



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

Opatija, 2021.

Proračunska analiza suvremenih metoda kompozitnih ojačanja zidanih konstrukcija

Igor Hranilović, Filip Barišić

Igor Hranilović, dipl.ing.građ., INFO-G d.o.o., Vlaška 126, Zagreb

Filip Barišić, mag.ing.aedif., INFO-G d.o.o., Vlaška 126, Zagreb

PROBLEM:

Suvremeni zahtjevi u građevinskom sektoru – materijali prikladni za novogradnju ali i potresnu obnovu postojećih zgrada.



RJEŠENJE:

Sustavi na bazi prirodnog vapna i eko-pucolana, bez cementa - inovativne karakteristike i jednostavno korištenje.

 **MAPEI**[®] = *SPOJ TRADICIJE I INOVATIVNOSTI*



PREDNOSTI:

- Jednostavna primjena
- Ekološki održivi sustavi
- Fizikalna i mehanička svojstva slična onima kojima se zidalo u prošlosti
- Kemijska i fizička otpornost
- Paropropusnost
- Raznovrsnost – široka paleta proizvoda
- Certificiran
- Konstantna tehnička podrška
- Zdravija sredina

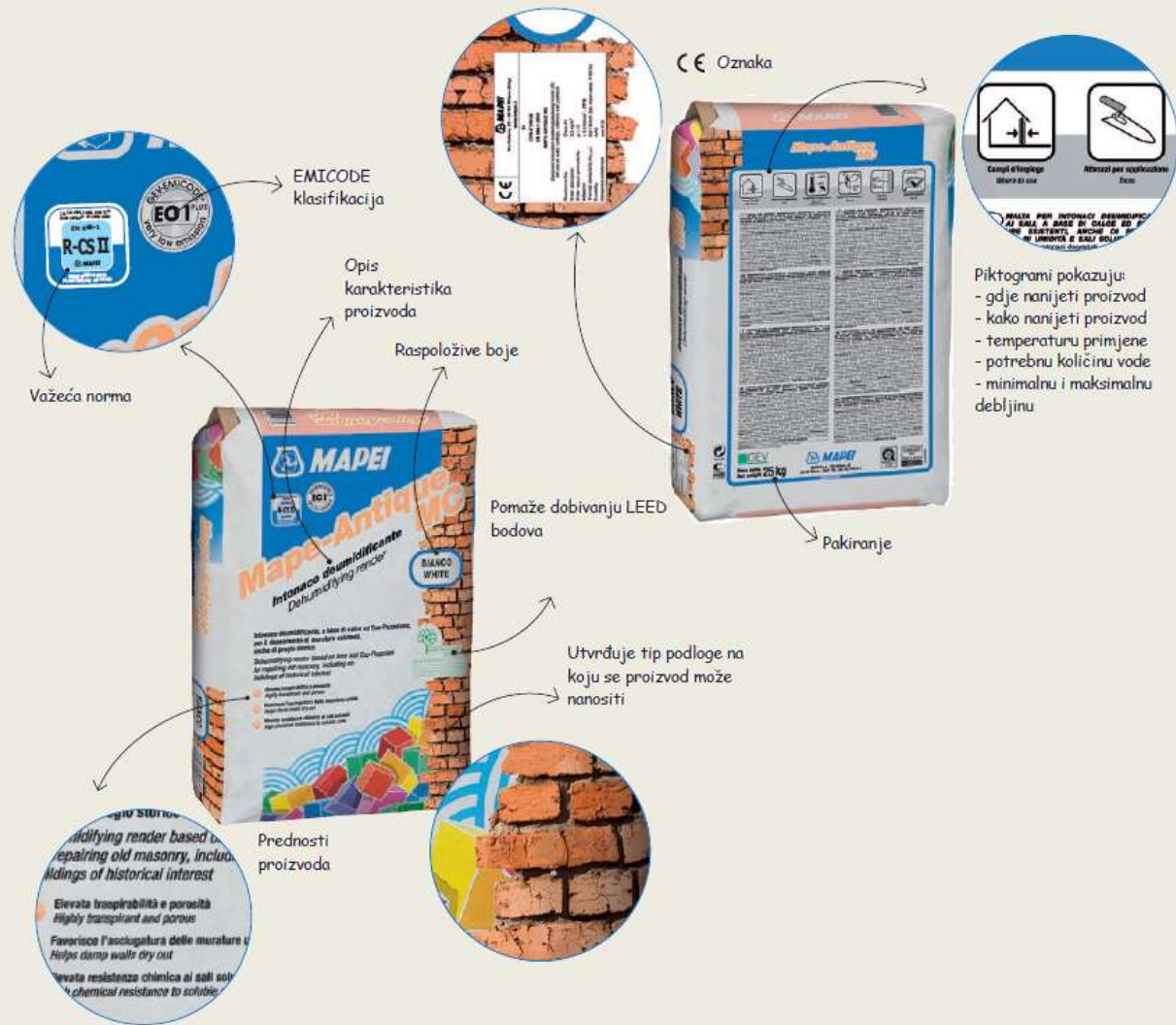
MANE:

- Cijena



Mapei pakiranja govore za sebe!

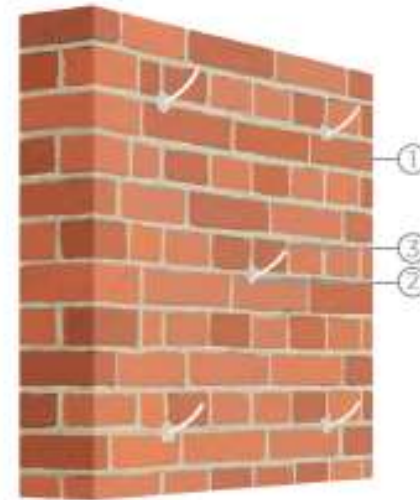
Na ambalaži sadržane najkorisnije informacije za pravilnu i pouzdanu upotrebu.



SANACIJA MANJIH PUKOTINA

Injektiranje nosivih zidova od opeke:

- Ispuna pukotina i praznina na površini zida te učvršćivanje cjevčica ili injektora smjesom MAPE-ANTIQUE ALLETAMENTO ili MAPEWALL MURATURA FINE
- Zasićivanje unutrašnjosti konstrukcije vodom kroz cjevčice
- Injektiranje smjese napravljene od MAPE-ANTIQUE I-15 ili MAPEWALL INJECT & CONSOLIDATE
- Uklanjanje cjevčica i ispuna rupa smjesom MAPE-ANTIQUE ALLETTAMENTO ili MAPEWALL MURATURA FINE

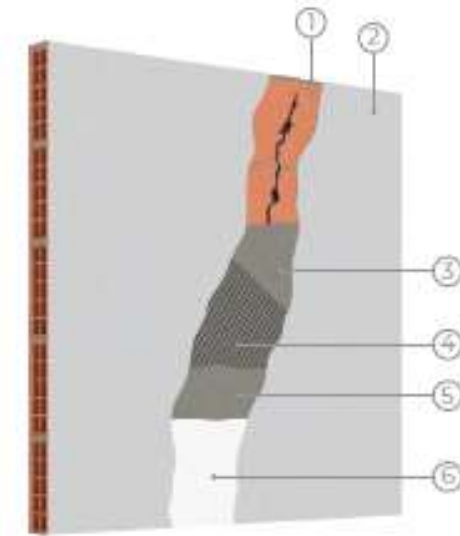


- 1 – POSTOJEĆI ZID
- 2 - MAPE-ANTIQUE ALLETAMENTO
- 3 – MAPE-ANTIQUE I-15

SANACIJA VEĆIH PUKOTINA

FRCM SUSTAV – TANKOSLOJNA ARMIRANA ŽBUKA:

- Uklanjanje slabo vezanog materijala oko pukotine
- Ispiranje i vlaženje površine zida vodom
- Nanošenje dvokomponentnog morta visoke duktilnosti ojačan vlaknima – PLANITOP HDM MAXI u sloju debljine 5-6mm
- Umetanje alkalnootporne armaturne mrežice od staklenih vlakana MAPEGRID G120 u svježi mort oko i preko pukotine (50cm)
- Nanošenje drugog sloja PLANITOP HDM MAXI u debljini 5-6mm dok je prvi sloj još svjež
- Zaglađivanje površine mortom za zaglađivanje iz PLANITOP linije proizvoda



- 1 – POSTOJEĆI PREGRADNI ZID
- 2 – POSTOJEĆA ŽBUKA
- 3 – PLANITOP HDM MAXI
- 4 – MAPEGRID G120
- 5 – PLANITOP HDM MAXI
- 6 – MASA ZA ZAGLAĐIVANJE

SANACIJA ZIDOVA OD OPEKE MORTOM

FRCM SUSTAV – POSMIČNO/VLAČNO OJAČANJE:

- Uklanjanje postojeće žbuke
- Izravnavanje površine zida primjenom dvokomponentnog morta visoke duktilnosti ojačan vlaknima – PLANITOP HDM MAXI ili PLANITOP HDM RESTAURO sloju debljine 5-6mm
- Polaganje alkalnootporne armaturne mrežice od staklenih vlakana MAPEGRID G120 (pregradni) ili G220 (nosivi) u svježi mort vodeći računa o preklopima
- Nanošenje drugog sloja PLANITOP HDM MAXI ili PLANITOP HDM RESTAURO u debljini 5-6mm dok je prvi sloj još svjež
- Poprečno sidrenje mrežice izvedbom MAPEWRAP FIOCCO (min 2 sidra/m²)

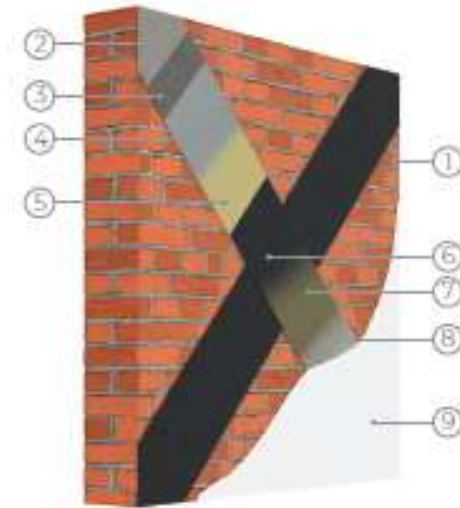


OJAČANJE NOSIVIH ZIDOVA

FRP SUSTAV – KARBONSKE TKANINE:

(posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje)

- Uklanjanje postojeće žbuke
- Izravnavanje površine zida primjenom dvokomponentnog morta visoke duktilnosti ojačan vlaknima – PLANITOP HDM MAXI ili PLANITOP HDM RESTAURO sloju debljine 5-6mm
- Nanošenje dvokomponentnog epoksidnog temeljnog premaza MAPEWRAP PRIMER na očvrsnuli mort
- Nanošenje dvokomponentnog epoksidnog kita MAPEWRAP 11 ili 12 gleterom na svježi primer u debljini 1-1,5mm
- Sloj tekuće epoksidne smole MAPEWRAP 31 na svježi kit (impregnacija)
- Polaganje tkanine MAPEWRAP (npr. UNI-AX) na svježu smolu
- Uklanjanje mjehurića zgraka MAPEWRAP ROLLEROM prelaskom preko tkanine
- Nanošenje drugog sloja smole MAPEWRAP 31
- Posipanje smole suhim pijeskom QUARTZ 1.2



- 1 – POSTOJEĆI ZID
- 2 – PLANITOP HDM MAXI
- 3 – MAPEWRAP PRIMER 1
- 4 – MAPEWRAP 11/12
- 5 – MAPEWRAP 31
- 6 – MAPEWRAP UNI-AX
- 7 – MAPEWRAP 31
- 8 – QUARTZ 1.2
- 9 – ZAVRŠNA OBRADA

OJAČANJE DRVENIH PODOVA

HPC SUSTAV – ESTRIH ZA KONSTRUKCIJSKA OJAČANJA:

- Uklanjanje postojeće podne obloge i nevezanog materijala
- Postavljanje polietilneske folije ili mikroporozne tkanine odgovarajuće debljine (preklopi 10cm)
- Umetanje čelične armature paralelno s drvenim gredama u rupe oko poda i učvršćivanje sredstvom za kemijsko sidrenje MAPEFIX VE SF
- Postavljanje čeličnih ankera MAPEI STEEL DRY 304 (Ø10) u drvene grede – položaj i dubina sidrenja definira se software-om za ojačanja
- Savijanje ankera kako bi se u potpunosti povezali s materijalom PLANITOP HPC FLOOR ili PLANITOP HPC FLOOR T pri ugradnji
- Ugradnja ili izlivanje PLANITOP HPC FLOOR ILI HPC FLOOR T u minimalnoj visini 25mm



	Debljina sloja	Gustoća	Težina	
Običan beton	5 cm	2400 kg/m ³	125 kg/m ²	-
LC beton	5 cm	1400 kg/m ³	70 kg/m ²	-44%
PLANITOP HPC FLOOR	2,5 cm	2400 kg/m³	60 kg/m²	-53%

CILJ PRAVILNOG PROJEKTIRANJA GRAĐEVINA IZLOŽENIH POTRESU

Odgovarajućim konstruktorskim rješenjima postići dovoljnu sigurnost za vrijeme nelinearnog rada nosivog elementa, odnosno osigurati **duktilnost konstrukcije**.

METODE SEIZMIČKOG PRORAČUNA KONSTRUKCIJE PREMA EN 1998-1

ANALIZA KONSTRUKCIJA	STATIČKA	DINAMIČKA
LINEARNA	Linearna analiza primjenom ekvivalentnog statičkog djelovanja	Modalna analiza spektrima odziva
NELINEARNA	Nelinearna statička metoda postupnog guranja (push over)	Nelinearna dinamička analiza u vremenu (Time history)



NELINEARNI PRORAČUN METODOM POSTUPNOG GURANJA (PUSH OVER)

Proračun pomoću programa **3Muri (alternativa -3DMacro) nelinearnom (pushover) analizom:**

- prati se odgovor sustava za rastuću horizontalnu silu uz konstantno vertikalno opterećenje
- iz dobivenog odnosa horizontalne sile i referentnog pomaka određuje se potresna otpornost sustava
- potresno opterećenje se inkrementalno nanosi na sustav koji je prethodno u potpunosti opterećen na vertikalna djelovanja
- simuliraju se inercijalne sile koje se javljaju u sustavu prilikom potresnog opterećenja
- kada vrijednost poprečne sile padne za 20% smatra se da je došlo do loma
- kako bi se identificiralo najkritičnije seizmičko opterećenje, provedene su pojedinačne analize tipologije opterećenja, seizmičkog smjera i moguće slučajne ekscentričnosti; ukupno 12 smjerova

POTRESNO OPTEREĆENJE PREMA IZMJENI TPGK NN 75/2020

Razina 1 – popravak nekonstrukcijskih elemenata

Razina 2 – popravak konstrukcije ($T_p=95$ god)

Razina 3 – pojačanje konstrukcije ($T_p=225$ god)

Razina 4 – cjelovita obnova ($T_p=475$ god)



PRIMJER PRORAČUNA 1: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

RAZINA OBNOVE 2 - popravak konstrukcije (zgrade stambene, poslovne i stambeno-poslovne namjene)

Preporučane vrijednosti faktora važnosti γ_l za razrede važnosti I, III i IV su 0.8, 1.2 i 1.4;
za razred II faktor mora biti 1.0

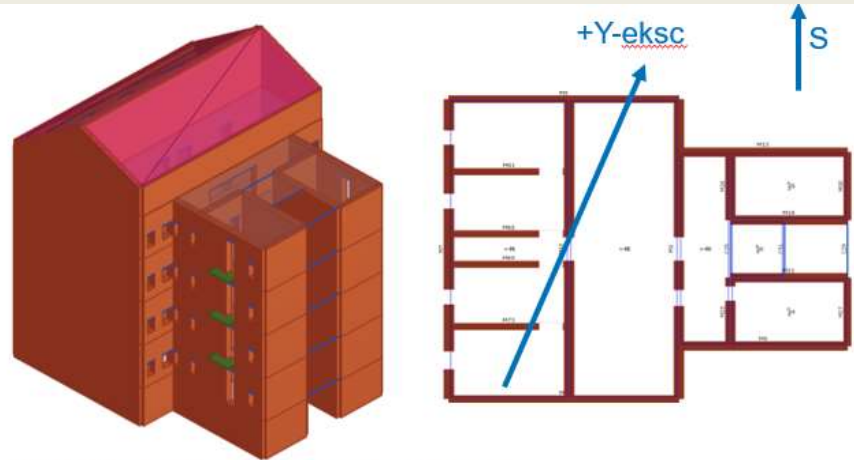


PRIMJER PRORAČUNA 1: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

POSTOJEĆE STANJE

ULIČNA ZGRADA

Br.	Smjer potres a.	Seizmičko opterećenje	Eksc. [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ver.
2	+X	Modal distribution	0,0	4,54	5,02	Yes
4	-X	Modal distribution	0,0	4,49	4,22	No
6	+Y	Modal distribution	0,0	5,79	5,07	No
8	-Y	Modal distribution	0,0	5,79	4,90	No
11	+X	Modal distribution	85,8	4,52	3,89	No
12	+X	Modal distribution	-85,8	4,48	3,69	No
15	-X	Modal distribution	85,8	4,46	3,32	No
16	-X	Modal distribution	-85,8	4,44	3,34	No
19	+Y	Modal distribution	104,4	6,16	4,72	No
20	+Y	Modal distribution	-104,4	5,57	4,00	No
23	-Y	Modal distribution	104,4	6,19	5,00	No
24	-Y	Modal distribution	-104,4	5,58	4,32	No



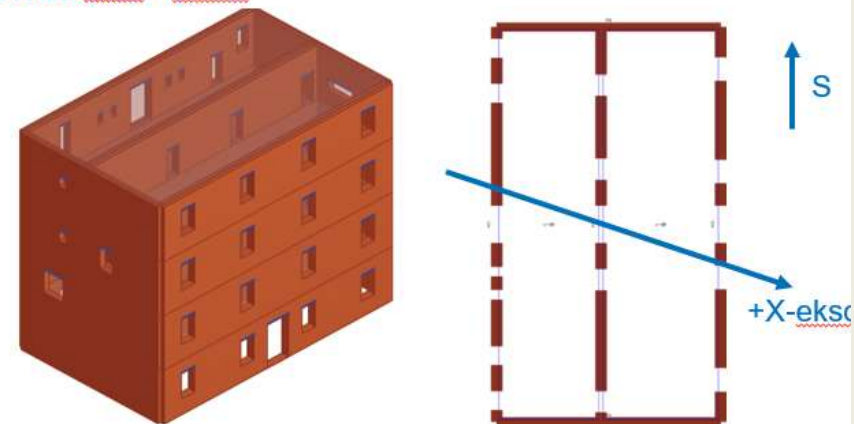
dtSD: Ciljani pomak zahtjevan Eurocode-om.

dmSD: Globalni kapacitet LS Significant Damage (SD)

UVJET: dtSD < dmSD

DVORIŠNA ZGRADA

Br.	Smjer potresa.	Seizmičko opterećenje	Eksc. [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ver.
2	+X	Modal distribution	0,0	4,07	1,63	No
4	-X	Modal distribution	0,0	4,08	1,68	No
6	+Y	Modal distribution	0,0	1,96	2,17	Yes
8	-Y	Modal distribution	0,0	2,00	2,38	Yes
11	+X	Modal distribution	85,8	4,07	3,05	No
12	+X	Modal distribution	-85,8	4,07	1,51	No
15	-X	Modal distribution	85,8	4,08	3,04	No
16	-X	Modal distribution	-85,8	4,08	1,53	No
19	+Y	Modal distribution	51,5	1,87	2,19	Yes
20	+Y	Modal distribution	-51,5	2,02	1,79	No
23	-Y	Modal distribution	51,5	1,93	2,88	Yes
24	-Y	Modal distribution	-51,5	2,12	2,71	Yes



dtSD: Ciljani pomak zahtjevan Eurocode-om.

dmSD: Globalni kapacitet LS Significant Damage (SD)

UVJET: dtSD < dmSD



PRIMJER PRORAČUNA 1: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

POSTOJEĆE STANJE

ULIČNA ZGRADA

ZAKLJUČNO:

- Konstrukcija zadovoljava mehaničku otpornost na vertikalna opterećenja
- Dinamička opterećenja u smjeru sjever-jug **nisu zadovoljena**. Konstrukcija ima 72% potrebne otpornosti.
- Dinamička opterećenja u smjeru istok-zapad **nisu zadovoljena**. Konstrukcija ima 75% potrebne otpornosti.

DVORIŠNA ZGRADA

ZAKLJUČNO:

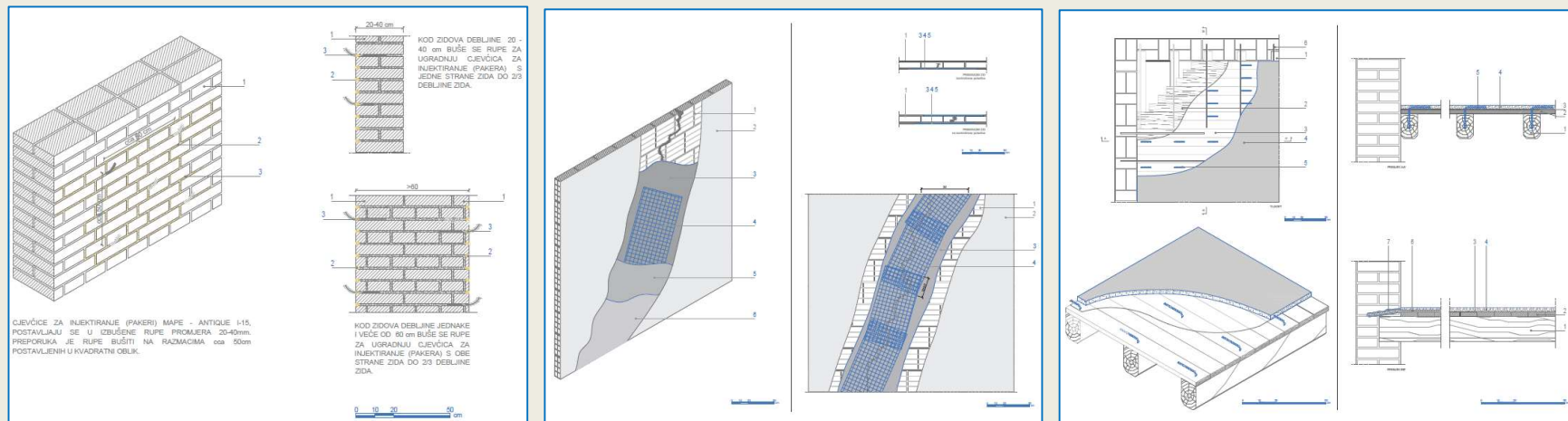
- Konstrukcija zadovoljava mehaničku otpornost na vertikalna opterećenja
- Dinamička opterećenja u smjeru sjever-jug su zadovoljena globalno, ali se javljaju lokalni gubitci stabilnosti
- Dinamička opterećenja u smjeru istok-zapad **nisu zadovoljena**. Konstrukcija ima 40% potrebne otpornosti



PRIMJER PRORAČUNA 1: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

ODABRANE METODE SANACIJE:

- Sanacija oštećenja ovisno o širini pukotina i konstruktivnom elementu
 - injektiranje pukotina **MAPE-ANTIQUE I-15**
 - popravak dijagonalnih pukotina **FRCM sustavom (Mapegrid G120 ili G220)**
- Ojačanja nadvoja **FRCM sustavom (Mapegrid G220)**
- Ojačanje međukatne konstrukcije (povezivanje sa zidovima)
 - **PLANITOP HPC FLOOR**
- Ojačanja nosivih zidova **FRP trakama (Mapewrap G UNI-AX 900/30)**



PRIMJER PRORAČUNA 1: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

OJAČANO STANJE

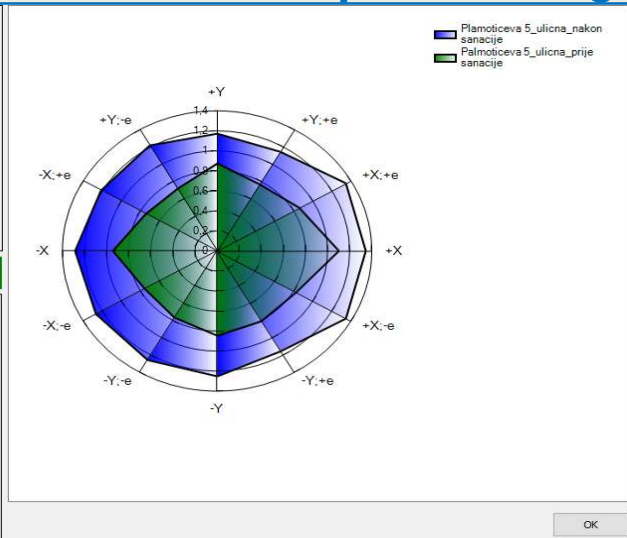
ULIČNA ZGRADA

DVORIŠNA ZGRADA

No.	Description	α
2	+X	1,345
11	+X;+e	1,349
19	+Y;+e	1,15
6	+Y	1,174
20	+Y;-e	1,217
15	-X;+e	1,211
4	-X	1,285
16	-X;-e	1,261
24	-Y;-e	1,258
8	-Y	1,252
23	-Y;+e	1,152
12	+X;-e	1,35

Platnoćeva 5_ulicna_prije sanacije
 $\alpha_{min} = 0,717$

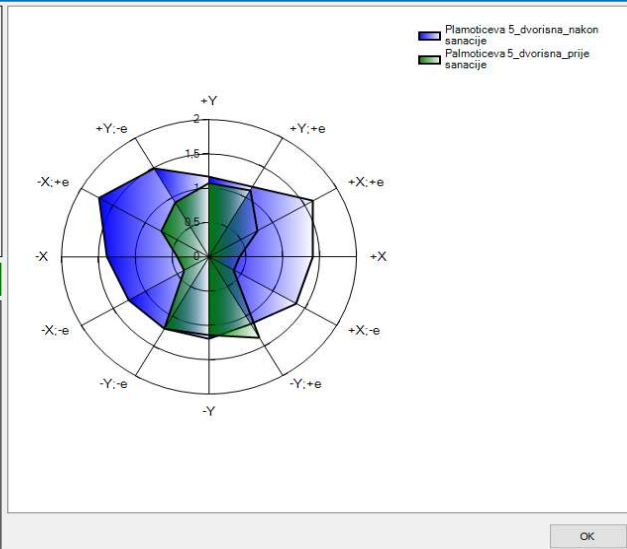
No.	Description	α
2	+X	1,104
11	+X;+e	0,861
19	+Y;+e	0,767
6	+Y	0,875
20	+Y;-e	0,717
15	-X;+e	0,746
4	-X	0,939
16	-X;-e	0,753
24	-Y;-e	0,774
8	-Y	0,846
23	-Y;+e	0,809
12	+X;-e	0,824



No.	Description	α
2	+X	1,403
11	+X;+e	1,633
19	+Y;+e	1,178
6	+Y	1,172
20	+Y;-e	1,482
15	-X;+e	1,726
4	-X	1,392
16	-X;-e	1,263
24	-Y;-e	1,21
8	-Y	1,195
23	-Y;+e	1,132
12	+X;-e	1,367

Platnoćeva 5_dvorisna_prije sanacije
 $\alpha_{min} = 0,39$

No.	Description	α
2	+X	0,42
11	+X;+e	0,759
19	+Y;+e	1,123
6	+Y	1,081
20	+Y;-e	0,912
15	-X;+e	0,754
4	-X	0,43
16	-X;-e	0,394
24	-Y;-e	1,213
8	-Y	1,14
23	-Y;+e	1,359
12	+X;-e	0,39



PRIMJER PRORAČUNA 2: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

RAZINA OBNOVE 2 - popravak konstrukcije (zgrade stambene, poslovne i stambeno-poslovne namjene)

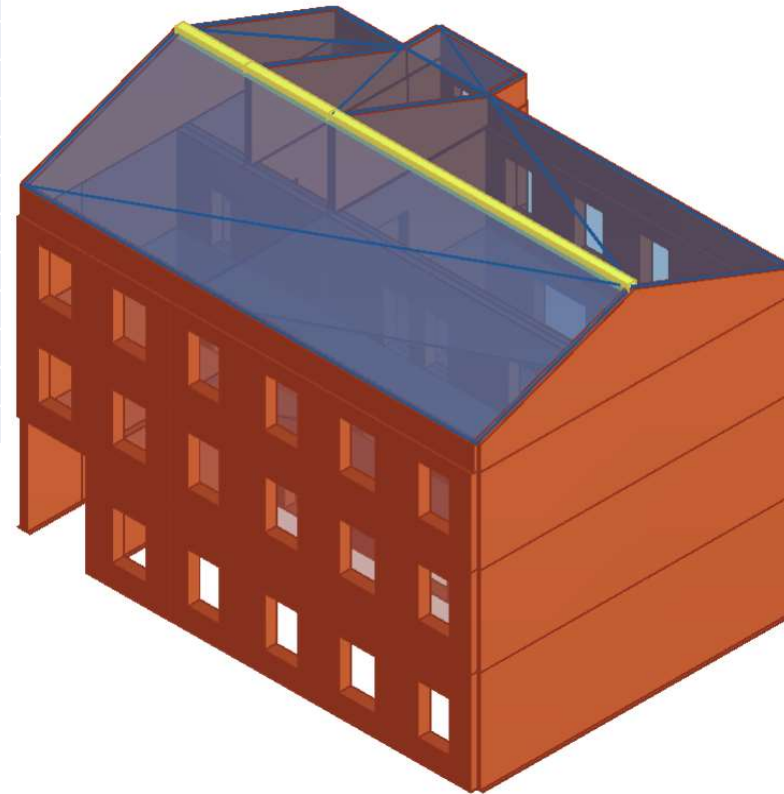
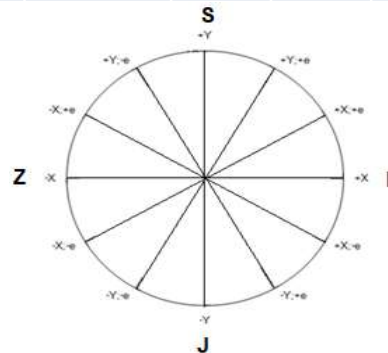
Preporučane vrijednosti faktora važnosti γ_l za razrede važnosti I, III i IV su 0.8, 1.2 i 1.4;
za razred II faktor mora biti 1.0



PRIMJER PRORAČUNA 2: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

POSTOJEĆE STANJE

Br.	Smjer potresa.	Seizmičko opterećenje	Eksc. [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ver.
2	+X	Static forces	0,0	1,18	3,73	Da
4	-X	Static forces	0,0	1,74	20,94	Da
6	+Y	Static forces	0,0	2,29	1,41	Ne
8	-Y	Static forces	0,0	2,53	1,42	Ne
11	+X	Static forces	72,5	1,85	3,85	Da
12	+X	Static forces	-72,5	1,77	2,92	Da
15	-X	Static forces	72,5	1,86	18,70	Da
16	-X	Static forces	-72,5	1,67	11,69	Da
19	+Y	Static forces	94,8	2,31	1,24	Ne
20	+Y	Static forces	-94,8	2,25	1,62	Ne
23	-Y	Static forces	94,8	2,50	1,24	Ne
24	-Y	Static forces	-94,8	2,53	1,63	Ne



PRIMJER PRORAČUNA 2: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

POSTOJEĆE STANJE

ZAKLJUČNO:

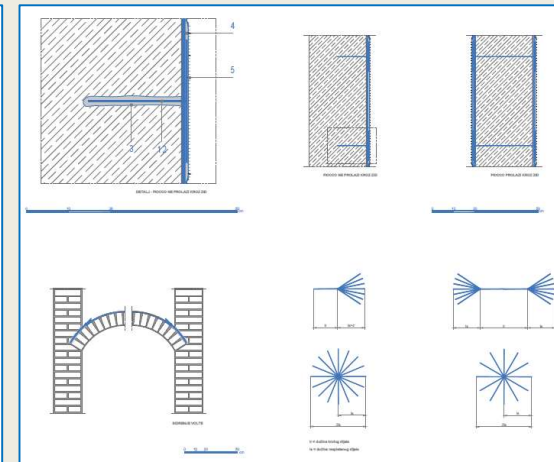
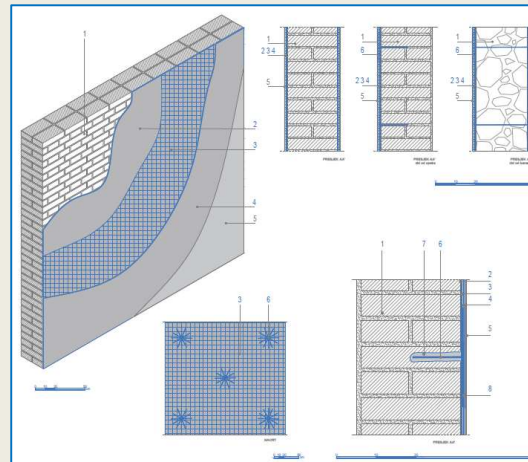
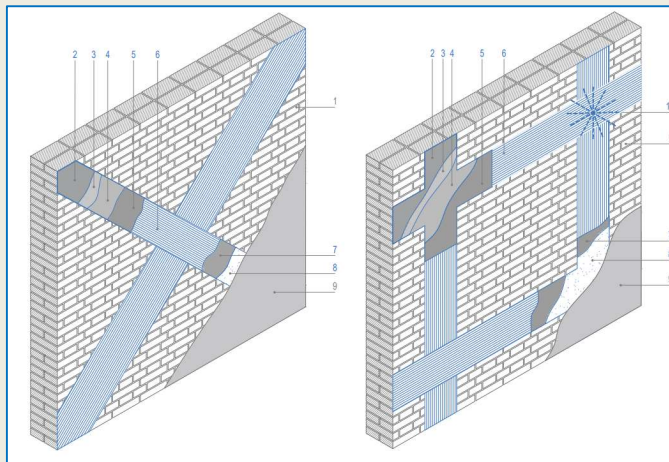
- Konstrukcija zadovoljava mehaničku otpornost na vertikalna opterećenja
- Dinamička opterećenja u smjeru sjever-jug su zadovoljena globalno, ali se **javljaju lokalni gubitci stabilnosti (haustor i zabati)**.
- Dinamička opterećenja u smjeru istok-zapad **nisu zadovoljena**. Konstrukcija ima 56% potrebne otpornosti.



PRIMJER PRORAČUNA 2: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

ODABRANE METODE SANACIJE:

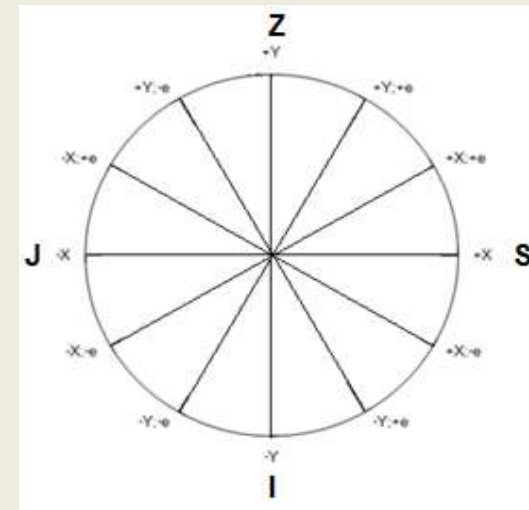
- Sanacija oštećenja ovisno o širini pukotina i konstruktivnom elementu
 - injektiranje pukotina **MAPE-ANTIQUE I-15**
 - popravak dijagonalnih pukotina **FRCM sustavom (Mapegrid G120 ili G220)**
- Ojačanja nadvoja **FRCM sustavom (Mapegrid G220)**
- Ojačanje međukatne konstrukcije (povezivanje sa zidovima)
 - **PLANITOP HPC FLOOR**
- Ojačanja nosivih zidova **FRP trakama (Mapewrap G UNI-AX 900/30)**



PRIMJER PRORAČUNA 2: Stambeno poslovna zgrada u Zagrebu

OJAČANO STANJE

Br.	Smjer potresa.	Seizmičko opterećenje	Eksc. [cm]	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ver.
2	+X	Static forces	0,0	1,18	3,73	Da
4	-X	Static forces	0,0	1,74	20,94	Da
6	+Y	Static forces	0,0	2,75	2,90	Da
8	-Y	Static forces	0,0	1,58	1,62	Da
11	+X	Static forces	72,5	1,85	3,85	Da
12	+X	Static forces	-72,5	1,77	2,92	Da
15	-X	Static forces	72,5	1,86	18,70	Da
16	-X	Static forces	-72,5	1,67	11,69	Da
19	+Y	Static forces	94,8	2,67	2,89	Da
20	+Y	Static forces	-94,8	2,78	2,91	Da
23	-Y	Static forces	94,8	1,54	1,62	Da
24	-Y	Static forces	-94,8	1,63	1,65	Da

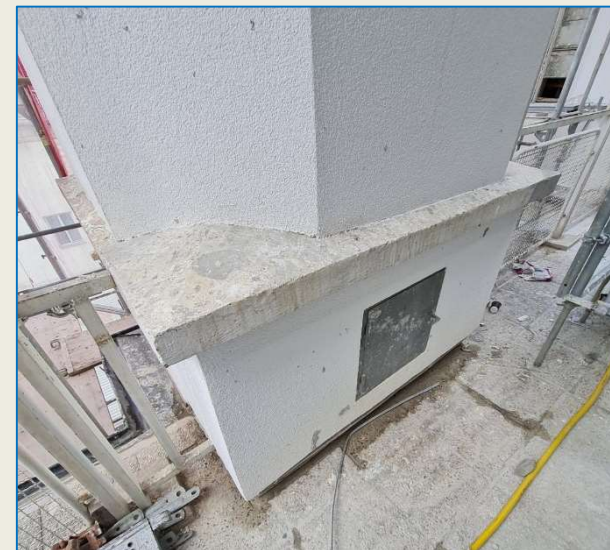


IZVEDENI PRIMJERI:



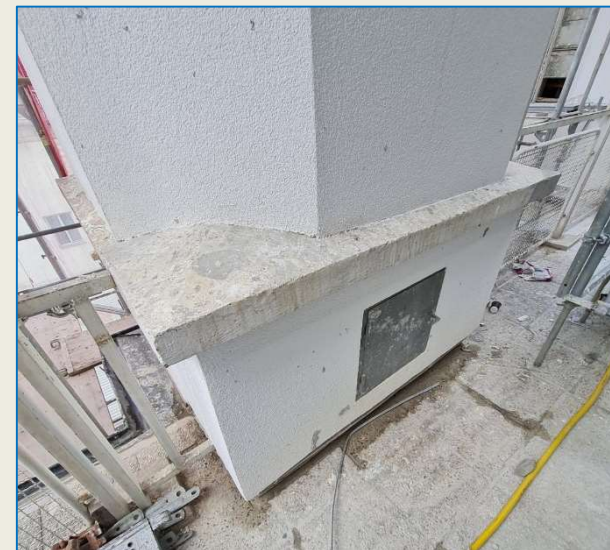
Ojačanje tavanskog zida
korištenjem MAPEWRAP
G UNI-AX 900/30

IZVEDENI PRIMJERI:



Ojačanje postolja dimnjaka korištenjem
MAPEWRAP G UNI-AX 900/30 i
MAPEGRID G220

IZVEDENI PRIMJERI:



Ojačanje postolja dimnjaka korištenjem
MAPEWRAP G UNI-AX 900/30 i
MAPEGRID G220



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

Opatija, 2021.

HVALA NA PAŽNJI I DO SLUŠANJA

IGOR HRANILOVIĆ, dipl.ing.građ.



Igor Hranilović, dipl.ing.građ., INFO-G d.o.o., ZAGREB, Vlaška 126

Filip Barišić, mag.ing.aedif., INFO-G d.o.o., ZAGREB, Vlaška 126

Mail: info-g@info-g.hr