



**HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
HRVATSKI CENTAR ZA POTRESNO INŽENJERSTVO**

PRIMJER SLOŽENE KONSTRUKCIJSKE OBNOVE STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE

MODELIRANJE – PRORAČUN -DIMENZIONIRANJE

Mario Todorčić

Ovlašteni revident: Mario Todorčić, dipl.ing.građ., Toding d.o.o.



OSNOVNI PODACI O GRAĐEVINI

- Godina gradnje: 1925. g.
- Katnost: Po+Pr+5+Pt (8 etaža)
- Površina (BRP): 2910 m²
- Projektant: Mario Todorić, dipl.ing.građ.



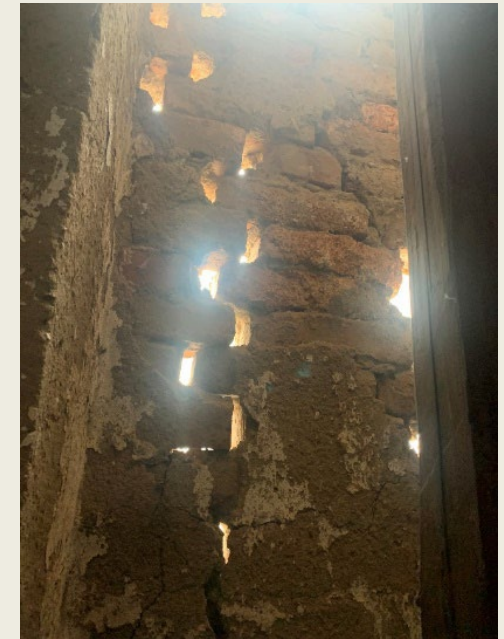
OSNOVNI PODACI O GRAĐEVINI

- Sa naglašenim stupovima građevina ostavlja dojam „sigurnosti i pouzdanosti”



BRZI PREGLED

- Na vrhu zgrade nalazio se teško oštećen dimnjak koji nije bio u upotrebi te je prijetio urušavanjem kao i urušeni zabatni zid na susjednu zgradu, tako da je taj dio neupotrebljiv bez provedbe mjera hitne intervencije (oznaka PN2), što su korisnici zgrade i napravili u sklopu Urgentne potresne obnove (UPPO) te su istog uklonili i zatvorili pokrov.
- Oštećenja zabatnih zidova i dimnjaka



URGENTNE MJERE

- Zabatni zid u gornjim etažama se potpuno odvojio od poprečnih ukruta i prijetio je urušavanjem na susjedne građevine i ulicu.
- Stoga su dodijeljene „crvene“ naljepnice građevinama predmetnoj i susjednim građevinama.
- Privremeno je ograđen dio javne površine.



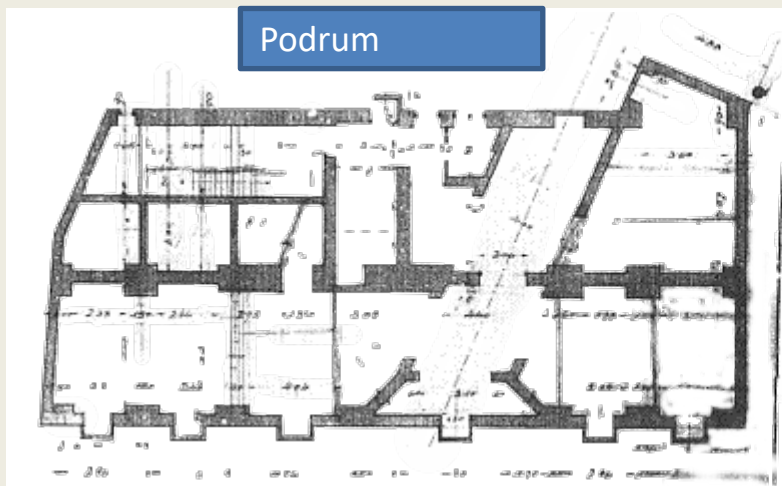
OSNOVNI PODACI O GRAĐEVINI

OPIS ZATEČENOG STANJA POSTOJEĆE ZGRADE

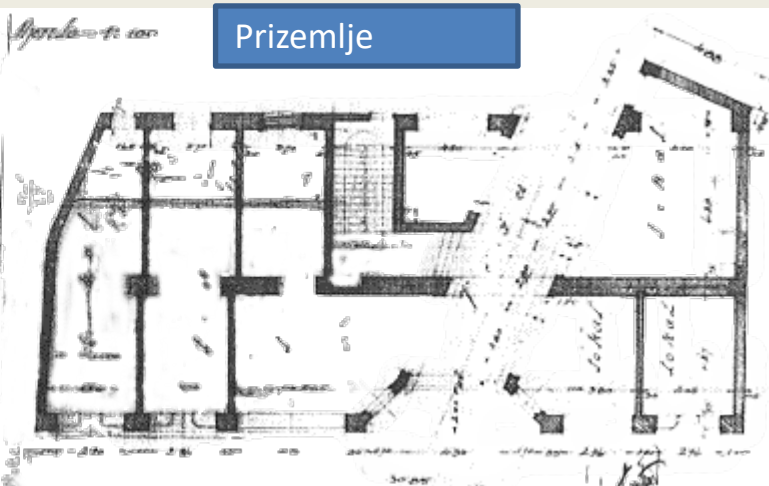
- Tlocrtno nepravilnog oblika - najvećih tlocrtnih dimenzija oko 30,8m x 17,3m.
- Građevina je sa svih strana naslonjena na susjedne građevine, izuzev uličnog pročelja.
- Kroz prizemlje građevine nalazi se prolaz, odnosno kolni pristup za vozila i pješake -
- Tokom vremena doživjela je brojne izmjene i rekonstrukcije.
- **Nosivi zidovi:**
 - neomeđeno ziđe od pune opeke, promjenjive debljine od podruma do vrha zgrade
- **Međukatne konstrukcije:**
 - izvorno – klasični drveni stropovi, na pojedinim dijelovima zamijenjeni AB pločama ili spregnutim pločama.
- **Krov:**
 - drveno krovište na dvije vode sa nizom krovnih prozora i dimnjaka.

ARHIVSKI NACRTI

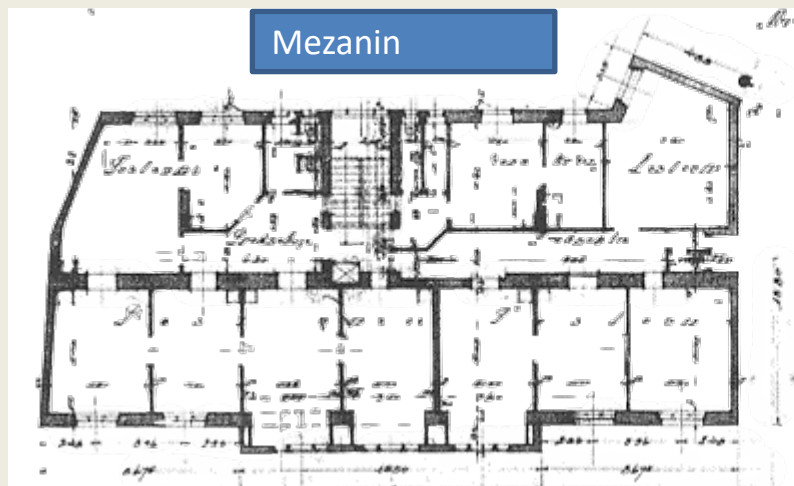
Podrum



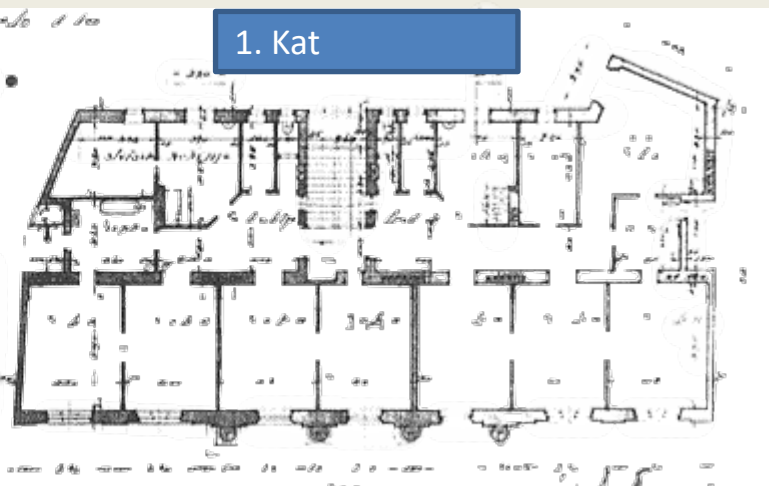
Prizemlje



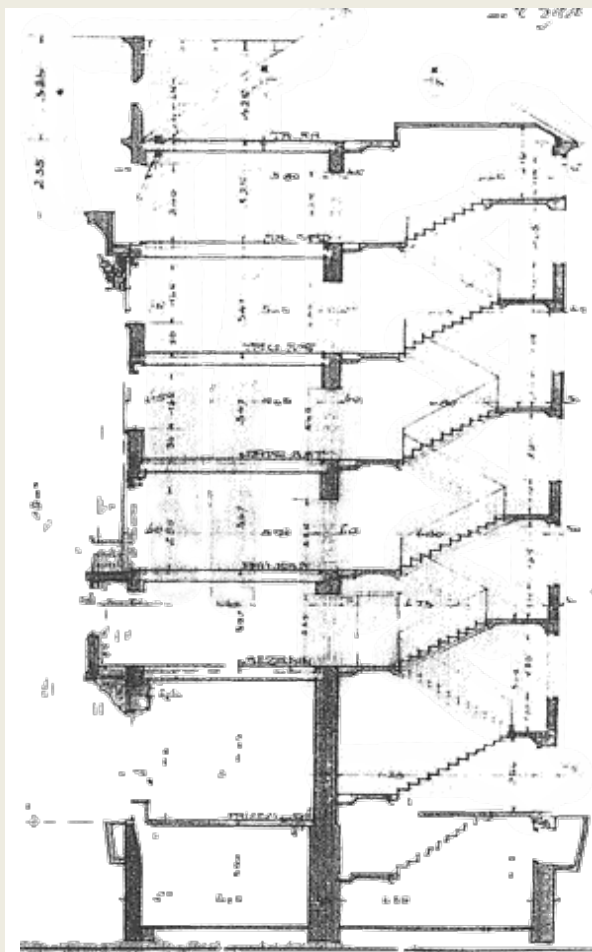
Mezanin



1. Kat

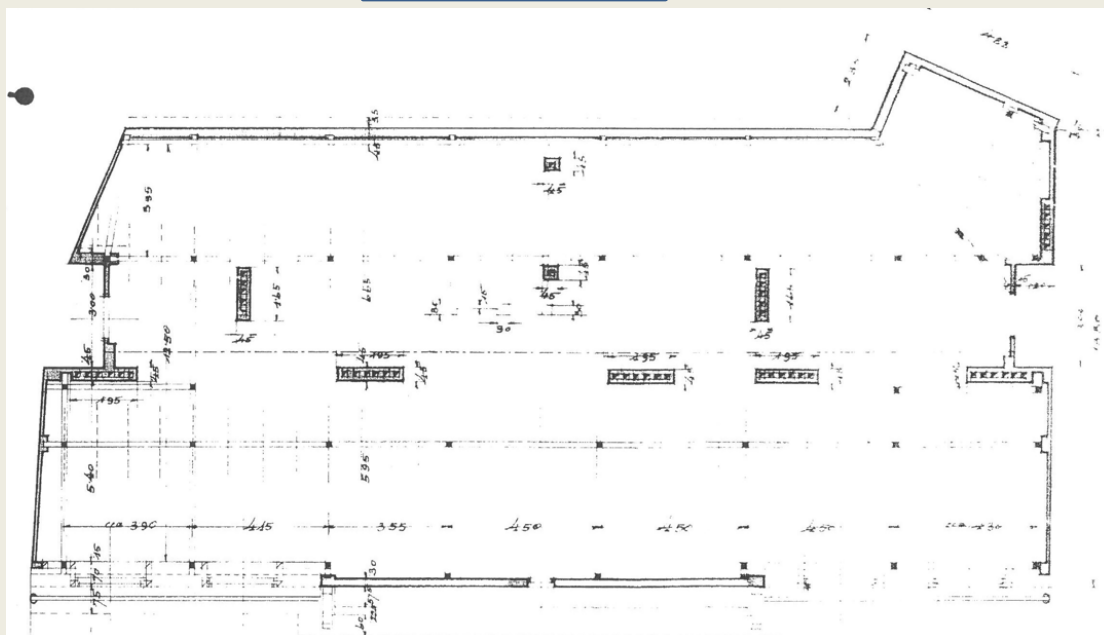


ARHIVSKI NACRTI



Presjek

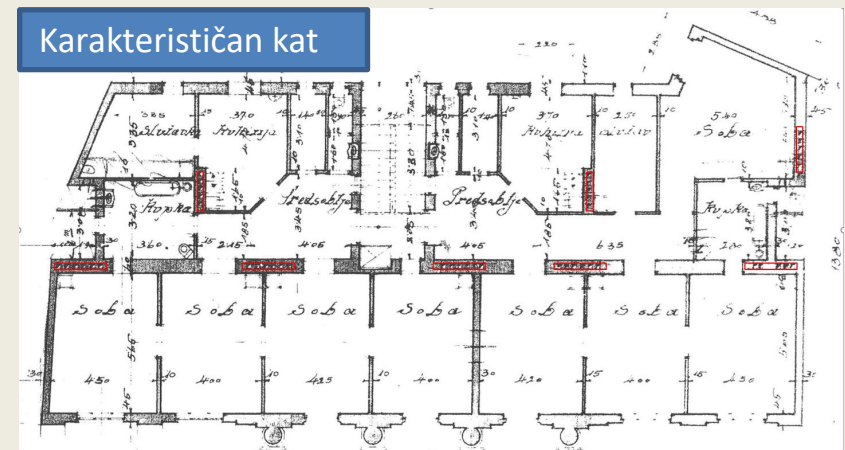
Potkrovlje



IZVORNI NEDOSTACI

Izvorni nedostaci:

- Nedostatak „krutih“ horizontalnih diskova međukatne konstrukcije:
 - međukatne konstrukcije nisu u funkciji horizontalnog diska, te nisu adekvatno spojene sa zidovima;
- Pregradni zidovi od pune opeke – veća masa i seizmička sila na građevinu;
- Postojeći zidovi ne zadovoljavaju kriterije današnjih seizmičkih propisa - ne mogu pouzdano, bez velikih oštećenja, preuzeti potresna djelovanja koja se mogu očekivati.
- Nepridržan fasadni zid na duljini oko 30 m
- Postojeći nosivi zidovi oslabljeni velikim brojem šupljina i ušteta – 49 dimovodnih kanala.



STEČENI NEDOSTACI

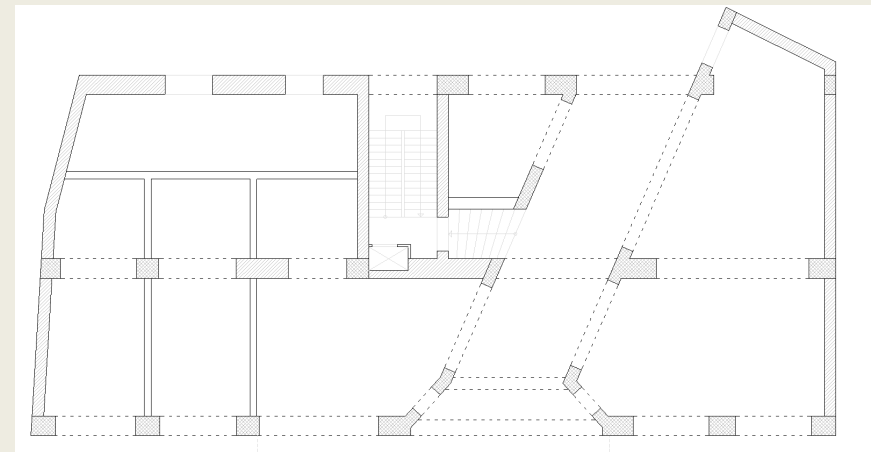
Stečeni nedostaci:

- Građevina je tokom uporabe doživjela brojne izmjene i rekonstrukcije.
- Dodatne intervencije (oslabljenja) u prizemlju tijekom uporabnog vijeka - uklanjanje nosivih zidova i proširenja postojećih otvora za potrebe poslovnih prostora - predstavlja najveći problem zbog izvorno „mekog” prizemlja.
- Degradacija gradiva.

Prizemlje – izvorno stanje



Prizemlje – zatečeno stanje



ZATEČENO STANJE

Zatečeno stanje - zaključak:

- Građevina ima izvorno izrazito nepovoljnu strukturu konstrukcije:
 - „meko“ prizemlje;
 - malo poprečnih zidova;
 - nedostatak horizontalne dijafragme.
- Naknadne intervencije na građevini tokom uporabnog vijeka - probijanje novih otvora u prizemlju te degradacija ionako slabog prizemlja.
- Zatečeno stanje zidova je u lošem stanju:
 - istrošenost materijala;
 - velika oštećenja uslijed niza potresa.

OBNOVA - CILJANA RAZINA

- Prema Tehničkom propisu o izmjeni i dopunama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije NN 75/2020 (važeće u vrijeme izrade projekta):
 - RAZINA 3 – Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem (razred važnosti zgrade III prema nizu HRN EN 1998). Zgrade stambeno poslovne namjene koje su teže oštećene u potresu.
- Proračun potresnog djelovanja provodi za poredbenu vjerojatnost premašaja od 20% u 50 godina (povratni period 225 god.) za granično stanje znatnog oštećenja - $a_{gR} = 0,181 g$.











OBNOVA - CILJANA RAZINA

- Donešena kroz Novi TPGK
- NN 7/2022
- EMS -98 – Razredba oštećenja
- Kakve veze ima EMS 98 s projektom obnove ???

Stupanj oštećenja određuje potrebnu Razinu obnove

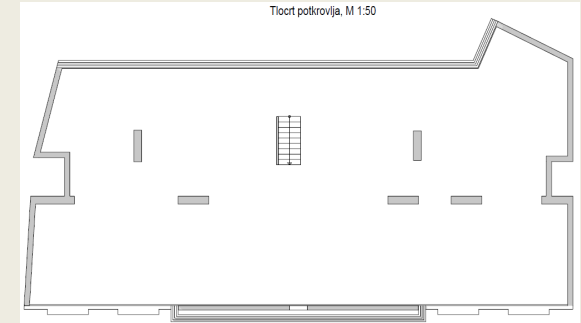
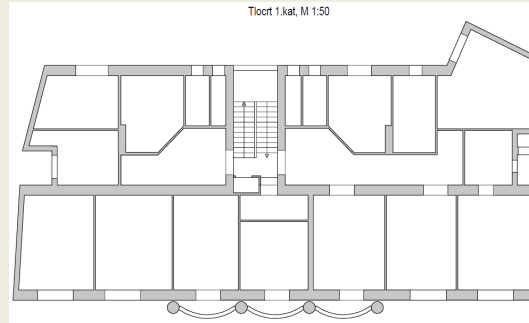
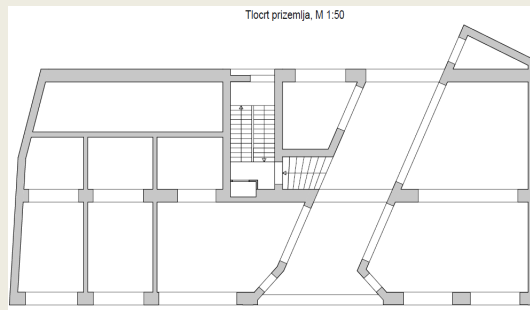
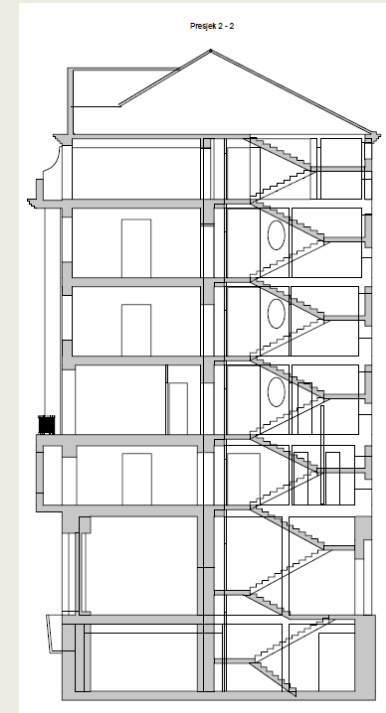
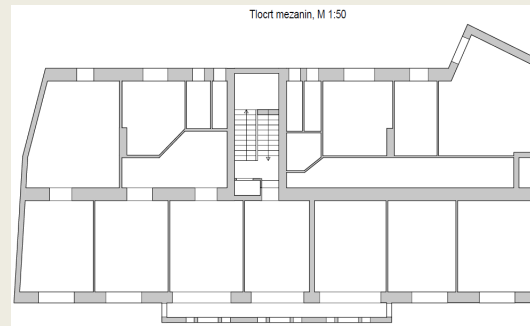
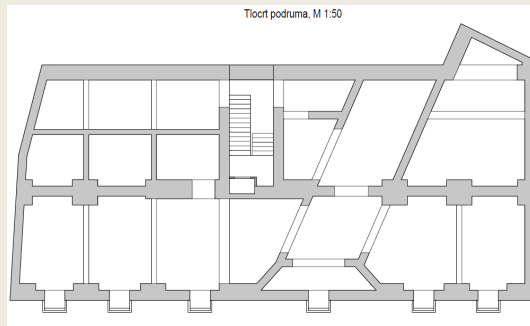
SO 2 i 3 → RAZINA 2
 SO 3 i 4 → RAZINA 3
 SO 4 i 5 → RAZINA 4

VIŠE OŠTEĆENO → VIŠA RAZINA

Razredba oštećenja za zidane zgrade		Razredba oštećenja za armiranobetonske zgrade	
	<p>Stupanj 1: Zanemarivo do malo oštećenje (nema konstrukcijsko oštećenje, malo nekonstrukcijsko oštećenje). Vlasaste pukotine u malom broju zidova. Otpadanje samo malih komada žbuke. Otpadanje labavih zidnih elemenata s gornjih dijelova zgrada u malom broju slučajeva.</p>		<p>Stupanj 1: Zanemarivo do malo oštećenje (nema konstrukcijsko oštećenje, malo nekonstrukcijsko oštećenje). Uske pukotine u žbuci na elementima okvira ili u podnožju zidova. Uske pukotine u pregradnim i ispunskim zidovima.</p>
	<p>Stupanj 2: Umjeren oštećenje (malo konstrukcijsko oštećenje, umjeren nekonstrukcijsko oštećenje). Pukotine u mnogim zidovima. Otpadanje prilično velikih komada žbuke. Djelomično rušenje dimnjaka.</p>		<p>RAZINA 2 Stupanj 2: Umjeren oštećenje (malo konstrukcijsko oštećenje, umjeren nekonstrukcijsko oštećenje). Pukotine u stupovima i gredama okvira i nosivim zidovima. Pukotine u pregradnim i ispunskim zidovima; otpadanje krutih obloga i žbuke. Otpadanje morta iz spojeva zidnih panela.</p>
	<p>RAZINA 3 Stupanj 3: Znatno do teško oštećenje (umjeren konstrukcijsko oštećenje, teško nekonstrukcijsko oštećenje). Široke i brojne pukotine u većini zidova. Otpadanje crijeva. Lomovi dimnjaka u ravni krova; slom pojedinih nekonstrukcijskih elemenata (pregradnih zidova, zabata).</p>		<p>Stupanj 3: Znatno do teško oštećenje (umjeren konstrukcijsko oštećenje, teško nekonstrukcijsko oštećenje). Pukotine u stupovima i spojevima greda - stup okvira u podnožju i u spojevima povezanih zidova. Otpadanje zaštitnog sloja betona, izvijače i šipke za armiranje. Široke pukotine u pregradnim i ispunskim zidovima sloma pojedinih ispunskih panela.</p>
	<p>Stupanj 4: Vrlo teško oštećenje (teško konstrukcijsko oštećenje, vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje). Ozbiljni slomovi zidova; djelomični konstrukcijski slom krovova i stropova.</p>		<p>Stupanj 4: Vrlo teško oštećenje (teško konstrukcijsko oštećenje, vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje). Široke pukotine u konstrukcijskim elementima s tlačnim slomom betona i slomom armature; slom prionjivosti šipke za armiranje greda; nagnjanje stupova. Rušenje nekoliko stupova ili pojedinog gornjeg kata.</p>
	<p>Stupanj 5: Razaranje (vrlo teško konstrukcijsko oštećenje). Potpuno ili gotovo potpuno rušenje</p>		<p>Stupanj 5: Razaranje (vrlo teško konstrukcijsko oštećenje). Rušenje prizemlja ili dijelova zgrada (npr. krovova, stropova).</p> <p>RAZINA 4</p>

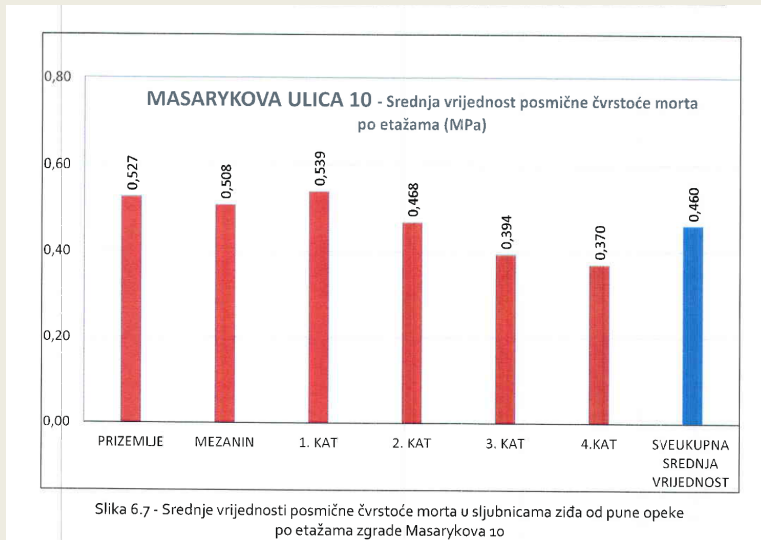
POSTOJEĆE STANJE

- Tlocrti i presjek postojećeg stanja



ISTRAŽNI RADOVI

- Utvrđivanje vrste i karakteristika materijala nosive konstrukcije.
- Najčešće neophodni za izradu Ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije



Srednja vrijednost posmične čvrstoće morta na svim mjernim mjestima iznosi:

$$\bar{\tau}_{mu} = \bar{f}_{vd} = 0,460 \text{ MPa.}$$

Radi se o posmičnoj čvrstoći τ_{mu} s doprinosom σ_o - vertikalnog naprezanja.

Uzimajući u obzir standardno odstupanje može se reći da posmična čvrstoća morta s doprinosom σ_o iznosi:

$$\tau_{mu} = \bar{f}_{vd} = 0,460 - 0,081 = 0,379 \text{ MPa.}$$

- Izrađeno od: Građevinski fakultet Zagreb;
- voditelj ispitivanja: prof.dr.sc. Joško Krolo, dipl.ing.građ.

ISTRAŽNI RADOVI

Razina znanja	Geometrijski odnosi	Detalji	Materijali	Proračun	FP
RZ1	Iz izvornih nacрта uz uzorak vizualnog snimka ili prema cjelovitom snimku	Simulirani proračun u skladu s odgovarajućom praksom i prema ograničenom pregledu <i>in situ</i>	Uobičajene vrijednosti u skladu s normama iz vremena gradnje i iz ograničenih ispitivanja <i>in situ</i>	MBS-MMSO	FP _{RZ1}
RZ2		Iz nepotpunih izvornih izvedbenih nacрта uz ograničeni pregled <i>in situ</i> ili iz opsežnog pregleda <i>in situ</i>	Iz izvornih projektnih specifikacija uz ograničeno ispitivanje <i>in situ</i> ili iz opsežnih ispitivanja <i>in situ</i>	Sve metode	FP _{RZ2}
RZ3		Iz izvornih izvedbenih nacрта uz ograničeni pregled <i>in situ</i> ili iz sveobuhvatnog pregleda <i>in situ</i>	Iz izvornih ispitnih izvještaja uz ograničeno ispitivanje <i>in situ</i> ili iz sveobuhvatnih ispitivanja <i>in situ</i>	Sve metode	FP _{RZ3}

	Pregled (detalja)	Ispitivanje (materijala)
	Za svaki tip primarnih elemenata (greda, stup, zid)	
Razina pregleda i ispitivanja	Postotak elemenata za kontrolu detalja	Uzorci materijala po katu
Ograničena	20	1
Opsežna	50	2
Sveobuhvatna	80	3

ISTRAŽNI RADOVI

Geometrijska svojstva	Detalji	Materijali
<ul style="list-style-type: none">• Položaj i dimenzije zidnih elemenata• Položaj i dimenzije otvora• Raspodjela gravitacijskih opterećenja	<ul style="list-style-type: none">• Vrsta ziđa• Kvaliteta morta• Količina armature serklaža (ako postoji)• Uvjeti spojeva zidova, stropova i krovova• Utvrđivanje pukotina u ziđu	<ul style="list-style-type: none">• Ispitivanja svojstva materijala:<ul style="list-style-type: none">- ultrazvučna metoda,- ispitivanje udarnim odjekom,- radiografija i pahometar,- sklerometarsko ispitivanje,- ispitivanje plosnatim hidrauličkim prešama



FAKTOR POVJERENJA (FP)	
Preporučene vrijednosti FP ovisno o razini znanja (poznatih parametara postojećega objekta)	
RZ1	$FP_{RZ1} = 1,35$
RZ2	$FP_{RZ2} = 1,20$
RZ3	$FP_{RZ3} = 1,00$

Kod dimenzioniranja (torkret, FRCM,...) koristiti FP i po potrebi dodatno umanjiti karakteristike materijala.

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

- Ocjena postojećeg stanja izvršena linearnim proračunom:
 - Pojednostavljeni modeli;
 - Pretpostavka krute dijafragme;
 - Manja točnost rezultata u odnosu na nelinearni proračun;
 - Prihvatljivo za Ocjenu postojećeg stanja građevinske konstrukcije, odnosno za procjenu potrebe za obnovom/ojačanjem (evidentno je da ne zadovoljava);
 - Iako je zakonski moguća uporaba linearnih proračuna za zidane građevine, točniji uvid se dobije korištenjem nelinearnih proračuna, posebno za Projekt obnove – pravilne građevine.

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

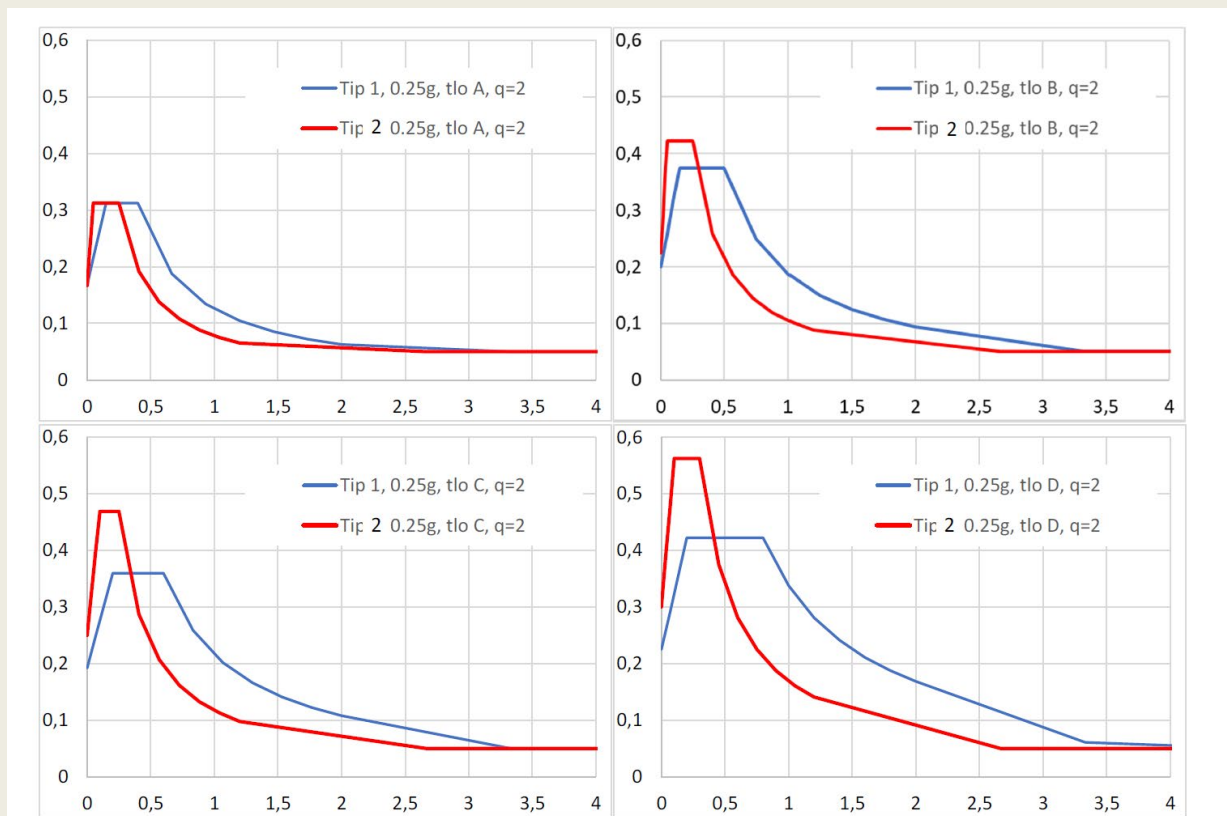
POSEBNU PAŽNJU OBRATITI NA:

- Izbjegavati predetaljne modele, pojednostaviti
- Provjeriti i odabrati nepovoljniji spektar 1/spektar 2
- Odabrati pravilno faktor ponašanja:
 - Neomeđeno zide: 1,5
 - Armirano i omeđeno zide: 2,5
 - Ako se zahvatima zgrada poveže i pojača: 2,0 (1,8)
- Zahtjev HRN EN 1998 – „aktivirati“ 90 % mase
 - Provjeriti je li postignuto
 - Ako nije, vidjeti koji elementi daju velike periode, a angažiraju malo mase (npr. elementi krovišta).
 - „Pridržati ih“ ili ih ostaviti u modelu bez mase, masu nanijeti kao opterećenje na zidove/ploče
- Provjeriti iznos seizmičke sile jednostavnom formulom „ručno“ i provjeriti rezultate (složenih) modela

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

SPEKTAR TIP 1/TIP 2

- Provjeriti i odabrati nepovoljniji spektar 1/spektar 2



ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

SPEKTAR TIP 1/ TIP 2

- U primjerima spektara je faktor ponašanja $q=2$ i vršno ubrzanje na osnovnoj stijeni $a=0,25g$.
- Granični periodi su ovisni o tlu: A-0,25 s, B-0,283 s, C-0,328 s, D-0,402 s.
- Proračun bi se provodio po tipu 1 i tipu 2 spektra **te bi se uzeli kritičniji rezultati.**
- Spektri tipa 1 su za jače potrese koji su udaljeni, dok je spektar tipa 2 za slabije potrese koji su bliski.
- **Pretpostavka je da će za većinu zgrada ostati mjerodavan tip 2** (jer se pri uzimanju raspucanog presjeka za nosive elemente od 0,5 početne krutosti, **period zgrade znatno povećava**).
- **Za višekatnice su prvi periodi iznad područja gdje dominira spektar tipa 2 pa će za njih ostati mjerodavan tip 1 spektra.**

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

SPEKTAR TIP 1/ TIP 2

- Spektar tipa 2 će biti mjerodavan za izrazito krute zgrade, a to su u najvećoj mjeri prizemnice ili zgrade s jednim katom.
- Međutim, kod takvih zgrada nije ni pretjerano interesantna optimizacija jer su uglavnom minimalno armirane. Također, mnoge od njih se projektiraju kao jednostavne zgrade gdje također nema utjecaja spektar tipa 2.
- Utjecaj tla utječe na oblik spektra pa se može vidjeti da kod tla tipa A i B je ta razlika zanemariva ili minimalna. Kod tla tipa D je razlika značajna s tim da je period gdje se presijecaju spektri relativno visok (0,402 s).
- Kod lošije kvalitete tla će spektar tipa 2 imati znatan utjecaj na dimenzioniranje jako krutih konstrukcija.

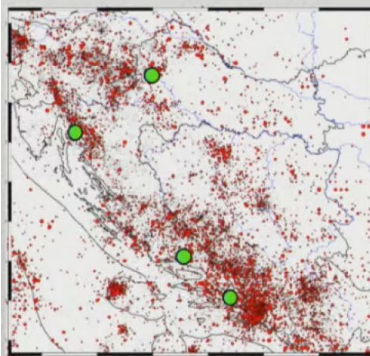
ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

SPEKTAR TIP 1/ TIP 2

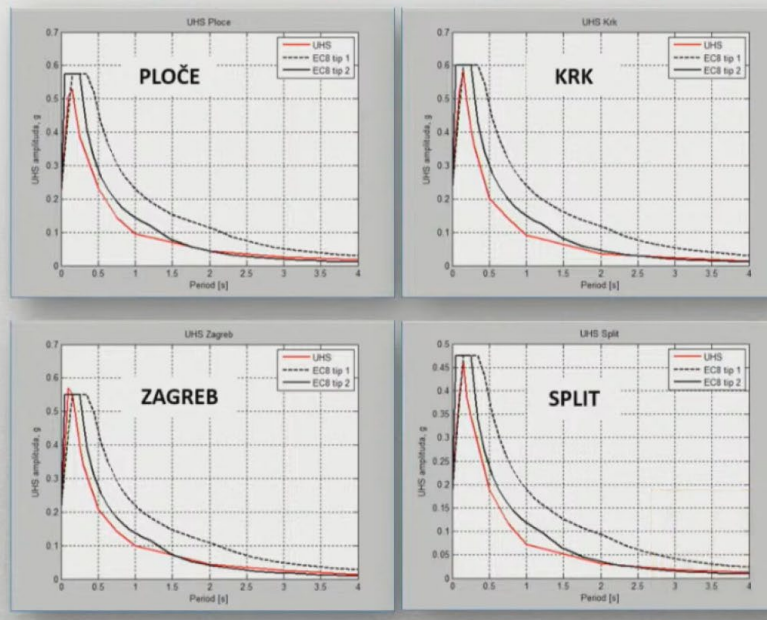
Problemi: Odnosi se samo na PGA; . . . Spektri odziva i UHS spektri

Pa kakvu pogrešku radimo u Hrvatskoj korištenjem spektra tipa 1 umjesto UHS?

- Čini se da su UHS spektri u Hrvatskoj mnogo sličniji tipu 2 nego tipu 1!
- Ovo je istina i za područja vrlo jake i mnogo slabije seizmičnosti.



UHS prema projektu SHARE (slaba rezolucija po periodima) – tlo „A”



Predavanje: prof. Herak

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

SPEKTAR TIP 1/ TIP 2 (K.Tarnik)

- izračun perioda po formulama

Poredbeno vršno ubrzanje temeljnog tla	$a_{gR} =$	0,083 g
Razred važnosti		II
Faktor važnosti:	$\gamma_I =$	1,0
Proračunsko ubrzanje temeljnog tla:	$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} =$	0,083 g
Kategorija temeljnog tla na lokaciji građevine		D
Parametar tla (Tip1)	$S =$	1,35
Parametar tla (Tip2)	$S =$	1,80
Faktor ponašanja za neomeđeno zide	$q =$	1,50

3.2.1 Izračun prvog perioda konstrukcije

Izračun prvog perioda konstrukcije prema HRN 1998		
H =	6,6	Visina građevine
C _i =	0,05	Koeficijent korekcije za zidane građevine
N =	2	Broj katova

Pojednostavljenim postupkom osnovni period vibracija se može odrediti prema izrazu:

$$T_1 = C_i \cdot H^{3/4} = 0,206 \text{ s}$$

Sukladno izrazu za osnovni period vibracija iz nacionalnog dodatka HRN EN 1998-1:2011/NA dobiva se:

$$T_1 = 0,016 \cdot H = 0,106 \text{ s}$$

Prtema empirijskom izrazu, osnovni period vibracija dobiva se prema:

$$T_1 = 0,05 \cdot N = 0,10 \text{ s}$$

ZAKLJUČAK:

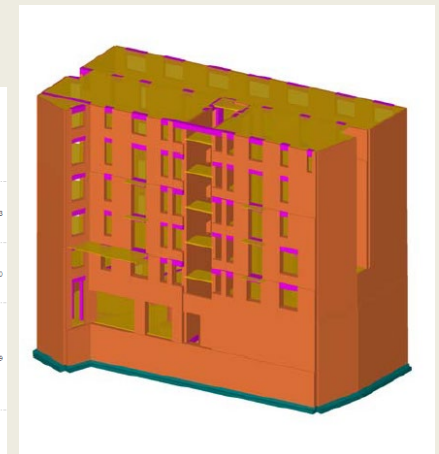
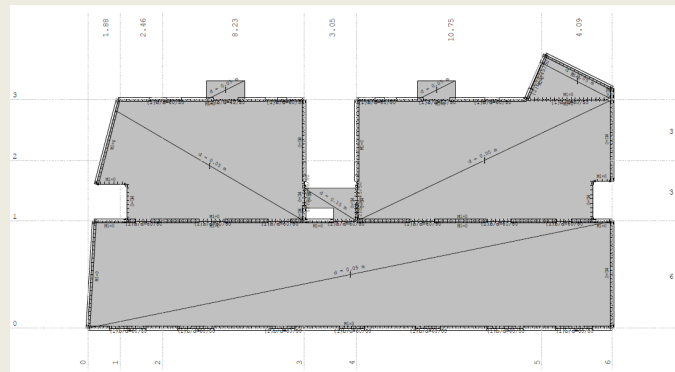
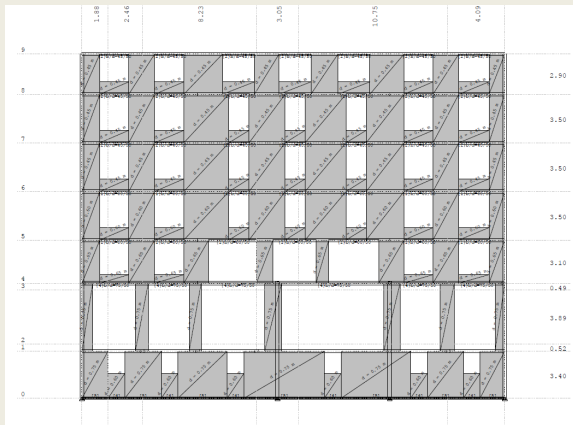
Promatrani su oba spektra odziva za predmetnu građevinu te se s obzirom na osnovni period vibracije zgrade od 0,206 s mjerodavan pokazao spektar odziva 2.

Za predmetnu građevinu horizontalna potresna sila u oba smjera generirat će se u daljnjem proračunu u vrijednosti od 24,9% mase građevine!

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

U KONKRETNOM PRIMJERU:

- Proračun je izvršen linearnom metodom u programskom paketu TOWER;
- Modalni proračun primjenom spektra odziva sa faktorom ponašanja;
- Faktor ponašanja $q=1,5$;
- razred važnosti građevine II ($\gamma=1,0$);
- Redukcija krutosti zidova i greda na savijanje i posmik 50 %.
- Proračun izvršen s krutim dijafragmama.



ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

- Unutarnje sile očitane iz modela za pojedini zid sa opcijom „reduktor“;
- Izvršiti umanjene prema RZ odnosno FP (faktoru povjerenja)
- Dimenzioniranje zidova za granično stanje znatnog oštećenja (ZO):

RAZINA 3 - $a_{gR} = 0,181 \text{ g}$ ($T_p = 225 \text{ god}$)

PRORAČUN NEOMEDENOG ZIDA - Y SMJER																																							
Ulazni parametri:										$a_g/g = 0.13$ $a_g/g^* = 1.00$																													
$f_{vk,0} = 0,11 \text{ N/mm}^2$ - preporuka prema EN ukoliko nisu poznati parametri $f_{vk,0} = 0,1 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{int} = 1,50$ - za seizmiku $FP = 1,20$ - faktor povjerenja (ovisno o razini znanja prema HRN EN 1998-3 FP = 1,00-1,35)																																							
GLOBALNA NOSIVOST ZIDA PRIJE PRERASPODIJELE SILA										PRERASPODIJELA POPREČNIH SILA																													
ZID	N _{zd} [kN]	M _{zd} [kNm]	M _{sd} * [kNm]	V _{zd} [kN]	V _{sd} * [kN]	L [cm]	d [cm]	L _c [cm]	σ ₀ [kN/cm ²]	f _{ak} [kN/cm ²]	V _{zd} [kN]	UVJET: V _{sd} > V _{zd}	Iskoristivost	ΔM _{zd} [kNm] 25% maksimalno umanjeno	ΔV _{zd} [kN] 25% maksimalno umanjeno	M _{sd,max} [kN] 33% uvećana vrijednost	V _{sd,max} [kN] 33% uvećana vrijednost	M _{sd,REDUCIRANO} [kNm]	V _{sd,REDUCIRANO} [kN]	L _{RED} [cm]	σ _{0,RED} [kN/cm ²]	f _{ak} [kN/cm ²]	V _{zd} [kN]	Iskoristivost															
V-1	102,5	254,4	500,0	375,1	375,1	350	25	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	125,0	93,8	665,0	498,9	375,0	281,3	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!															
V-2	98,8	223,4	223,4	310,3	310,3	350	25	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	55,9	77,6	297,1	412,7	167,6	232,7	16,24	0,2433	0,1078	24,3	956,75%															
V-3	1687,7	2827,1	2827,1	724,7	724,7	700	45	547,46	0,0685	0,0379	518,8	Nije zadovoljeno	139,70%	706,8	181,2	3760,0	963,9	2827,1	724,7	547,46	0,0685	0,0379	518,8	139,70%															
V-4	1701,4	2238,1	2238,1	374,9	374,9	515	45	377,87	0,1001	0,0505	477,3	Zadovoljeno	78,55%	559,5	93,7	2976,7	498,6	2419,0	546,3	345,98	0,1093	0,0542	468,9	116,49%															
V-6	4560,1	8235,6	8235,6	1822,7	1822,7	1390	45	1390,00	0,0729	0,0397	1378,2	Nije zadovoljeno	132,25%	2058,9	455,7	10953,3	2424,2	8235,6	1822,7	1390,00	0,0729	0,0397	1378,2	132,25%															
K-5	2447,8	2879,3	2879,3	994,7	994,7	835	45	835,00	0,0651	0,0366	763,1	Nije zadovoljeno	130,34%	719,8	248,7	3829,5	1323,0	2879,3	994,7	835,00	0,0651	0,0366	763,1	130,34%															
K-4	910,2	552,4	552,4	693,7	693,7	510	45	510,00	0,0397	0,0264	336,1	Nije zadovoljeno	206,37%	138,1	173,4	734,7	922,6	552,4	693,7	510,00	0,0397	0,0264	336,1	206,37%															
S = 17455,9										5296,1										BALANS MOMENATA I POPREČNIH SILA																			
ISKORISTIVOST PRIJE REDUKCIJE										# DIV/0!										ISKORISTIVOST NAKON REDUKCIJE										# DIV/0!									
																				UMANJENE VRIJEDNOSTI																			
																				DODANE VRIJEDNOSTI																			
																				NEMA TLAČNE ZONE																			
PRORAČUN NEOMEDENOG ZIDA - Y SMJER - UMANJENO KOEFICIJENTOM a_g/g^*																																							
																				$a_g/g = 0.13$ $a_g/g^* = 0.26$																			
GLOBALNA NOSIVOST ZIDA PRIJE PRERASPODIJELE SILA										PRERASPODIJELA POPREČNIH SILA																													
ZID	N _{zd} [kN]	M _{zd} [kNm]	M _{sd} * [kNm]	V _{zd} [kN]	V _{sd} * [kN]	L [cm]	d [cm]	L _c [cm]	σ ₀ [kN/cm ²]	f _{ak} [kN/cm ²]	V _{zd} [kN]	UVJET: V _{sd} > V _{zd}	Iskoristivost	ΔM _{zd} [kNm] 25% maksimalno umanjeno	ΔV _{zd} [kN] 25% maksimalno umanjeno	M _{sd,max} [kN] 33% uvećana vrijednost	V _{sd,max} [kN] 33% uvećana vrijednost	M _{sd,REDUCIRANO} [kNm]	V _{sd,REDUCIRANO} [kN]	L _{RED} [cm]	σ _{0,RED} [kN/cm ²]	f _{ak} [kN/cm ²]	V _{zd} [kN]	Iskoristivost															
V-1	102,5	254,4	66,1	375,1	97,5	350	25	331,41	0,0124	0,0154	71,1	Nije zadovoljeno	137,15%	16,5	24,4	88,0	129,7	49,6	73,1	350,00	0,0117	0,0152	73,8	99,09%															
V-2	98,8	223,4	58,1	310,3	80,7	350	25	348,63	0,0113	0,0150	72,8	Nije zadovoljeno	110,82%	14,5	20,2	77,3	107,3	49,6	69,5	350,00	0,0113	0,0150	73,0	82,89%															
V-3	1687,7	2827,1	725,0	724,7	724,7	700	45	700,00	0,0536	0,0219	558,8	Zadovoljeno	33,72%	183,8	47,1	977,6	250,6	725,0	188,4	700,00	0,0536	0,0219	558,8	33,72%															
V-4	1701,4	2238,1	581,9	374,9	97,5	515	45	515,00	0,0734	0,0399	513,3	Zadovoljeno	18,99%	145,5	24,4	773,9	129,6	613,0	142,0	515,00	0,0734	0,0399	513,3	27,67%															
V-6	4560,1	8235,6	2141,3	1822,7	473,9	1390	45	1390,00	0,0729	0,0397	1378,2	Zadovoljeno	34,38%	535,3	118,5	2847,9	630,3	2141,3	473,9	1390,00	0,0729	0,0397	1378,2	34,38%															
K-5	2447,8	2879,3	748,6	994,7	258,6	835	45	835,00	0,0651	0,0366	763,1	Zadovoljeno	33,89%	187,2	64,7	995,7	344,0	748,6	258,6	835,00	0,0651	0,0366	763,1	33,89%															
K-4	910,2	552,4	143,6	693,7	180,4	510	45	510,00	0,0397	0,0264	336,1	Zadovoljeno	53,66%	35,9	45,1	191,0	239,9	143,6	180,4	510,00	0,0397	0,0264	336,1	53,66%															
S = 4474,7										1377,0										BALANS MOMENATA I POPREČNIH SILA																			
ISKORISTIVOST PRIJE REDUKCIJE										137,15%										ISKORISTIVOST NAKON REDUKCIJE										99,09%									

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA

ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

- Može se izvršiti preraspodjela unutarnjih sila u zidovima - „umanjenje” na zidovima koji ne zadovoljavaju do 25 % i uvećanje do 33% onih kod kojih postoji „rezerva” („ručna preraspodjela” prema HRN EN 1998-1:2011).

REKAPITULACIJA DIMENZIONIRANJA ZIDOVA OD OPEKE				
Etaža	RAZINA 2 - $agR=0,126$ g		RAZINA 3 - $agR=0,181$ g	
	X-SMJER	Y-SMJER	X-SMJER	Y-SMJER
PRIZEMLJE	0,58	0,26	0,40	0,18

RAZINA 3 – nosivost 18 %

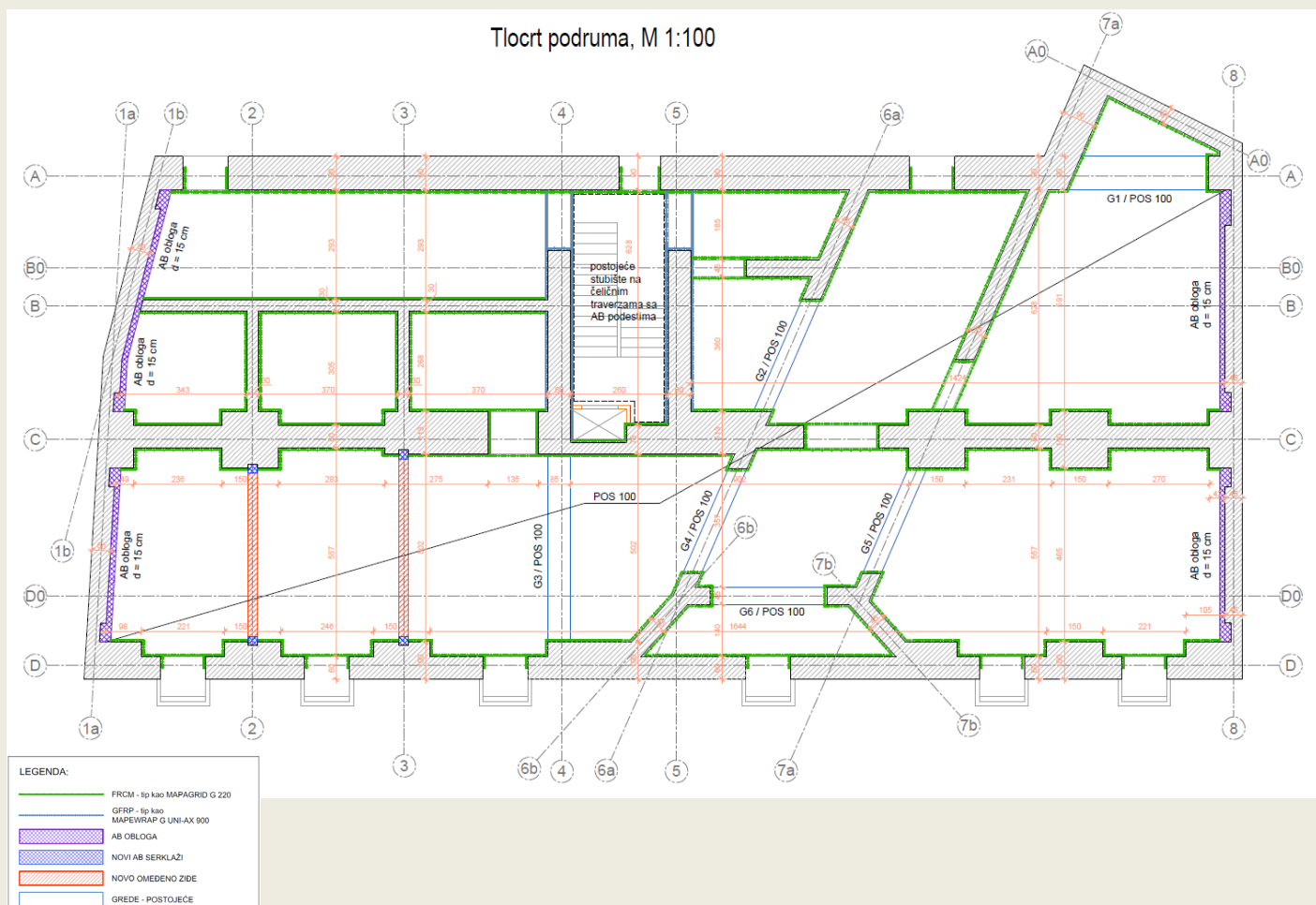
- Nosivost zidova za granično stanje značajnog oštećenja (ZO) za povratni period 225 god. ($agR = 0,18$ g.) iznosi 18 %, mjerodavan poprečni smjer.

PREDVIĐENI ZAHVATI

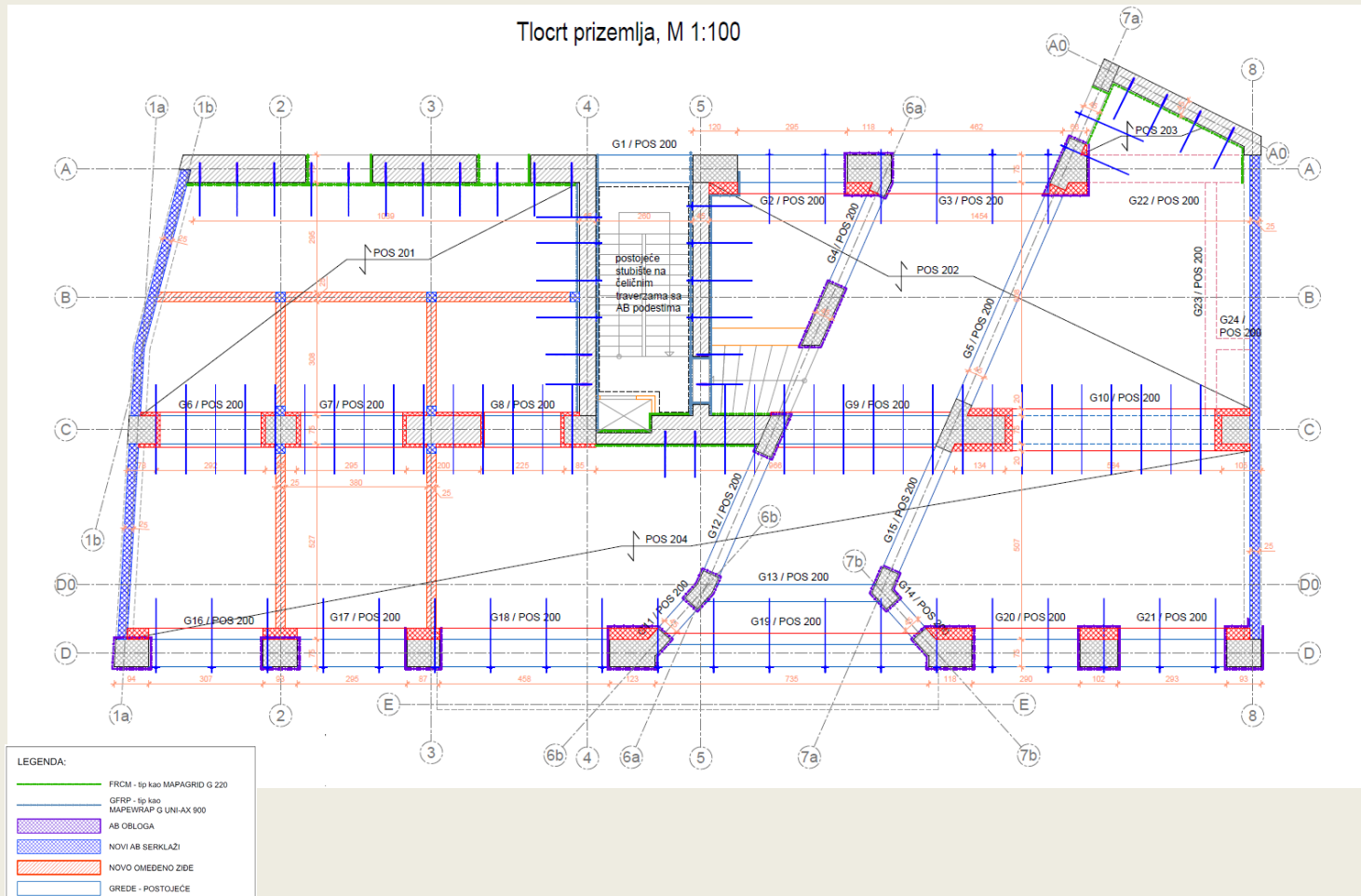
U Elaboratu potrebno prikazati zahvate/potrebne intervencije ojačanja:

- Uklanjanje pregradnih zidova od opeke i izvedba laganih „gipskartonskih“ zidova;
- Izvedba AB tlačne ploče u razinama međukatnih konstrukcija (sprezanje drvo + AB ploča 6 cm) i sidrenje sa postojećim zidovima - uklanjanje postojećih slojeva poda i izvedba novih;
- Ojačanje postojećih nosivih zidova FRCM/TRM i FRP sustavom;
- Dodavanje novih zidova od opeke u podrumu i prizemlju;
- Ojačavanje okvira u prizemlju izvedbom nove AB obloge;
- Uklanjanje postojećih zabatnih zidova do kote podruma i izvedba novih od armiranog betona i opeke;
- Ojačanje podrumskih zidova AB oblogom kao i pripadajućih temelja
- Sanacija pukotina u postojećim zidovima

PREDVIĐENI ZAHVATI

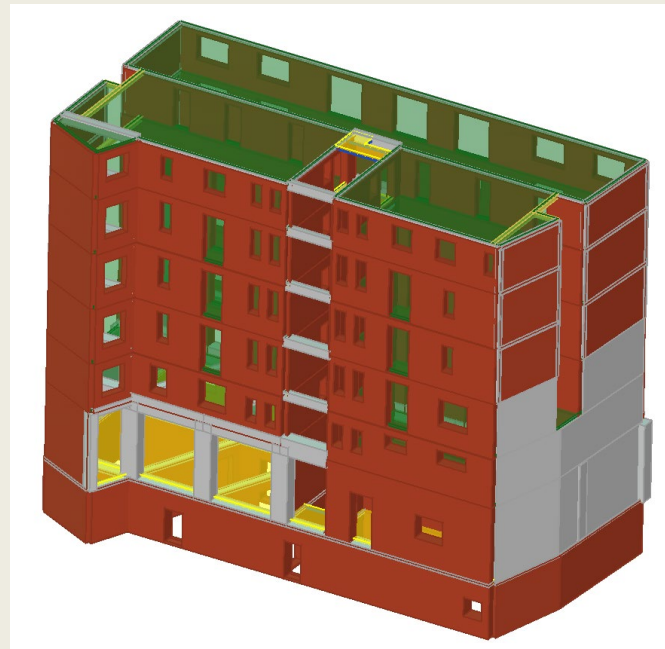
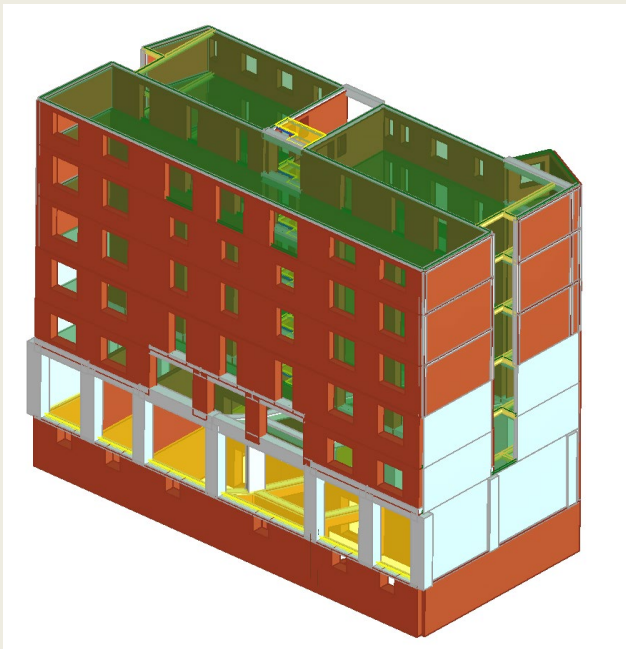


PREDVIĐENI ZAHVATI



PROJEKT OBNOVE

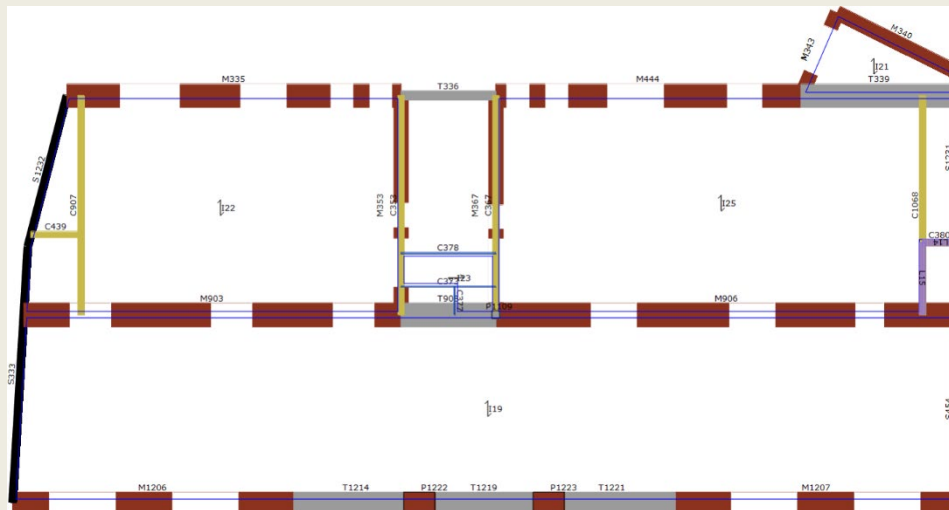
- Proračun proveden u programskom paketu 3Muri.
- **Nelinearan proračun „postupnim guranjem”** koji se temelji na EFM metodi proračuna (metoda ekvivalentnih okvira)
- **Projektant za pojedinu građevinu iskustvom donosi odluku o odabiru adekvatnog programskog paketa i metoda proračuna. Bitno je pri tome da poznaje mogućnosti paketa i interpretacije dobivenih rezultata!**



PROJEKT OBNOVE

ULAZNI PODACI:

- PLOČE: Drveni grednici + AB ploča 6 cm.
Modelirano s realnim modulom elastičnosti i modulom posmika.
- ZIDOVI: Parametri za staro zidje, rezultati istražnih radova.
- Faktor povjerenja 1,2.
- RAZINA 3 - granično stanje značajnog oštećenja (ZO) $a_{gR} = 0,18 \text{ g}$ ($a_{gR} = 1,76 \text{ m/s}^2$)

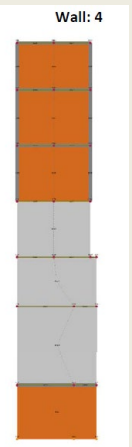
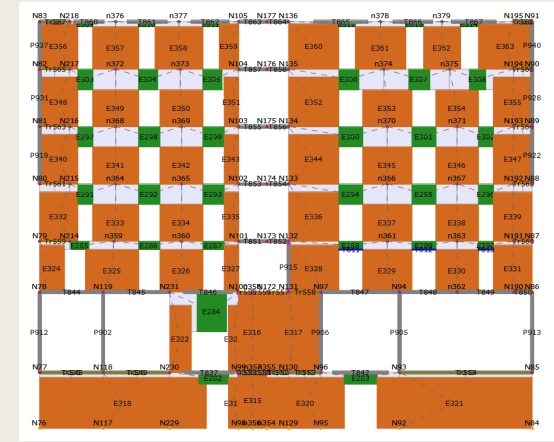
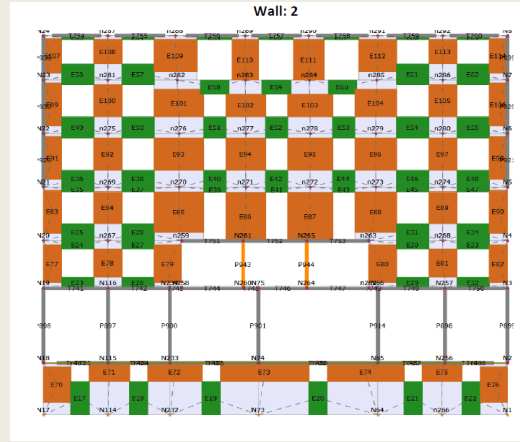
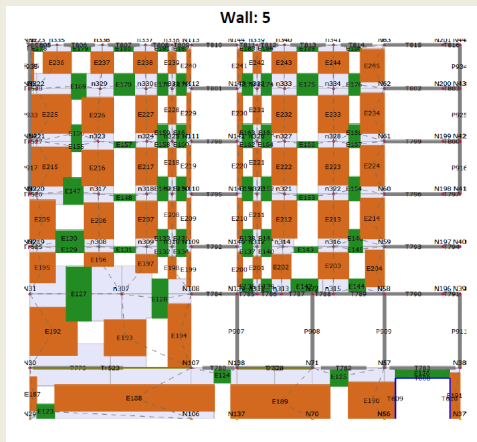


Tloct karakteristične etaže

PROJEKT OBNOVE

- Perforirani zidovi u uzdužnom smjeru:

Zidovi X smjer

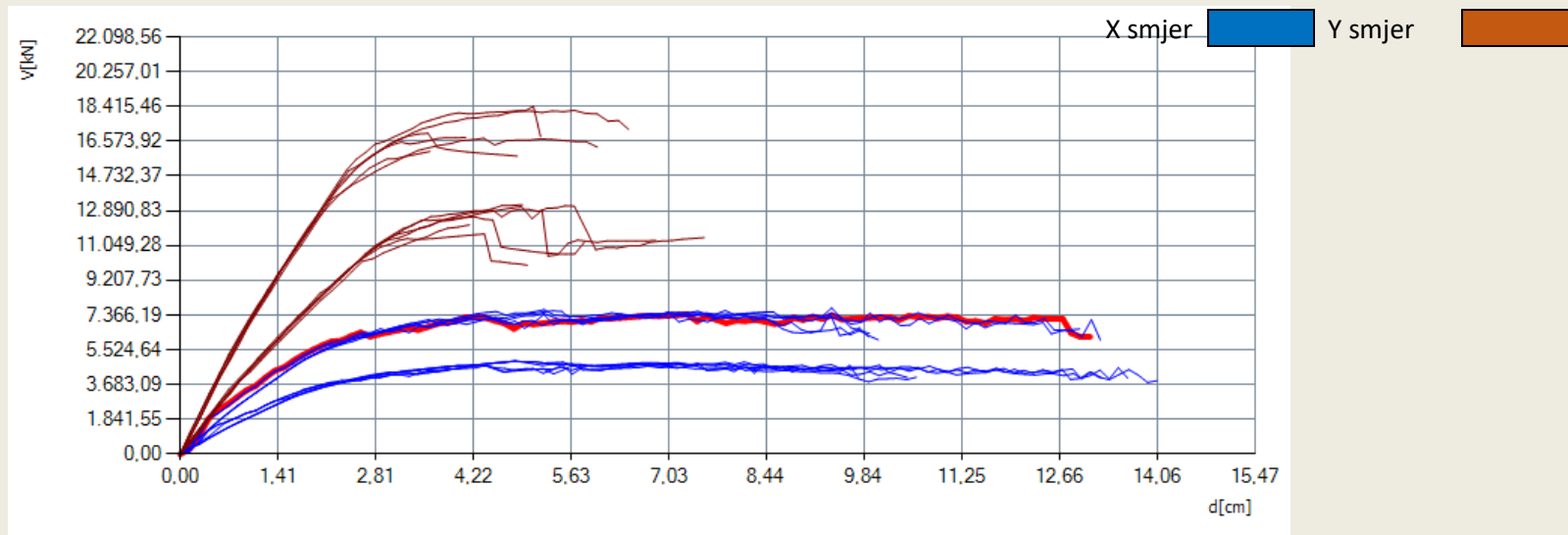


Zidovi Y smjer

- Kratki, kruti zidovi u poprečnom smjeru

PROJEKT OBNOVE

- Proračun postupnog guranja provodi se sa 24 različite analize (po 12 za svaki smjer sa različitim ekscentricitetom) te po dvije metode raspodjele seizmičke sile: jednolika i trokutasta raspodjela



- X smjer – zidovi preuzimaju manju silu, uz značajne pomake – velika duktilnost.
- Y smjer – zidovi preuzimaju veću silu, uz manje pomake – krući zidovi

PROJEKT OBNOVE

- Nosivost građevine nakon ojačanja za granično stanje znatnog oštećenja (ZO) – RAZINA 3, $a_{gR} = 0,18 g$

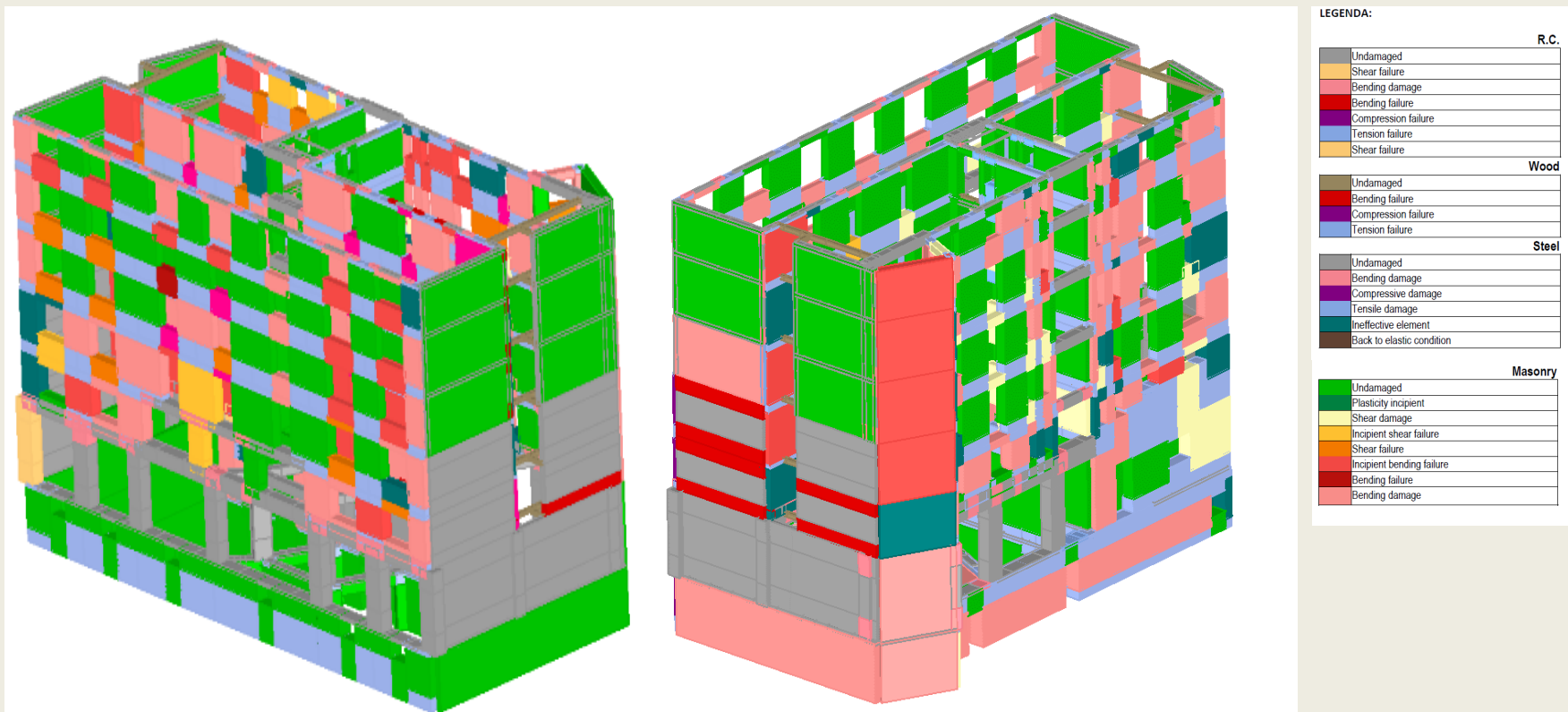
- X smjer 106 %
- Y smjer 111 %

Rezultati proračuna:

No.	Seism dir.	Seismic load	Ecc. [cm]	dt NC [cm]	dm NC [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	α NC	α SD	dm/dt NC
1	+X	Uniform	0,0	6,91	13,10	4,82	9,82	1,837	1,941	1,896
2	+X	Static forces	0,0	9,22	14,06	6,62	10,55	1,525	1,592	1,525
3	-X	Uniform	0,0	7,32	10,05	5,15	7,54	1,354	1,431	1,373
4	-X	Static forces	0,0	9,63	10,60	6,92	7,95	1,101	1,149	1,101
5	+Y	Uniform	0,0	2,37	4,11	1,71	3,08	1,400	1,654	1,734
6	+Y	Static forces	0,0	4,26	5,82	2,66	4,37	1,259	1,418	1,366
7	-Y	Uniform	0,0	2,40	6,45	1,72	4,84	1,915	2,204	2,688
8	-Y	Static forces	0,0	4,18	4,93	2,72	3,70	1,123	1,283	1,179
9	+X	Uniform	78,5	6,94	13,25	4,85	9,93	1,851	1,955	1,909
10	+X	Uniform	-78,5	7,09	12,95	4,96	9,71	1,777	1,876	1,827
11	+X	Static forces	78,5	9,24	13,26	6,64	9,95	1,436	1,499	1,435
12	+X	Static forces	-78,5	9,18	13,64	6,59	10,23	1,486	1,551	1,486
13	-X	Uniform	78,5	7,46	9,92	5,25	7,44	1,315	1,390	1,330
14	-X	Uniform	-78,5	7,31	9,91	5,14	7,43	1,337	1,414	1,356
15	-X	Static forces	78,5	9,70	10,47	6,97	7,85	1,079	1,127	1,079
16	-X	Static forces	-78,5	9,57	9,76	6,87	7,32	1,020	1,065	1,020
17	+Y	Uniform	151,9	2,36	4,86	1,69	3,64	1,550	1,808	2,059
18	+Y	Uniform	-151,9	2,37	3,60	1,70	2,70	1,266	1,503	1,519
19	+Y	Static forces	151,9	4,15	6,85	2,68	5,14	1,444	1,618	1,651
20	+Y	Static forces	-151,9	4,31	5,00	2,64	3,75	1,114	1,263	1,160
21	-Y	Uniform	151,9	2,42	6,01	1,74	4,51	1,767	2,033	2,483
22	-Y	Uniform	-151,9	2,38	5,19	1,71	3,89	1,666	1,947	2,181
23	-Y	Static forces	151,9	4,37	4,17	2,76	3,12	0,967	1,110	0,954
24	-Y	Static forces	-151,9	4,20	7,55	2,68	5,66	1,551	1,726	1,798

PROJEKT OBNOVE

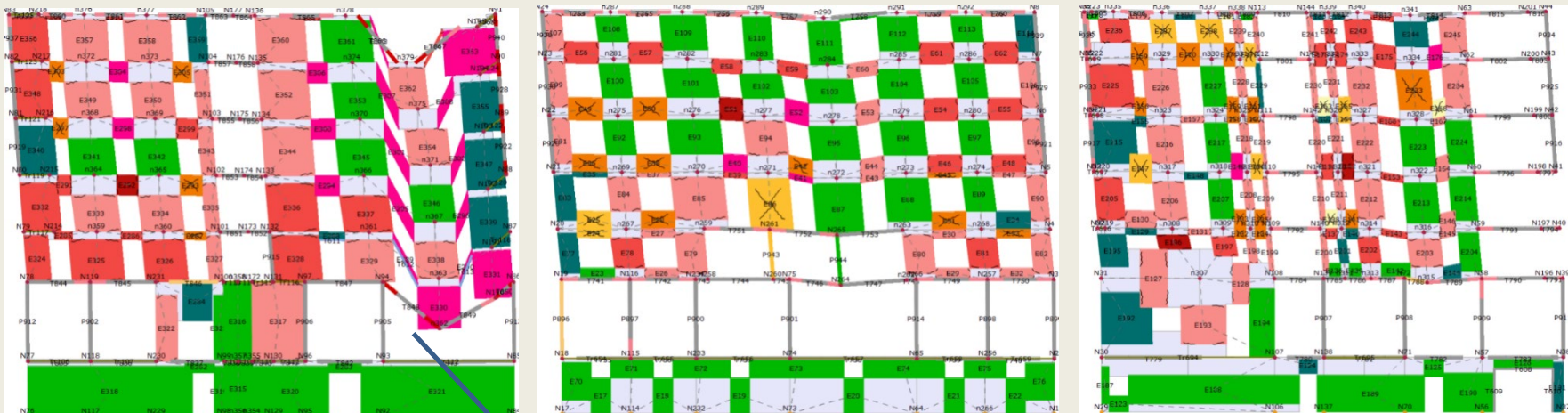
- Rezultati proračuna



PROJEKT OBNOVE

- Rezultati proračuna
- Prvo otkazuju parapeti na savijanje, a zatim zidovi na savijanje i posmik
- Otkazivanje konstrukcije na dijelu naknadno izvedenog otvora u prizemlju

Zidovi X smjer

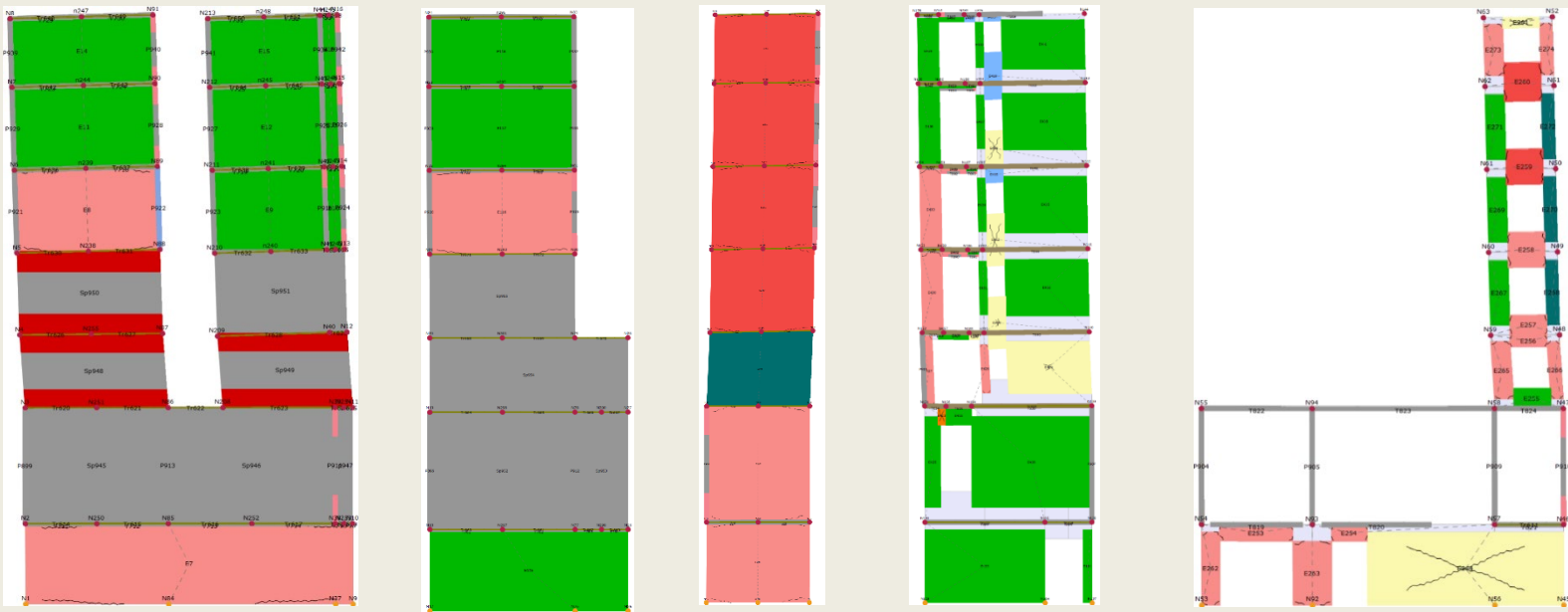


Popuštanje grede na dijelu naknadno izvedenog otvora

PROJEKT OBNOVE

- Rezultati proračuna
- Dominantno otkazivanje zidova na savijanje (mala tlačna sila – opterećenje ploče preuzimaju zidovi u X smjeru)

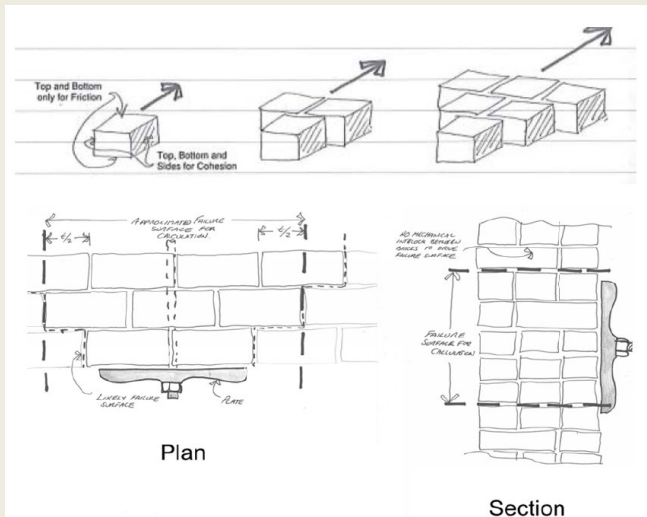
Zidovi Y smjer



PROJEKT OBNOVE

PO POTREBI - DODATNI PRORAČUNI:

- Proračun ankera na vanjskim zidovima
- Otkazivanje zidova izvan ravnine



Posmična površina zida

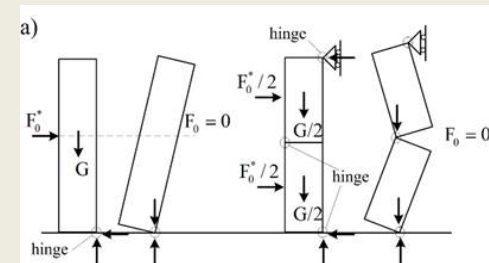
Princip određivanja posmične površine sidra prikazan je na gornjim slikama. Za proračun se uzima najmanja debljina postojećeg zida u iznosu 45 cm (najnepovoljniji slučaj). Prema tome za zid debljine $d=45$ cm posmična površina će iznositi:

$$P = (20 + 22,5 + 22,5) \times 45 \times 2 = 5850 \text{ cm}^2$$

Prema rezultatima istražnih radova srednja posmična čvrstoća ziđa je $f_{vd}=0,379$ MPa.

Uzme li se sa rezervom ovisno o razini tlačne sile umanjena vrijednost u iznosu od 0,5 MPa posmična nosivost anker ploče dimenzija 20×20 cm na zidu debljine $d=50$ cm posmična nosivost anker ploče iznosi:

$$F_{vd} = 0,038 \text{ kN/cm}^2 \times 5858 \text{ cm}^2 = 222 \text{ kN}$$



Za zidove otporne na potres S_b može se pretpostaviti sljedeći izraz:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1,5 \cdot (1 - Z/H) - 0,5] \geq \alpha \cdot S$$

α - omjer maksimalnog ubrzanja tla a_g i tla tipa A za ispitivano granično stanje i gravitacijsko ubrzanje g ;

S - koeficijent koji uzima u obzir tip tla i uvjete lokacije

z - koeficijent baricentra nekonstrukcijskog elementa mjereno iz plana temelja;

H - visina zgrade mjereno od kote temelja

Pod pretpostavkom da je zid globalno pridržan s stropovima (što se ostvaruje sa sanacijom stropnih konstrukcija), maksimalni traženi moment bit će:

$$M_{ed} = q_n \cdot h_e^2 / coef \quad \text{gdje je } h_e \text{ ekvivalentna visina zida jednaka visini etaže i } coef = 8$$

Da bi se izračunao Moment otpora M_{Rd} , potrebno je provjeriti proračunsku tlačnu otpornost:

$$N \leq N_{Rd} = 0,85 \cdot f_d \cdot l \cdot t \quad \begin{matrix} f_d - \text{proračunska tlačna čvrstoća zida} \\ l - \text{duljina zida} \end{matrix}$$

Moment otpornosti se određuje prema sljedećoj formuli: t - debljina zida

$$M_{Rd} = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right) \quad \sigma_0 - \text{prosječno vertikalno naprezanje u zidu}$$

Provjera nosivosti se uvjetuje izrazom:

$$M_{ed} \leq M_{Rd}$$

PROJEKT OBNOVE

ZAKLJUČAK NAKON OJAČANJA GRAĐEVINE:

ZIDOVI Y („poprečni“) SMJER:

- Najveći dio preuzimaju zabatni zidovi (kruti AB zidovi bez otvora).
- Otkazivanje savijanjem u podnožju – gotovo linearno ponašanje.

ZIDOVI X („uzdužni“) SMJER:

- Perforirani zidovi s mnogo otvora.
- Postupno otkazivanje parapeta i nadvoja i preraspodjela na druge nosive elemente koji mogu preuzeti veću silu – rezultat velika duktilnost („automatska preraspodjela“).
- Kritične elemente predstavljaju okviri u prizemlju, prije svega naknadno oslabljeni dijelovi građevine

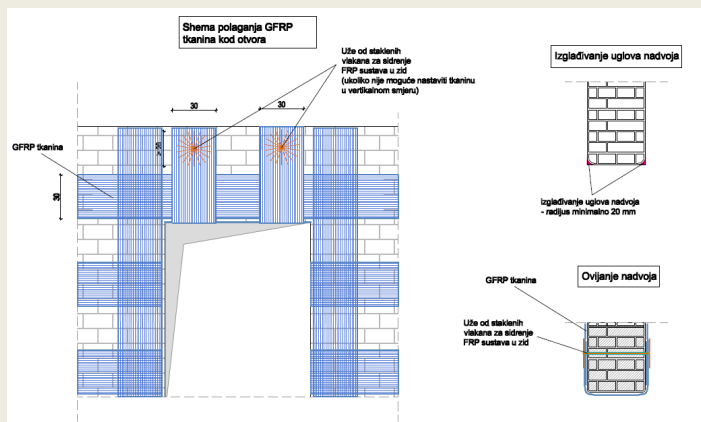
IZO

INDEKS ZNATNOG OŠTEĆENJA

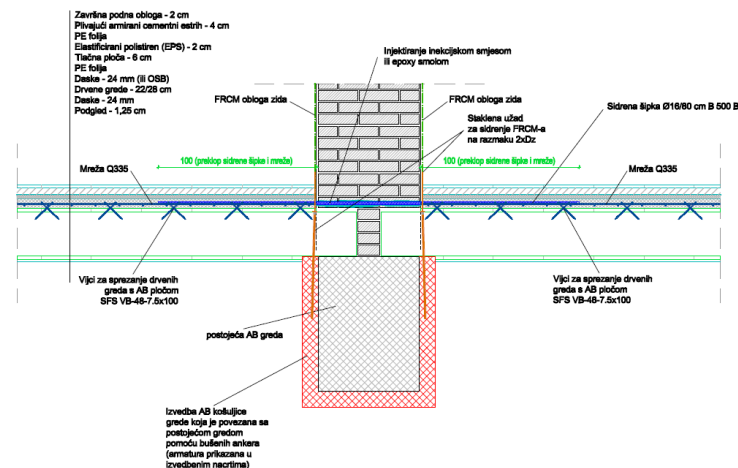
- Proračun po potrebi iterirati
- Dodavati u model pojačanja i/ili dodatne konstruktivne elemente
- Ponovnim proračunima provjeravati koliko doprinose povećanju otpornosti, sve dok se ne postigne zakonom propisana Razina otpornosti – IZO (indeks znatnog oštećenja)
- Postojeće stanje - izračunata otpornost i konačno dokazana nakon pojačanja mora biti iskazana numerički
- Navedeni IZO potrebno navesti u projektu kako bi se u budućnosti mogao dodijeliti pripadni „seizmičkog certifikata” (koji još nije zakonom definiran).

IZVEDBENA DOKUMENTACIJA

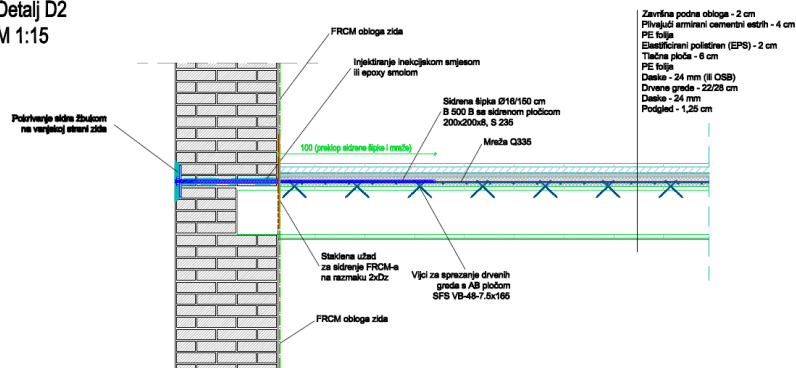
- **OBAVEZAN SASTAVNI DIO!**
- Dio izvedbene dokumentacije



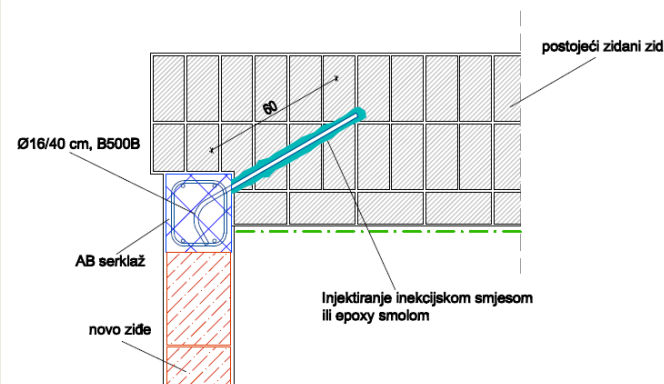
Detalj D23
M 1:15



Detalj D2
M 1:15



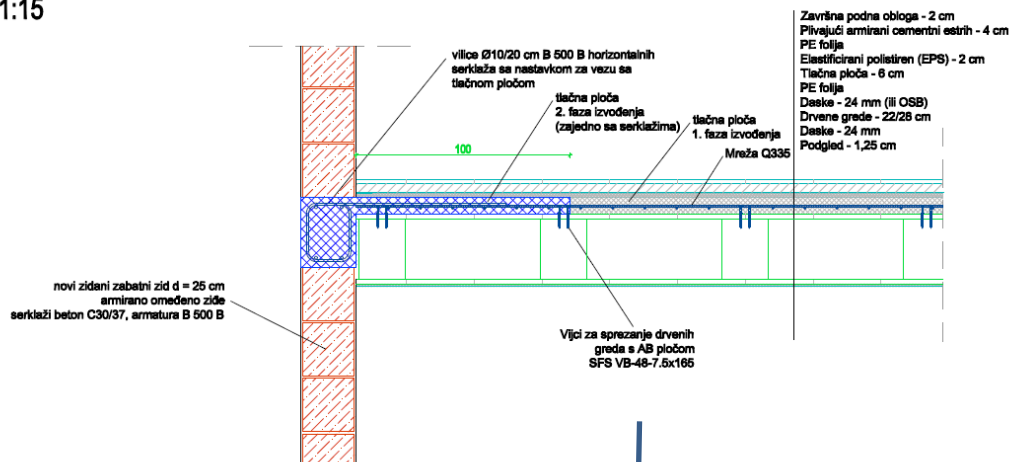
SPOJ NOVOG OMEĐENOG ZIDANOG ZIDA I POSTOJEĆEG ZIDANOG ZIDA - KUTNI SPOJ



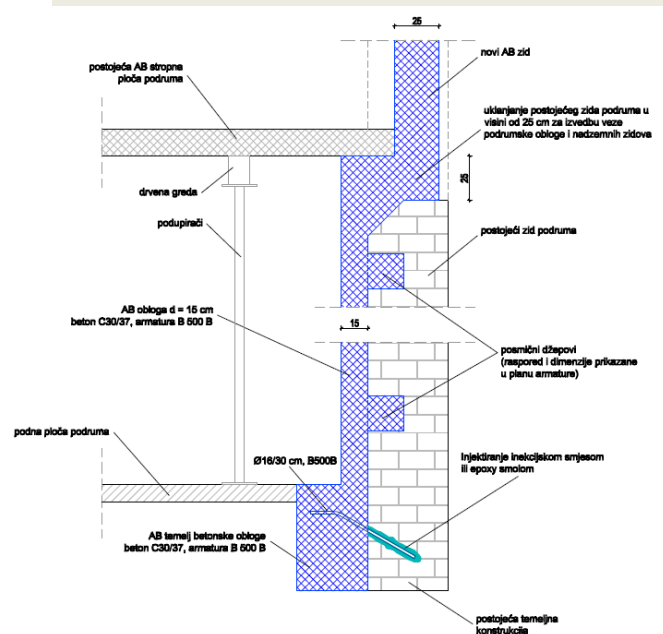
IZVEDBENA DOKUMENTACIJA

- Dio izvedbene dokumentacije

Detalj D6
M 1:15



- Detalj zabatnih zidova - podrum



Izvedba u fazama:
 1. Izvedba dijela tlaćne ploće.
 2. Uklanjanje zabatnih zidova.
 3. Izvedba novih zabatnih zidova i ostatka ploće.

ZAKLJUČAK

Nije jednostavno zatečenim i naslijeđenim građevinama osigurati potresnu otpornost prema aktualnim propisima na potres.

- Zbog velikih nedostataka teško postići zakonom propisanu otpornost.
- Neophodni „grubi” i složeni zahvati, **projektant se mora jasno postaviti**
- Stečeni nedostaci uslijed neadekvatnih rekonstrukcija – dodatna oslabljenja.
- Degradacija osnovnog gradiva, neodržavanje građevine.
- **Težiti (koliko je moguće) otklanjanju izvornih nedostaka,**
- Moguće dokazivati i pojednostavljenim proračunima
- Potreban veliki i dugotrajan proces kako bi se obnovile građevine oštećene u potresu.
- Neophodna strategija na „državnoj razini” i adekvatni zakoni kako bi se naslijeđeni neadekvatni fond građevina doveo u primjereno pouzdano stanje na djelovanje potresa, kroz ojačanja ili izvođenjem zamjenskih građevina, a kako bi se izbjegle katastrofe potresa kao npr. potres u Turskoj 02/2023.

Literatura

1. Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 102/20, 10/21 i 117/21)
2. Program mjera obnove zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 88/22)
3. <https://www.hcpi.hr/>
4. Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20 i 7/22)
5. Pravilnik o sadržaju i tehničkim elementima projektne dokumentacije obnove, projekta za uklanjanje zgrade i projekta za građenje zamjenske obiteljske kuće oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije i Zagrebačke županije (127/20)
6. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: *Potresno inženjerstvo, Obnova zidanih zgrada*, Zagreb, 2021.
7. Dragan Kovač: Projektna i fotodokumentacija projektnog ureda Capital Ing d.o.o., Zagreb, 2021.-2022.
8. Mario Todorić: Projektna i fotodokumentacija projektnog ureda Toding d.o.o., Zagreb, 2021.-2022
9. Prof. Herak, rad
10. K. Tarnik, projekti
11. Prof. M. Uroš, radovi
12. Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)

HCPI

Hrvatski centar
za potresno
inženjerstvo

Hvala na pažnji!