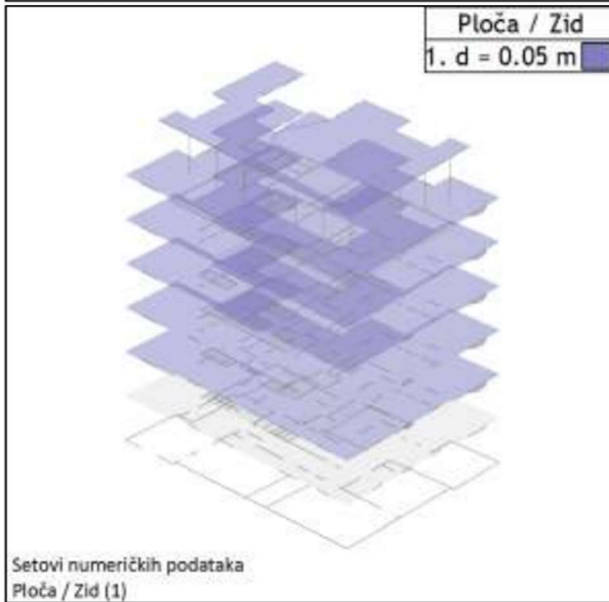
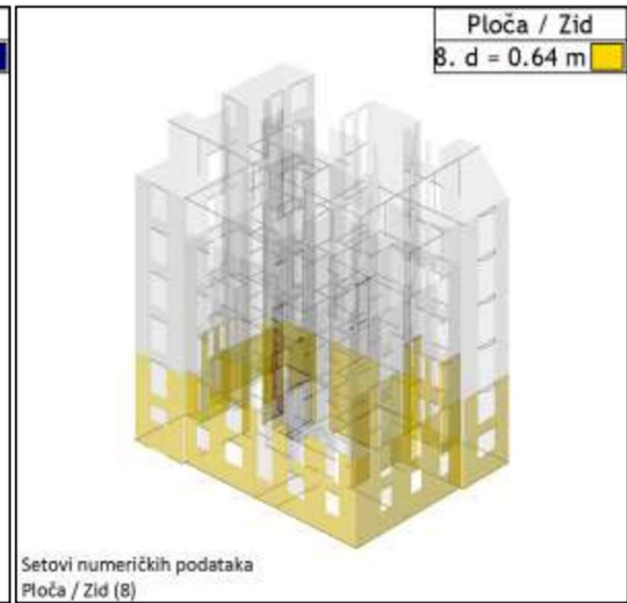
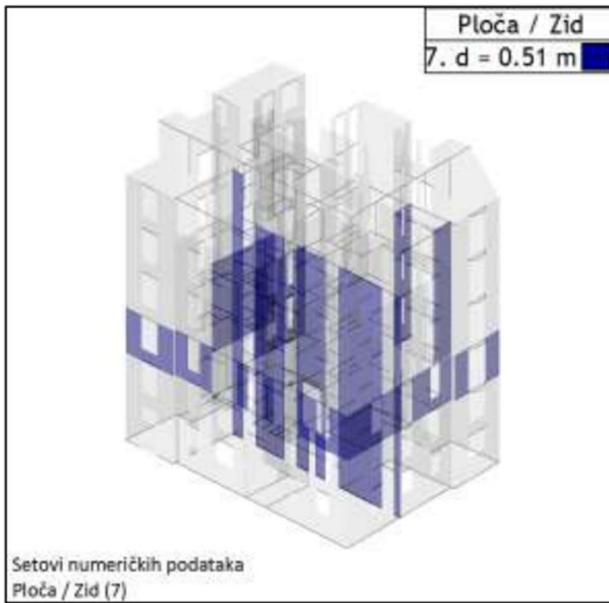
Ploča / Zid	
1. d = 0.05 m	
2. d = 0.20 m	
3. d = 0.25 m	
4. d = 0.30 m	
5. d = 0.35 m	
6. d = 0.38 m	
7. d = 0.51 m	
8. d = 0.64 m	



Setovi numeričkih podataka
Ploča / Zid (1-8)

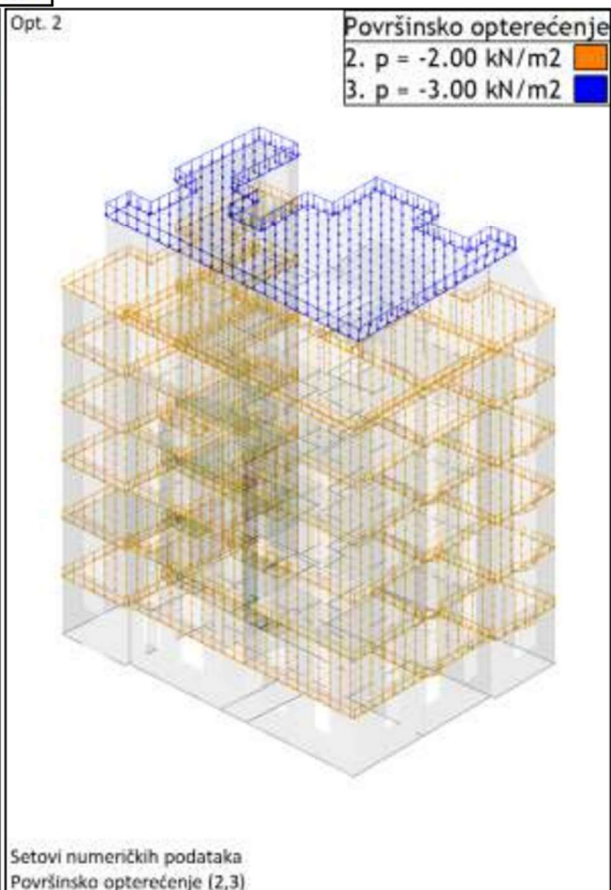
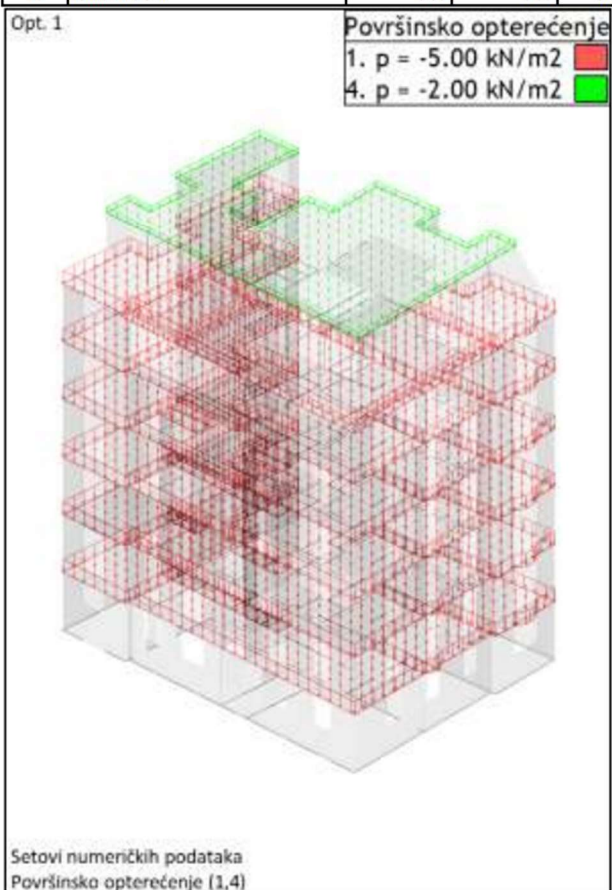






Lista slučajeva opterećenja

No	Naziv	pX [kN]	pY [kN]	pZ [kN]
1	stalno (g)	0.00	0.00	-36096.94
2	korisno	0.00	0.00	-4960.66
3	Sx			
4	Sy			
5	Komb.: 1.35xl+1.5xII	0.00	0.00	-56171.86
6	Komb.: I+1.5xII	0.00	0.00	-43537.93
7	Komb.: I+0.3xII+IV			
8	Komb.: I+0.3xII-1xIV			
9	Komb.: I+0.3xII-1xIII			
10	Komb.: I+0.3xII+III			
11	Komb.: I-1xIV			
12	Komb.: I-1xIII			
13	Komb.: I+IV			
14	Komb.: I+III			
15	Komb.: 1.35xl	0.00	0.00	-48730.87
16	Komb.: I+0.3xII	0.00	0.00	-37585.14



Napredne opcije seizmičkog proračuna:

Mase grupirane u nivoima izabranih ploča
Spriječeno osciliranje u Z pravcu

Faktori opterećenja za proračun masa

No	Naziv	Koeficijent
1	stalno (g)	1.00
2	korisno	0.30

Raspored masa po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m2
NIVO KROVA	27.50	10.44	10.46	129.15	0.55
NIVO KATA 5	24.00	12.21	8.79	401.29	1.08
NIVO KATA 4	20.00	12.13	8.58	485.11	1.38
NIVO KATA 3	16.00	12.44	8.31	564.19	1.58
NIVO KATA 2	12.00	12.40	8.43	579.39	1.64
NIVO KATA 1	8.00	12.73	8.20	627.70	1.76
NIVO PRIZEMLJA	4.00	12.51	8.48	1045.79	3.02
Ukupno:	12.54	12.37	8.51	3832.62	

Položaj centara krutosti po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
NIVO KROVA	27.50	0.88	9.48
NIVO KATA 5	24.00	3.67	10.17
NIVO KATA 4	20.00	5.62	2.89
NIVO KATA 3	16.00	9.09	9.58
NIVO KATA 2	12.00	8.89	9.30
NIVO KATA 1	8.00	9.65	9.08
NIVO PRIZEMLJA	4.00	15.94	5.71

Ekscentricitet po visini objekta

Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
NIVO KROVA	27.50	9.56	0.98
NIVO KATA 5	24.00	8.54	1.39
NIVO KATA 4	20.00	6.51	5.68
NIVO KATA 3	16.00	3.36	1.27
NIVO KATA 2	12.00	3.51	0.87
NIVO KATA 1	8.00	3.08	0.89
NIVO PRIZEMLJA	4.00	3.43	2.78

Periodi osciliranja konstrukcije

No	T [s]	f [Hz]
1	0.3036	3.2941
2	0.2201	4.5429
3	0.1928	5.1872
4	0.1604	6.2327
5	0.1446	6.9176
6	0.1267	7.8939
7	0.1183	8.4556
8	0.1081	9.2483
9	0.0881	11.3485
10	0.0858	11.6517

11	0.0815	12.2669
12	0.0759	13.1750
13	0.0704	14.2136
14	0.0697	14.3549
15	0.0649	15.4178
16	0.0641	15.5892
17	0.0619	16.1494
18	0.0595	16.8076
19	0.0583	17.1546
20	0.0572	17.4797

Seizmički proračun: EC8 HR

Razred tla: B
Razred važnosti: II ($\gamma=1.2$)
Odnos a_g/g : 0.25
Faktor ponašanja: 1.5
Koeficijent prigušenja: 0.05
S: 1
Tb: 0.15
Tc: 0.4
Td: 2

Faktori pravca potresa:

Naziv	Kx	Ky	Kz
Sx	1.000	0.300	0.300
Sy	0.300	1.000	0.300

Sx

Nivo	Z [m]	Ton 1			Ton 2			Ton 3		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
NIVO KROVA	27.50	171.22	446.52	-3.29	59.58	-352.63	-0.33	746.63	366.89	14.67
NIVO KATA 5	24.00	299.45	869.98	6.29	177.37	-372.31	-14.09	1713.1	76.53	33.87
NIVO KATA 4	20.00	238.03	743.94	5.27	162.83	-41.86	-1.97	1355.0	-364.69	32.31
NIVO KATA 3	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NIVO KATA 2	12.00	179.48	637.95	4.22	160.84	5.31	-0.55	1408.6	-506.96	12.70

	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NIVO KATA 3	16.00	46.22	-8.17	0.01	9.01	11.58	3.48	782.25	2727.9	-3.85
NIVO KATA 2	12.00	38.94	-18.35	0.99	46.56	-66.94	1.86	1092.1	3139.4	-3.97
NIVO KATA 1	8.00	-39.48	15.65	-0.02	-1.57	-8.97	0.84	1003.9	3274.1	-5.24
NIVO PRIZEMLJA	4.00	-83.75	63.60	1.47	-62.26	74.57	1.71	677.22	3273.0	-11.53
NIVO TEMELJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-63.20	63.88	0.75	-51.70	55.56	12.19	4896.4	16965.5	-50.26

Faktori participacije - Relativno učešće

Ton \ Naziv	1. Sx	2. Sy
1	0.121	0.380
2	0.033	0.019
3	0.399	0.005
4	0.157	0.018
5	0.068	0.482
6	0.145	0.009
7	0.013	0.013
8	0.002	0.003
9	0.000	0.008
10	0.001	0.006
11	0.001	0.017
12	0.028	0.016
13	0.009	0.001
14	0.008	0.001
15	0.001	0.004
16	0.003	0.001
17	0.001	0.002
18	0.007	0.012
19	0.002	0.002
20	0.001	0.002

Faktori participacije - Sudjelujuće mase

Ton	UX (%)	UY (%)	UZ (%)	ΣUX (%)	ΣUY (%)	ΣUZ (%)
1	2.97	30.92	0.00	2.97	30.92	0.00
2	5.85	4.28	0.00	8.82	35.20	0.00
3	42.89	1.68	0.01	51.71	36.88	0.01
4	14.55	0.04	0.00	66.27	36.92	0.01
5	0.33	45.82	0.01	66.60	82.74	0.02
6	15.42	0.05	0.00	82.01	82.79	0.02
7	0.77	0.75	0.02	82.78	83.53	0.04
8	0.58	0.55	0.01	83.35	84.08	0.05
9	0.10	1.08	0.01	83.45	85.17	0.06
10	0.45	1.09	0.01	83.90	86.26	0.07
11	0.03	2.26	0.00	83.93	88.52	0.07
12	2.41	0.97	0.01	86.34	89.48	0.08
13	1.08	0.01	0.02	87.42	89.49	0.09
14	1.25	0.42	0.02	88.67	89.92	0.12
15	0.02	0.46	0.00	88.69	90.38	0.12
16	0.33	0.01	0.00	89.02	90.38	0.12
17	0.06	0.14	0.00	89.08	90.52	0.12
18	0.42	1.10	0.00	89.50	91.62	0.12
19	0.62	0.63	0.00	90.12	92.26	0.12
20	0.43	0.50	0.02	90.55	92.75	0.15

U nastavku su grafički prikazane oznake zidova podijeljenih na segmente, te je proveden tablični proračun računске nosivosti postojećeg zida na poprečne sile. Iz modela se očitavaju vrijednosti djelovanja na zid u ravnini M_{Ed} , V_{Ed} i N_{Ed} . Uzdužna sila očitava se za kombinaciju $g + 0.3 q$, a moment savijanja i poprečna sila iz anvelope za seizmiku.



Izrazi korišteni za određivanje računске nosivosti zida u tabličnom proračunu:

Posmična čvrstoća:

$$f_{vk} = f_{vk,0} + 0.4\sigma_d$$

Vertikalno naprezanje:

$$\sigma_d = N_{Ed} / (L_c \cdot d)$$

Tlačna duljina neomeđenog zida:

$$L_c = 3 \cdot \left[\frac{L}{2} - (M_{Ed} / N_{Ed,min}) \right] \leq L$$

Računska nosivost zida:

$$V_{Rd} = (1 / \gamma_M) \cdot f_{vk} \cdot L_c \cdot d$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Gdje je:

f_{vk} - karakteristična posmična čvrstoća zida

$f_{vk,0}$ - osnovna posmična čvrstoća

σ_d - doprinos vertikalnog opterećenja

N_{Ed} - vertikalna tlačna sila

M_{Ed} - moment savijanja

V_{Ed} - horizontalna posmična sila

L_c - tlačna duljina neomeđenog zida

V_{Rd} - računaska nosivost na poprečne sile

γ_M - parcijalni koeficijent sigurnosti materijala koji iznosi 1.5 za seizmičko djelovanje

d - debljina zida

OTPORNOST ZIDA NA HORIZONTALNU POSMIČNU SILU X SMJER											
$f_{vk,0} =$	0.1 Mpa			$\gamma_M =$	1.5			MORT ZA ZIDANJE - vapno			
KONTROLNI PRORAČUN ZIDA NA HORIZONTALNU SILU											
$L_c = 3*[L/2 - (M_{Ed}/N_{Ed,min})] \leq L$				Tlačna duljina zida			$f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4* \sigma_d$			Posmična čvrstoća zida	
$\sigma_d = N_{Ed}/(Lc*d)$				Vertikalno naprezanje zida			$V_{Rd} = (1/\gamma_M)*f_{vk}*Lc*d$			Posmična otpornost zida	
ZID	L [cm]	d [cm]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	L_c [cm]	σ_d	f_{vk}	V_{Rd}	V_{Rd}/V_{Ed} , 50% EN98	V_{Rd}/V_{Ed} , 100% EN98
ZX1a	550.0	64.0	1096	1266	734	478.47	0.0358	0.0243	496.41	67.63%	33.82%
ZX1b	420.0	64.0	1686	465	706	420.00	0.0627	0.0351	628.80	89.07%	44.53%
ZX1c	530.0	64.0	2095	1366	994	530.00	0.0618	0.0347	784.80	78.95%	39.48%
ZX2	400.0	51.0	320	172	315	400.00	0.0157	0.0163	221.33	70.26%	35.13%
ZX3	650.0	38.0	1110	108	358	650.00	0.0449	0.0280	460.67	128.68%	64.34%
ZX4	420.0	38.0	760	167	210	420.00	0.0476	0.0290	309.07	147.17%	73.59%
ZX5a	530.0	38.0	905	402	340	530.00	0.0449	0.0280	375.60	110.47%	55.24%
ZX5b	550.0	38.0	818	690	594	550.00	0.0391	0.0257	357.47	60.18%	30.09%
ZX6	460.0	64.0	552	62	362	460.00	0.0188	0.0175	343.47	94.88%	47.44%
ZX7	200.0	51.0	321	99	291	200.00	0.0315	0.0226	153.60	52.78%	26.39%
ZX8	330.0	51.0	495	123	225	330.00	0.0294	0.0218	244.20	108.53%	54.27%
ZX9	360.0	38.0	481	92	528	360.00	0.0352	0.0241	219.47	41.57%	20.78%
										87.51%	43.76%

OTPORNOST ZIDA NA HORIZONTALNU POSMIČNU SILU Y SMJER											
$f_{vk,0} =$	0.1 Mpa			$\gamma_M =$	1.5			MORT ZA ZIDANJE - vapno			
KONTROLNI PRORAČUN ZIDA NA HORIZONTALNU SILU											
$L_c = 3*[L/2 - (M_{Ed}/N_{Ed,min})] \leq L$				Tlačna duljina zida			$f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4* \sigma_d$			Posmična čvrstoća zida	
$\sigma_d = N_{Ed}/(Lc*d)$				Vertikalno naprezanje zida			$V_{Rd} = (1/\gamma_M)*f_{vk}*Lc*d$			Posmična otpornost zida	
ZID	L [cm]	d [cm]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	L_c [cm]	σ_d	f_{vk}	V_{Rd}	V_{Rd}/V_{Ed} , 50% EN98	V_{Rd}/V_{Ed} , 100% EN98
ZY1a	620.0	30.0	798	1008	1005	551.05	0.0483	0.0293	323.01	32.14%	16.07%
ZY1b	750.0	51.0	1435	359	1254	750.00	0.0375	0.0250	637.67	50.85%	25.43%
ZY2	350.0	64.0	632	26	332	350.00	0.0282	0.0213	317.87	95.74%	47.87%
ZY3a	200.0	25.0	280	569	135	200.00	0.0560	0.0324	108.00	80.00%	40.00%
ZY3b	320.0	25.0	644	106	232	320.00	0.0805	0.0422	225.07	97.01%	48.51%
ZY3c	240.0	64.0	579	58	188	240.00	0.0377	0.0251	256.80	136.60%	68.30%
ZY4	590.0	51.0	892	936	485	570.20	0.0307	0.0223	431.74	89.02%	44.51%
ZY5	150.0	38.0	55	110	116	150.00	0.0096	0.0139	52.67	45.40%	22.70%
ZY6	350.0	38.0	447	55	212	350.00	0.0336	0.0234	207.87	98.05%	49.03%
ZY7	220.0	64.0	198	60	85	220.00	0.0141	0.0156	146.67	172.55%	86.27%
ZY8	214.0	64.0	504	102	120	214.00	0.0368	0.0247	225.71	188.09%	94.04%
ZY9a	1280.0	64.0	2296	605	1124	1280.00	0.0280	0.0212	1158.40	103.06%	51.53%
ZY9b	590.0	64.0	896	1080	601	523.39	0.0267	0.0207	462.25	76.91%	38.46%
ZY10a	150.0	64.0	487	140	142	138.76	0.0548	0.0319	189.07	133.15%	66.57%
ZY10b	150.0	64.0	536	48	231	150.00	0.0558	0.0323	206.93	89.58%	44.79%
ZY11	580.0	38.0	792	212	428	580.00	0.0359	0.0244	358.13	83.68%	41.84%
ZY12	580.0	38.0	1247	315	694	580.00	0.0566	0.0326	479.47	69.09%	34.54%
										93.95%	46.98%

3.3. Metoda postupnog guranja

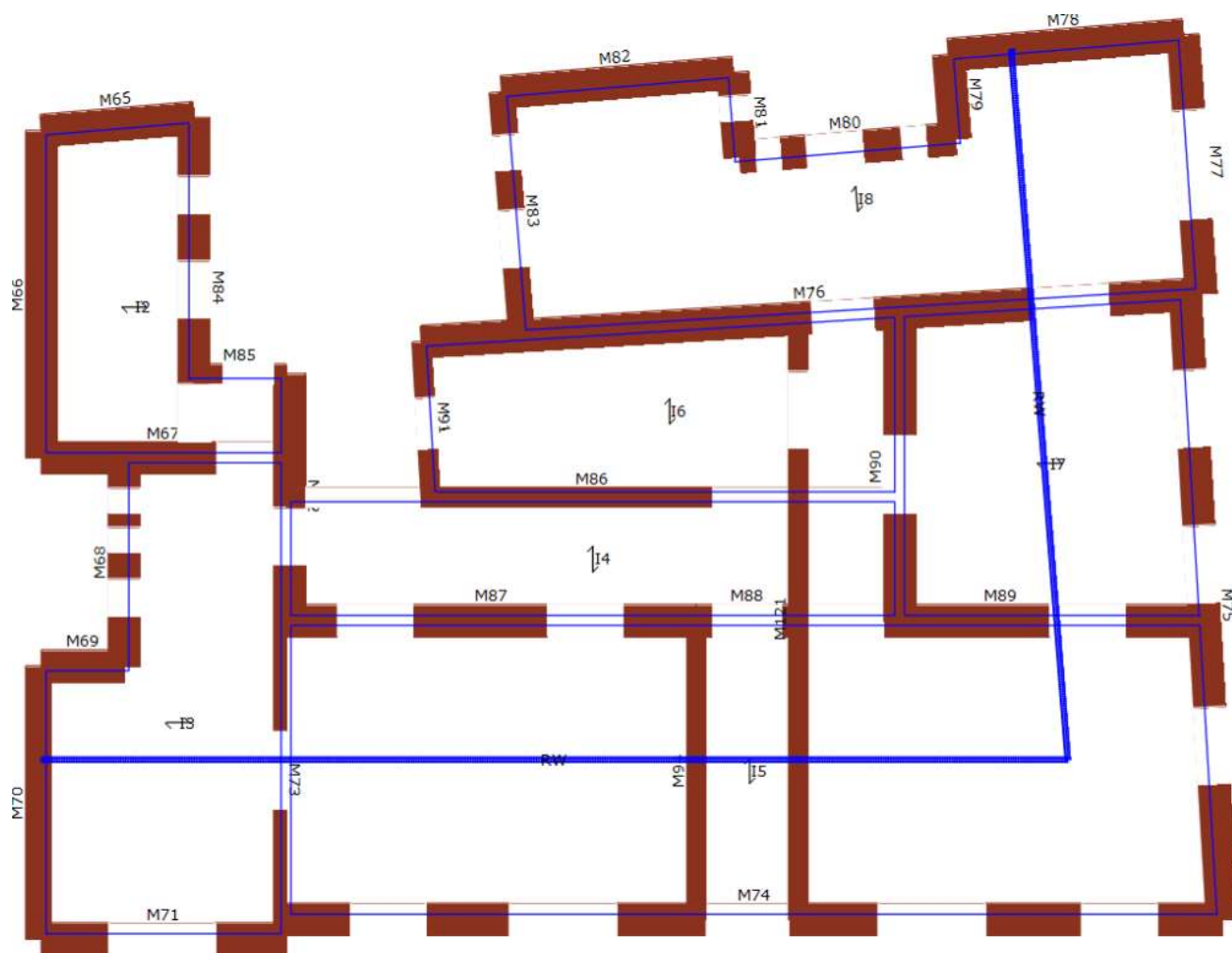
U ovom poglavlju je proveden nelinearni statički proračun metodom postupnog guranja na prostornom modelu programskim paketom 3Muri. Modeliranje građevine vrši se umetanjem zidova koji su „meshirani“ u diskretne makroelemente. Tako da tvore ekvivalentan okvirni model (EFM) koji čine deformabilni zidani stupovi i poprečne grede u razini. Kruti čvorovi su naznačeni u područjima ziđa koja su obično manje podložna oštećenjima od potresa. Općenito, stupovi i prečke su spojene na otvorima, a kruti čvorovi su element koji povezuje stupove i prečke. Zidovi su modelirani stvarnih dimenzija prema nacrtima postojećeg stanja. Materijal zida je ziđe od pune opeke u vapnenom mortu. Temelji su definirani kao temeljne trake, visine 80 cm i 10 cm šire od zidova koji se na njih oslanjaju. Međukatne konstrukcije su modelirane prema postojećem stanju kao pruski svod, drveni grednik i strop od drvenih oblica. Tlo na kojem je temeljena predmetna građevina spada u tip tla „B“. U analizi je kontrolirano granično stanje znatnog oštećenja (ZO) pri čemu je korišteno ubrzanje tla za povratni period od 475 godina i granično stanje ograničenog oštećenja za povratni period od 95 godina.

U nastavku je prikazan izvještaj iz 3Muri-a i osnovni podaci proračuna za stanje objekta prije potresa. Analiza je provedena prema Eurocodeu 8 [UNI EN 1998]: Design of structures for earthquake resistance.

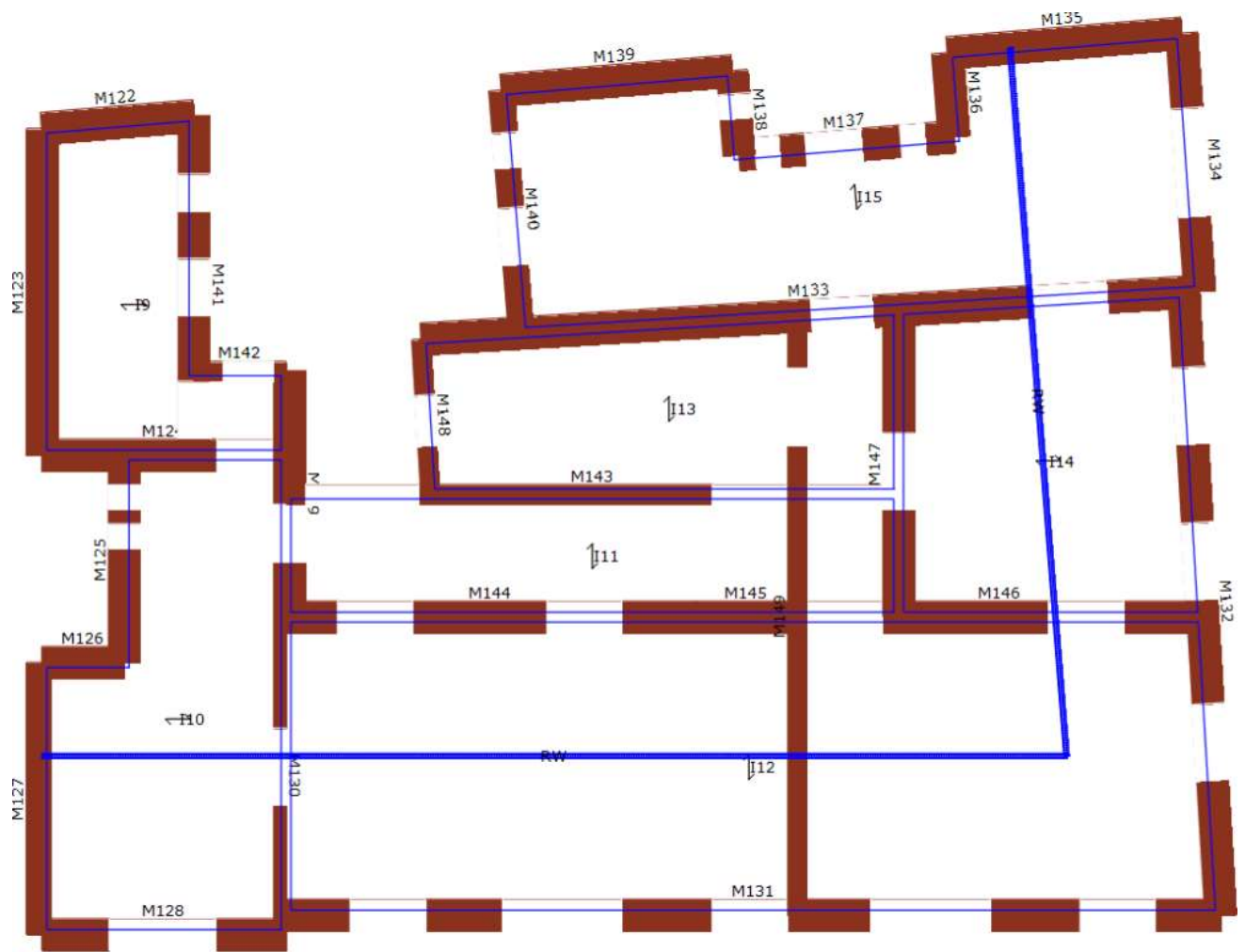
Prikaz modela



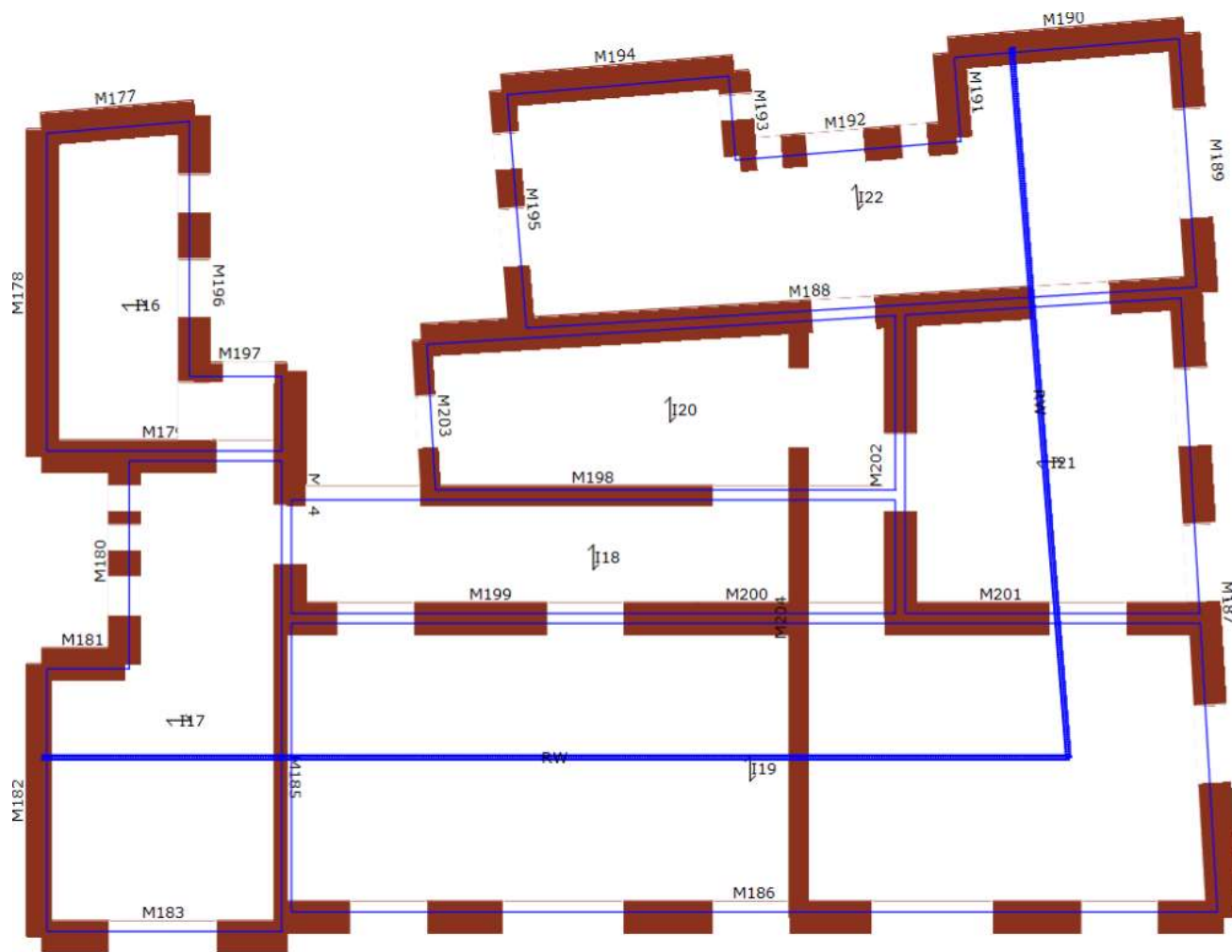
Slika 3.1 Tlocrtni prikaz etaže 1



Slika 3.2 Tlocrtni prikaz etaže 2



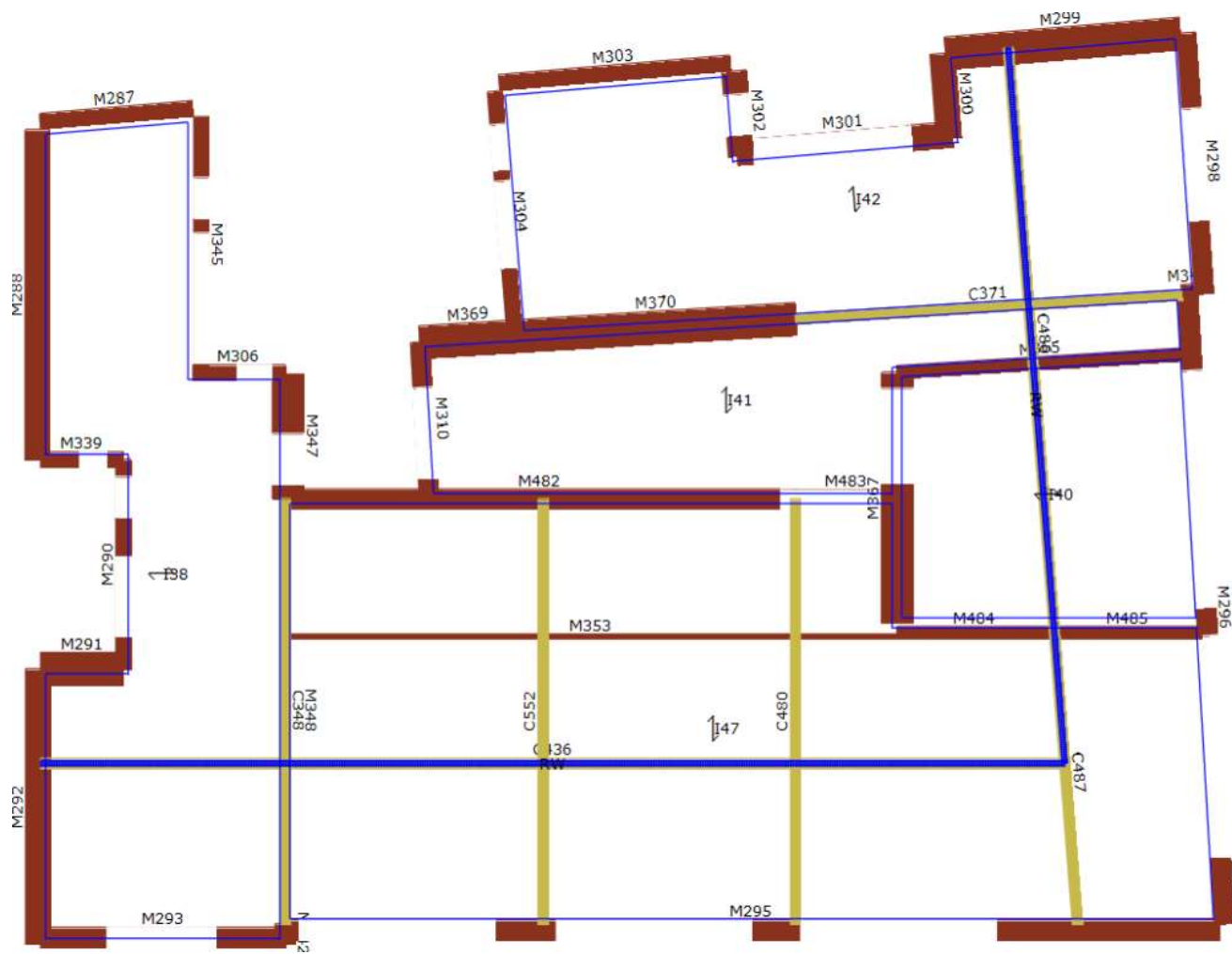
Slika 3.3 Tlocrtni prikaz etaže 3



Slika 3.4 Tlocrtni prikaz etaže 4



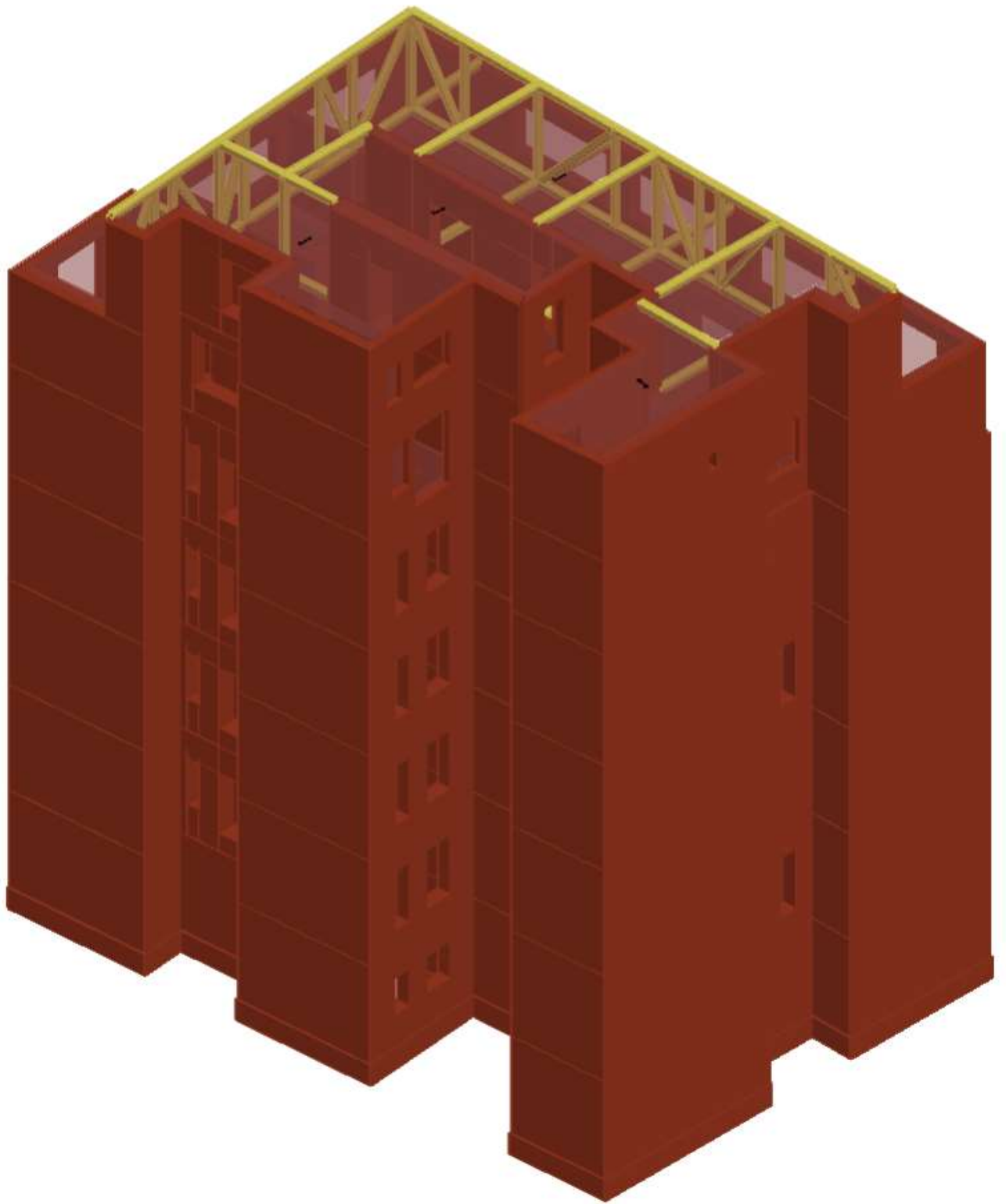
Slika 3.5 Tlocrtni prikaz etaže 5



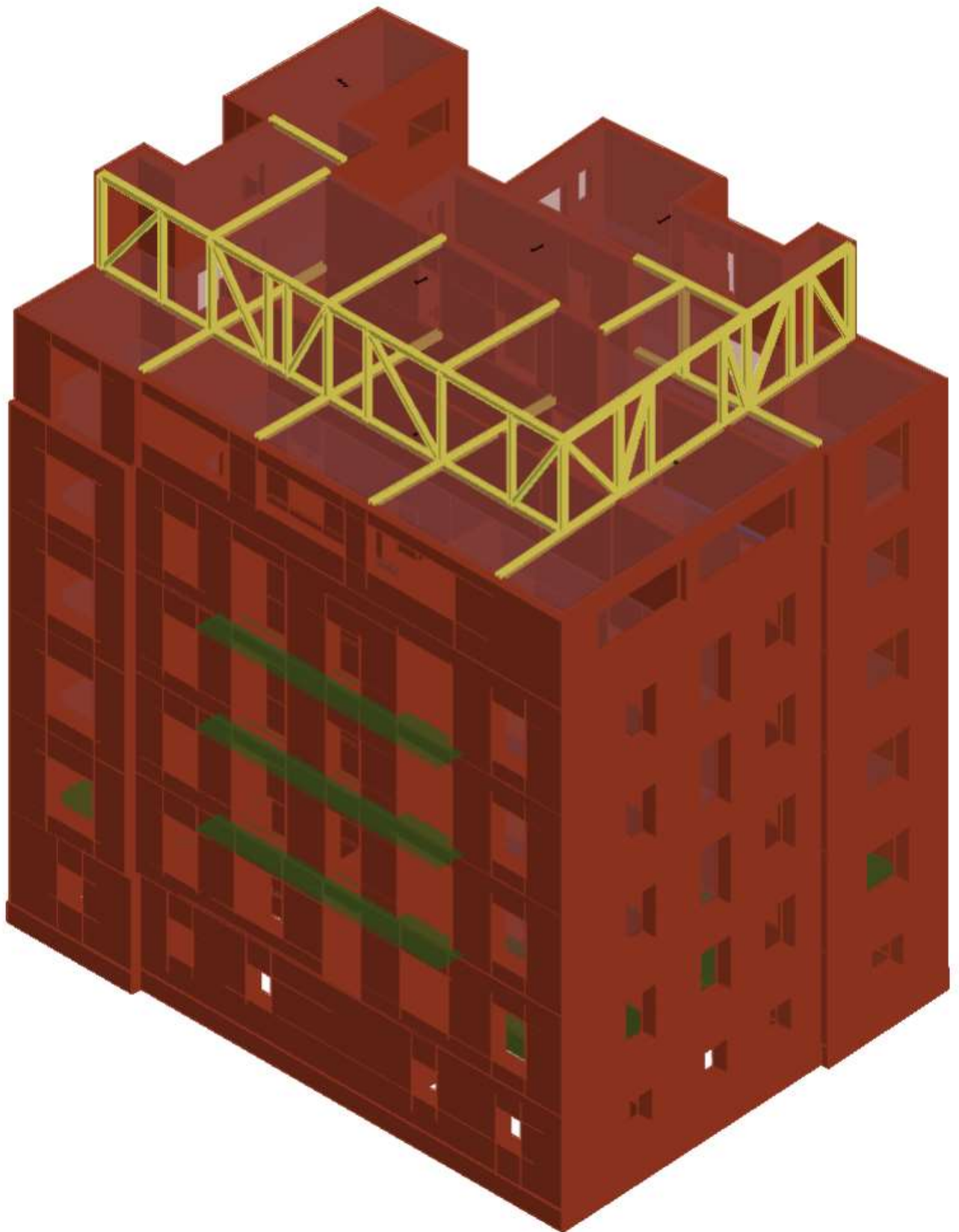
Slika 3.6 Tlocrtni prikaz etaže 6



Slika 3.7 Tlocrtni prikaz etaže 7



Slika 3.8 3D pogled (1)



Slika 3.9 3D pogled (2)

Opis modela

Materijali

Ime	Tip	Boja	Opis
C24 Četinjače	Drvo		EN 338:2002
S 235 (t ≤ 40mm)	Konstruktivski čelik		EN1993-1-1:2005(Hot rolled structural steel)
Zid zgrade	Ziđe		

Ziđe

Ime	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Specifična težina [kN/m ³]	f _m [N/cm ²]	Posmična otpornost [N/cm ²]
Zid zgrade	2,100.00	350.00	18	191.67	6.33

Konstruktivski čelik

Ime	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Specifična težina [kN/m ³]	f _{ym} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	γ _s
S 235 (t ≤ 40mm)	210,000.00	80,769.00	79	253.0	235.0	1.10

Drvo

Ime	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Specifična težina [kN/m ³]	f _{wm} [N/mm ²]	f _{wk} [N/mm ²]	γ _w
C24 Četinjače	11,000.00	690.00	4	34.0	24.0	1.30

Geometrija modela

Modeliranje građevine vrši se umetanjem zidova koji su „meshirani“ u diskretne makroelemente. Tako da tvore ekvivalentan okvirni model (EFM) koji čine deformabilni zidani stupovi i poprečne grede u razini. Kruti čvorovi su naznačeni u područjima zida koja su obično manje podložna oštećenjima od potresa. Općenito, stupovi i prečke su spojene na otvorima, a kruti čvorovi su element koji povezuje stupove i prečke. Matematički koncept koji stoji iza upotrebe ovog elementa omogućuje pronalaženje mehanizma oštećenja. To je posmično oštećenje u središnjem dijelu ili kompresijsko savijanje na rubovima elementa. Na taj način se dinamika štete može shvatiti na način na koji se ona stvarno događa u stvarnosti.

Čvorovi modela su trodimenzionalni, s pet stupnjeva slobode. (tri komponente pomaka u cjelokupnom referentnom sustavu i rotacija oko X i Y osi) Alternativno, postoje i dvodimenzionalni čvorovi s tri stupnja slobode. (dva prijenosa i rotacija razine zida) Trodimenzionalni čvorovi se koriste kako bi omogućili prijenos sila s prvog zida na drugi zid koji se nalazi poprečno prvi. Dvodimenzionalni čvorovi imaju samo stupnjeve slobode na razini na kojoj se zid nalazi, što omogućuje prijenos stanja sile između različitih točaka zida.

Horizontalne strukture modelirane su s tri elementa pod čvorova povezanih s trodimenzionalnim čvorovima. Mogu se opteretiti okomito na njihovu razinu pomoću slučajnih ili trajnih opterećenja. Seizmička djelovanja opterećuju horizontalne elemente duž smjera etaže. Zbog toga je konačni element pod definiran s aksijalnom krutošću, ali bez krutosti na savijanje. To je zato što je glavno mehaničko ponašanje koje promatramo primanje horizontalnih opterećenja uslijed seizmičkog djelovanja.

Elementi konstrukcije

Razina 1

Zidni panel

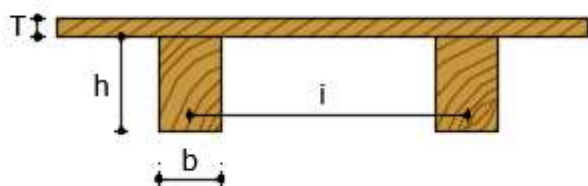
Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
1	1	Zid zgrade	-	366	366	64.0
3	2	Zid zgrade	-	366	366	64.0
5	3	Zid zgrade	-	366	366	64.0
7	4	Zid zgrade	-	366	366	64.0
9	5	Zid zgrade	-	366	366	64.0
11	6	Zid zgrade	-	366	366	51.0
13	7	Zid zgrade	-	366	366	64.0
53	8	Zid zgrade	-	366	366	64.0
54	8	Zid zgrade	-	366	366	51.0
17	9	Zid zgrade	-	366	366	64.0
19	10	Zid zgrade	-	366	366	64.0
21	11	Zid zgrade	-	366	366	64.0
23	12	Zid zgrade	-	366	366	64.0
25	13	Zid zgrade	-	366	366	64.0
27	14	Zid zgrade	-	366	366	64.0
29	15	Zid zgrade	-	366	366	64.0
31	16	Zid zgrade	-	366	366	64.0
33	17	Zid zgrade	-	366	366	64.0
35	18	Zid zgrade	-	366	366	51.0
37	19	Zid zgrade	-	366	366	64.0
39	20	Zid zgrade	-	366	366	38.0
568	21	Zid zgrade	-	366	366	38.0
55	22	Zid zgrade	-	366	366	64.0
61	22	Zid zgrade	-	366	366	64.0
62	22	Zid zgrade	-	366	366	64.0
45	23	Zid zgrade	-	366	366	64.0
47	24	Zid zgrade	-	366	366	38.0
59	25	Zid zgrade	-	366	366	38.0
63	26	Zid zgrade	-	366	366	38.0

Čelična/drvena greda

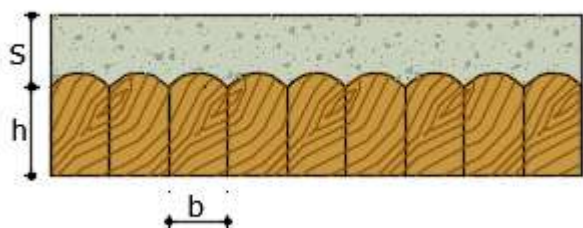
Br.	Zid	Materijal	I elevacija [cm]	J elevacija [cm]	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
566	25	S 235 (t ≤ 40mm)	366	366	107.62	16,712.00	1,256.80
567	25	S 235 (t ≤ 40mm)	366	366	107.62	16,712.00	1,256.80

Horizontalne konstrukcije

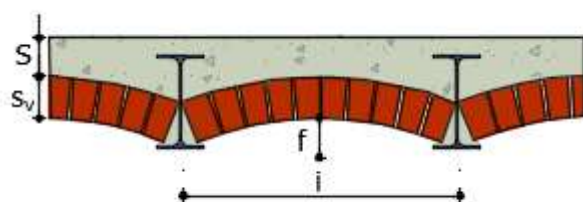
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svodeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
31	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima
32	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima
33	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima

34	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima
35	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima
36	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima
37	U3	366	4.0	25,712.50	7,031.50	24.50	Jednosmjerno	Čelični profili sa svodovima

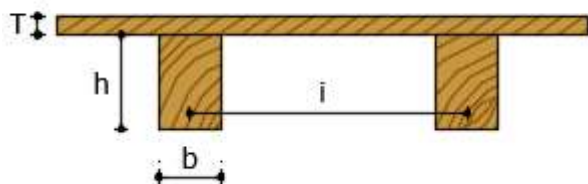
Razina 2

Zidni panel

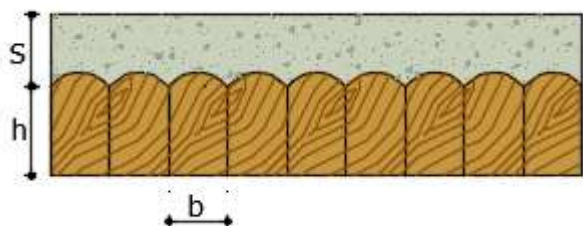
Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
65	1	Zid zgrade	-	763	397	64.0
66	2	Zid zgrade	-	763	397	64.0
67	3	Zid zgrade	-	763	397	64.0
68	4	Zid zgrade	-	763	397	64.0
69	5	Zid zgrade	-	763	397	64.0
70	6	Zid zgrade	-	763	397	51.0
71	7	Zid zgrade	-	763	397	64.0
72	8	Zid zgrade	-	763	397	64.0
73	8	Zid zgrade	-	763	397	25.0
74	9	Zid zgrade	-	763	397	64.0
75	10	Zid zgrade	-	763	397	64.0
76	11	Zid zgrade	-	763	397	64.0
77	12	Zid zgrade	-	763	397	64.0
78	13	Zid zgrade	-	763	397	64.0
79	14	Zid zgrade	-	763	397	64.0
80	15	Zid zgrade	-	763	397	64.0
81	16	Zid zgrade	-	763	397	64.0
82	17	Zid zgrade	-	763	397	64.0
83	18	Zid zgrade	-	763	397	51.0
84	19	Zid zgrade	-	763	397	64.0
85	20	Zid zgrade	-	763	397	38.0
86	21	Zid zgrade	-	763	397	38.0
87	22	Zid zgrade	-	763	397	64.0
88	22	Zid zgrade	-	763	397	64.0
89	22	Zid zgrade	-	763	397	64.0
90	23	Zid zgrade	-	763	397	64.0
91	24	Zid zgrade	-	763	397	38.0
121	25	Zid zgrade	-	763	397	38.0
94	26	Zid zgrade	-	763	397	38.0

Horizontalne konstrukcije

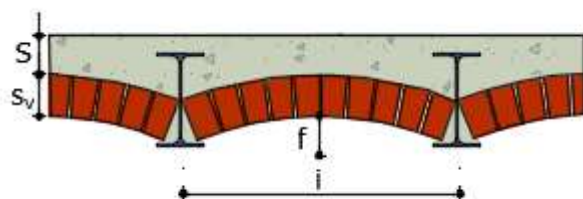
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
2	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
3	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
4	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa

								jednim redom dasaka
5	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
6	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
7	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
8	U1	763	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka

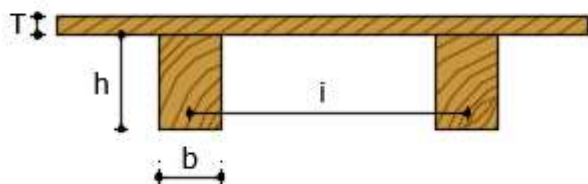
Razina 3

Zidni panel

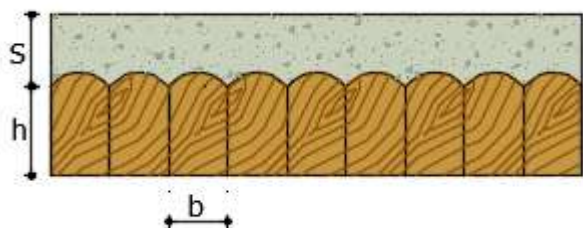
Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
122	1	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
123	2	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
124	3	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
125	4	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
126	5	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
127	6	Zid zgrade	-	1,160	397	51.0
128	7	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
129	8	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
130	8	Zid zgrade	-	1,160	397	25.0
131	9	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
132	10	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
133	11	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
134	12	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
135	13	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
136	14	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
137	15	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
138	16	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
139	17	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
140	18	Zid zgrade	-	1,160	397	51.0
141	19	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
142	20	Zid zgrade	-	1,160	397	38.0
143	21	Zid zgrade	-	1,160	397	38.0
144	22	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
145	22	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
146	22	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
147	23	Zid zgrade	-	1,160	397	64.0
148	24	Zid zgrade	-	1,160	397	38.0
149	25	Zid zgrade	-	1,160	397	38.0

Horizontalne konstrukcije

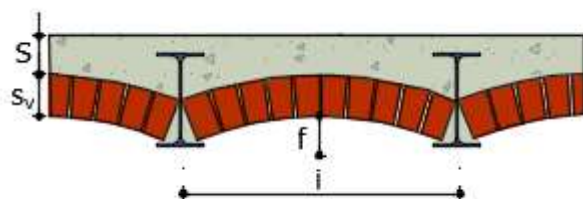
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
9	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
10	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
11	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa

								jednim redom dasaka
12	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
13	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
14	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
15	U1	1,160	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka

Balkoni

Br.	Zid	Udaljenost od donje etaže [cm]	Duljina [cm]	Širina [cm]
1	9	20	1,104	145

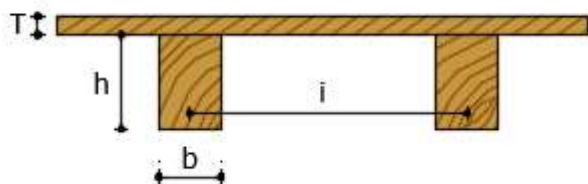
Razina 4

Zidni panel

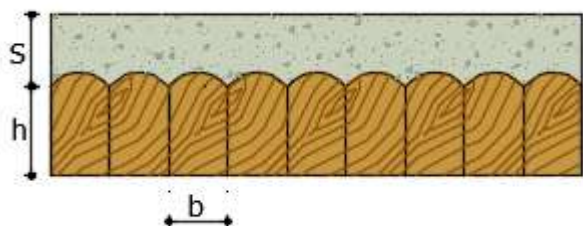
Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
177	1	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
178	2	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
179	3	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
180	4	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
181	5	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
182	6	Zid zgrade	-	1,557	397	51.0
183	7	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
184	8	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
185	8	Zid zgrade	-	1,557	397	25.0
186	9	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
187	10	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
188	11	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
189	12	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
190	13	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
191	14	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
192	15	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
193	16	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
194	17	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
195	18	Zid zgrade	-	1,557	397	51.0
196	19	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
197	20	Zid zgrade	-	1,557	397	38.0
198	21	Zid zgrade	-	1,557	397	38.0
199	22	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
200	22	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
201	22	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
202	23	Zid zgrade	-	1,557	397	64.0
203	24	Zid zgrade	-	1,557	397	38.0
204	25	Zid zgrade	-	1,557	397	38.0

Horizontalne konstrukcije

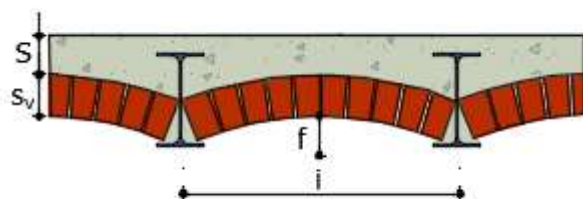
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
16	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
17	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
18	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa

								jednim redom dasaka
19	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
20	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
21	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
22	U1	1,557	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka

Balkoni

Br.	Zid	Udaljenost od donje etaže [cm]	Duljina [cm]	Širina [cm]
2	9	20	1,104	145

Razina 5

Zidni panel

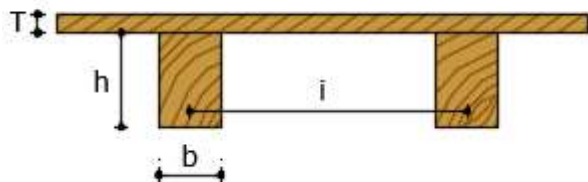
Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
232	1	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
233	2	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
234	3	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
235	4	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
236	5	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
237	6	Zid zgrade	-	1,973	416	51.0
238	7	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
239	8	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
240	8	Zid zgrade	-	1,973	416	25.0
241	9	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
242	10	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
243	11	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
244	12	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
245	13	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
246	14	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
247	15	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
248	16	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
249	17	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
250	18	Zid zgrade	-	1,973	416	51.0
251	19	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
252	20	Zid zgrade	-	1,973	416	38.0
253	21	Zid zgrade	-	1,973	416	38.0
254	22	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
255	22	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
256	22	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
257	23	Zid zgrade	-	1,973	416	64.0
258	24	Zid zgrade	-	1,973	416	38.0
259	25	Zid zgrade	-	1,973	416	38.0

Čelična/drvena greda

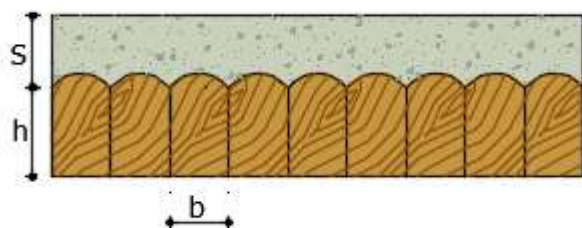
Br.	Zid	Materijal	I elevacija [cm]	J elevacija [cm]	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
363	27	S 235 (t ≤ 40mm)	1,973	1,973	53.81	8,356.00	557.07

Horizontalne konstrukcije

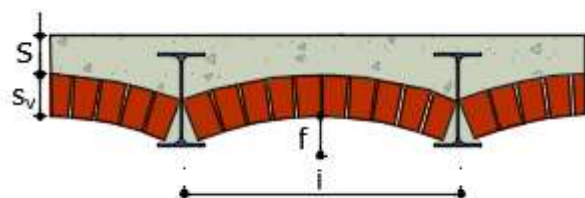
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
23	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
24	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
25	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
26	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
27	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
28	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke
29	U2	1,973	9.0	11,250.00	49,000.00	27,000.00	Jednosmjerno	Doppelbaumdecke

Balkoni

Br.	Zid	Udaljenost od donje etaže [cm]	Duljina [cm]	Širina [cm]
3	9	20	1,104	145

Razina 6

Zidni panel

Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
287	1	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
288	2	Zid zgrade	-	2,325	352	50.0
339	3	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
290	4	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
291	5	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
292	6	Zid zgrade	-	2,325	352	50.0
293	7	Zid zgrade	-	2,325	352	40.0
342	8	Zid zgrade	-	2,325	352	40.0
347	8	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
295	9	Zid zgrade	-	2,325	352	40.0
296	10	Zid zgrade	-	2,325	352	40.0
344	11	Zid zgrade	-	2,325	352	40.0
369	11	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
370	11	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
298	12	Zid zgrade	-	2,325	352	38.0
299	13	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
300	14	Zid zgrade	-	2,325	352	50.0
301	15	Zid zgrade	-	2,325	352	50.0
302	16	Zid zgrade	-	2,325	352	50.0
303	17	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
304	18	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
345	19	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
306	20	Zid zgrade	-	2,325	352	30.0
482	21	Zid zgrade	-	2,325	352	38.0
483	21	Zid zgrade	-	2,325	352	38.0
353	22	Zid zgrade	-	2,325	352	10.0

484	22	Zid zgrade	-	2,325	352	25.0
485	22	Zid zgrade	-	2,325	352	25.0
367	23	Zid zgrade	-	2,325	352	64.0
310	24	Zid zgrade	-	2,325	352	38.0
365	27	Zid zgrade	-	2,325	352	25.0

Zidni panel + čelična/drvena greda (1)

Br.	Zid	Materijal ziđa	Ojačanje	Elevacija zida [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]	Materijal grede	I elevacija [cm]	J elevacija [cm]
348	8	Zid zgrade	-	2,325	352	10.0	C24 Četinjače	2,325	2,325

Zidni panel + čelična/drvena greda (2)

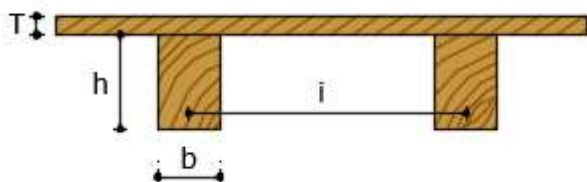
Br.	Zid	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
348	8	480.00	23,040.00	1,920.00

Čelična/drvena greda

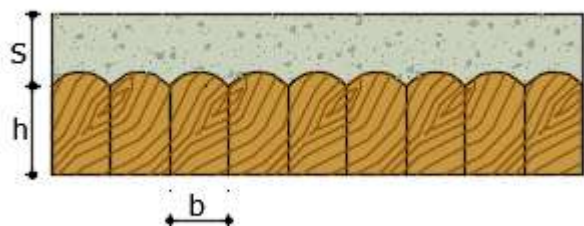
Br.	Zid	Materijal	I elevacija [cm]	J elevacija [cm]	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
371	11	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00
480	25	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00
436	28	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00
486	29	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00
487	29	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00
552	30	C24 Četinjače	2,325	2,325	480.00	23,040.00	1,920.00

Horizontalne konstrukcije

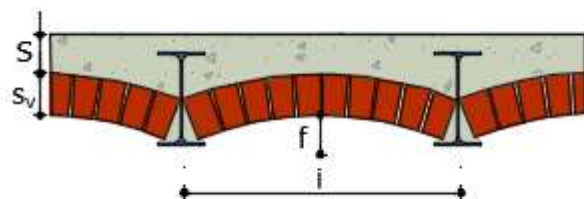
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
38	U1	2,325	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
40	U1	2,325	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
41	U1	2,325	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
42	U1	2,325	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
47	U1	2,325	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka

Balkoni

Br.	Zid	Udaljenost od donje etaže [cm]	Duljina [cm]	Širina [cm]
4	21	20	295	268

Razina 7

Zidni panel

Br.	Zid	Materijal	Ojačanje	Elevacija [cm]	Visina [cm]	Debljina [cm]
372	1	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
373	2	Zid zgrade	-	2,690	365	50.0
462	3	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
375	4	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
376	5	Zid zgrade	-	2,690	365	64.0
455	6	Zid zgrade	-	2,690	365	35.0
458	8	Zid zgrade	-	2,690	365	35.0
464	11	Zid zgrade	-	2,690	365	64.0
456	13	Zid zgrade	-	2,690	365	38.0
385	14	Zid zgrade	-	2,690	365	38.0
386	15	Zid zgrade	-	2,690	365	50.0
387	16	Zid zgrade	-	2,690	365	50.0
388	17	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
389	18	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
460	19	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
391	20	Zid zgrade	-	2,690	365	30.0
538	21	Zid zgrade	-	2,690	365	38.0
539	21	Zid zgrade	-	2,690	365	38.0
395	24	Zid zgrade	-	2,690	365	38.0

Čelična/drvena greda

Br.	Zid	Materijal	I elevacija [cm]	J elevacija [cm]	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
463	3	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
499	8	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
534	11	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
535	11	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
493	23	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
540	25	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
497	28	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
504	28	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
509	28	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
510	28	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
516	29	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
521	29	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
523	29	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
524	29	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00
557	30	C24 Četinjače	2,690	2,690	480.00	23,040.00	1,920.00

Čelični/drveni stup (1)

Br.	Materijal	Elevacija [cm]	Presjek baze [cm]	Visina presjeka [cm]	Area [cm ²]	Kut rotacije [rad]	Visina [cm]
526	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
527	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365

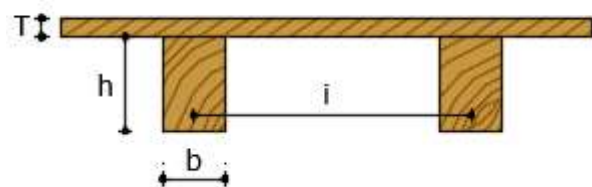
528	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
529	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
530	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
531	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
532	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
533	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
536	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365
537	C24 Četinjače	2,690	20.0	20.0	400.00	0	365

Čelični/drveni stup (2)

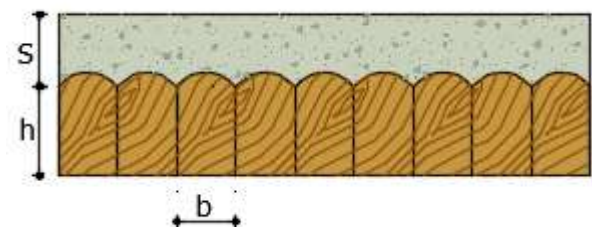
Br.	Jx (prije rotacije) [cm4]	Jy (prije rotacije) [cm4]	Wx plastično [cm3]	Wy plastično [cm3]
526	0.00	0.00	0.00	0.00
527	0.00	0.00	0.00	0.00
528	0.00	0.00	0.00	0.00
529	0.00	0.00	0.00	0.00
530	0.00	0.00	0.00	0.00
531	0.00	0.00	0.00	0.00
532	0.00	0.00	0.00	0.00
533	0.00	0.00	0.00	0.00
536	0.00	0.00	0.00	0.00
537	0.00	0.00	0.00	0.00

Horizontalne konstrukcije

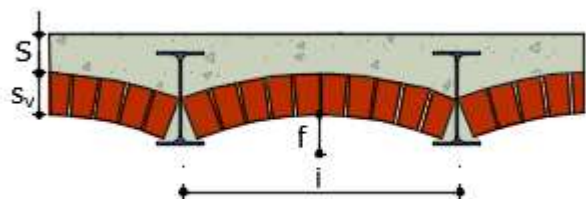
Drveni grednik sa jednim redom dasaka



Doppelbaumdecke



Čelični profili sa svodovima



Ime	Materijali	Opis
U1	Drveni nosači : C24 Četinjače	Drveni grednik sa jednim redom dasaka b [cm] = 20.0; h [cm] = 24.0; i [cm] = 85.0; T [cm] = 2.4
U2	Drveni nosači : C24 Četinjače Beton: C12/15	Doppelbaumdecke b [cm] = 18.0; h [cm] = 18.0; S [cm] = 9.0
U3	Čelik: S 235 (t ≤ 40mm) Beton: C12/15 Svođeno: cigla	Čelični profili sa svodovima Profil: IPE 160 i [cm] = 150.0; f [cm] = 3.0; Sv [cm] = 12.0; A ravno/m [cm ²] = 0.07; S [cm] = 9.0

Međukatna konstrukcija

Br.	Ime	Elevacija [cm]	Debljina [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Opterećenje masom	Tip
43	U1	2,690	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
44	U1	2,690	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
45	U1	2,690	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka
46	U1	2,690	4.0	10.00	15,529.41	0.00	Jednosmjerno	Drveni grednik sa jednim redom dasaka

Elementi ojačanja

Ojačanja zida (Čelična/drvena greda)

Br.	Zid	Materijal	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastično [cm ³]
21	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
36	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
37	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
38	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
39	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
40	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
60	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
61	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
62	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
63	28	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
55	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
56	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00

57	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
58	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
59	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
64	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
65	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00
66	29	C24 Četinjače	324.00	8,748.00	972.00

Opterećenja

Potresno opterećenje:

Kombinacija opterećenja prema [Eurocode 0-p.6.5.3].

$$\gamma_I E + G_{K1} + G_{K2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

Utjecaj potresa određen je uzimajući u obzir mase povezane sa sljedećim gravitacijskim opterećenjem:

$$G_{K1} + G_{K2} + \sum_i (\Psi_{Ei} Q_{Ki})$$

Statičko opterećenje:

Kombinacija opterećenja:

$$\gamma_{G1} G_{K1} + \gamma_{G2} G_{K2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

gdje su:

γ_I	faktor važnosti (Eurocode 8 - p.4.2.5)
E	seizmički utjecaj za promatrano granično stanje
G_{K1}, G_{K2}	karakteristična vrijednost stalnog opterećenja
Q_{Ki}	karakteristična vrijednost promjenjivog opterećenja Q_k
Ψ_2	koeficijent kombinacije koji daje kvazi-stalnu vrijednost promjenjivog opterećenja

opterećenja

Ψ_0 koeficijent kombinacije za promjenjivo opterećenje

Ψ_{Ei} koeficijent kombinacije promjenjivog opterećenja Q_i , koji uzima u obzir mogućnost da će se sva opterećenja pojaviti za cijelu konstrukciju u slučaju potresa, te se dobiva množeći Ψ_{2i} sa ϕ .

$\gamma_{G1}; \gamma_{G2}; \gamma_Q$: parcijalni koeficijenti sigurnosti

Br. Međukonstrukcija	Gk1 [kN/m2]	Gk2 [kN/m2]	Qk [kN/m2]	Vodeće promjenjivo djelovanje 1	ϕ	ψ_0	ψ_2
33	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
34	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
35	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
36	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
37	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
38	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
40	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
41	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
42	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
43	0.23	1.77	0.60	Da	1.00	1.00	0.30
44	0.23	1.77	0.60	Da	1.00	1.00	0.30
45	0.23	1.77	0.60	Da	1.00	1.00	0.30

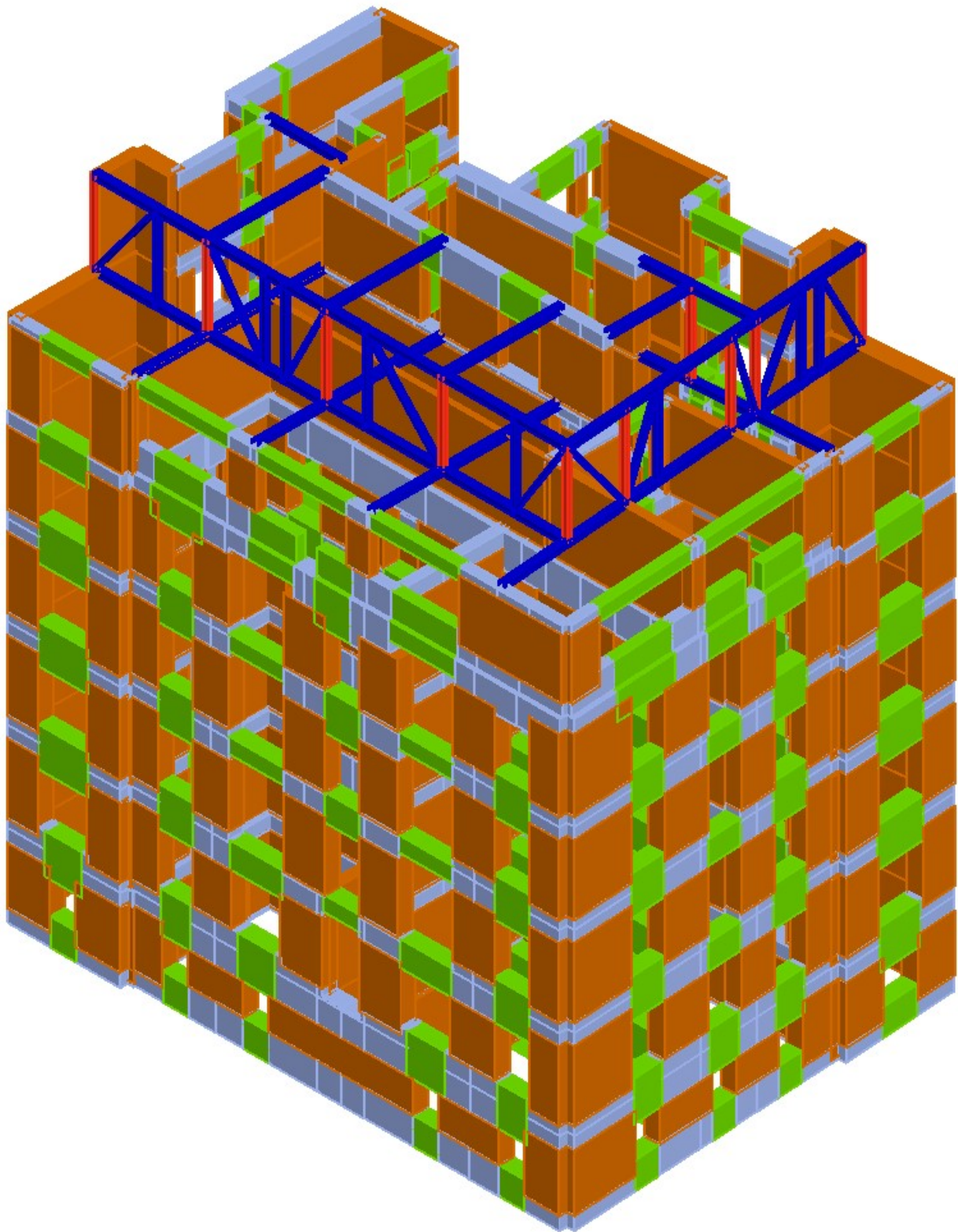
46	0.23	1.77	0.60	Da	1.00	1.00	0.30
47	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
2	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
3	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
4	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
5	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
6	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
7	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
8	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
9	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
10	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
11	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
12	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
13	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
14	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
15	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
16	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
17	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
18	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
19	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
20	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
21	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
22	0.23	4.77	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
23	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
24	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
25	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
26	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
27	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
28	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
29	2.97	2.03	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
31	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30
32	7.09	0.00	2.00	Da	1.00	1.00	0.30

Br. Balkoni	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	Vodeće promjenjivo djelovanje 1	ϕ	ψ_0	ψ_2
1	3.00	2.00	4.00	Ne	1.00	0.70	0.30
2	3.00	2.00	4.00	Ne	1.00	0.70	0.30
3	3.00	2.00	4.00	Ne	1.00	0.70	0.30
4	3.00	2.00	4.00	Ne	1.00	1.00	0.30

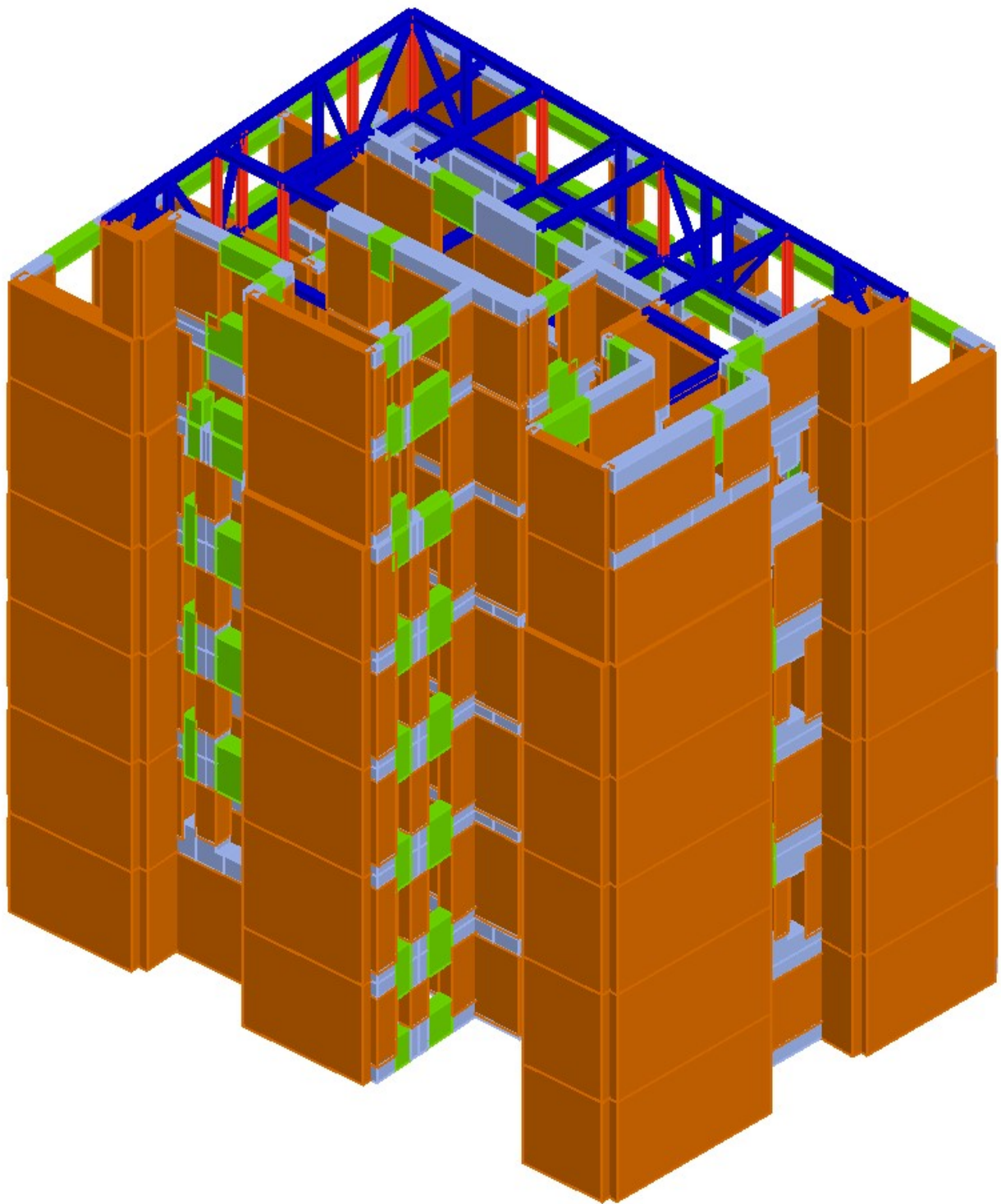
Spektar prema normi

Spektar odziva, prema normi, definiran je vršnim ubrzanjem i kategorijom tla.

3D prikaz generirane podjele zidova na makroelemente



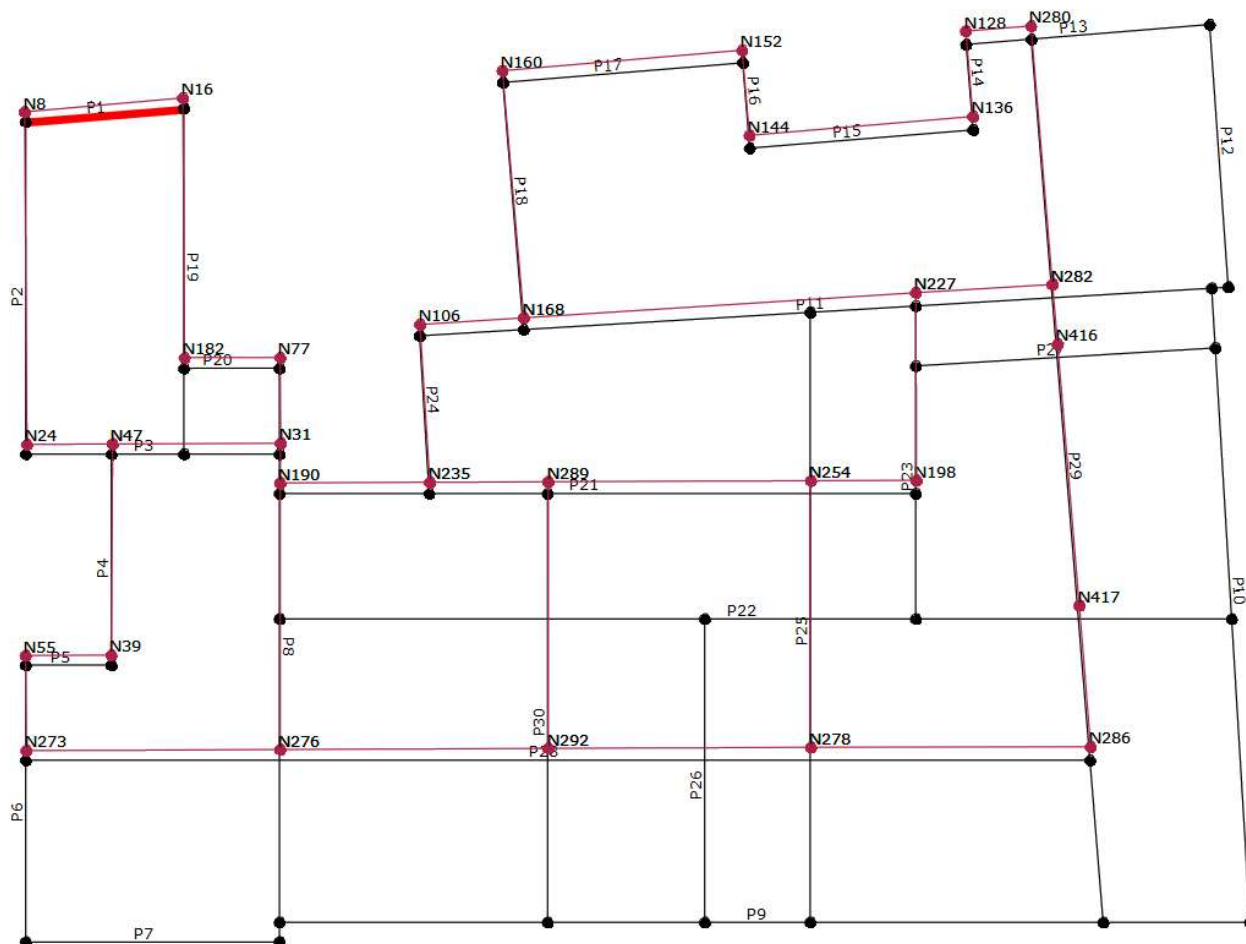
Slika 3.10 3D pogled na makroelemente (1)



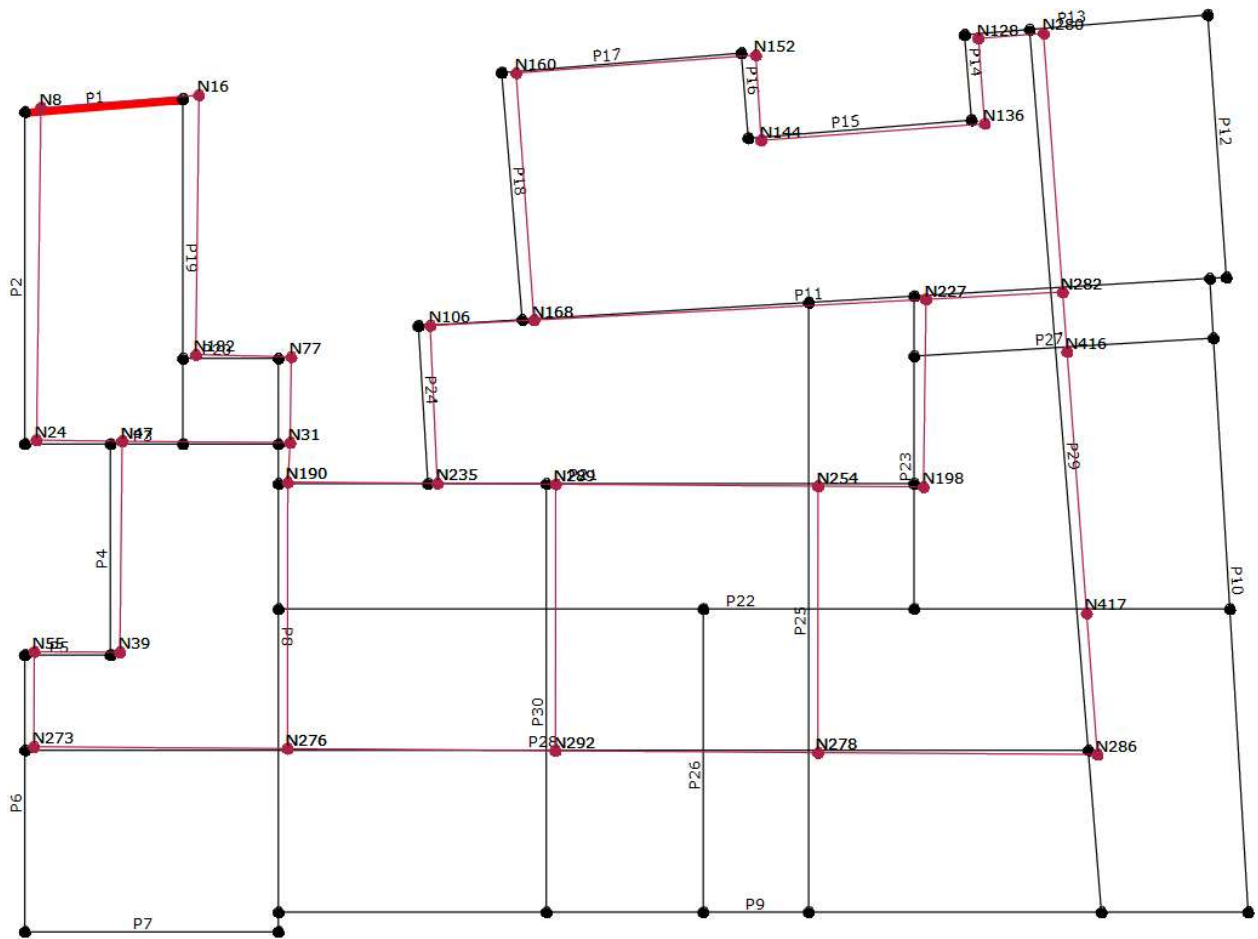
Slika 3.11 3D pogled na makroelemente (2)

Modalna analiza

Iz provedene modalne analize vidljivo je da je prvi ton translacijski u Y smjeru, a drugi ton translacijski u X smjeru. Najveći pomak za Y smjer uočen je u čvoru 136, a za X smjer u čvoru 16. Isti su odabrani kao kontrolni čvorovi za provedbu analize postupnog guranja. U Y smjeru aktivira se 73.43% mase zgrade dok se u X smjeru aktivira 66.60% mase zgrade.



Slika 3.12 Prvi ton – translacija u Y smjeru



Slika 3.13 Drugi ton – translacija u X smjeru

Pushover analiza

Opis pushover analize

Potresna analiza promatrane konstrukcije provedena je nelinearnom statičkom metodom [Eurocode 8 - p. 4.3.3.4.2.]. Potrebne provjere uključuju usporedbu takozvane krivulje kapaciteta i graničnih pomaka koji su definirani prema normi. Krivulja kapaciteta definirana je kao dijagram koji prikazuje odnos pomaka („displacement“) i potresne poprečne sile u podnožju („base shear“)

Za metodu postupnog guranja korištena su dva oblika raspodjele bočnih sila. To su jednolična raspodjela koja je proporcionalna masi konstrukcije na svakoj etaži te po visini linearno rastuća raspodjela koja ima oblik obrnutog trokuta.

Spomenute bočne sile djeluju na mjestima masa u modelu. U obzir je uzeta i slučajna ekscentričnost od 5% koja u obzir uzima eventualne nesigurnosti u položaju masa.

Ovim načinom raspodijele bočnih sila dobiven je maksimalni pomak u podnožju zgrade. Pomak koji se ispituje za praćenje krivulje kapaciteta je točka konstrukcije koja se naziva kontrolni čvor. Norma zahtjeva praćenje bilinearne krivulje kapaciteta za ekvivalentni sustav (SDOF).

Određivanje krivulje u odnosu na ekvivalentni sustav omogućuje određivanje perioda u kojem se može očekivati najveći pomak izazvan potresom, prema spektrima koji se nalaze u normi [EC8 3.2.2.2].

Za pojedinu analizu moguće je odabrati uvjete seizmičkog opterećenja koje treba ispitati Raspodjela bočnih opterećenja: Određuje se koja raspodjela se koristi osim uniformne (statičke sile ili modalna).

Smjer: Određuje smjer iz kojeg je konstrukcija opterećena bočnim potresnim opterećenjem

Za određivanje stanja najvećeg seizmičkog opterećenja, izvršene su pojedinačne analize za tipologiju opterećenja, seizmički smjer i mogući slučajni ekscentricitet.

Br.	Smjer seizmičkog opterećenja	Uniformna raspodjela bočnog opterećenja	Ekscentricitet [cm]	Razina	Čvor
1	+X	Uniformna	0.0	7	16
2	+X	Statičke sile	0.0	7	16
3	-X	Uniformna	0.0	7	16
4	-X	Statičke sile	0.0	7	16
5	+Y	Uniformna	0.0	7	136
6	+Y	Statičke sile	0.0	7	136
7	-Y	Uniformna	0.0	7	136
8	-Y	Statičke sile	0.0	7	136
9	+X	Uniformna	90.4	7	16
10	+X	Uniformna	-90.4	7	16
11	+X	Statičke sile	90.4	7	16
12	+X	Statičke sile	-90.4	7	16
13	-X	Uniformna	90.4	7	16
14	-X	Uniformna	-90.4	7	16
15	-X	Statičke sile	90.4	7	16
16	-X	Statičke sile	-90.4	7	16
17	+Y	Uniformna	120.7	7	136
18	+Y	Uniformna	-120.7	7	136

19	+Y	Statičke sile	120.7	7	136
20	+Y	Statičke sile	-120.7	7	136
21	-Y	Uniformna	120.7	7	136
22	-Y	Uniformna	-120.7	7	136
23	-Y	Statičke sile	120.7	7	136
24	-Y	Statičke sile	-120.7	7	136

Rezultati

Prema normi provede su provjere graničnog stanja znatnog oštećenja (ZO) i graničnog stanja ograničenog oštećenja (OO)

Granično stanje znatnog oštećenja (ZO) proračunato je za vršno ubrzanje tla za povratni period od 475 godina, dok je granično stanje ograničenog oštećenja (OO) proračunato za vršno ubrzanje tla za povratni period od 95 godina.

Za proračun potresne otpornosti građevine određeno je horizontalno vršno ubrzanje tla za povratni period od 475 godina $a_{gR}=0,251$ g, te za povratni period od 95 godina $a_{gR}=0,126$ g prema karti potresnih područje Republike Hrvatske.

U proračunu za lokaciju navedene zgrade određen je tip temeljnog tla B, „Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom“. [10]

Analizirana zgrada spada u razred važnosti II. Za zgrade II kategorije faktor važnosti iznosi 1,00.

Granično stanje znatnog oštećenja (ZO):

$$d_t^{SD} \leq d_m^{SD}$$

d_t^{SD} : ciljani (zahtijevani) pomak prema normi

d_m^{SD} : sposobnost pomaka za granično stanje znatnog oštećenja (ZO)

Granično stanje ograničenog oštećenja (OO):

$$S_d(T^*) \leq d_y^*$$

$S_d(T^*)$: ciljani pomak zahtjevan u normi za $T=T^*$

d_y^* : sposobnost plastične deformacije ekvivalentnog sustava s jednim stupnjem slobode

Indeks oštećenja

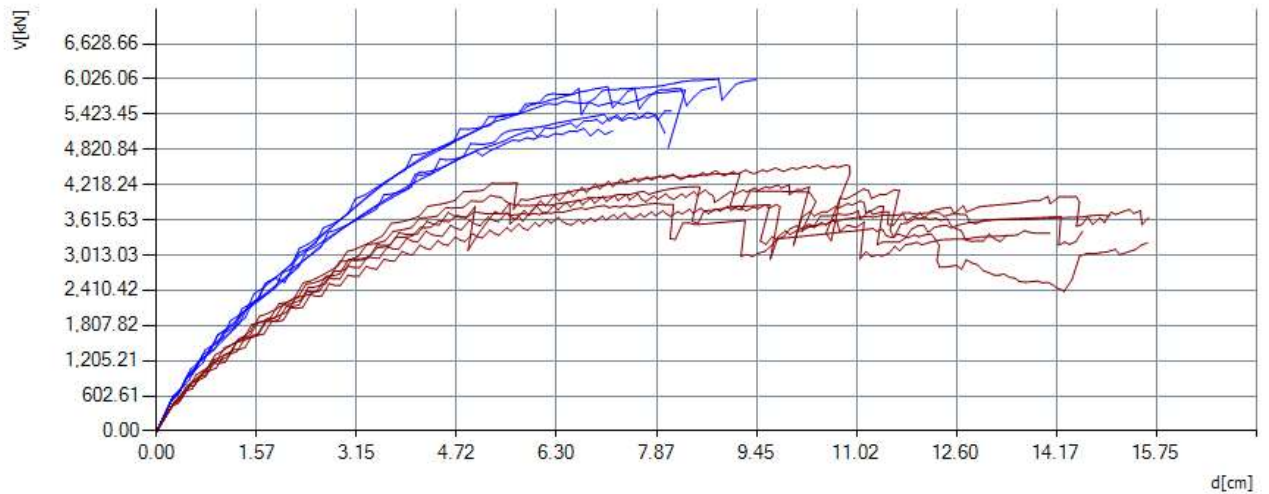
Za granična stanja izračunat je indeks oštećenja α (α_{ZO} , α_{OO})

Detalji rezultata

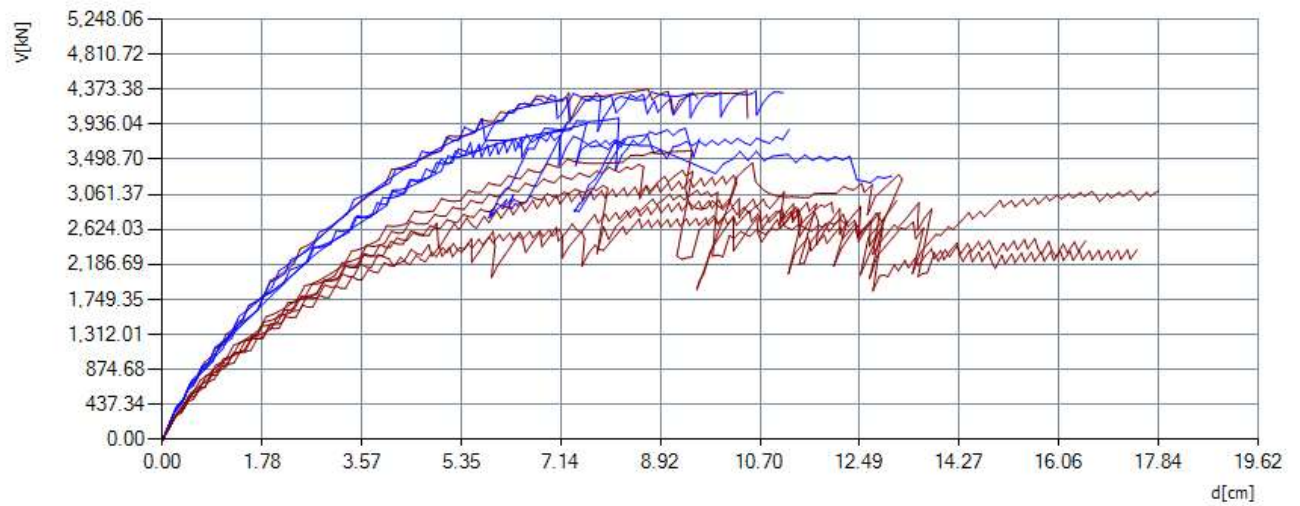
Br.	Smjer seizmičkog opterećenja	Seizmičko opterećenje	Ecc. [cm]	dt ZO [cm]	dm ZO [cm]	ZO Ver.	Sd OO [cm]	d*y OO [cm]	OO Ver.
1	+X	Uniformna	0.0	12.60	6.61	Ne	4.02	3.07	Ne
2	+X	Statičke sile	0.0	15.19	7.86	Ne	4.85	3.33	Ne
3	-X	Uniformna	0.0	13.00	6.01	Ne	4.15	3.03	Ne
4	-X	Statičke sile	0.0	15.35	8.42	Ne	4.90	3.00	Ne
5	+Y	Uniformna	0.0	14.65	10.94	Ne	4.65	2.79	Ne
6	+Y	Statičke sile	0.0	17.67	12.40	Ne	5.61	2.80	Ne
7	-Y	Uniformna	0.0	14.10	10.05	Ne	4.48	2.61	Ne
8	-Y	Statičke sile	0.0	17.05	9.01	Ne	5.41	3.09	Ne

9	+X	Uniformna	90.4	12.59	7.08	Ne	4.02	3.11	Ne
10	+X	Uniformna	-90.4	12.55	6.04	Ne	4.00	3.01	Ne
11	+X	Statičke sile	90.4	14.95	8.34	Ne	4.77	3.16	Ne
12	+X	Statičke sile	-90.4	15.06	7.19	Ne	4.81	3.20	Ne
13	-X	Uniformna	90.4	13.10	6.08	Ne	4.18	3.17	Ne
14	-X	Uniformna	-90.4	12.79	5.38	Ne	4.08	2.79	Ne
15	-X	Statičke sile	90.4	15.91	7.21	Ne	5.07	3.43	Ne
16	-X	Statičke sile	-90.4	15.68	9.80	Ne	5.00	2.99	Ne
17	+Y	Uniformna	120.7	15.11	10.56	Ne	4.80	2.77	Ne
18	+Y	Uniformna	-120.7	14.88	11.72	Ne	4.73	3.15	Ne
19	+Y	Statičke sile	120.7	17.92	13.09	Ne	5.69	2.77	Ne
20	+Y	Statičke sile	-120.7	17.32	9.86	Ne	5.50	2.98	Ne
21	-Y	Uniformna	120.7	13.99	11.71	Ne	4.44	2.39	Ne
22	-Y	Uniformna	-120.7	13.72	11.27	Ne	4.36	2.58	Ne
23	-Y	Statičke sile	120.7	17.44	9.39	Ne	5.54	3.07	Ne
24	-Y	Statičke sile	-120.7	17.21	13.38	Ne	5.46	3.42	Ne

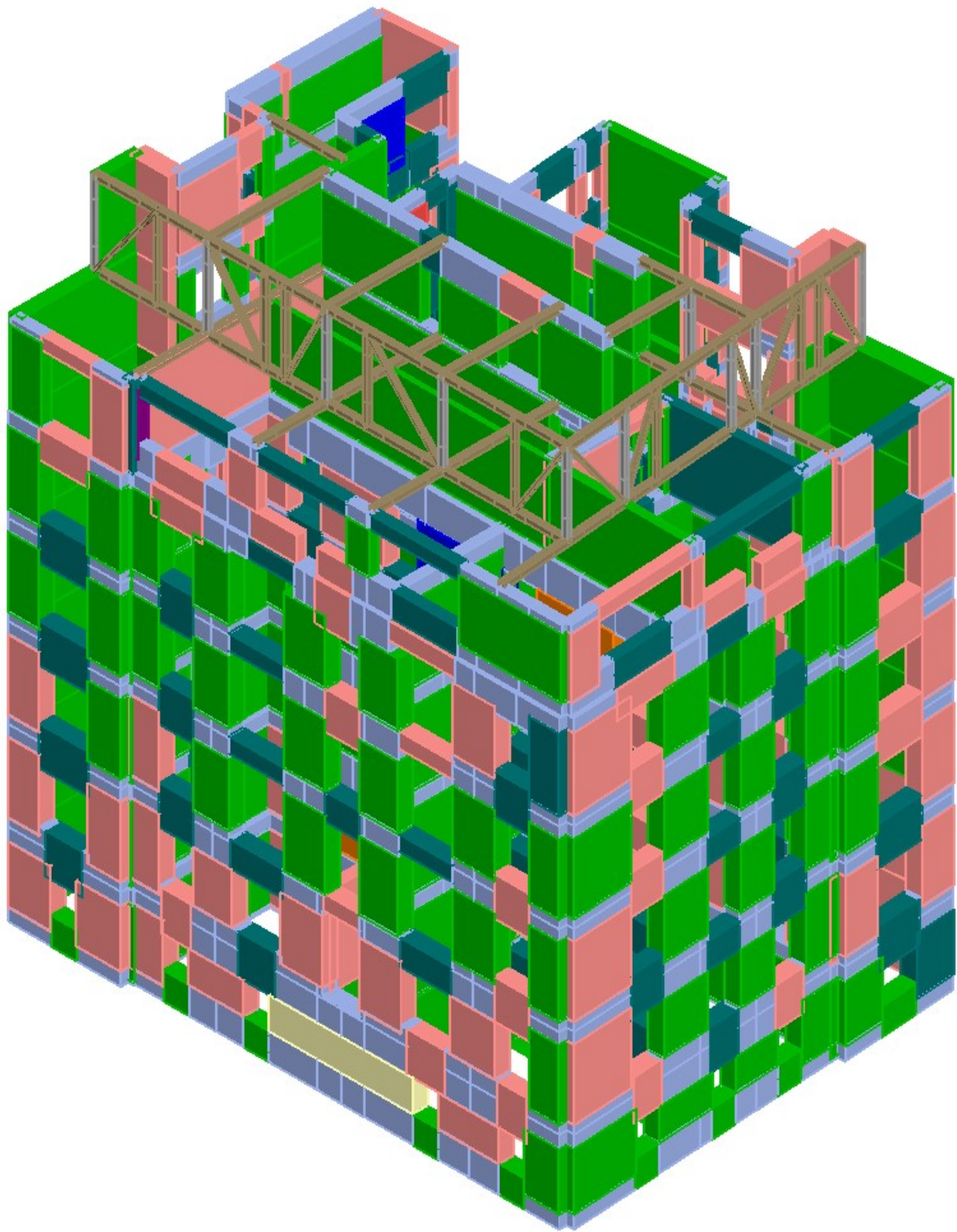
Br.	Smjer seizmičkog opterećenja	Seizmičko opterećenje	Ecc. [cm]	α ZO	α OO
1	+X	Uniformna	0.0	0.525	0.765
2	+X	Statičke sile	0.0	0.518	0.688
3	-X	Uniformna	0.0	0.462	0.730
4	-X	Statičke sile	0.0	0.548	0.612
5	+Y	Uniformna	0.0	0.747	0.601
6	+Y	Statičke sile	0.0	0.702	0.499
7	-Y	Uniformna	0.0	0.713	0.584
8	-Y	Statičke sile	0.0	0.528	0.571
9	+X	Uniformna	90.4	0.563	0.775
10	+X	Uniformna	-90.4	0.482	0.752
11	+X	Statičke sile	90.4	0.558	0.662
12	+X	Statičke sile	-90.4	0.478	0.666
13	-X	Uniformna	90.4	0.464	0.758
14	-X	Uniformna	-90.4	0.421	0.683
15	-X	Statičke sile	90.4	0.454	0.676
16	-X	Statičke sile	-90.4	0.625	0.597
17	+Y	Uniformna	120.7	0.699	0.578
18	+Y	Uniformna	-120.7	0.788	0.666
19	+Y	Statičke sile	120.7	0.730	0.486
20	+Y	Statičke sile	-120.7	0.569	0.541
21	-Y	Uniformna	120.7	0.837	0.539
22	-Y	Uniformna	-120.7	0.821	0.593
23	-Y	Statičke sile	120.7	0.538	0.554
24	-Y	Statičke sile	-120.7	0.777	0.626



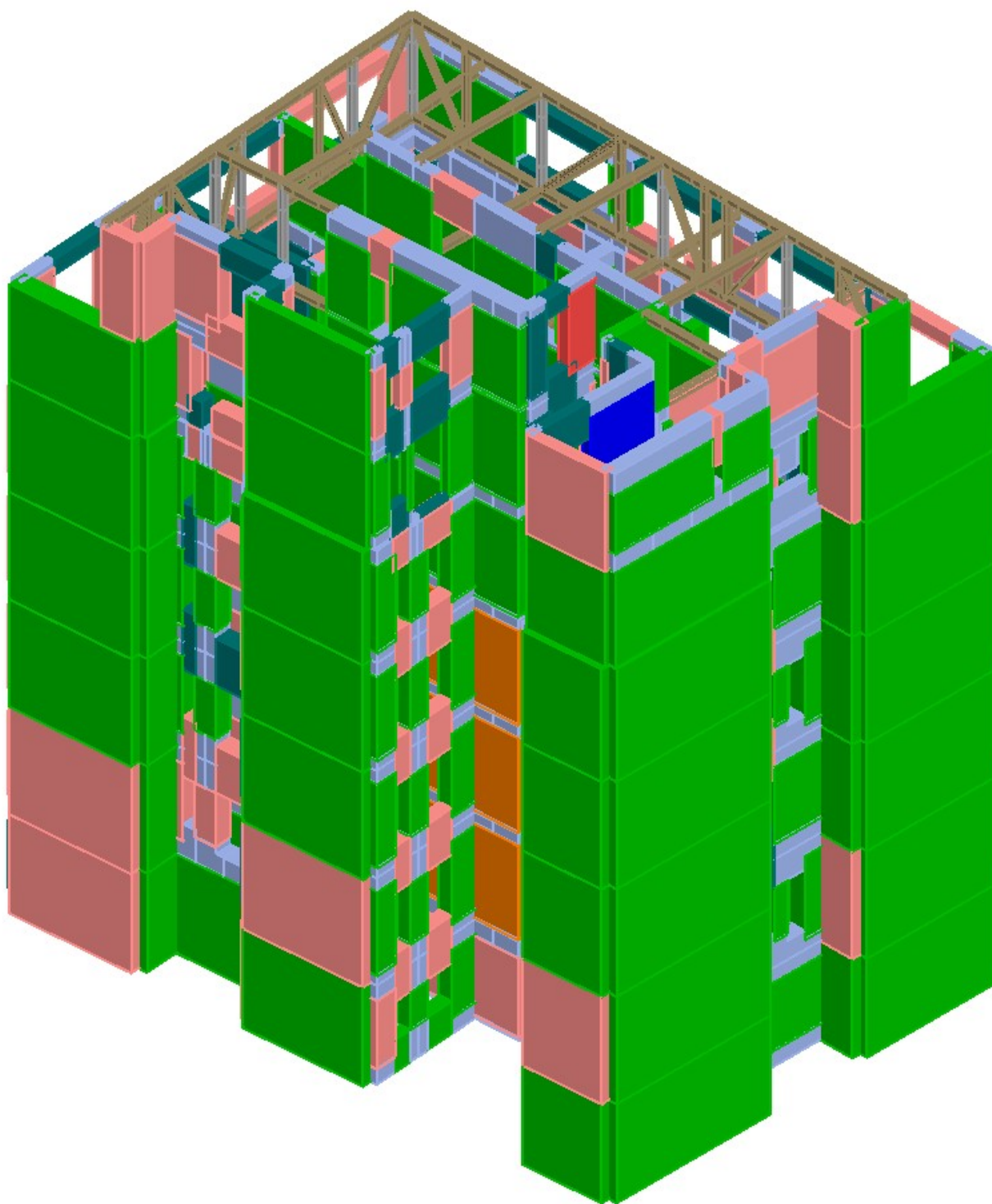
Slika 3.14 Pushover krivulja s analiziranim bočnim opterećenjem u jednolikom obliku (plava boja označava X smjer, a crvena Y smjer)



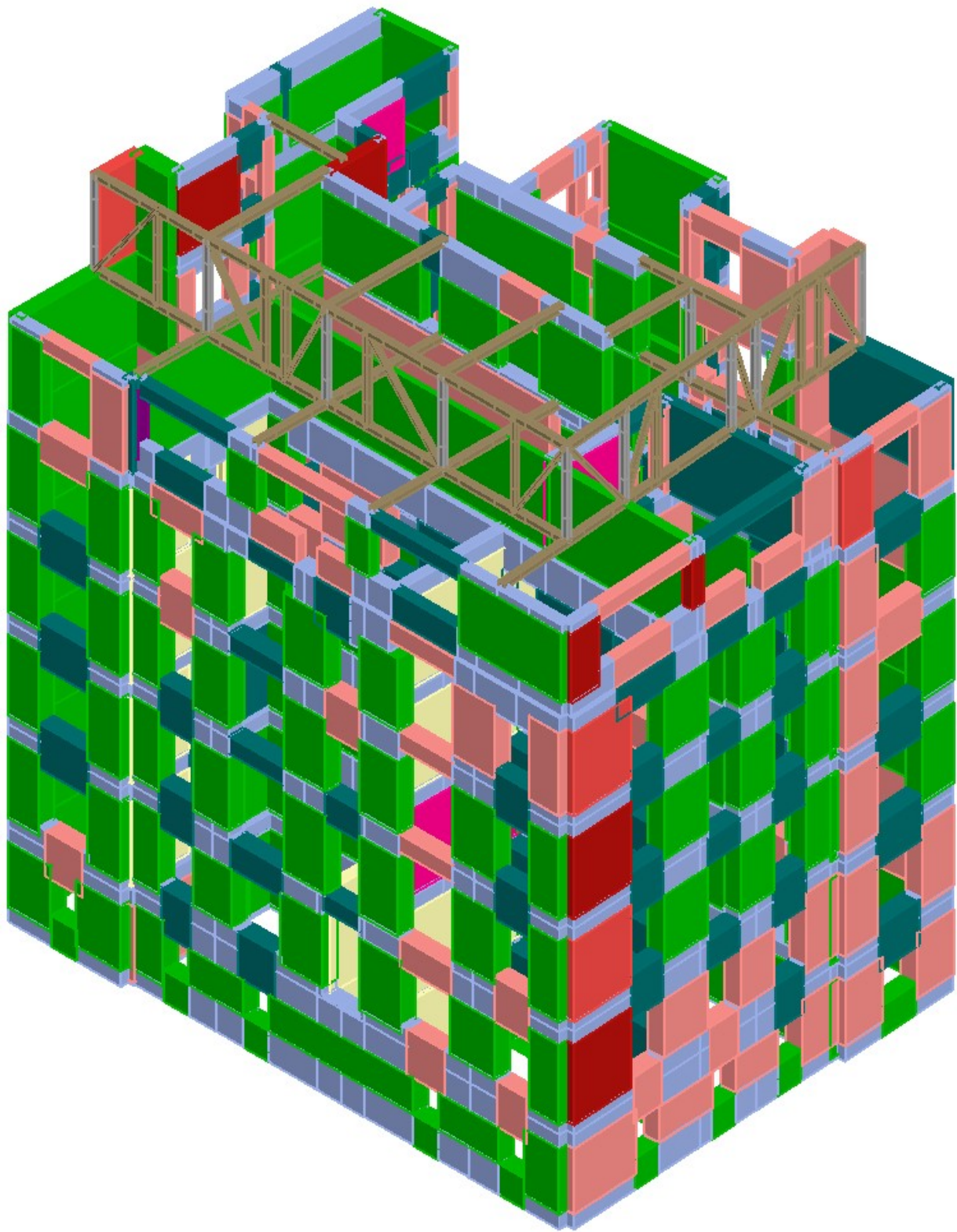
Slika 3.15 Pushover krivulja s analiziranim bočnim opterećenjem u linearnom trokutastom obliku (plava boja označava X smjer, a crvena Y smjer)



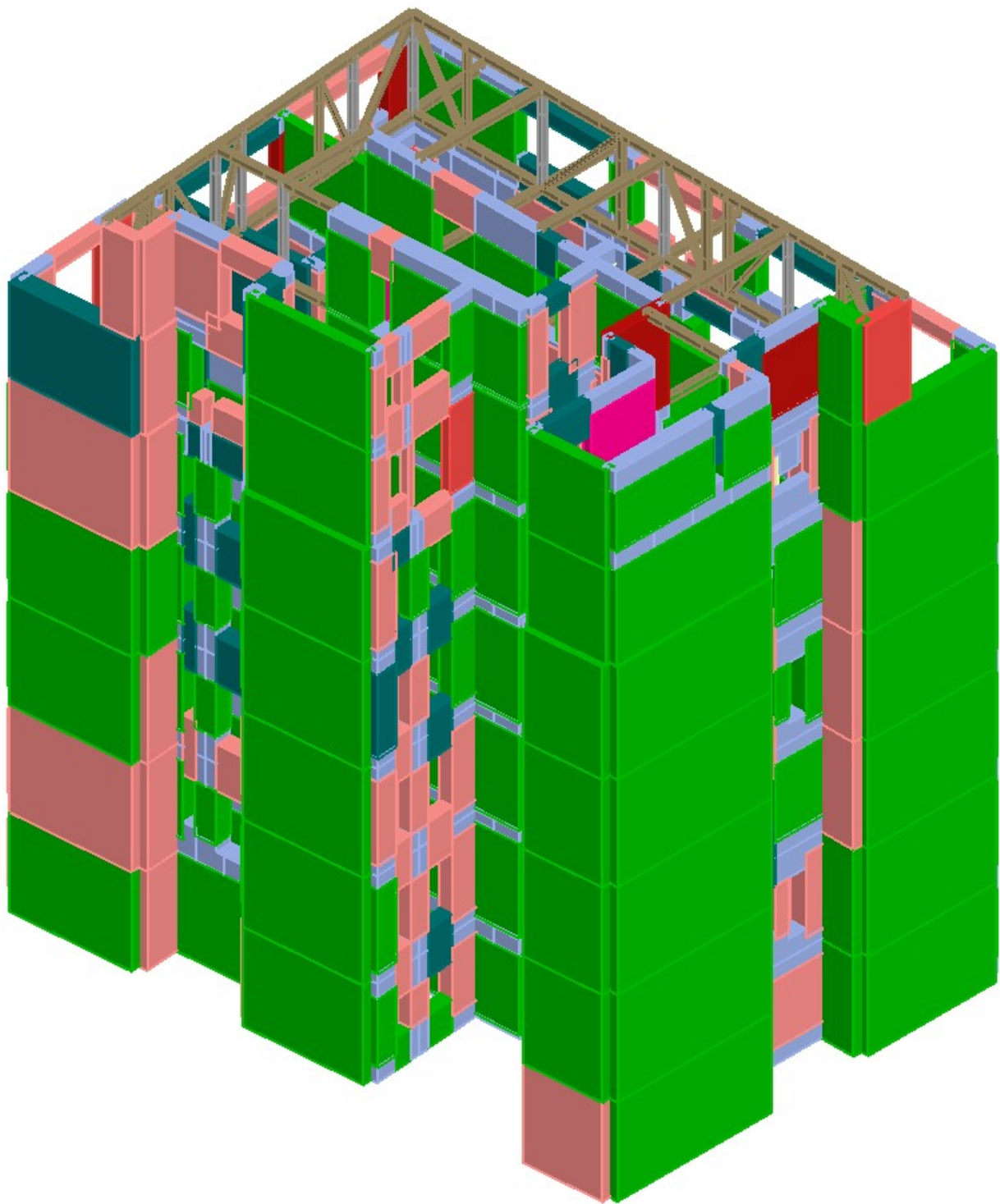
Slika 3.16 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 14 u X smjeru (1)



Slika 3.17 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 14 u X smjeru (2)
























Slika 3.18 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 8 u Y smjeru (1)



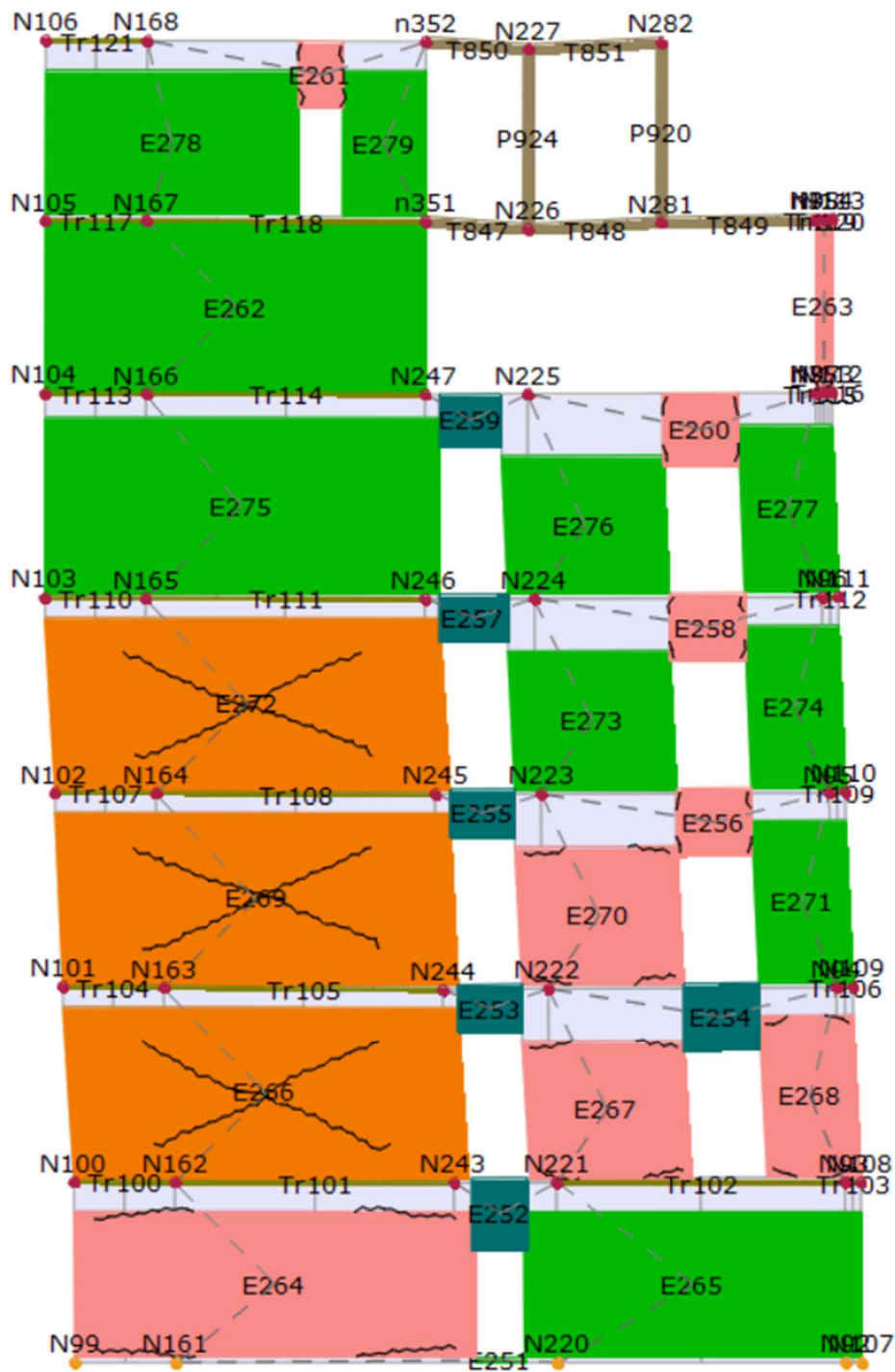
Slika 3.19 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 8 u Y smjeru (2)

Sažetak rezultata

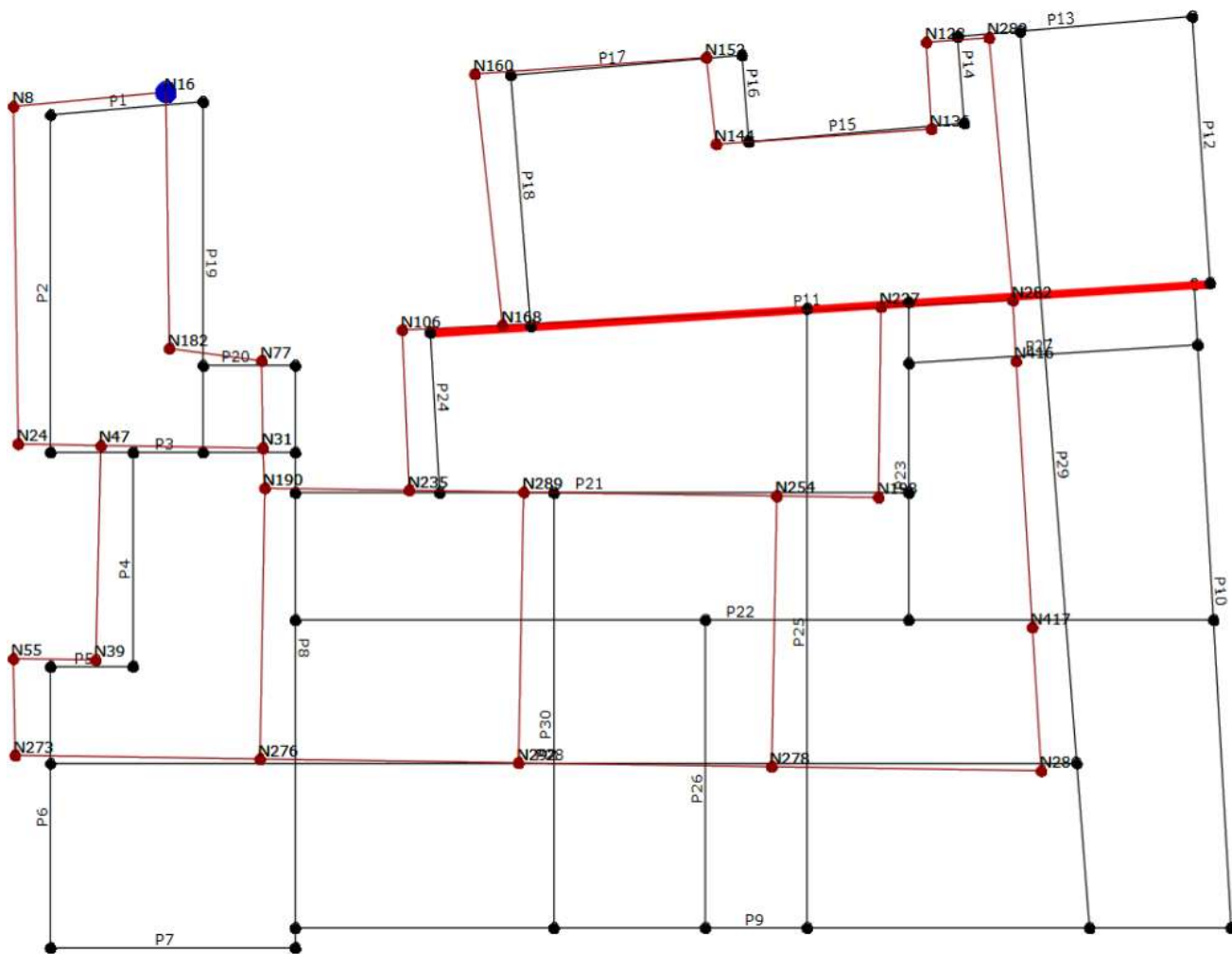
Legenda rezultata

Armirani beton		Ziđe	
	Neoštećeno		Neoštećeno
	Posmično otkazivanje		Početak plastičnosti
	Oštećenje od savijanja		Posmično oštećenje
	Otkazivanje savijanjem		Početak posmičnog sloma
	Tlačno otkazivanje		Posmično otkazivanje
	Vlačno otkazivanje		Oštećenje od savijanja
	Posmično otkazivanje		Početak sloma savijanjem
	Drvo		Otkazivanje savijanjem
	Neoštećeno		Ozbiljno oštećenje
	Otkazivanje savijanjem		Tlačno otkazivanje
	Tlačno otkazivanje		Vlačno otkazivanje
	Vlačno otkazivanje		Otkazivanje tijekom elastične faze
	Čelik		Neučinkovit element
	Neoštećeno		
	Oštećenje od savijanja		
	Tlačno oštećenje		
	Vlačno oštećenje		
	Neučinkovit element		
	Povratak na elastično stanje		

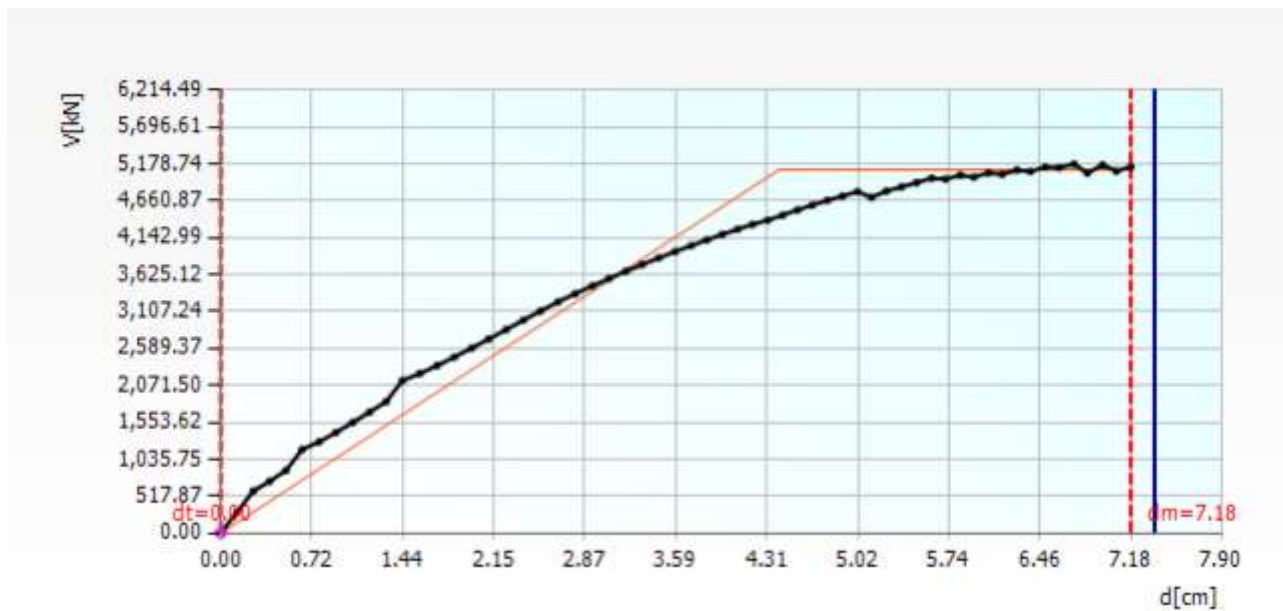
Seizmička analiza br. 14 u smjeru X



Slika 3.20 Seizmička analiza br. 14 Zid 11 Korak 59

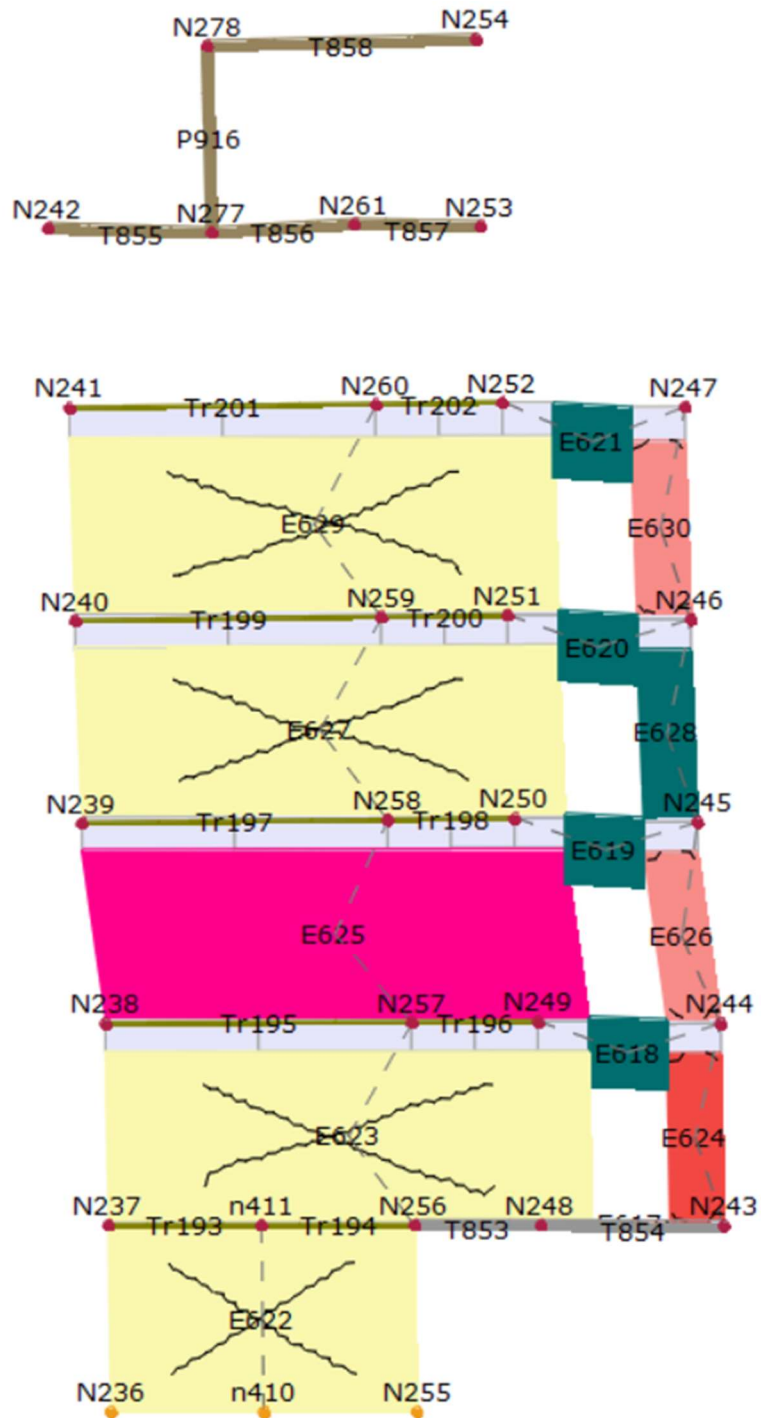


Slika 3.21 Tlocrtni pogled deformacije

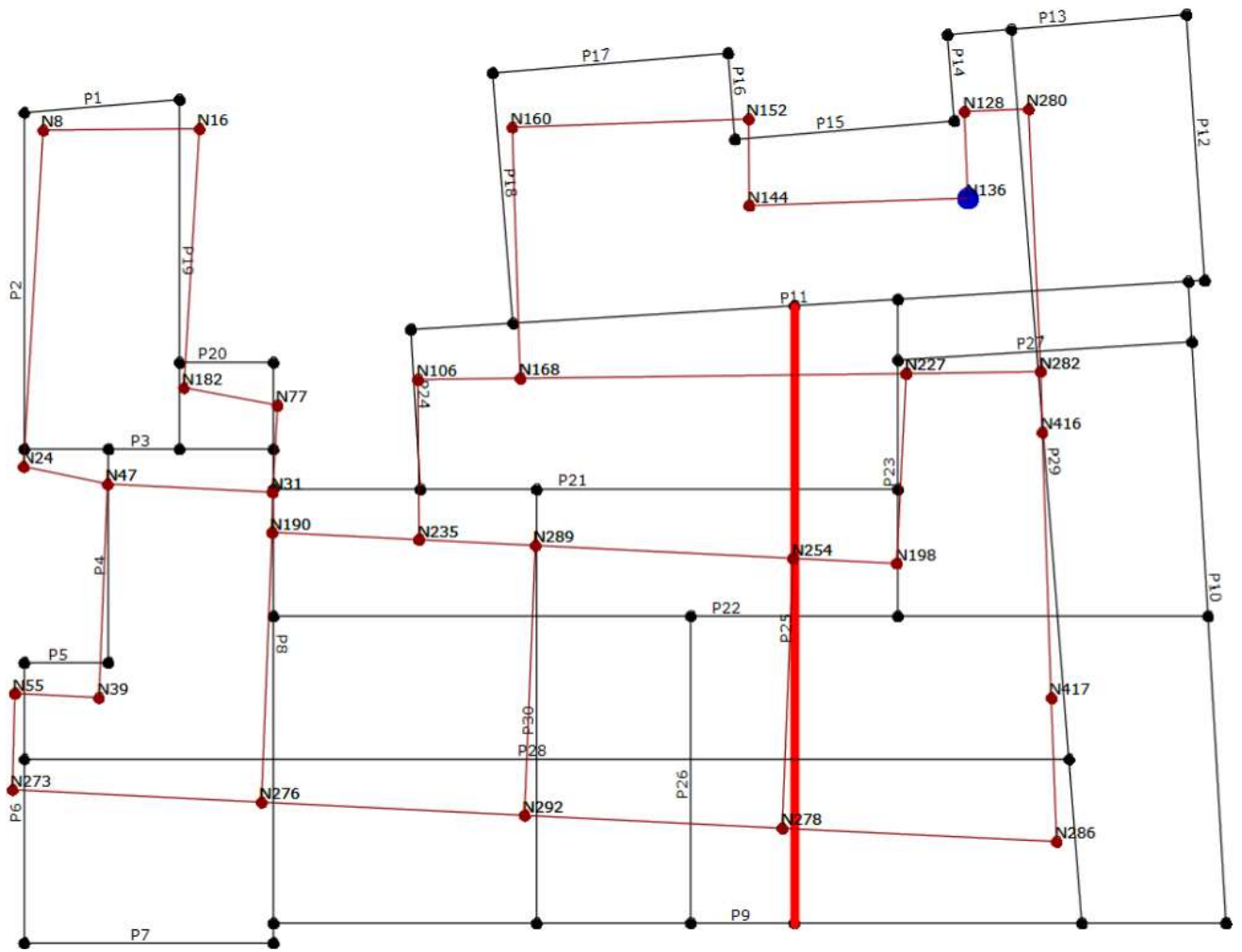


Slika 3.22 Pushover krivulja (analiza broj 14)

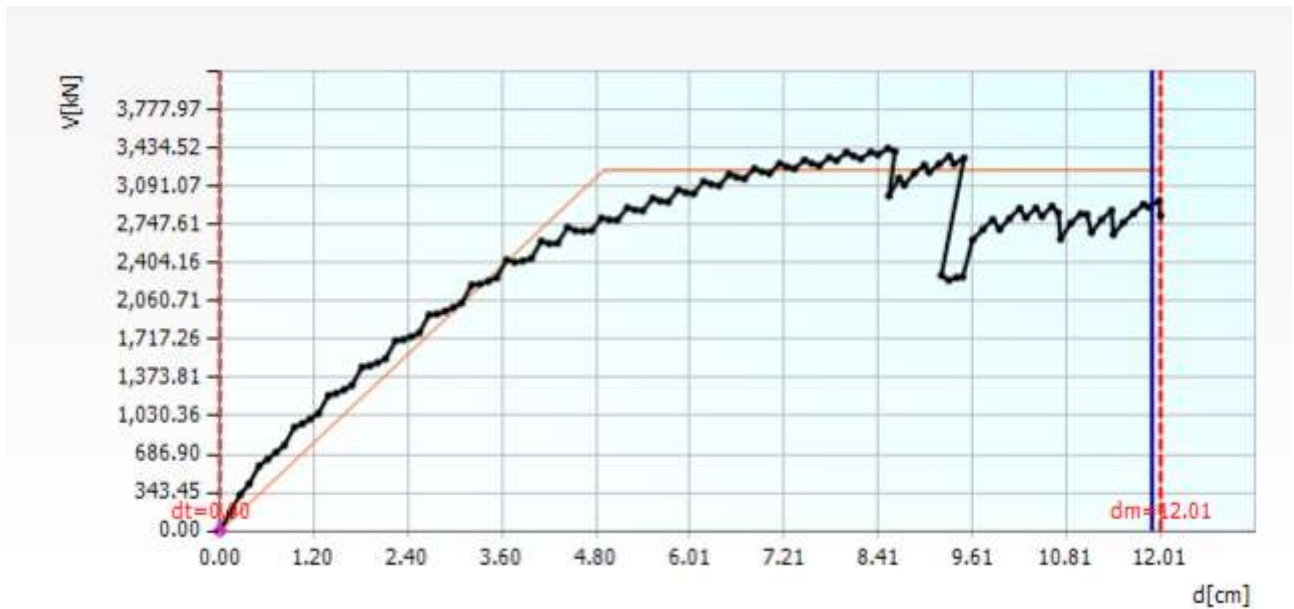
Seizmička analiza br. 8 u smjeru Y



Slika 3.23 Seizmička analiza br. 8 Zid 25 Korak 119



Slika 3.24 Tlocrtni pogled deformacije



Slika 3.25 Pushover krivulja (analiza broj 8)

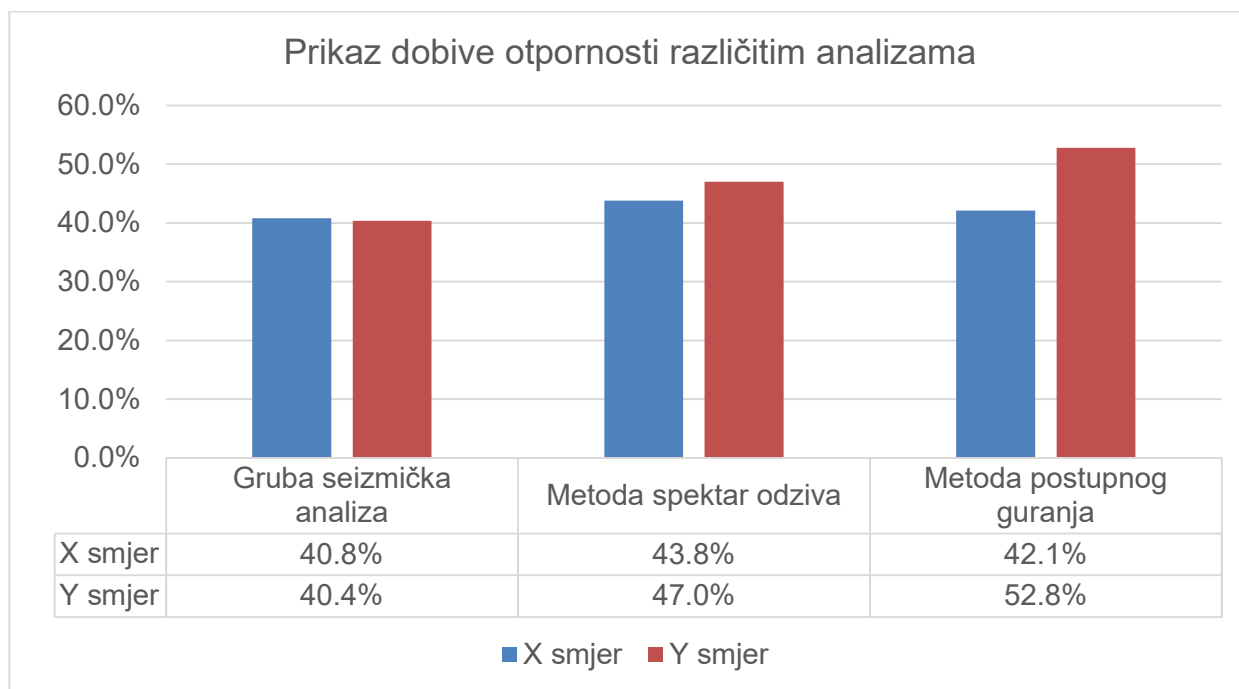
Rezultati analize postojeće konstrukcije

Prema rezultatima provedenog proračuna postojeće konstrukcije možemo zaključiti kako zgrada ne zadovoljava ni jednu od provedenih analiza za granično stanje ograničenog oštećenja (OO) kao ni za granično stanje znatnog oštećenje (ZO). Pri čemu je za smjer X najnepovoljnija analiza 14, a za smjer Y analiza 8. Prema rezultatima dobivenim analizom vidljivo je da je konstrukcija slabija u smjeru X, te da mehanička otpornost i stabilnost konstrukcije zgrade na potresno opterećenje ne zadovoljava minimalni zahtijevani indeks znatnog oštećenja (IZO) kao što ne zadovoljava ni minimalni zahtijevani indeks ograničenog oštećenja (IOO). Kada se promatra granično stanje ograničenog oštećenje (OO) vidljivo je da je za smjer X najnepovoljnija analiza 16, a za smjer Y analiza 19.

Dobivena otpornost zgrade za granično stanje znatnog oštećenja u Y smjeru iznosi 52.8% dok za X smjer iznosi 42.1%.

4. Usporedba provedenih seizmičkih analiza

Grubom seizmičkom analizom dobivena je otpornost zgrade od 40.84% u X smjeru i 40.43% u Y smjeru. Metodom spektra odziva dobiveni su rezultati otpornosti od 43.76% u X smjeru i 46.98% u Y smjeru. Kod metode postupnog guranja dobivena otpornost zgrade iznosi 42.1% za X smjer i 52.8% za Y smjer.



Slika 4.1 Prikaz dobivene otpornosti različitim analizama

Pregledom rezultata vidljivo je da je konstrukcija slabija u X smjeru u odnosu na Y smjer, a to dokazuju rezultati metode spektra odziva i postupnog guranja dok kod grube seizmičke analize nema značajne razlike u dobivenoj otpornosti za dva različita smjera.

Najmanja otpornost zgrade dobivena je grubom seizmičkom analizom za oba smjera. Za X smjer najveća otpornost dobivena je metodom spektra odziva, dok je za Y smjer najveća otpornost dobivena metodom postupnog guranja.

Razlika između metode spektra odziva i metode postupnog guranja za X smjer iznosi 1.7%, a za Y smjer 5.8%. Gruba seizmička analiza razlikuje se od metode spektra odziva za 3.0% u X smjeru i 6.6% u Y smjeru, dok se od metode postupnog guranja razlikuje za 1.3% u X smjeru te 12.4% u Y smjeru.

5. Zaključak

U ovom radu prikazana je izrada potresnih analiza seizmičke otpornosti i usporedba rezultata istih. Prilikom proračuna i usporedba korišteno je nekoliko različitih metoda proračuna i programskih alata kako bi se njihovom usporedbom dobile sličnosti i razlike u proračunu.

Osnovna razlika u suštini metode je ta da se grubom seizmičkom analizom i metodom spektra odziva analiziraju naprezanja dok se metodom postupnog guranja analiziraju pomaci. Iako nema znatnih odstupanja u rezultatima svaka metoda ima svoje prednosti i ograničenja. Osnovno je pri odabiru programskog alata svrha i rezultati koji se traže te koji su potrebni za kvalitetnu analizu pri projektiranju. Također, pri odabiru alata, važni su i ulazni parametri: postojeća ili nova zgrada, materijal od kojeg je građena, starost, oblik, dijelovi građevine itd.

Grubom seizmičkom analizom dobivena je otpornost zgrade od 40.84% u X smjeru i 40.43% u Y smjeru. Metodom spektra odziva dobiveni su rezultati otpornosti od 43.76% u X smjeru i 46.98% u Y smjeru. Kod metode postupnog guranja dobivena otpornost zgrade iznosi 42.1% za X smjer i 52.8% za Y smjer. Razlika između metode spektra odziva i metode postupnog guranja za X smjer iznosi 1.7%, a za Y smjer 5.8%. Gruba seizmička analiza razlikuje se od metode spektra odziva za 3.0% u X smjeru i 6.6% u Y smjeru, dok se od metode postupnog guranja razlikuje za 1.3% u X smjeru te 12.4% u Y smjeru. Najveće odstupanje javlja se kod grube seizmičke analize što je za očekivati jer je ona temeljena na procjeni i provedena s najjednostavnijim parametrima te se stoga može zaključiti da su ostale dvije analize mjerodavnije. Provedbom različitih analiza dobiveni su slični rezultati potresne otpornosti predmetne zgrade i to ukazuje na točnost istih.

Na ovom primjeru analiza u programskom paketu 3Muri pokazala se relativno brza i jednostavna u odnosu na analizu u programskom paketu Tower i tablični proračun računske nosivosti postojećeg zida na poprečne sile. Programskim paketom 3Muri moguće je provesti analizu seizmičke otpornosti bez potrebe daljnjeg tabličnog proračuna. Također 3Muri prepoznaje mehanizme sloma te ih prikazuje kroz analizu oštećenja za svaki makroelement gdje je moguće osim različitih mehanizama sloma očitati i različite stupnjeve oštećenja.

Cilj ovog rada bio je prikazati izradu usporedne potresne analize seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu. Kroz izradu svih dijelova analiza te usporedbu rezultata cilj rada je realiziran.

6. Popis literature

- [1] <https://www.arhitektura-zagreba.com/zgrade/palmiticeva-27-boskoviceva-13?ulica=palmiticeva>, dostupno 30.08.2023.
- [2] O Goldscheider: Kuća Hirschl izgled po dovršetku gradnje: fotografija, 1910 (Državni arhiv u Zagrebu) <https://digital.arhivpro.hr/muo2/?vdoc=4315>, dostupno 30.08.2023.
- [3] Z. Jurić: Arhitekt Otto Golscheider – zagrebački radovi za Hoenigsberg & Deutsch, Život umjetnosti, br. 58, 1996, str. 70-77
- [4] D. Radović Mahečić, I. Haničar: O koncepciji izložbe, Stjepan Planić 1900.–1980., 2003, str. 17-28
- [5] K. Šikić, O. Basch & A. Šimunić (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Zagreb L33–80. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972); Savezni geološki institut, Beograd (1977)
- [6] K. Šikić, O. Basch & A. Šimunić (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Zgreb L33–80. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972); Savezni geološki institut, Beograd
- [7] D. Gusić, J. Landeka, A. Lukić, M. Prša, I. Vidić: Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske, Ekscentar, br. 19, 2016, str. 84-90
- [8] M. Herak i suradnici: Karta potresnih područja Republike Hrvatske, Nacionalni dodatak HRN EN 1998-1:2011/NA:2011/A1:2021
- [9] <http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/karta.php>, dostupno 03.09.2023.
- [10] Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak HRN EN 1998-1:2011/NA:2011/A1:2021

Popis slika

Slika 2.1 Pogled na predmetnu zgradu na uglu Palmotićeve 27 /Boškovićeve [1].....	3
Slika 2.2 Ploča s godinom gradnje te projektom uredom kod ulaza u zgradu [1].....	4
Slika 2.3 Originalni izgled zgrade fotografiran po dovršetku gradnje 1910. godine [2] ...	4
Slika 2.4 Nacrt originalnog zapadnog pročelja zgrade [3].....	5
Slika 2.5 Nacrt južnog pročelja nadogradnje [4]	5
Slika 2.6 Prikaz tlocrta suterena	7
Slika 2.7 Prikaz tlocrt prizemlja	8
Slika 2.8 Prikaz tlocrta 1. kata	9
Slika 2.9 Prikaz tlocrta 2. kata	10
Slika 2.10 Prikaz tlocrta 3. kata	11
Slika 2.11 Prikaz tlocrta 4. kata	12
Slika 2.12 Prikaz tlocrta 5. kata	13
Slika 2.13 Prikaz tlocrta 1-1	14
Slika 2.14 Prikaz tlocrta 2-2	15
Slika 2.15 Prikaz nosivih zidova zgrade s pripadajućim oznakama	16
Slika 2.16 Osnovna geološka karta promatranog područja [5]	18
Slika 2.17 Pregledna tektonska karta lista Zagreb [6].....	21
Slika 2.18 Zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda [7].....	23
Slika 2.19 Žarišta potresa na ovom području [7].....	24
Slika 2.20 Relevantni dio karte potresnih područja za povratno razdoblje od 475 godina [8]	25
Slika 2.21 Lokacija predmetne zgrade sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95, 225$ i 475 godina [9].....	25
Slika 2.22 Kategorije tla prema seizmičnosti [10]	26
Slika 2.23 Faktori važnosti zgrada [10].....	27
Slika 3.1 Tlocrtni prikaz etaže 1	42
Slika 3.2 Tlocrtni prikaz etaže 2	43
Slika 3.3 Tlocrtni prikaz etaže 3	44
Slika 3.4 Tlocrtni prikaz etaže 4	45
Slika 3.5 Tlocrtni prikaz etaže 5	46
Slika 3.6 Tlocrtni prikaz etaže 6	47
Slika 3.7 Tlocrtni prikaz etaže 7	48
Slika 3.8 3D pogled (1)	49

Slika 3.9 3D pogled (2)	50
Slika 3.10 3D pogled na makroelemente (1).....	71
Slika 3.11 3D pogled na makroelemente (2).....	72
Slika 3.12 Prvi ton – translacija u Y smjeru.....	73
Slika 3.13 Drugi ton – translacija u X smjeru	74
Slika 3.14 Pushover krivulja s analiziranim bočnim opterećenjem u jednolikom obliku (plava boja označava X smjer, a crvena Y smjer).....	78
Slika 3.15 Pushover krivulja s analiziranim bočnim opterećenjem u linearnom trokutastom obliku (plava boja označava X smjer, a crvena Y smjer)	78
Slika 3.16 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 14 u X smjeru (1)	79
Slika 3.17 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 14 u X smjeru (2)	80
Slika 3.18 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 8 u Y smjeru (1)	81
Slika 3.19 3D prikaz oštećenja elemenata za analizu broj 8 u Y smjeru (2)	82
Slika 3.20 Seizmička analiza br. 14 Zid 11 Korak 59.....	84
Slika 3.21 Tlocrtni pogled deformacije	85
Slika 3.22 Pushover krivulja (analiza broj 14).....	85
Slika 3.23 Seizmička analiza br. 8 Zid 25 Korak 119.....	86
Slika 3.24 Tlocrtni pogled deformacije	87
Slika 3.25 Pushover krivulja (analiza broj 8).....	87
Slika 4.1 Prikaz dobivene otpornosti različitim analizama.....	89



IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Bono Berta pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom Usporedna potresna analiza seizmičke otpornosti višestambene zgrade oštećene u potresu te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Bono Berta

(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.