



**HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA**  
**Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.**

# Analize i pristupi obnove karakteristične donjogradske građevine u Zagrebu

**Mario Todorić, dipl.ing.građ.**

- Mario Todorić, dipl.ing.građ., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Miroslav Duvnjak, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Ivan Dragičević, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Petar Todorić, mag.ing.aedif., Toding d.o.o. Zagreb, Hrvatska,

# SADRŽAJ

- 1. UVOD**
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
3. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
4. TIPOVI ZAHVATA – KONCEPTUALNA RJEŠENJA
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. ZAKLJUČAK



# UVOD

**Problematika potresa koji je zahvatio Zagreb 22.03.2020.**

- Veliki broj naslijednih građevina, uglavnom zidanih, **neadekvatnih na potres**
- Pored **degradacije materijala** uslijed vremena rađene i **razne intervencije** koje su dodatno umanjile seizmičku otpornost građevine
- **Građevine neodržavane**, nije ulagano u prevenciju od potresa
- Zahvaćeno veliko područje, oko 25.000 oštećenih građevina sa oko **20 mil. m<sup>2</sup> površine**
- Procijenjena šteta na oko **11,5 mlrd €**
- **Nismo imali zakonske okvire** koji definiraju postupanje nakon potresa, od pregleda građevina do obnove
- **Ne postoji Strategija potresa** na području Republike Hrvatske

**Složenost obnove može se promatrati sa više međusobno povezanih aspekata:**

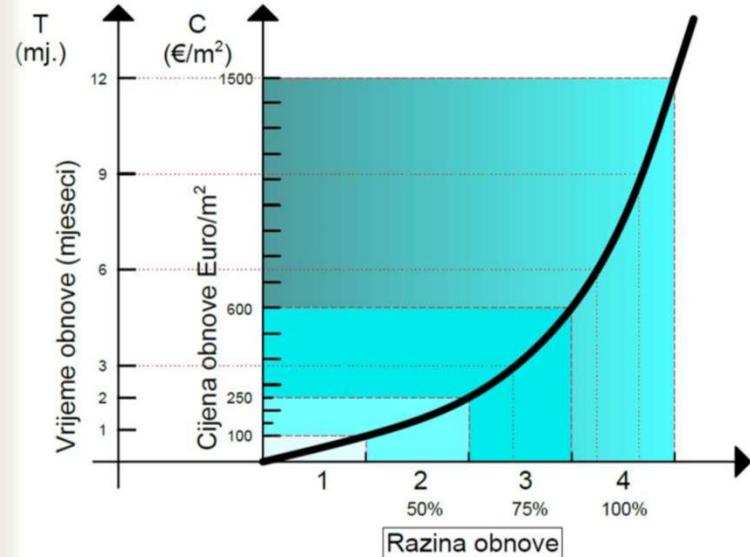
- Financijski
- Pravno - administrativni
- Organizacijski
- Tehnički



# FINANCIJSKA SLOŽENOST

## "Sigurnost košta"

- Bez obzira koji se načini Obnove koriste, već sada je jasno: **nedovoljno sredstava**
- Stoga je potrebno razmotriti Obnovu u realnim okvirima prema raspoloživim sredstvima koristeći maksimalno potencijale građevine i lokacije:
  - Stoga su uvedene **Razine obnove** kojima je omogućeno izvršiti poboljšanja i ojačanja a kako bi se otklonili konceptualni nedostatci, bez značajne izmjene osnovne nosive strukture i kako bi se obuhvatio što veći broj oštećenih građevina
  - Stavljući u funkciju **nekorištene dijelove građevine** ostvariti dodatne koristi kojima bi se dijelom financirala obnova (potkrovla, podrumi koji čine i  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{5}$  građevine )
  - **Zamjenske građevine:** pouzdanije, kojima bi se postigle veće jedinične cijene, funkcionalnije i veće neto korisne površine (izvedbom tanjih nosivih vertikalnih elemenata, uz iste gabarite postojećih građevina)



# PRAVNO – ADMINISTRATIVNA SLOŽENOST

Postojećim pravnim i administrativnim okvirima otežano je donošenje odluka pri Obnovi:

- Mješovito vlasništvo – privatno, Grad, Država, Institucije, za donošenje odluke o obnovi **potrebna suglasnost svih vlasnika**, potrebno Zakonom definirati
- Ukoliko je potrebno ishoditi građevinsku dozvolu ili suglasnosti, za oko 25.000 građevina/predmeta potrebno proći administrativnu proceduru (sada se u Gradu Zagrebu godišnje obradi oko 1.000 predmeta), **potrebno pojednostaviti administrativnu proceduru**
- Prilikom pojačanja i poboljšanja konstrukcije neminovno se nameću utjecaji na **temeljne zahtjeve drugih struka** (zaštita od požara, energetska obnova, pristup invalidnim osobama,...)
- Prostorno – planska dokumentacija koja **ne omogućava jednostavna rješenja za Obnovu** (preuređenje potkrovija, etažiranje, parkirna mjesta...)

# ORGANIZACIJSKA SLOŽENOST OBNOVE

- Potrebno formirati **Tijelo** koje bi vodilo obnovu
- Potrebno definirati **protokol** u obnovi
- **Nedovoljno kapaciteta** u vođenju, projektiranju, nadzoru i posebno izvođenju
- Problem **iseljenja** i smještaja građana dok se obnavljaju njihovi domovi
- Problem **funkcioniranja ustanova** za vrijeme obnove (škole, bolnice, vrtići, Fakulteti...)
- Problem plaćanja **dodatnih najmova** za građane i ustanove
- **Smanjeni prihodi** trgovačkih društava za vrijeme obnove što dovodi u pitanje njihov opstanak



# SADRŽAJ

1. UVOD
- 2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE**
3. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
4. TIPOVI ZAHVATA – KONCEPTUALNA RJEŠENJA
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. ZAKLJUČAK



# TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE

Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija

Ocenjivanje i obnova zgrada (**HRN EN 1998-3**), definirani su:

## Tehnički kriteriji

### Tehnike popravka i pojačanja konstrukcije (Dodatak C)

#### Tipovi zahvata

- Opravdanje odabranog tipa zahvata
- Takvo opravdanje treba predočiti vlasniku.

#### Metode proračuna i prepostavke

Da bi proračunske metode bile primjenjive potrebno je **poduzeti mjere kojima bi se osigurale prepostavke proračuna**, kao što su:

- zidovi u oba horizontalna smjera
- zidovi su neprekinuti po visini
- stropovi imaju dovoljnu krutost u ravnini
- stropovi dovoljno spojeni s obodnim zidovima (kruta dijagma)...



# TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE

## Dodatak C Zidane zgrade HRN EN 1998-3: važnost istražnih radova

### GEOMETRIJSKA SVOJSTVA

- Položaj i dimenzije zidnih elemenata
- Položaj i dimenzije otvora
- Raspodjela gravitacijskih opterećenja

### DETALJI

- Vrsta ziđa
- Kvaliteta morta
- Količina armature serklaža  
(ukoliko postoji)
- Uvjeti spojeva zidova, stropova i krovova
- Utvrđivanje pukotina u ziđu

### MATERIJALI

- Ispitivanja svojstva materijala:
  - 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 postojećeg objekta)

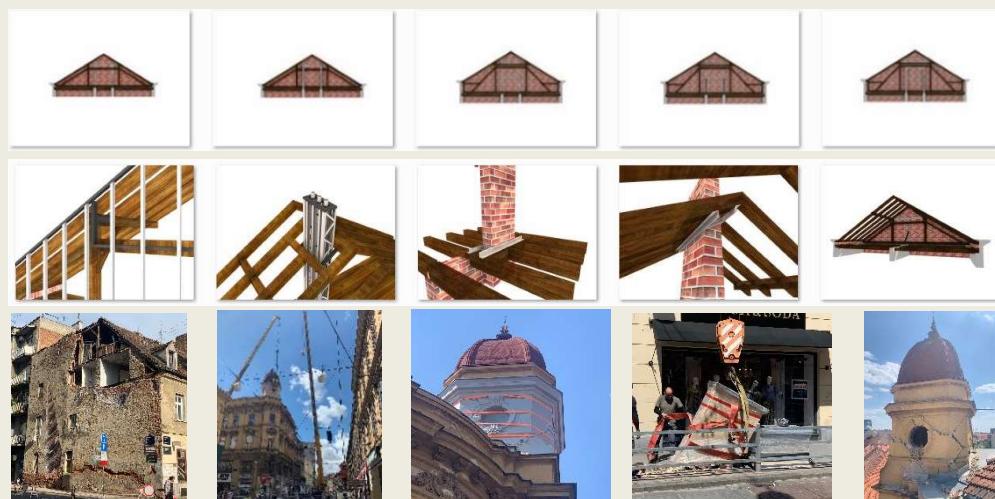
RZ 1	$FP_{RZ1} = 1,35$
RZ 2	$FP_{RZ2} = 1,20$
RZ 3	$FP_{RZ3} = 1,00$



# URGENTNI PROGRAM POTRESNE OBNOVE - UPPO

POŠTO ĆE UKUPNA OBNOVA POTRAJATI NEOPHODAN **UPPO**

- GRAĐEVINSKA TEHNIČKA RJEŠENJA
- DIMNJACI
- TAVANSKI ZIDOVI
- KROVNE KONSTRUKCIJE
- NEKONSTRUKCIJSKI ELEMENTI GRADITELJSKE BAŠTINE
- MANJI NEODGODIVI ZAHVATI SANACIJE
- PODUPIRANJA I OSTALA PRIVREMENA RJEŠENJA
- PROJEKTIRANJE, NADZOR I POSEBNE KONTROLE PROVEDBE PROJEKTA URGENTNE OBNOVE, TROŠKOVNIČKE STAVKE
- PRIMJERI I DETALJI GRAĐEVINSKO TEHNIČKIH RJEŠENJA



**UPPO**  
Urgentni program potresne obnove

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Hrvatska komora inženjera građevinarstva

# SADRŽAJ

1. UVOD
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
- 3. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE**
4. TIPOVI ZAHVATA – KONCEPTUALNA RJEŠENJA
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. ZAKLJUČAK



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## HRN EN 1998 – 3 Dodatak C

### TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

**Popravak pukotina** (injektiranje, FRCM sustav, spiralne šipke...)

**Zamjena morta u sljubnicama**

**Prezidavanje zidova**

**Izvedba armirane žbuke na zidovima** (torkretiranje, FRCM)

**Ojačanje spojeva zidova** (novi AB serklaži, čelične pločevine)

**Povezivanje zidova**

**Izvedba krutih horizontalnih diskova**



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

Vertikalni elementi

## Popravak pukotina

- Mala širina pukotina ( $w < 10 \text{ mm}$ ) i mala debljina zida → zapunjavanje mortom
- Mala širina pukotina ( $w < 10 \text{ mm}$ ) i velika debljina zida → injektiranje
- Široke pukotine ( $w > 10 \text{ mm}$ ) → skobe, metalne ploče ili polimerne mreže

Injektiranje pukotina u zidovima

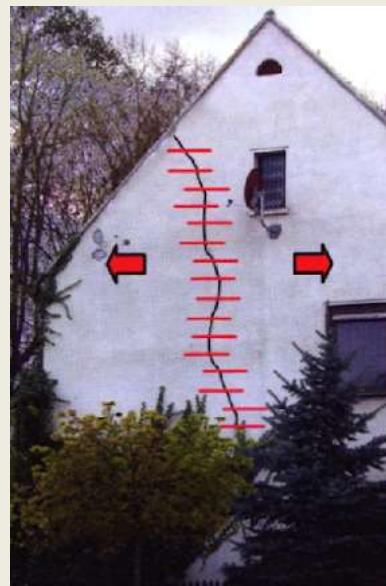


Komercijalna tipska rješenja za  
manje pukotine

# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Popravak pukotina

- Otpornost zidova na vertikalno raspucavanje → ugradnja čeličnih spiralnih šipki
- Dijagonalne pukotine → polimerne mreže za ovijanje jednog ili oba lica ziđa u kombinaciji s odgovarajućim mortom i žbukom



Čelične spiralne šipke



Vertikalni elementi



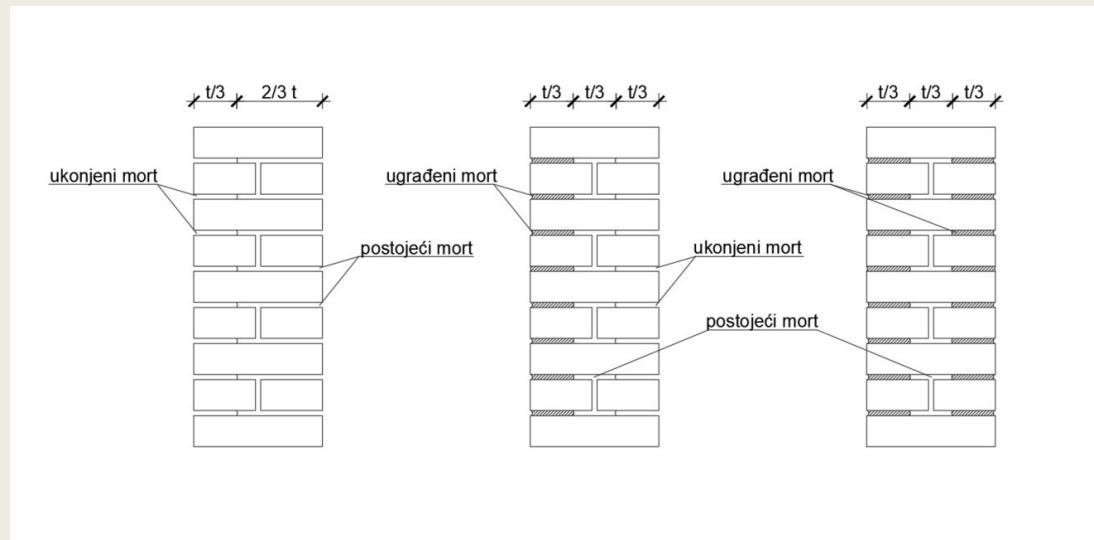
Lokalna sanacija pukotina  
FRCM sustavom

# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

Vertikalni elementi

## Zamjena morta u sljubnicama

- Djelomično, ali duboko uklanjanje oštećenoga morta u sljubnicama i zamjene novim mortom boljih mehaničkih svojstava i trajnosti
- Primjena: jedino kod oštećenja u mortu

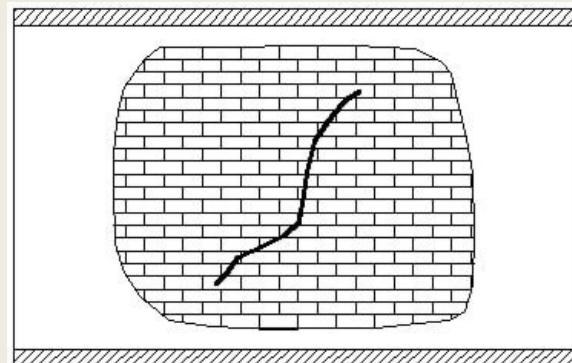


# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

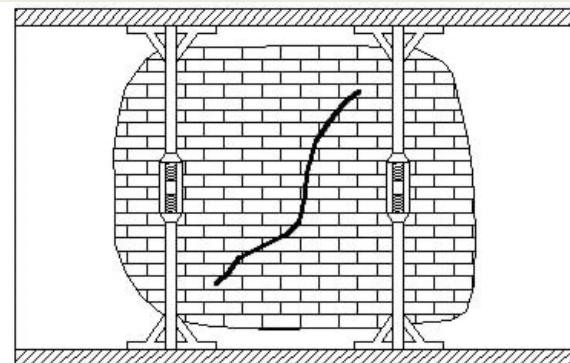
## Prezidavanje zidova

- Lokalna metodologija uklanjanja i ponovne izgradnje ("scuci-cuci")
- Obratiti pozornost na kompatibilnost novog i starog dijela zidane konstrukcije

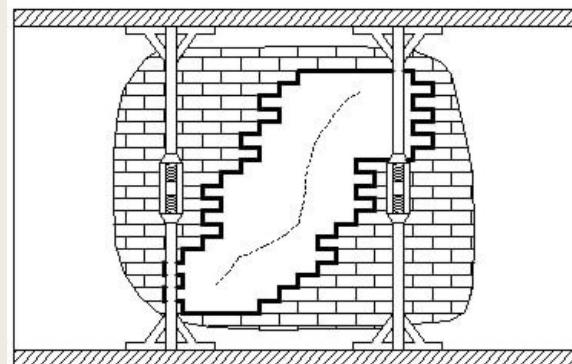
Vertikalni elementi



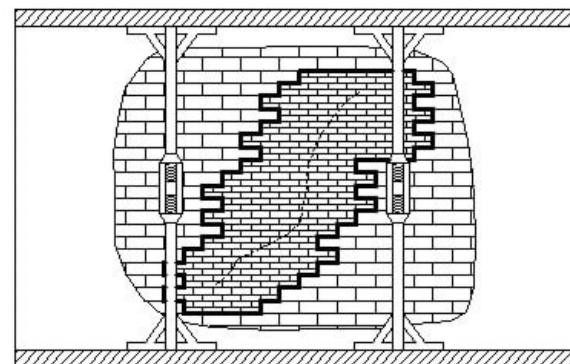
Fase A



Fase B



Fase C



Fase E

# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

Vertikalni elementi

## Ojačanje zidova FRCM mrežama

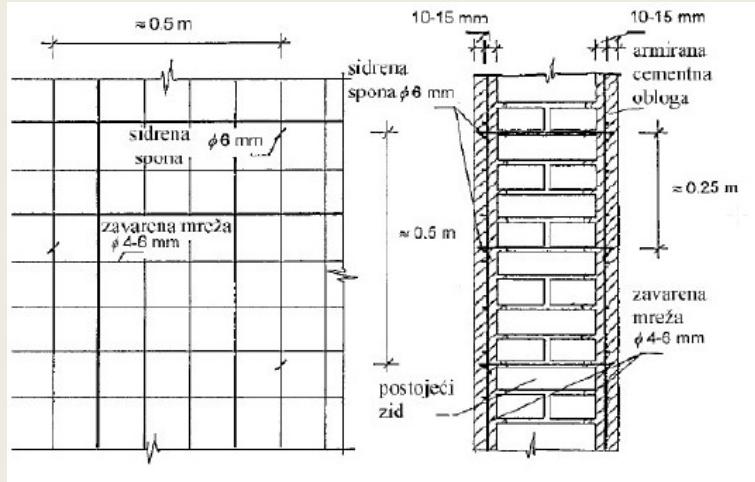
- Tipska komercijalna rješenja
- Sustav ojačanja kompozitnim mrežama s odgovarajućim tipom morta
- Postavljaju se jednostrano ili obostrano sa sidrenjem u zid
- Broj i raspored sidra propisuje se u projektu ( po  $m^2$  površine)

Tipska užad usidrena u zid



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

Vertikalni elementi



## Konstruktivna sanacija zidova obostranim armaturnim mrežama i cementnim mortom CRETEO

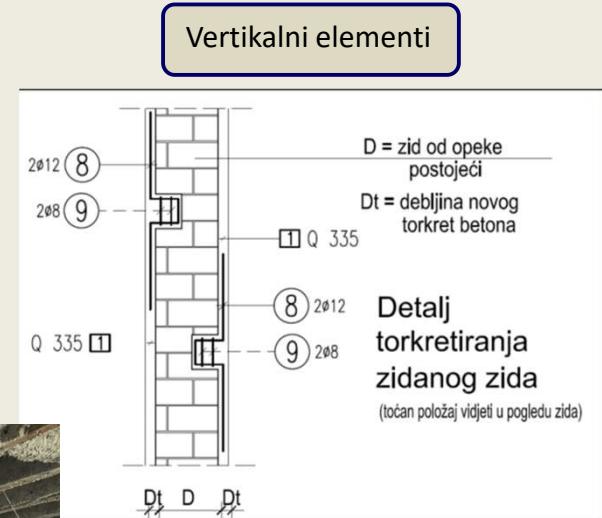
- Komercijalno rješenje za konstruktivnu sanaciju
- Jednak učinak kao torkretiranje
- Jednostavnija izvedba u odnosu na torkret → nanosi se kao žbuka
- Potrebno izvesti obostrano uz armaturno povezivanje kroz zid



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Torkretiranje zidova

- Beton se nanosi jednostrano ili dvostrano na armiranu oblogu
- Potrebno izvesti „džepove“ u zidovima
- U slučaju dvostranog oblaganja sponama povezati obje strane armature
- Dolazi do različite raspodjele mase i krutosti ziđa → veća seizmička sila
- Prilikom izvedbe zahvata, građevina najčešće nije u uporabi → problem smještaja stanara



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

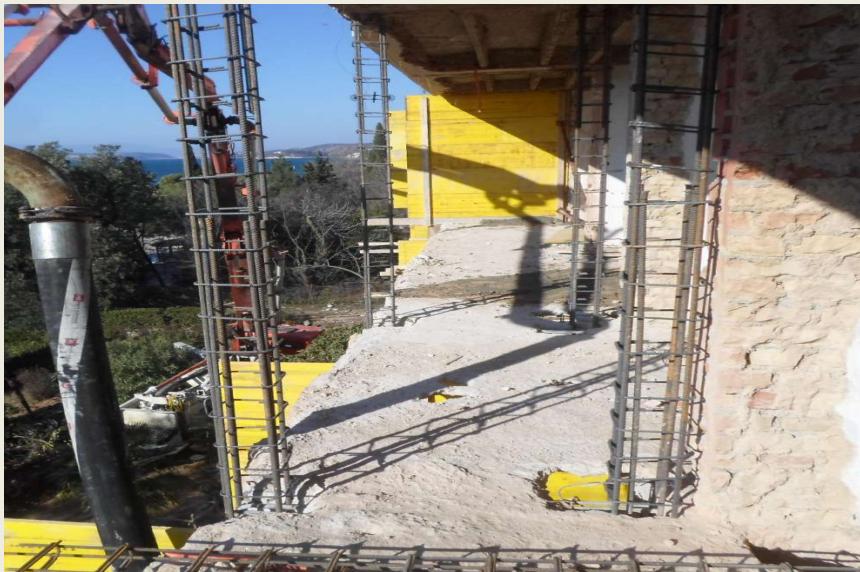
Vertikalni elementi



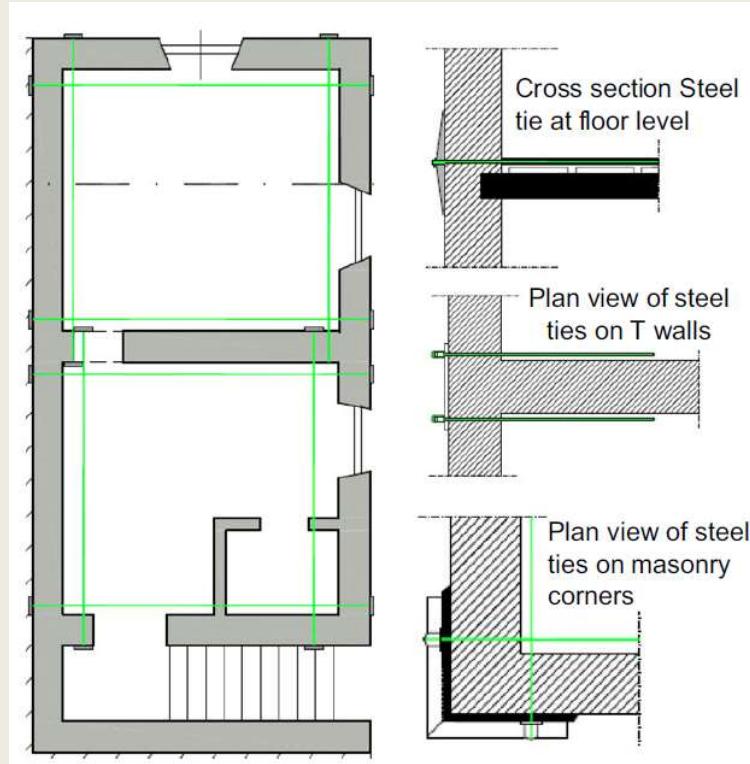
## Ojačavanje spojeva zidova

- Ugradnjom novih AB vertikalnih serklaža → samo ukoliko postoje horizontalni serklaži ili se izvode novi serklaži/kruti diskovi
- Dodatkom čeličnih pločevina
- Naknadnim prednapinjanjem

Izvedba novih AB serklaža



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE



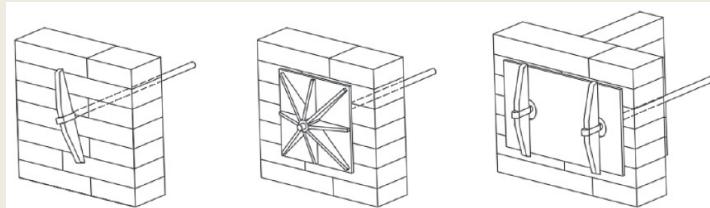
Povezivanje građevine

## Povezivanje zidova zategama

- Optimalan položaj zatega u razini međukatnih konstrukcija
- Povezivanje paralelnih zidova zategama
- Posvetiti pozornost dizajniranju sidara
- Sidra je moguće sakriti u zidu – konzervatorski uvjeti

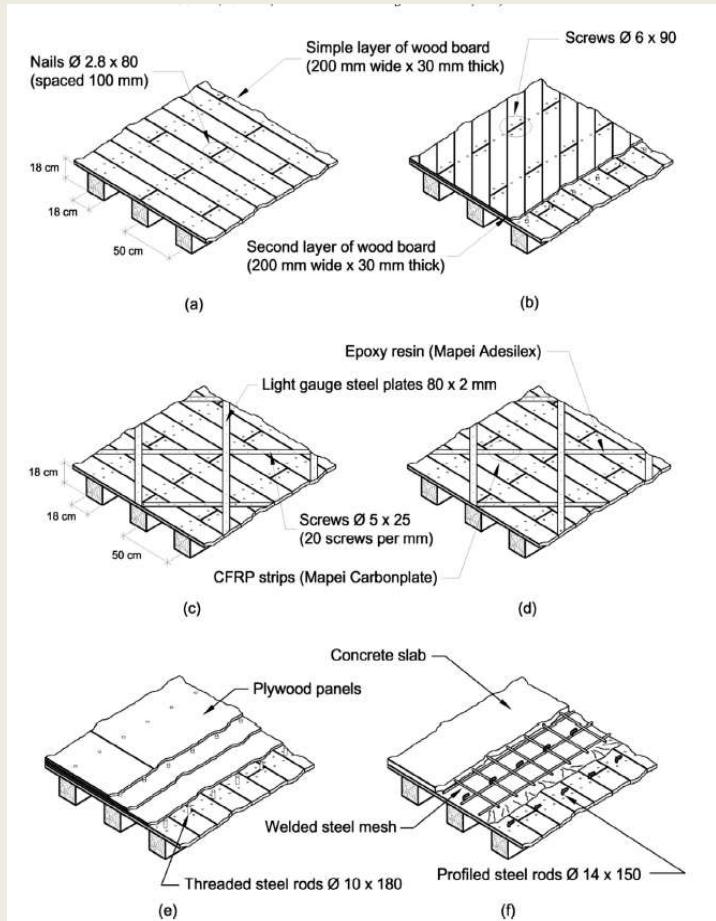


Prikaz sidrenja

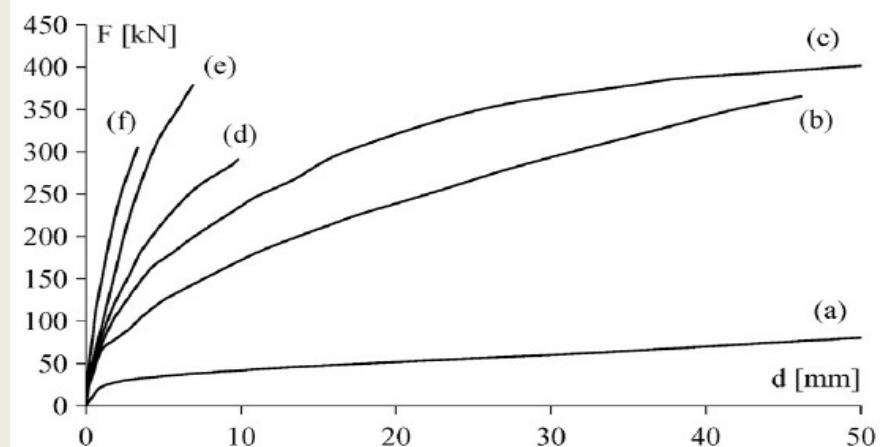


# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Izvedba horizontalnog diska



Horizontalna dijafragma

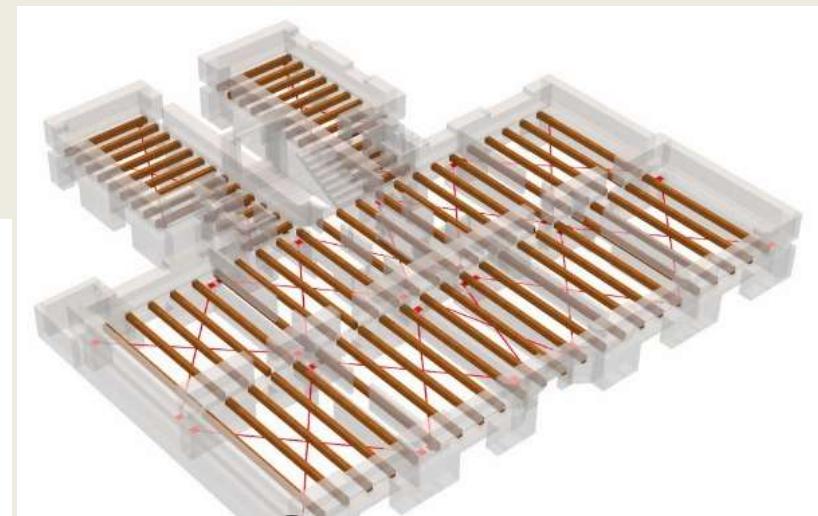


# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Izvedba horizontalnog diska

### Spregovi s perforiranim limom

- S donje strane drvenih grednika u spojeve nosivih postojećih zidova montiramo prihvatu pločicu na koju se postavlja španer i perforirana traka i fiksira usuprotni kut/spoj nosivih zidova.



Horizontalna dijafragma

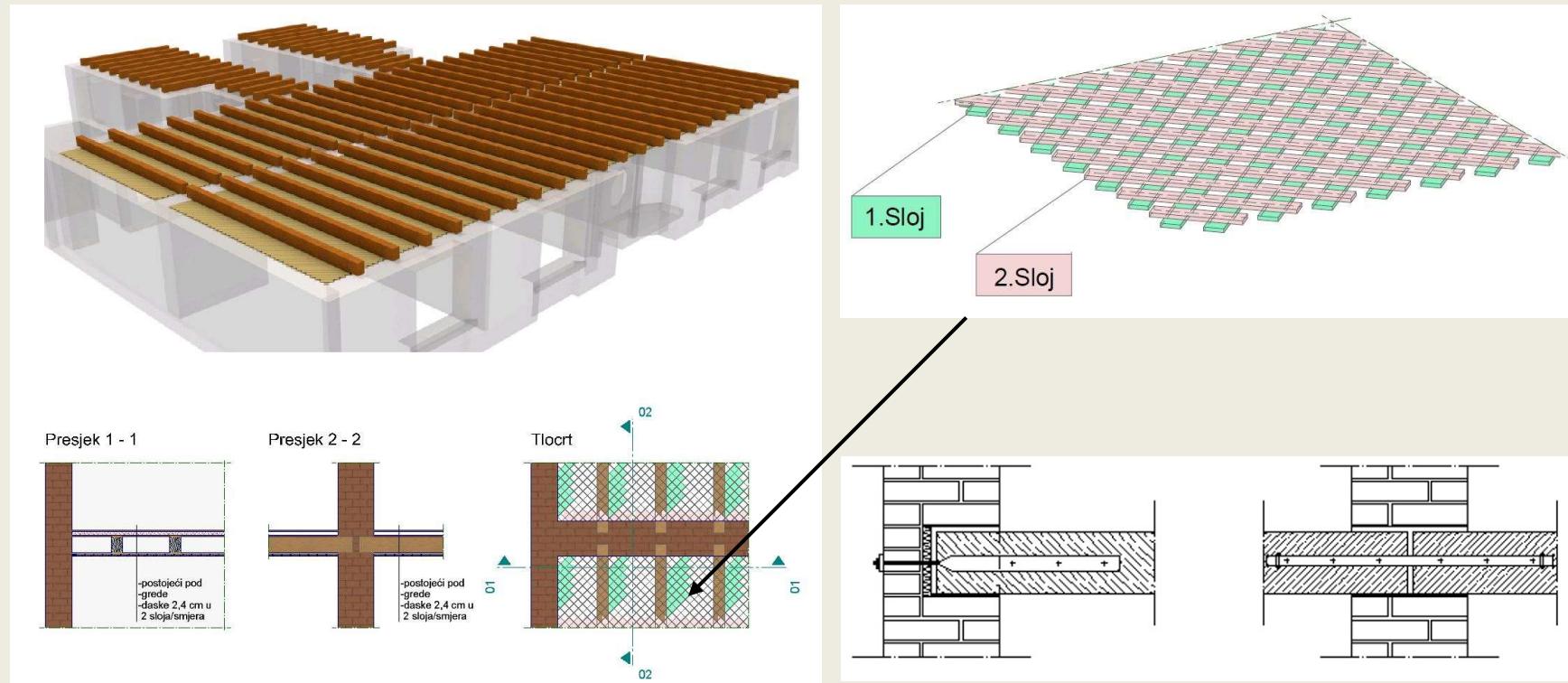


# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Izvedba horizontalnog diska daščanom oplatom

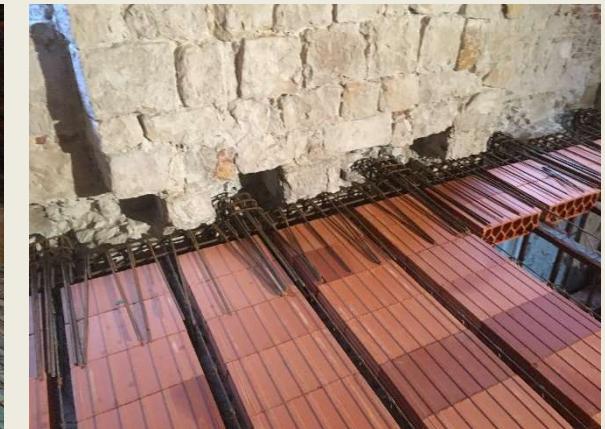
- S donje strane drvenih grednika uklanjamo postojeće slojeve (trstika+žbuka) i zamjenjujemo ih međusobno okomitim daskama pod kutem 45°

Horizontalna dijafragma



# TEHNIKE POPRAVAKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE

## Izvedba horizontalnog diska s tlačnom pločom



Spregnuta ploča drvo - beton



Spregnuta ploča čelik - beton



Polumontažni stropovi



# SADRŽAJ

1. UVOD
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
3. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
- 4. TIPOVI ZAHVATA – KONCEPTUALNA RJEŠENJA**
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. ZAKLJUČAK



# TIPOVI ZAHVATA U OBNOVI PREMA HRN EN 1998-3

## - KONCEPTUALNA RJEŠENJA

### TIPOVI ZAHVATA

Lokalna ili opća prilagodba oštećenih ili neoštećenih elemenata

Dodavanje novih konstrukcijskih elemenata

Prilagodba konstrukcijskog sustava

Dodavanje novog konstrukcijskog sustava

Pretvorba postojećih nekonstrukcijskih elemenata u konstrukcijske

Uvođenje pasivnih zaštitnih uređaja (prigušivači)

Smanjenje mase

Ograničenje ili promjena namjene zgrade

Djelomično rušenje



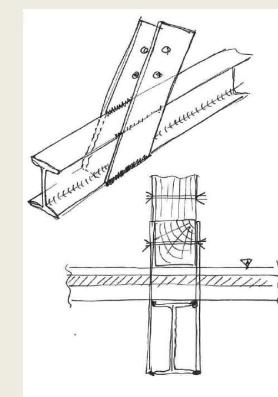
# TIPOVI ZAHVATA

## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

**VARIJANTA 1:** veći dio donjogradskih potkrovija je neadekvatno korišten. Pretvaranjem potkrovija u korisni prostor i stavljanjem u funkciju dobiva se nova vrijednost kojom se dijelom može financirati Obnova



Prenamjena potkrovija u korisni prostor



Dodatnom vrijednosti potkrovija osigurati sredstva za obnovu

# TIPOVI ZAHVATA

## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

### VARIJANTA 1

- Sanacija potkrovlja – Primjeri adaptiranog potkrovlja

Prenamjena potkrovlja u korisni prostor



# TIPOVI ZAHVATA

## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

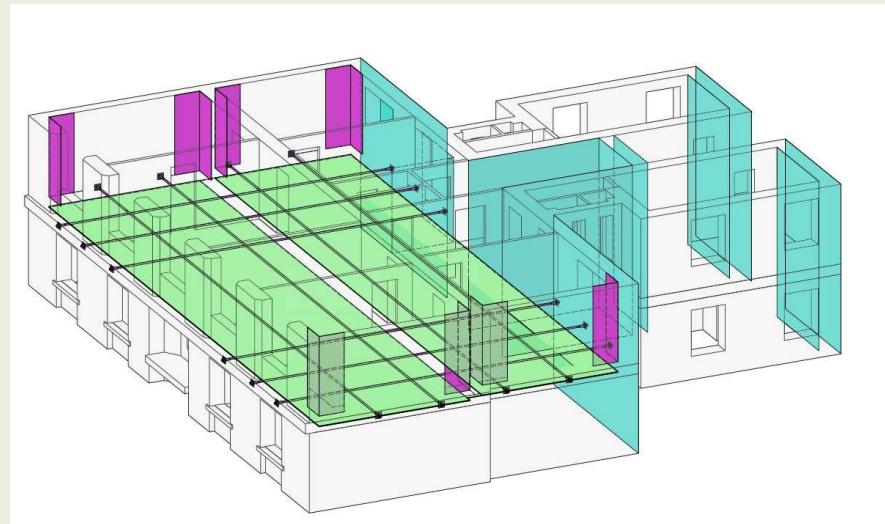
### VARIJANTA 2

- Primjereno razini obnove 2
- Djelomično torkretiranje vanjskih i stubišnih zidova (jednostrano ili obostrano prema mogućnosti)
- Izvođenje krutog diska → dvoslojne međusobno okomite daske/ploče s donje strane grednika (nije potrebno skidati gornje slojeve poda), u potkroviju sa gornje strane drvenog grednika
- Postavljanje čeličnih zatega za povezivanje zidova
- Pojačanje spojeva zidova te stupova FRP materijalima

Lokalna ojačanja hor. i vert. elemenata



3D model lokalnih ojačanja



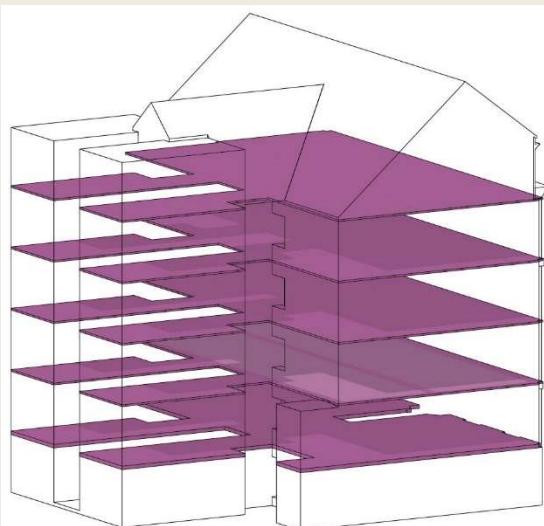
Pojačanje stropnih grednika drvenom pločom s donje strane  
Mlazni beton  
Zatega  
Tkanina od karbonskih vlakana

# TIPOVI ZAHVATA

## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

### VARIJANTA 3: ukupno ojačanje zidova i stropova

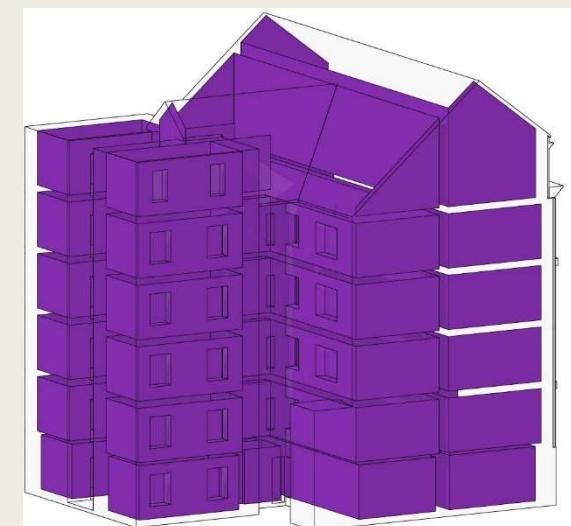
- Primjereno teže oštećenim građevinama i razinama obnove 3 i 4
- Izvođenje krutih horizontalnih diskova
- Torkretiranje zidova (jednostrano ili obostrano prema mogućnosti)
- Ovakav koncept obnove podrazumijeva iseljenje korisnika, izradu novih podnih i zidnih obloga kao i većinu instalacija



Izvođenje krutih diskova



Torkretiranje izvana



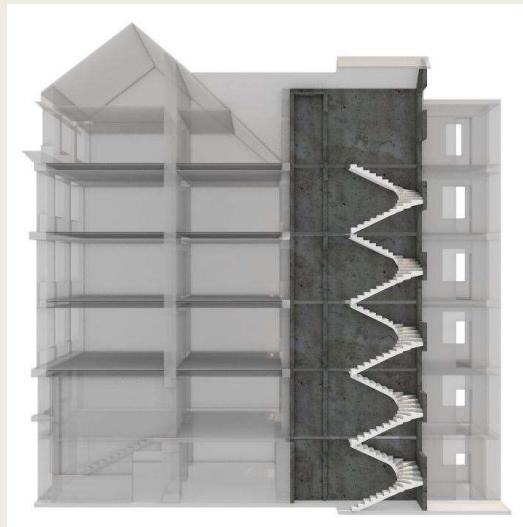
Torkretiranje iznutra

# TIPOVI ZAHVATA

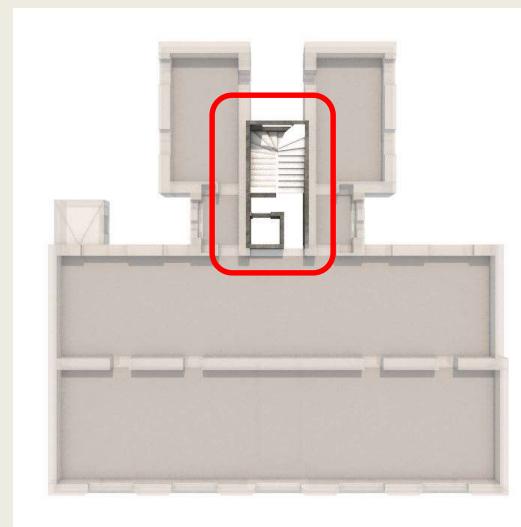
## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

### VARIJANTA 4: nova komunikacijska jezgra

- Ojačanje sa minimalnim zadiranjem u korisne prostore (stanove, urede)
- Izvođenje središnje AB jezgre lifta i stubišta, dodatni komfor u komunikaciji
- Prema potrebi torkretiranje izvana
- Pri tome paziti da se ne naruši pravilnost konstrukcije
- Izvedba krutih horizontalnih diskova, po mogućnosti sa donje strane stropova, osim u potkroviju



Izvedba AB jezgre presjek



Izvedba AB jezgre tlocrt



Vert.pojačanje torkretiranjem

# TIPOVI ZAHVATA

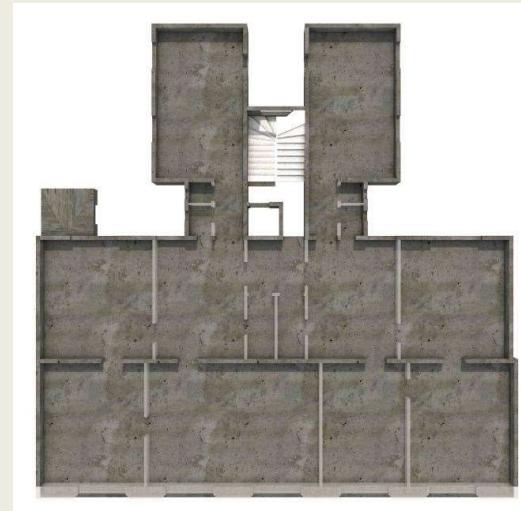
## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

### **VARIJANTA 5: nova ab-konstrukcija, zadržava se samo fasada**

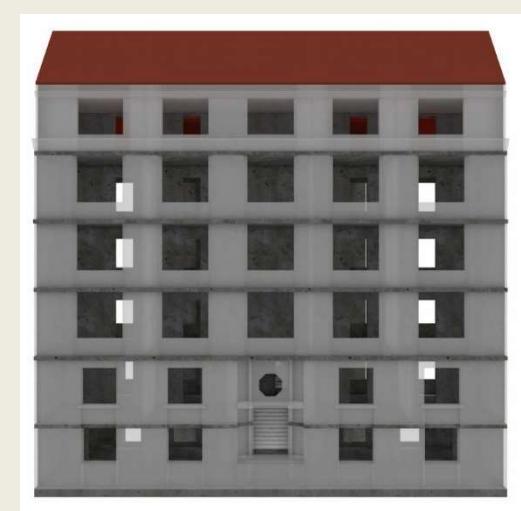
- Kod značajno oštećenih građevina
- Zadržavanje samo prednjeg pročelja (samo ako predstavlja konzervatorsku vrijednost)
- Uklanjanje preostalog dijela građevine koja se zamjenjuje novom AB konstrukcijom



3D presjek kroz AB konstrukciju



3D tlocrt kroz AB konstrukciju



3D model

# TIPOVI ZAHVATA

## PRIMJER ZAHVATA NA POSTOJEĆOJ GRAĐEVINI OŠTEĆENOJ U POTRESU

### VARIJANTA 5: nova ab-konstrukcija, zadržava se samo fasada

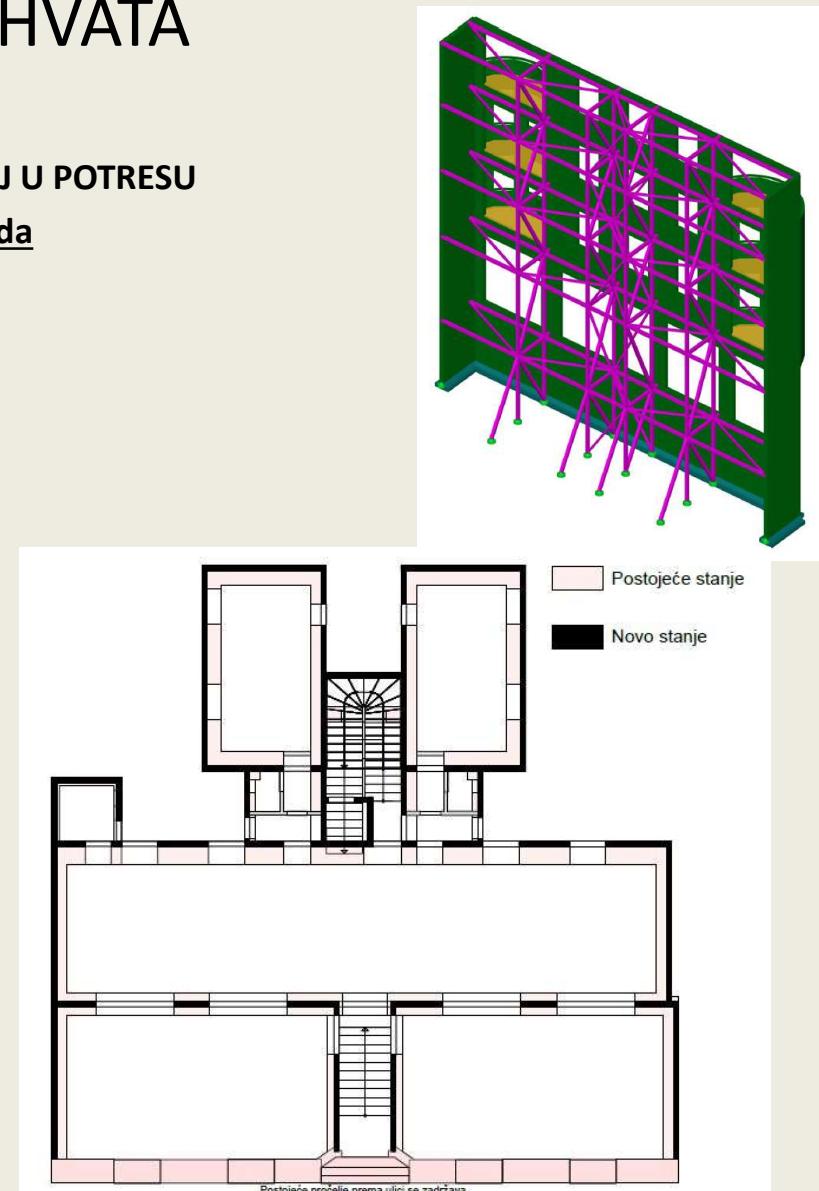
Stara građevina: 1916,04 m<sup>2</sup>;

Nova građevina: 2315,90 m<sup>2</sup>

Povećanje netto površine nakon sanacije od 399,86 m<sup>2</sup>  
(21% u odnosu na staro stanje)

POSTOJEĆE	BRUTO	NETO	SVI ZIDOVCI	%	ZIDOVCI X	%	ZIDOVCI Y	%
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	
PODRUM	419	315,32	103,68	24,74%	80,35	19,18%	45,28	10,81%
PRIZEMLJE	419	323,93	95,07	22,69%	55,44	13,23%	42,75	10,20%
1. KAT	413	317,93	95,07	23,02%	55,63	13,47%	41,28	10,00%
2.KAT	413	317,93	95,07	23,02%	55,63	13,47%	41,28	10,00%
3.KAT	413	317,93	95,07	23,02%	55,63	13,47%	41,28	10,00%
4.KAT	413	323	90	21,79%	53,19	12,88%	26,12	6,32%
SUMA:	2490	1916,04	573,96					

SANACIJA	BRUTO	NETO	SVI ZIDOVCI	%	ZIDOVCI X	%	ZIDOVCI Y	%	RAZLIKA
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
PODRUM	419	388,05	30,95	7,39%	27,51	6,57%	17,72	4,23%	72,73
PRIZEMLJE	419	388,05	30,95	7,39%	27,51	6,57%	17,72	4,23%	64,12
1. KAT	413	384,94	28,06	6,79%	28,474	6,89%	14,42	3,49%	67,01
2.KAT	413	384,94	28,06	6,79%	28,474	6,89%	14,42	3,49%	67,01
3.KAT	413	384,94	28,06	6,79%	28,474	6,89%	14,42	3,49%	67,01
4.KAT	413	384,94	28,06	6,79%	28,474	6,89%	14,42	3,49%	61,94
SUMA:	2490	2315,86	174,14		168,916		93,12		399,82
POVEĆANJE POVRŠINE:	121%								



# SADRŽAJ

1. UVOD
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
3. TIPOVI ZAHVATA
4. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
- 5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA**
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. ZAKLJUČAK



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 1

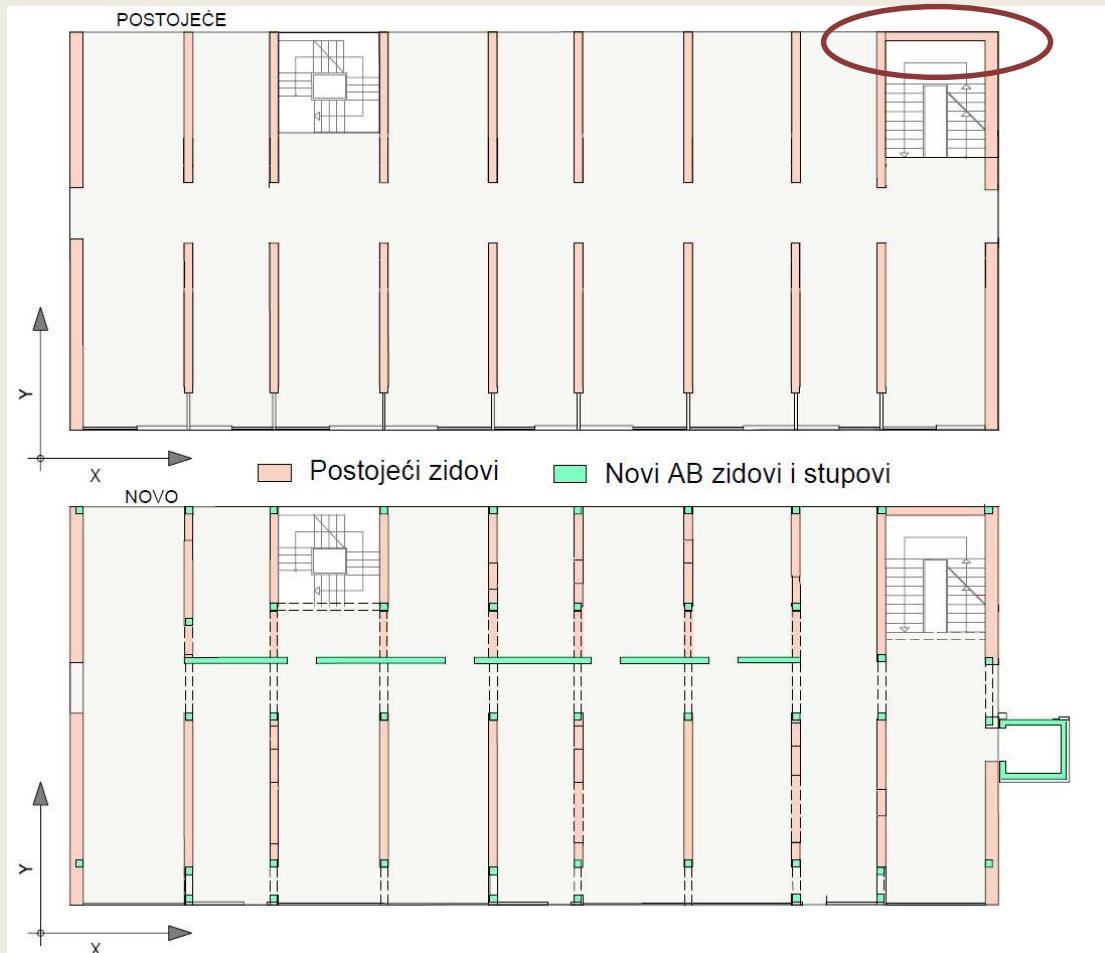
## Postojeća građevina:

- 1.REKONSTRUKCIJA: 1960. godina
- Etažnost : prizemlje, dva kata i potkrovље
- Površina cca 1750 m<sup>2</sup>
- Vertikalni nosivi sustav – zidano neomeđeno zidje
- Stropovi - sitnorebričasti strop



Dodavanje novih konstruktivnih elemenata – AB zidova i serklaža

# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 1



## POSTOJEĆI TLOCRT GRAĐEVINE

Koncept postojeće građevine:

- nedostatak uzdužnih zidova - X smjer („gruba greška“)

Zidovi postojeće stanje:

X smjer = 0.5 %

Y smjer = 9.95 %

## TLOCRT NAKON REKONSTRUKCIJE

Dodavanje novih konstrukтивnih  
elemenata – AB zidovi

Zidovi novo stanje:

X smjer = 1.65 %

Y smjer = 10.11 %

Na ovom primjeru vidljivo je kako nema smisla „građevine vraćati u prvobitno stanje“ jer je osnovni koncept konstrukcije sadržavao „grubu grešku“.

# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 2

## Postojeća građevina:

- OSNOVNA GRADNJA: 1961. godina
- Etažnost: Pr. + 3 kata
- Vertikali konstruktivni sistem je od zidanog neomeđenog ziđa (puna opeka 38 cm debljine)
- Stropne konstrukcije – sitnorebričasti strop na vanjske zidove i unutarnje zidove hodnika
- **Nedovoljna seizmička otpornost građevine u poprečnom smjeru prilikom osnovne gradnje**  
**(„gruba greška“)**



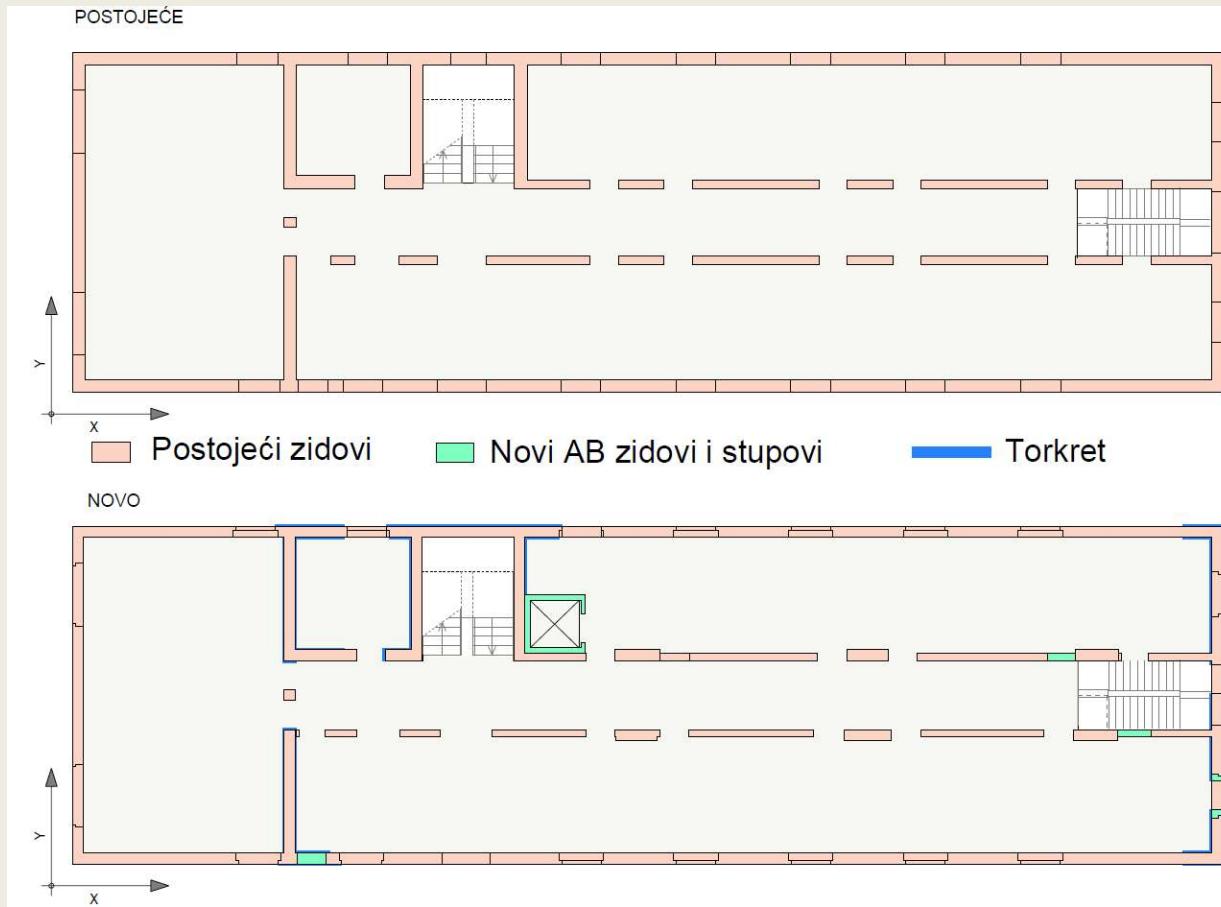
## Rekonstrukcija i ojačanje konstrukcije:

- Primjer ojačanja konstrukcije nepravilno izvedene u osnovnoj gradnji
- Dodavanje novih konstruktivnih vertikalnih elemenata – ab zidova
- Jednostranim i dvostranim „torkretom“ ojačani zidani zidovi

Torkretiranje zidova



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 2



## POSTOJEĆI TLOCRT GRAĐEVINE

Koncept postojeće građevine:

- Poprečni smjer – samo dva vanjska zida i poprečni zidovi stubišta

Zidovi postojeće stanje:  
X smjer = 11.77 %  
Y smjer = 4.05 %

## TLOCRT NAKON REKONSTRUKCIJE

- Dodavanje novih konstrukтивnih elemenata – AB zidovi
- Torkretiranje postojećih zidova

Zidovi novo stanje:  
X smjer = 12.03 %  
Y smjer = 4.50 %



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 3

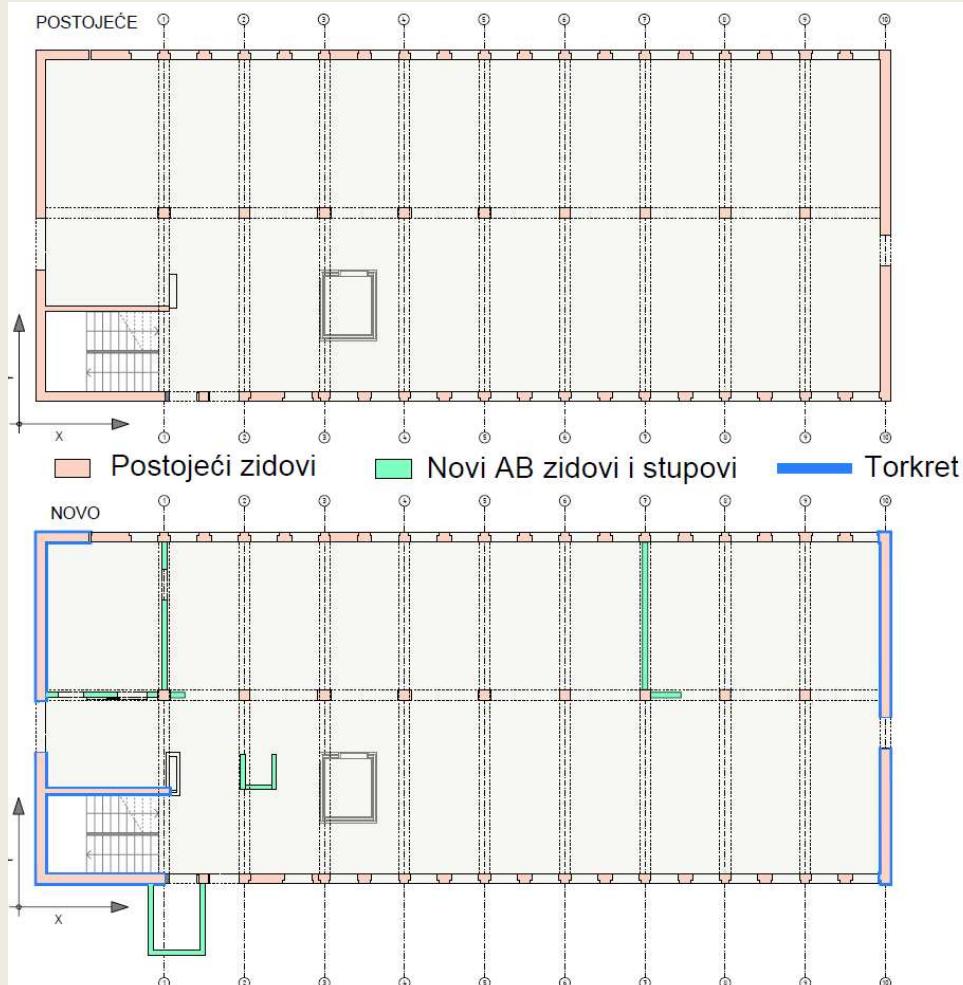


## Postojeća građevina:

- Objekt izgrađen 1961. godine
- Dimenzije 32x13,1
- Etažnost: pt. + 4 kata
- Nosivi zidovi debljine 38 cm
- Nedovoljno zidova uzdužno i poprečno
- Dodavanje novih konstruktivnih vertikalnih elemenata – ab zidova
- Jednostranim i dvostranim „torkretom“ ojačani zidani zidovi



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 3



## POSTOJEĆI TLOCRT GRAĐEVINE

Koncept postojeće građevine:

- Nedostatna otpornost građevine na seizmičke sile

Zidovi postojeće stanje:

X smjer = 0.80 %

Y smjer = 2.08 %

## TLOCRT NAKON REKONSTRUKCIJE

- Dodavanje novih konstrukтивnih elemenata – AB zidovi
- Torkretiranje postojećih zidova

Zidovi novo stanje:

X smjer = 1.20 %

Y smjer = 3.03 %



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 4

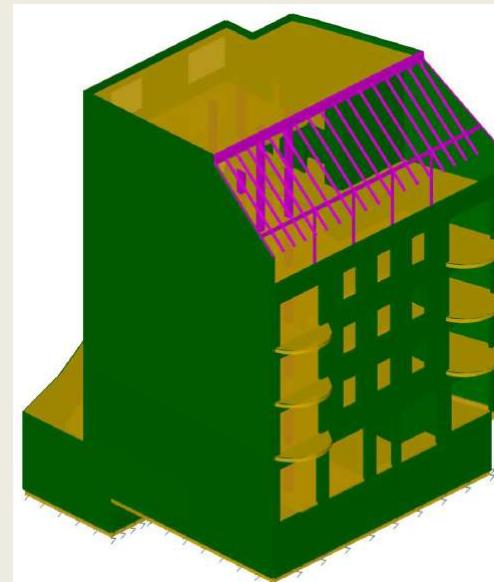


## Postojeća građevina:

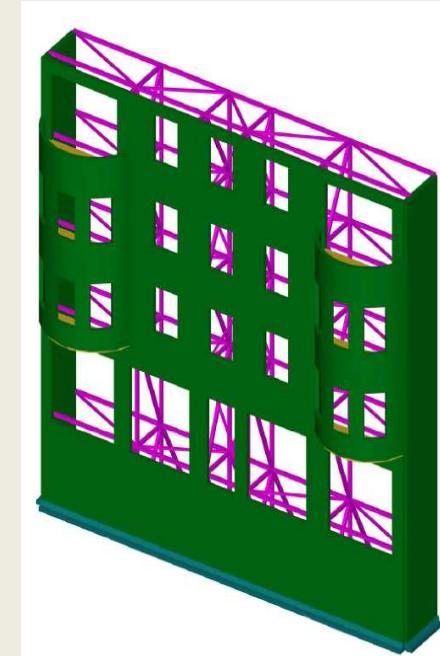
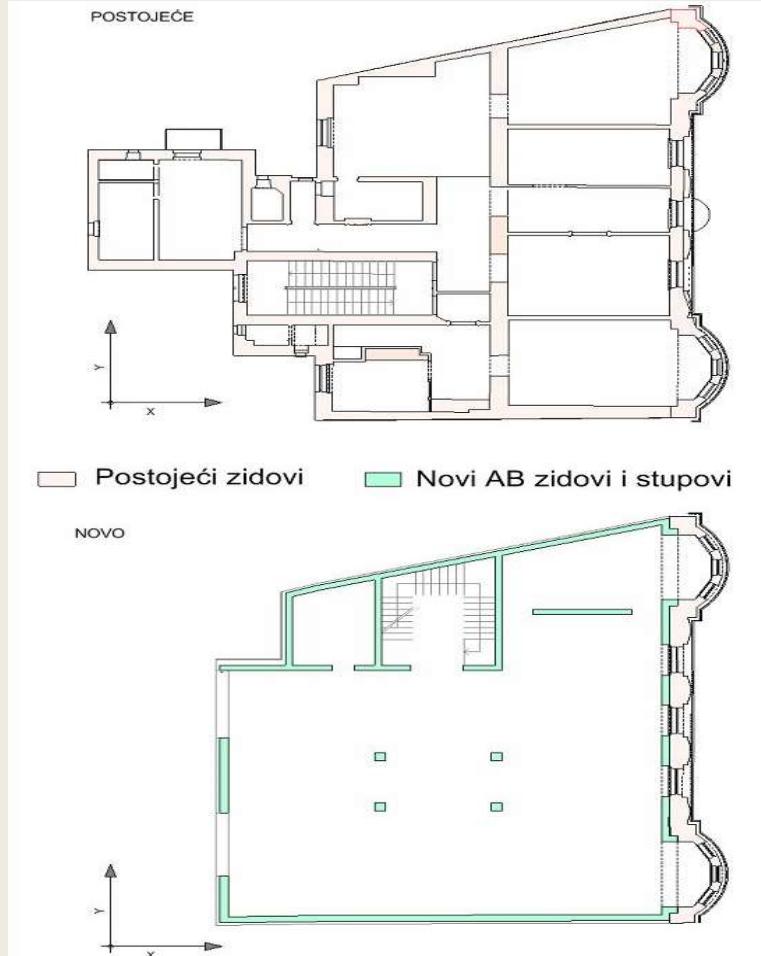
- Objekt izgrađen 1912. godine
- Teže oštećeni nosivi zidovi
- Konzervatorska zaštita prednjeg pročelja zgrade

## Odabrani zahvat:

- uklanjanje oštećene građevine
- Izvedba „zamjenske građevine“ uz očuvanje zaštićenog prednjeg pročelja



# REALIZIRANI OBJEKTI - PRIMJER 4



## POSTOJEĆI TLOCRT GRAĐEVINE

Koncept postojeće građevine:

- Teža oštećenja

Zidovi postojeće stanje:

X smjer = 11.25 %

Y smjer = 12.48 %

## TLOCRT NAKON REKONSTRUKCIJE

- Izvedba novih konstrukтивnih elemenata – AB zidovi

Zidovi novo stanje:

X smjer = 4.58 %

Y smjer = 3.89 %

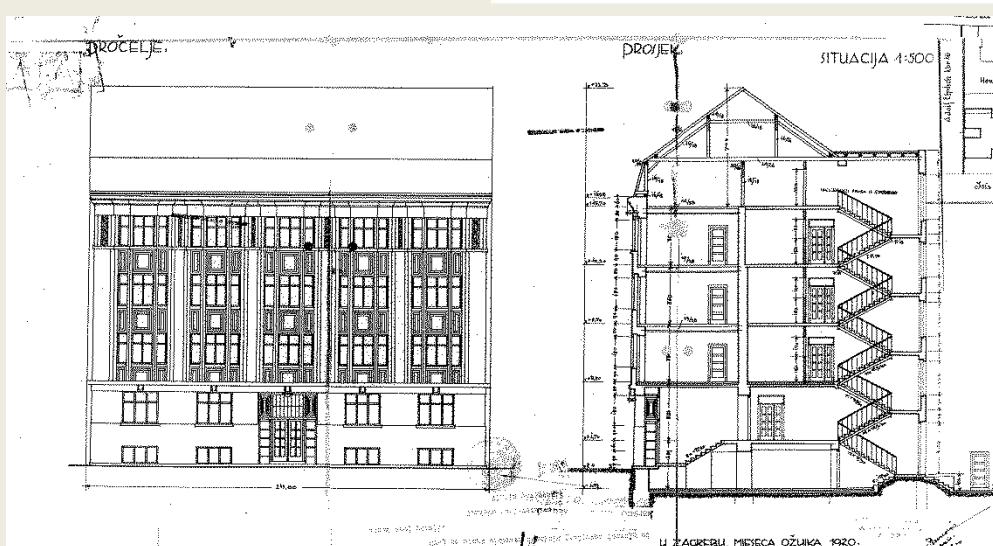
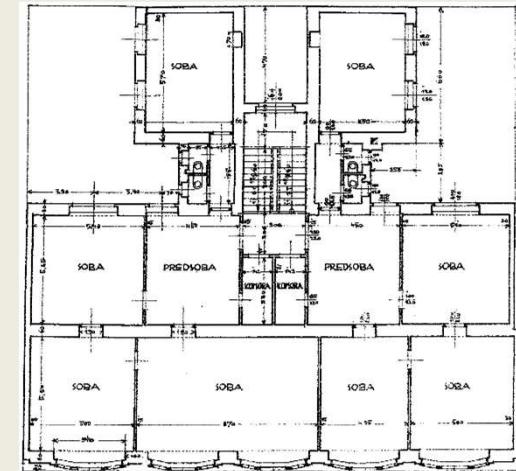
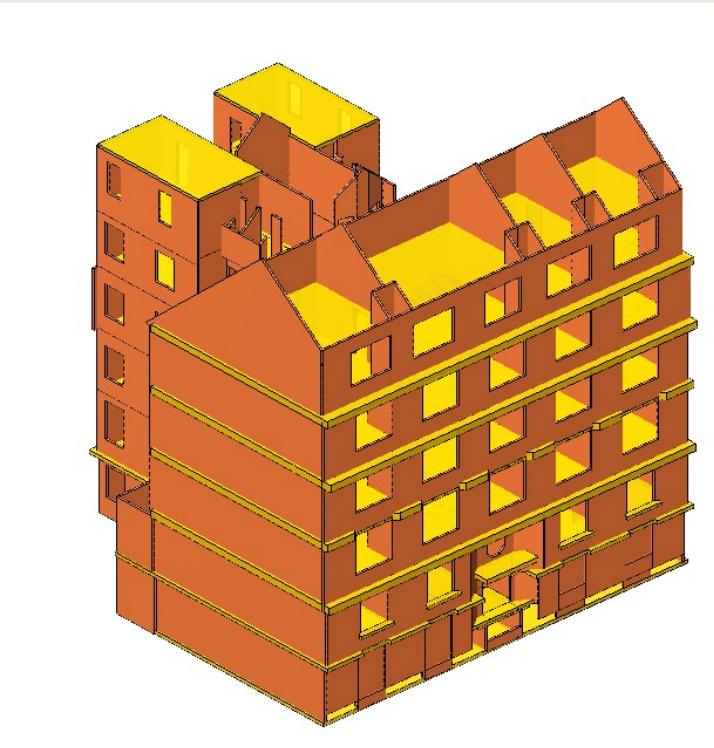
**Rezultat: pouzdanija građevina, funkcionalnijeg tlocrta i veće korisne površine**

# SADRŽAJ

1. UVOD
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
3. TIPOVI ZAHVATA
4. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
- 6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA**
7. ZAKLJUČAK

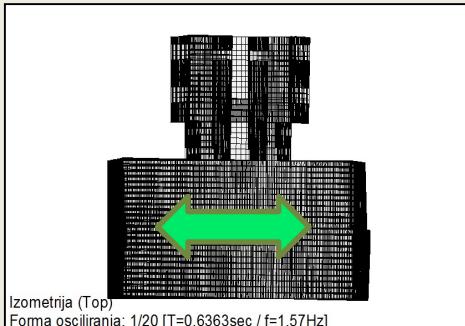
# PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA

Model:

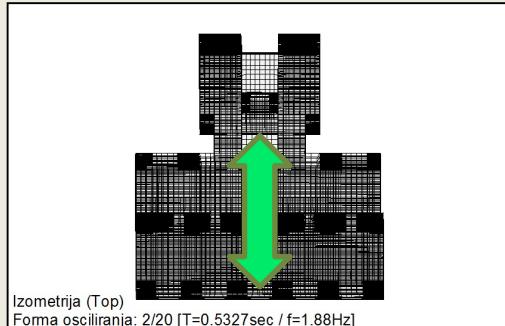


# PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA

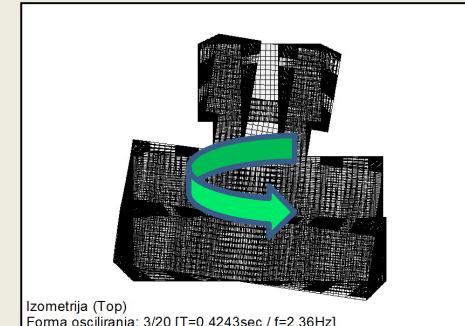
Vlastiti oblik titranja:



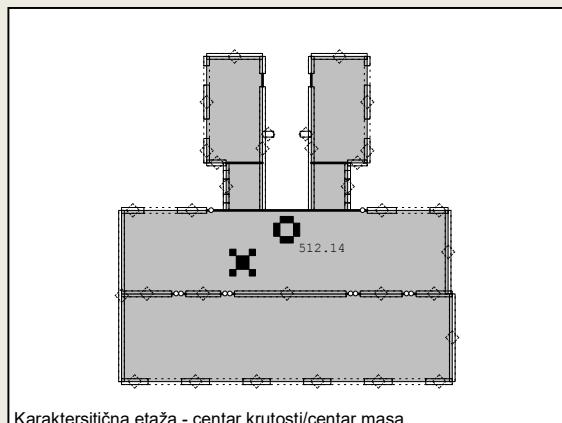
1. TON: 0,63 s



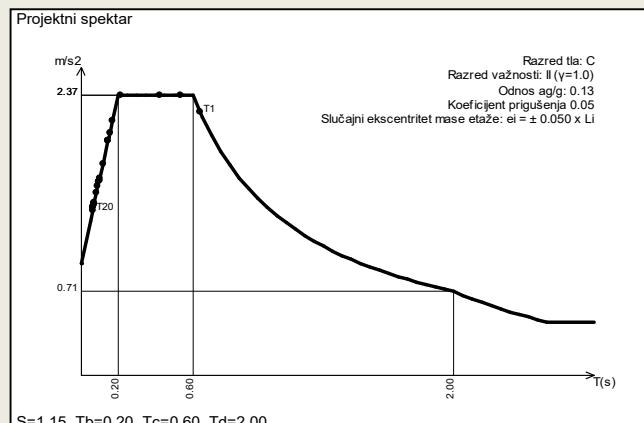
2. TON: 0,53 s



3. TON: 0,42 s



Centar mase i krutosti

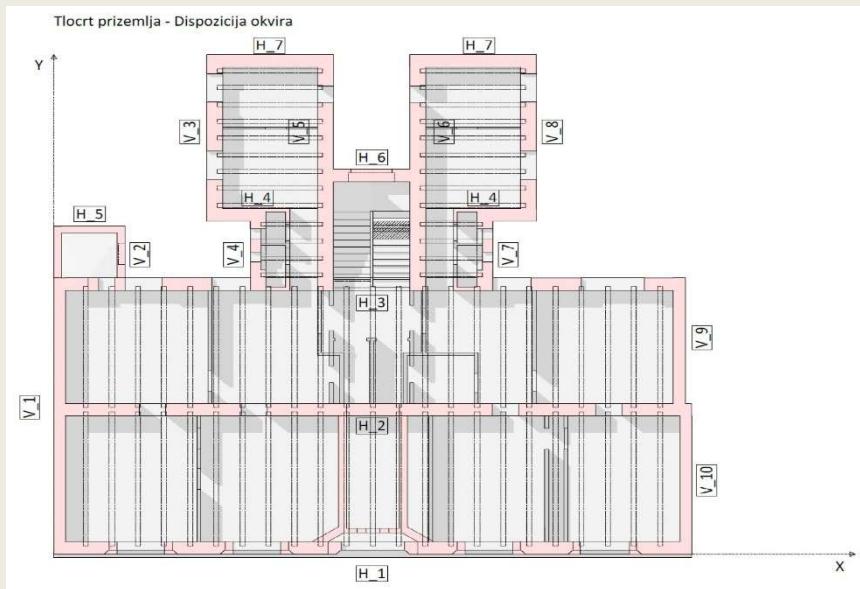


Projektni spektar

- Faktor ponašanja: 1,5
- Tlo kategorije C
- Odnos ag/g = 0,126 (50 % EC8)
- Krutost zidova određena je uzimajući u obzir deofrmabilnost zbog savijanja i posmika za raspucalo stanje kao polovina vrijednosti za neraspucalo stanje.

# PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA

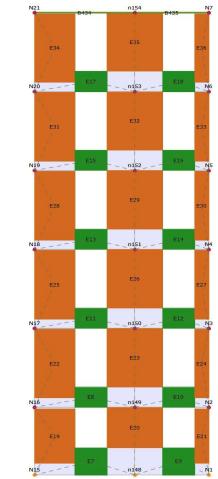
Proračun otpornosti zida na posmičnu silu:



PRORAČUN POSMIČNE NOSIVOSTI POSTOJEĆEG ZIDA PREMA HRN EN - GRANIČNO STANJE OGRANIČENOG OŠTEĆENJA (OO)																				
Proračunska nosivost postojecog zida na poprečne sile			Karakteristična posmična čvrstoća zida			Parametri proračuna modela:														
$V_{nk} = f_{nk,0} \cdot t \cdot L_c \cdot \gamma_m \cdot FP$	$f_{nk,0} = f_{nk,0} + 0,4 \cdot \gamma_m$	$\gamma_m = 0,13$																		
$f_{nk,0}$ - karak. posmična čvrstoća zida	$t$ - debljina zida	$L_c$ - duljina tlačno naprezanog dijela zida	$f_{nk,0}$ - karakteristična početna posmična čvrstoća						$E_c = 1500$	N/mm <sup>2</sup>	94,46%									
$\gamma_m$ - parcijski koef. sigurnosti materijala	$FP$ - faktor povjerenja za postojecu građevinu	$\gamma_m = 1,00$	$c_0$ - proračunska tlačno naprezanje						$G = 500$	N/mm <sup>2</sup>	Pločne nosivice u oba smjera									
$Duljina tlačno naprezanog dijela za neomedeni zid$			$w = 18$						$G = 3,5 \text{ kN/m}^2$	podrum										
$L_c = 3 \cdot [L/2 - (M_{nk}/M_{nk,red})]$			$G = 2,5 \text{ kN/m}^2$						$G = 2,5 \text{ kN/m}^2$	ostale medukatne ploče										
$f_{nk,0} = 0,1$			$f_{nk,0} = 0,1$						$G = 1,5 \text{ kN/m}^2$	dodatao stalno										
$q = 2,0 \text{ kN/m}^2$			$q = 2,0 \text{ kN/m}^2$						korisno											
PRORAČUN NEOMEDENOG ZIDA - X SMJER																				
Ulagani parametri:																				
$f_{nk,0,x} = 0,16 \text{ N/mm}^2$	- preporuka prema EN ukoliko nisu poznati parametri $f_{nk,0} = 0,1 \text{ N/mm}^2$																			
$\gamma_m = 1,50$	- za seizmiku																			
$FP = 1,00$	- faktor povjerenja (ovisno o razini znanja prema HRN EN 1998-3 FP = 1,00-1,35)																			
OPTORNOST POSTOJEĆIH ZIDova PRIZEMLJA NA HORIZONTALNU POSMIČNU SILU - X SMJER																				
GLOBALNA NOSIVOST ZIDA PRIJE PRERASPODJELE SILA																				
ZID	$N_{nk} [\text{kN}]$	$M_{nk} [\text{kNm}]$	$V_{nk} [\text{kN}]$	$L [\text{cm}]$	$d [\text{cm}]$	$L_c [\text{cm}]$	$\sigma_f [\text{N/mm}^2]$	$f_{nk} [\text{N/mm}^2]$	$V_{nk} [\text{kN}]$	Izkorištivost	PRERASPODJELE POPREČNIH SILA									
H-1a	421,6	183,0	208,7	200	60	169,57	0,0493	0,0526	221,0	Zadovoljeno	94,46% 52,2 68,9 208,7 94,46%									
H-1b	496,1	300,0	232,7	200	60	118,58	0,0997	0,0439	208,2	Nije zadovoljeno	111,77% 58,2 76,8 232,7 111,77%									
H-1c	488,9	269,2	223,0	200	60	134,81	0,0690	0,0402	216,7	Nije zadovoljeno	107,91% 55,8 73,6 223,0 107,91%									
H-1d	492,4	280,3	211,4	200	60	129,22	0,0635	0,0414	214,0	Zadovoljeno	98,78% 52,9 69,8 211,4 98,78%									
H-1e	493,6	285,6	232,9	200	60	126,42	0,0651	0,0420	212,5	Nije zadovoljeno	109,58% 58,2 76,9 232,9 109,58%									
H-1f	407,1	167,1	188,8	200	60	177,04	0,0884	0,0514	222,5	Zadovoljeno	85,01% 47,2 62,8 188,8 85,01%									
H-2a	511,3	190,8	208,8	200	60	139,58	0,0493	0,0526	222,5	Nije zadovoljeno	104,11% 58,2 76,8 232,5 104,11%									
H-2b	529,9	299,0	347,7	250	60	146,20	0,0200	0,0160	304,4	Nije zadovoljeno	0,00% 56,6 114,0 247,0 0,00%									
H-2c	509,5	321,0	347,5	250	60	152,53	0,1255	0,1210	302,9	Zadovoljeno	72,26% 71,4 74,2 307,7 92,26%									
H-2d	522,3	349,7	337,7	310	60	159,79	0,1080	0,0752	452,5	Zadovoljeno	74,62% 84,4 111,4 439,1 97,03%									
H-2e	582,5	827,3	299,4	300	60	168,76	0,0872	0,0509	345,3	Zadovoljeno	87,20% 74,9 98,8 335,4 97,69%									
H-2f	332,6	788,0	393,3	200	60	160,76	0,0200	0,0160	303,3	Nije zadovoljeno	0,00% 58,3 129,8 393,3 0,00%									
H-3a	194,0	170,1	93,2	100	60	-113,04	0,0160	0,0160	-72,3	Nije zadovoljeno	0,00% 23,3 30,8 93,2 0,00%									
H-3b	475,8	341,2	215,8	210	60	99,87	0,0794	0,0478	190,8	Nije zadovoljeno	113,11% 54,0 71,2 215,8 113,11%									
H-3c	425,6	288,7	217,1	210	60	111,50	0,0693	0,0414	184,9	Nije zadovoljeno	117,44% 54,3 71,6 217,1 117,44%									
H-3d	231,0	114,6	144,1	130	60	46,17	0,0834	0,0494	91,1	Nije zadovoljeno	150,09% 36,0 47,6 108,1 118,57%									
H-4a	319,0	82,1	112,0	140	60	132,79	0,0400	0,0320	170,1	Zadovoljeno	65,86% 28,0 37,0 112,0 65,86%									
H-4b	314,1	83,1	106,9	140	60	130,63	0,0401	0,0320	167,4	Zadovoljeno	63,87% 26,7 35,3 119,6 71,46%									
H-6a	722,1	109,1	405,5	400	60	144,20	0,0835	0,0494	284,9	Nije zadovoljeno	142,36% 101,4 133,8 304,1 106,77%									
H-6b	735,7	112,9	427,7	400	60	140,89	0,0870	0,0508	286,4	Nije zadovoljeno	149,36% 106,9 141,1 320,8 112,02%									
$S_{Vnk} = 525,0$			$S_{Vnk} = 356,0$						$S_{Vnk}/S_{Vnk} = 0,8255,0$	147,58%										
NOSIVOST PREMA EC-8 (PP 95 g) - SREDINA VELJEDLOVOST SVIH ZIDova																				
67,76%																				
NOSIVOST PREMA EC-8 (PP 95 g) - PREMA NAKRITIĆNJU ZIDU NAKON MAKSIMALNE REDUKCIJE (25 %)																				
84,94%																				
PRORAČUN NEOMEDENOG ZIDA - Y SMJER																				
Ulagani parametri:																				
$f_{nk,0,y} = 0,16 \text{ N/mm}^2$	- preporuka prema EN ukoliko nisu poznati parametri $f_{nk,0} = 0,1 \text{ N/mm}^2$																			
$\gamma_m = 1,50$	- za seizmiku																			
$FP = 1,00$	- faktor povjerenja (ovisno o razini znanja prema HRN EN 1998-3 FP = 1,00-1,35)																			
OPTORNOST POSTOJEĆIH ZIDova PRIZEMLJA NA HORIZONTALNU POSMIČNU SILU - Y SMJER																				
GLOBALNA NOSIVOST ZIDA PRIJE PRERASPODJELE SILA																				
ZID	$N_{nk} [\text{kN}]$	$M_{nk} [\text{kNm}]$	$V_{nk} [\text{kN}]$	$L [\text{cm}]$	$d [\text{cm}]$	$L_c [\text{cm}]$	$\sigma_f [\text{N/mm}^2]$	$f_{nk} [\text{N/mm}^2]$	$V_{nk} [\text{kN}]$	Izkorištivost	PRERASPODJELE POPREČNIH SILA									
V-1	1969,7	1559,3	1388,7	1190	45	933,69	0,0469	0,0348	924,4	Nije zadovoljeno	140,60% 247,2 458,3 1041,5 107,00%									
V-2a	394,9	86,2	114,4	170	60	170,00	0,0387	0,0315	214,1	Zadovoljeno	53,43% 28,6 37,8 152,2 73,06%									
V-2b	556,9	195,4	140,1	235	60	235,00	0,0395	0,0318	208,9	Zadovoljeno	46,87% 35,0 46,2 186,3 62,34%									
V-3	262,8	45,2	87,7	105	60	105,00	0,0417	0,0327	137,3	Zadovoljeno	63,88% 21,9 28,9 116,6 84,97%									
V-4	2191,4	504,6	733,0	800	60	599,15	0,0610	0,0404	967,8	Zadovoljeno	75,74% 183,3 241,9 933,4 96,44%									
V-5	2195,7	5012,9	711,4	800	60	605,08	0,0609	0,0402	972,8	Zadovoljeno	73,13% 177,9 234,8 943,5 96,99%									
V-6	257,2	49,6	99,5	100	60	99,65	0,0435	0,0332	124,2	Zadovoljeno	75,17% 24,9 32,8 132,3 99,98%									
V-7a	307,1	101,2	104,8	170	60	156,14	0,0328	0,0291	181,8	Zadovoljeno	57,64% 26,2 34,6 139,4 76,66%									
V-7b	448,3	238,5	175,0	235	60	192,90	0,0387	0,0315	243,0	Zadovoljeno	72,02% 43,8 57,8 232,8 95,78%									
V-8	925,8	778,8	521,6	580	45	580,00	0,0355	0,0302	525,3	Zadovoljeno	99,30% 130,4 172,1 391,2 74,47%									
V-9	938,5	560,1	772,0	610	45	610,00	0,0342	0,0297	543,1	Nije zadovoljeno	142,16% 193,0 254,8 57,9 106,62%									
$S_{Vnk} = 4848,2$			$S_{Vnk} = 5188,8$						$S_{Vnk}/S_{Vnk} = 4848,2$	93,42%										
NOSIVOST PRIMA EC-8 (PP 95 g) - SREDINA VELJEDLOVOST SVIH ZIDova																				
107,05%																				
NOSIVOST PRIMA EC-8 (PP 95 g) - PREMA NAKRITIĆNJU ZIDU NAKON MAKSIMALNE REDUKCIJE (25 %)																				
93,46%																				
ZAKLJUČAK																				
UKUPNA OPTORNOST PRIMA EC-8 (PP 95 g)																				
87,75%																				
PRIMERAK																				
GRANIČNO STANJE OGRANIČENOG OŠTEĆENJA (OO)																				
EC-8 - beskonačno kruti disk																				
Pločne nosivice u oba smjera																				
G = 3,5 kN/m <sup>2</sup>																				

# PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA

Nelinearni statički proračun (postupno guranje) EFM metodom (equivalent frame models):



PARAMETRI  
PRORAČUNA

Parameters library		--Euro Code --		Save	Delete	Save as default
<b>[1] Materials</b>		<b>[1] Bilinear parameters</b>				
Existing: Drift-shear	0,004	Intersection bilinear-pushover	0,7			
Existing: Drift-Bending	0,008					
Existing: FC-LC1	1,35	<b>[2] LS of Near Collapse (NC)</b>				
Existing: FC-LC2	1,2	Limit condition (NC)	Decay			
Existing: FC-LC3	1	Decay value	0,8			
New: Drift-shear	0,004	Make use of $\alpha^*$ limit	No			
New: Drift-Bending	0,008	$\alpha^*$ limit	3			
Reduction factor for cracked stiffness	2	Make use of $dt^*/det^*$ limit	Yes			
		$dt^*/det^*$ limit	3			
		Displacement reduction factor	1			
<b>[2] Static calculation</b>						
$y_1$	1,35					
$y_2$	1,35					
$y_3$	1,5					
$Q_{wind}$	1,5					
$Q_{wind}$	0,6					
Dominant wind load	No					
Initial eccentricity coefficient	450					
Limit slenderness	27					
<b>[3] LS</b>						
Axes IM: Foundations		<b>[3] LS of Significant Damage (SD)</b>				
Safety coefficient bearing capacity	1,4	Limit condition (SD)	By NC			
		Storey height drift limit (SD)	0,02			
		Limit value coeff.	0,75			
<b>[1] Materials</b>						
		<b>[1] Bilinear parameters</b>				

Verify analysis									
No.	Insert in report	Seism. dir.	Seismic load	Eccentricity [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	d <sup>max</sup> DL [cm]	a SD	a DL
1	✓	+X	Uniform	0,00	10,05	7,79	1,84	0,775	0,372
2	✓	+X	Modal distribution	0,00	11,02	6,76	2,15	0,614	0,397
3	✓		Uniform	0,00	10,05	8,35	1,93	0,830	0,390
4	✓	-X	Modal distribution	0,00	11,02	10,51	2,16	0,954	0,399
5	✓	+Y	Uniform	0,00	8,44	5,43	2,38	0,658	0,601
6	✓	+Y	Modal distribution	0,00	8,56	5,34	2,40	0,638	0,592
7	✓	-Y	Uniform	0,00	9,07	4,14	2,62	0,469	0,596
8	✓	-Y	Modal distribution	0,00	9,24	4,28	2,67	0,473	0,591
9	✓	+X	Uniform	116,25	10,28	7,37	1,90	0,717	0,376
10	✓	+X	Uniform	-116,25	9,78	7,66	1,73	0,785	0,364
11	✓	+X	Modal distribution	116,25	11,20	6,89	2,07	0,616	0,376
12	✓	+X	Modal distribution	-116,25	10,80	7,01	1,95	0,649	0,368
13	✓	-X	Uniform	116,25	10,28	8,27	2,03	0,804	0,401
14	✓	-X	Uniform	-116,25	9,77	8,57	1,83	0,878	0,385
15	✓	-X	Modal distribution	116,25	11,22	11,18	2,20	0,997	0,399
16	✓	-X	Modal distribution	-116,25	10,80	11,11	1,99	1,028	0,374
17	✓	+Y	Uniform	118,63	8,44	5,22	2,41	0,635	0,607
18	✓	+Y	Uniform	-118,63	8,44	5,44	2,42	0,660	0,608
19	✓	+Y	Modal distribution	118,63	8,56	5,97	2,38	0,709	0,589
20	✓	+Y	Modal distribution	-118,63	8,56	4,57	2,40	0,551	0,592
21	✓	-Y	Uniform	118,63	9,66	4,48	3,09	0,465	0,641
22	✓	-Y	Uniform	-118,63	9,07	3,82	2,53	0,434	0,576
23	✓	-Y	Modal distribution	118,63	9,25	4,56	2,58	0,501	0,570
24	✓	-Y	Modal distribution	-118,63	9,27	4,03	2,61	0,444	0,576

**Zaključak:** Kao najkriticnije analize se preuzimaju:  
+X smjer => 61,4 % za SD, 39,7 % za DL  
-Y smjer => 43,4% za SD, 57,6 za DL

Gdje su:

SD – significant damage > ZO znatno oštećenje (475 god.)

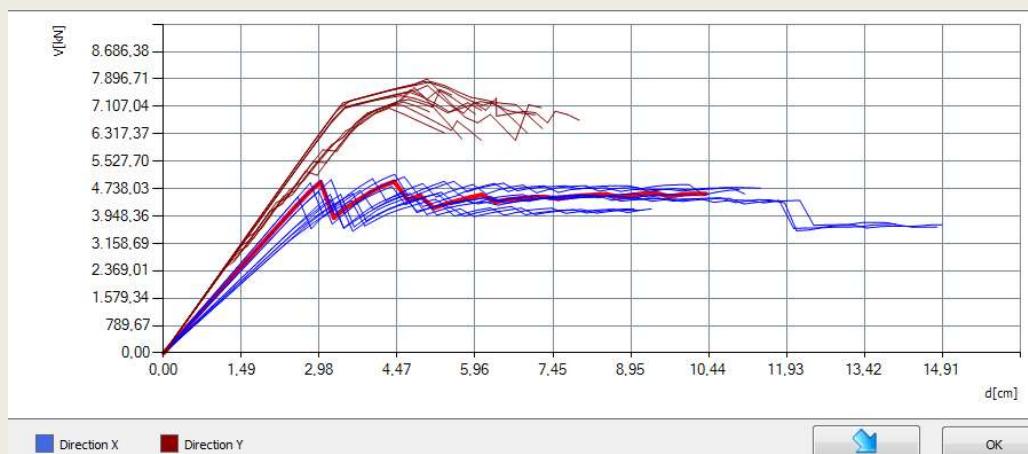
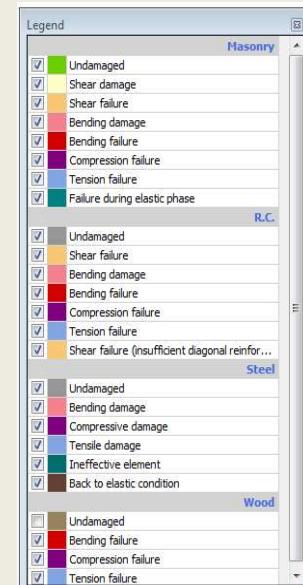
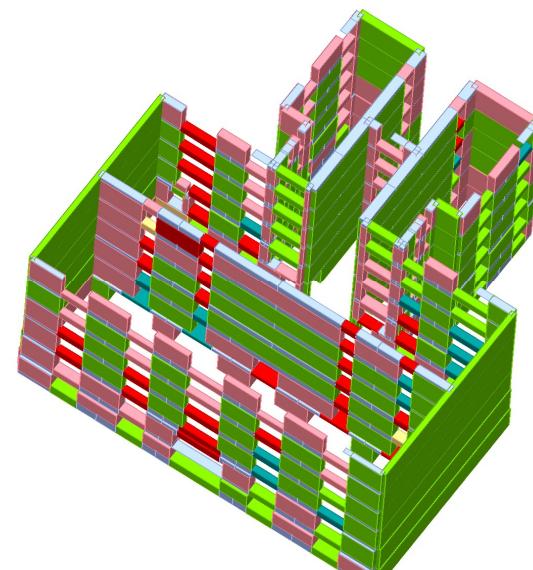
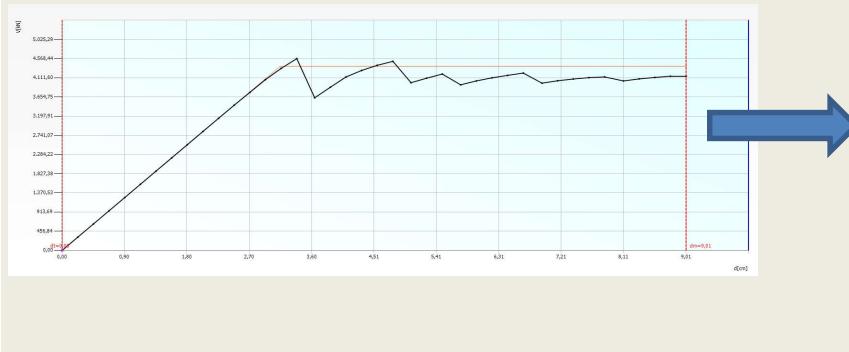
DL – damage limitation > OO ograničeno oštećenje (95 god.)



# PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA

## Rezultat proračuna X smjer:

Prostorni prikaz oštećenosti pojedinih elemenata kod konačnog otkazivanja  $V=4146$  kN,  $d=9,01$  cm:  
Otkazivanja se većinom događaju na savijanje i posmik prečki te pojedinih zidova na posmik:



KRIVULJE KAPACITETA  
NOSIVOSTI ZA X I Y SMJER

# SADRŽAJ

1. UVOD
2. TEHNIČKA SLOŽENOST OBNOVE
3. TIPOVI ZAHVATA
4. TEHNIKE POPRAVKA I POJAČANJA KONSTRUKCIJE
5. PRIMJERI NA REALIZIRANIM OBJEKTIMA
6. PRIMJER KARAKTERISTIČNE DONJOGRADSKE KUĆE - PALMOTIĆEVA
7. **ZAKLJUČAK**

# ZAKLJUČAK

- Iako je cijelo područje Republike Hrvatske seizmički aktivno, potres koji se dogodio u Zagrebu 22.03.2020. nas je „iznenadio“
- Kao građevinska struka godinama smo upozoravali na rizik od potresa, neadekvatnu brigu, održavanje i **nedostatak strategije potresa u Republici Hrvatskoj**
- Kao građevinska struka na novoizgrađenim objektima dokazali smo da znamo projektirati, nadzirati i izgraditi pouzdane objekte u seizmički aktivnim područjima jer su pregleđima građevina nakon potresa, **gdje se poštivala struka, konstatirana neznatna oštećenja**
- Problem predstavljaju „**naslijedene**“ **građevine**, sa izvorno nedovoljnom seizmičkom otpornošću, kao i građevine koje su nelegalno građene ili nepropisno rekonstruirane za koje bi trebalo ograničiti rok uporabljivosti
- Da bi odgovorili na ovaj veliki izazov i prevenirali eventualne buduće potrese potrebno sudjelovanje svih segmenata društva (građevinski, finansijski, pravni, socijalni...) kako bi:
  - definirali **strategiju potresa** za cijelu Republiku Hrvatsku kojom bi se definirala prevencija potresa, pregledi, održavanje građevina...
  - korisnicima dati „životno važnu informaciju“ o građevinama u kojima žive, rade, koje kupuju u vidu „**seizmičke iskaznice**“
- Potres, iako nepogoda, novi je izazov za struku, ujedno i prilika obnove i preobrazbe Zagreba, koju trebamo pravilno iskoristiti.

# SURADNICI

- Miroslav Duvnjak, mag.ing.aedif.
- Ivan Dragičević , mag.ing.aedif.
- Marko Paripović, ing.građ.
- Petar Todorović, mag.ing.aedif.
- Igor Ivešić, dipl.ing.građ.



## Hvala na pažnji!