



Oštećenja nekonstruktivnih elemenata zgrada usled zemljotresa i tehnike ojačanja

Dimnjaci

Mario Todorić dipl.ing.građ.,

Hrvatski centar za potresno inženjerstvo HCPI



Sadržaj

- Uvod
- Uzroci urušavanja i oštećenja dimnjaka
- Zahtjevi za obnovu dimnjaka
- Građevinska tehnička rješenja za provedbu ojačanja dimnjaka
- Zaključak

Uvod

- Tipologija zgrada oštećenih u potresu koji je pogodio Zagreb 2020. godine - uglavnom zidane zgrade.
- Veliki broj oštećenja nanijeli su nepridržani zabati, parapeti, vijenci i **dimnjaci**.
- Potres je znatno oštetio veliki dio tavanjskih dimnjaka uz njihovo djelomično ili potpuno urušavanje s velikim štetama na krovovima i u tavanima.
- Problematika dimnjaka u seizmičkim područjima:

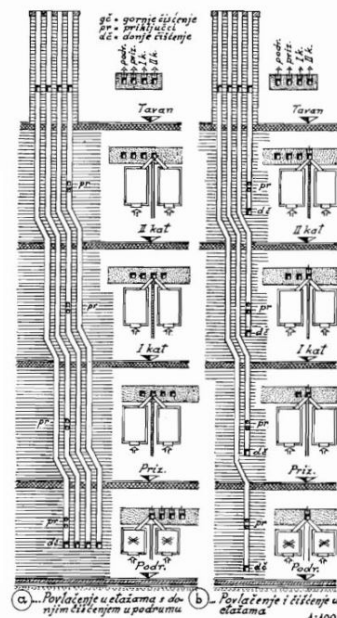
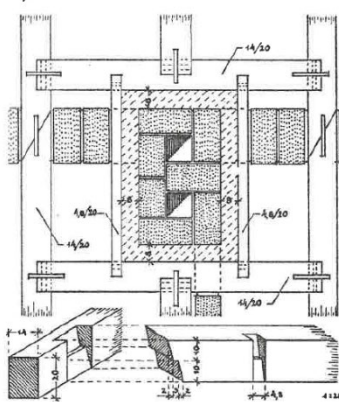
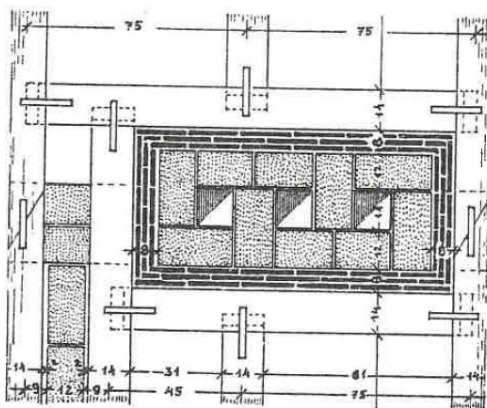
- ❖ „nepridržana” velika masa na vrhu zgrade
- ❖ izvorno je većina dimnjaka napravljena kao zidni šuplji konzolni stup od opeke
- ❖ neojačano zide nije adekvatno za seizmički aktivna područja



Uzroci urušavanja i oštećenja dimnjaka

IZVORNI NEDOSTACI

- Izvorno su dimnjaci napravljeni od opeke i morta, te nisu otporni na horizontalna djelovanja
- Često su slobodno zidani od poda tavana, visine i veće od 5 m, a u rijetkim slučajevima pridržani su za krovnu konstrukciju
- Zbog požarnih uvjeta dilatirani od krovne konstrukcije
- Statički sistem – nepridržane, neojačane konzole



Karakteristične tlocrtno dispozicije dimnovodnih kanala i elemenata krovne konstrukcije kod tradicijskih dimnjaka,
Izvor: „Konstruktivni elementi zgrada”, Đ.Peulić

SL 414. Vođenje svih kanala od podruma do iznad krova (a) uz njihovo povlačenje ustranu iznad poda svake etaže, da se omoguće priključi peći u svim etažama na istom tlocrtnom mjestu (b)

TRADICIJSKI DIMNJACI



POPUŠTANJE VEZIVA

starost, izloženost kiši / snijegu / vjetru,
nepažnja prilikom gradnje, neodržavanje...

- Uslijed visokih temperatura tokom vremena dolazi do pregorijevanja morta
- Uslijed smrzavanja i leda – ukoliko se dimnjaci nisu koristili, mort gubi svoja vezivna svojstva
- Osim jačine potresa i položaja zgrade, jedan od glavnih čimbenika stupnja oštećenja dimnjaka je kvaliteta njihove gradnje i građevinsko stanje prije potresa!

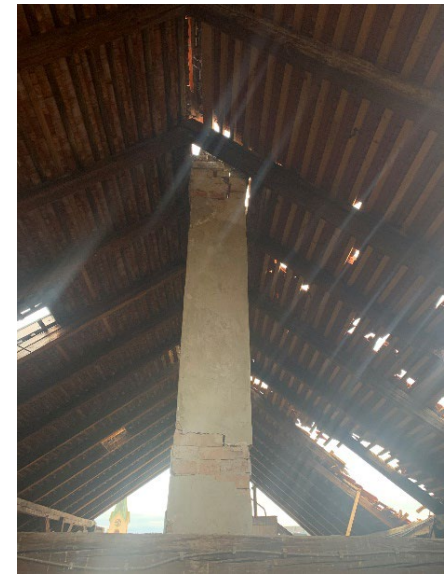
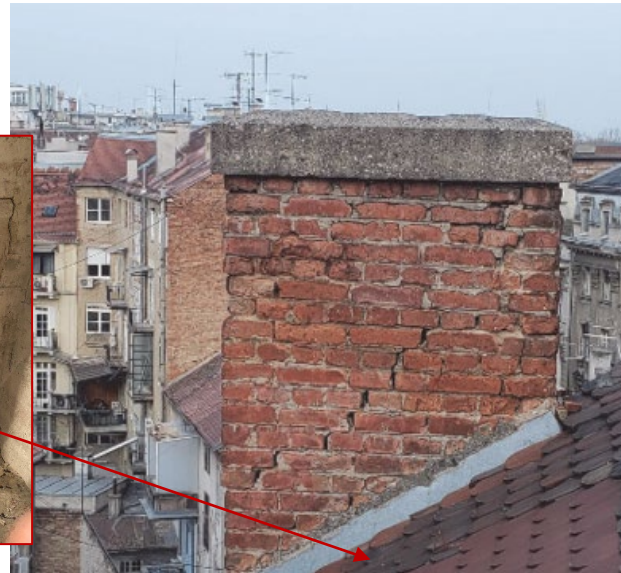
- Sustav održavanja u Hrvatskoj:
- ❖ Upravitelji zgrada zakonski su obavezni vršiti povremene preglede zgrada
- **U pravilu se pregledi zgrada ne rade redovito!**
- Dimnjaci su neodržavani
 - ❖ Otpala žbuka
 - ❖ Mort izgubio vezivna svojstva
 - ❖ Nepridržane „konzole”



OŠTEĆENJA U POTRESU

- Mnogo oštećenja i troškova na krovovima i u tavanima nastalo je zbog djelomičnoga ili potpunog urušavanja tavanjskih dimnjaka
- Dimnjaci su stradali uglavnom na spoju s krovom ili pri podu tavana na spoju s međukatnom konstrukcijom.
- Veliki broj dimnjaka srušio se iznad krovne plohe jer je pridržanje od strane krovne konstrukcije od kojih su dimnjaci diltirani, djelomično ublažilo slobodne konzolne pomake.

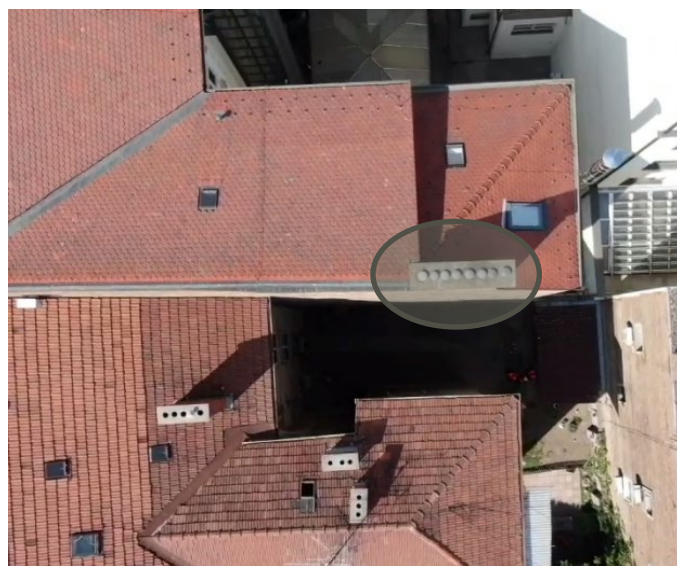




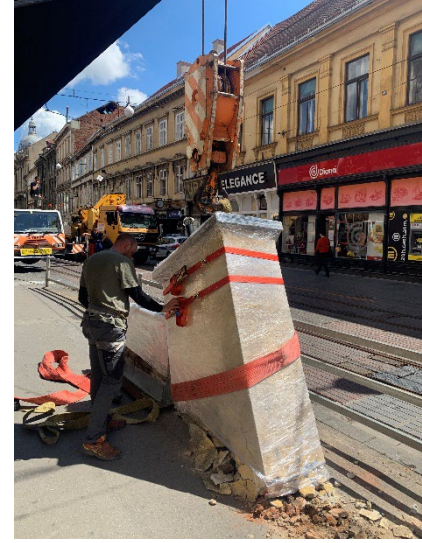
URGENTNE MJERE NAKON POTRESA

- Nakon potresa potrebno je bilo žurno ukloniti sve nestabilne djelove koji su predstavljali opasnost od urušavanja, ponajviše dimnjaci
- Gradske vatrogasne ekipe, interventne ekipe i alpinisti uklanjali su tavanске dimnjake koji su prijetili urušavanjem ili su bili urušeni

Uklanjanje dimnjaka na vrlo nepristupačnom dijelu zgrade – ugroza za korisnike zgrade



- Princip urgentnog uklanjanja dimnjaka neposredno nakon potresa



- U Zagrebu smo svjedoci manjka kranova i krovopokrivača za uklanjanje neposredne opasnosti

Zagreb su ubili „dimnjaci“ koji su napravili ogromnu štetu

Vatrogasna postrojba Zagreb
March 25, 2020 · 🌐

Potres zaista ne ubija ljude nego zgrade. Zagreb su "ubili" dimnjaci koji su napravili ogromnu štetu i koji samo pukim slučajem nisu ubili stotine ljudi. Naša fotografija iz zraka prikazuje samo jednu zagrebačku ulicu i jasno je vidljivo da je većina krovova oštećena.

Molimo vas, molimo, da ne zovete vatrogasnu službu na 193 jer su nam linije pred raspadom. Na požar u Slobodini koji se dogodio prije par minuta dojavu smo dobili na privatni telefon djelatnika jer su linije zauzete!

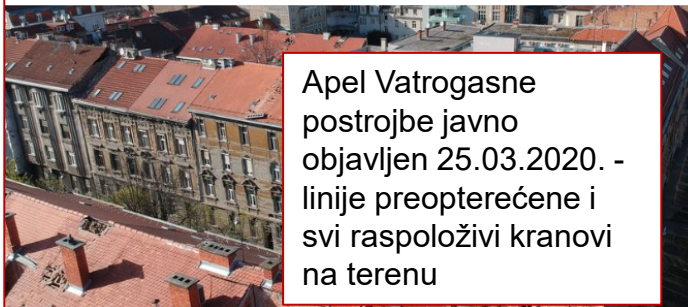
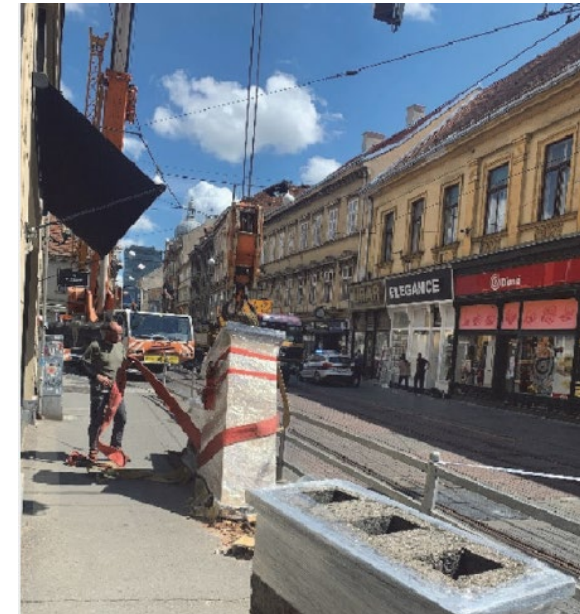
Dimnjake i krovišta koji prijete prvo moraju provjeriti statičari, morate ih ograditi i upozoriti ljude da su opasni i nakon toga građevinari moraju cigle po ciglu skidati i sanirati krov.

Mi smo poslali 20-ak visinskih vozila na teren koji uklanjaju manja oštećenja ali mi zaista ne možemo popraviti tisuće krovova. Molimo Vas da razmisljete, vatrogasne postrojbe nisu građevinske tvrtke, vatrogasna visinska vozila služe za spašavanja ljudi iz požara i imaju određenu nosivost za to, nisu građevinska mehanizacija.

Skinite i popunite aplikaciju za prijavu štete:
<https://survey123.arcgis.com/.../368d3122808f4323a8b27369...> ili nazovite telefon za komunikaciju o posljedicama potresa 0800 8802 i 0800 8805.

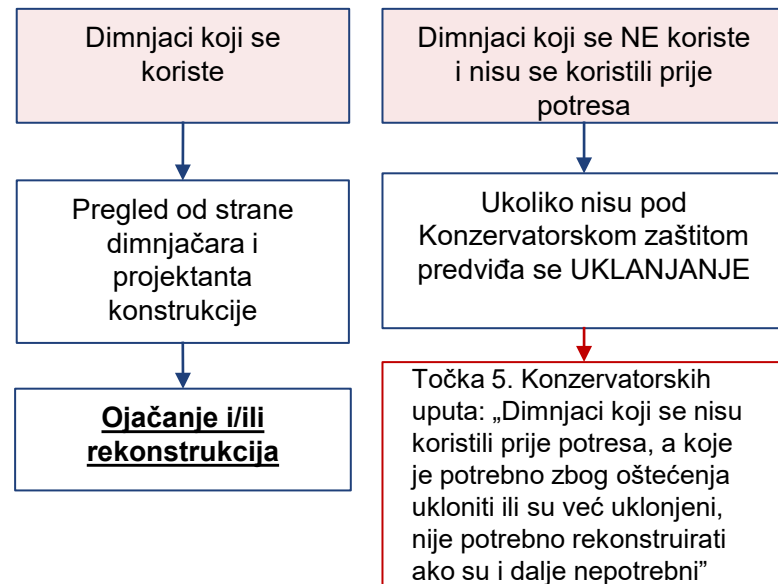
A tu je još i situacija s koronom...

Apel Vatrogasne postrojbe javno objavljen 25.03.2020. - linije preopterećene i svi raspoloživi kranovi na terenu

Zahtjevi za obnovu dimnjaka

- ❖ Potrebna mehanička otpornost i stabilnost
- ❖ Otpornost na požar
- ❖ Dimovodna kvaliteta potvrđena od strane dimnjačara „plinonepropusnost” – uvjeti za izvedbu ponovnog priključka



KONZERVATORSKE SMJERNICE

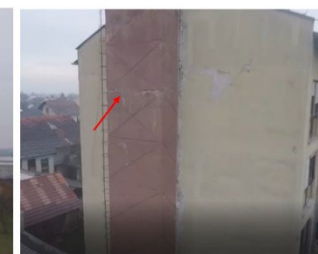
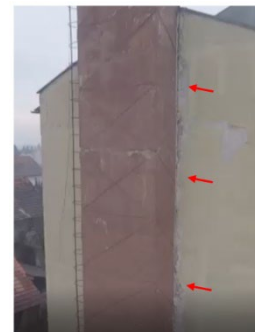
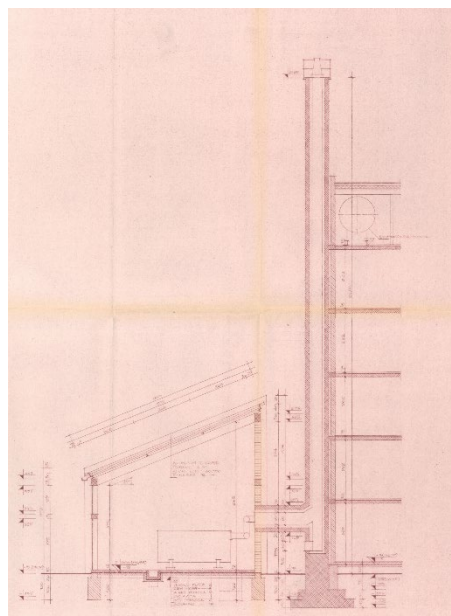
- Dimnjaci predstavljaju „vizuru” Grada Zagreba
- Ministarstvo kulture izdalo dokument pod nazivom „Konzervatorske upute za sanaciju dimnjaka oštećenih u potresu na zgradama unutar povijesne urbane cjeline grada zagreba”.
- U navedenoj Uputi dane su konzervatorske smjernice za sanaciju dimnjaka, kojih se treba pridržavati pri projektiranju te u izvedbi.



❖ Primjer urgentnog uklanjanja dimnjaka

- Dimnjak visine cca 22,0 m, AB konstrukcija, unutarnja obloga šamotna opeka
- Značajno oštećen u Petrinjskom potresu u prosincu 2020. godine, $M=6,4$
- Dimnjak se ne koristi više od 30 godine (izgrađen gradski toplodov)

Odvajanje od zabatnog zida stambene zgrade



Značajne horizontalne pukotine po cijelom presjeku dimnjaka

- Nakon detaljnog pregleda i analize zbog prijetnje od urušavanja uslijed naknadnih potresa propisano je kontrolirano uklanjanje dimnjaka!

Građevinska tehnička rješenja za provedbu urgetne potresne obnove dimnjaka

- Bitne odrednice za projektiranje i izvedbu novih tavanskih dimnjaka:
 - ❖ Statički sustav: vertikalni element slobodno oslonjen na razini poda tavana (zglob) te elastično horizontalno oslonjen na krovnu konstrukciju.
 - ❖ Novi dimnjak mora imati takvu strukturu da može preuzeti sile koje uzrokuju sva horizontalna djelovanja (vlačno-tlačni plašt ili čeličnu rešetku i slično).
 - ❖ Konstrukcija dimnjaka mora biti takva da ima propisnu sigurnost na potres.
 - ❖ Za tipove tradicijskih dimnjaka masa dimnjaka treba biti približno jednaka izvornom stanju. Za ostale tipove novih tavanskih dimnjaka težina (masa) mora biti manja (i nekoliko puta) od izvorne.

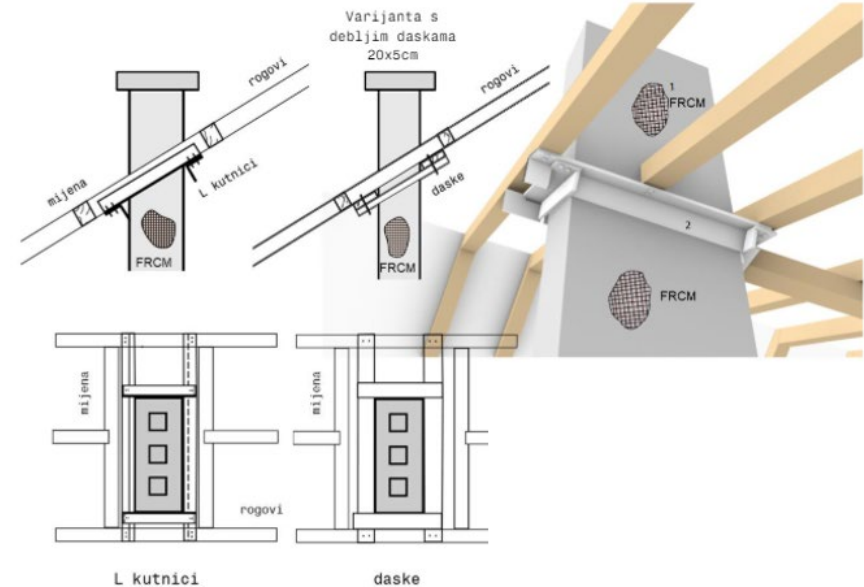
- Nakon Potresa u Zagrebu 2020. godine od strane stručnjaka izrađen je priručnik „Urgentni program potresne obnove – UPPO”, u sklopu kojega su postavljeni okviri za suradnju sa strukom na terenu pri čemu su za konkretne probleme predložena tehnička rješenja. Link na izdani priručnik:
 - ❖ <https://www.hcpi.hr/prirucnici>

1.) Rekonstrukcija u izvornim gabaritima i gradivu

- Zidane stupce dimovodnih kanala treba ojačati izvedbom površinskoga sloja koji stupcu daje potrebnu vlačnu nosivost vanjskoga oplošja dimnjaka, tako da stupac tavanskog dimnjaka može preuzeti momente savijanja i poprečne sile.
- Površino ojačanje može se izvesti na sljedeće načine:

❖ Izvedba žbuke koju treba rabicirati, a kod istaknuto visokih dimnjaka cementnu žbuku treba armirati prema proračunu. Tankostijeno površinsko ojačanje može se odvojiti od zidanoga dijela dimnjaka zbog temperaturnih naprezanja i atmosferskih utjecaja. Stoga je potrebna ugradnja žbuke s prethodnom impregnacijom podloge (prema uputama proizvođača), ovisno o vrsti opeke kojom se zida dimnjak.

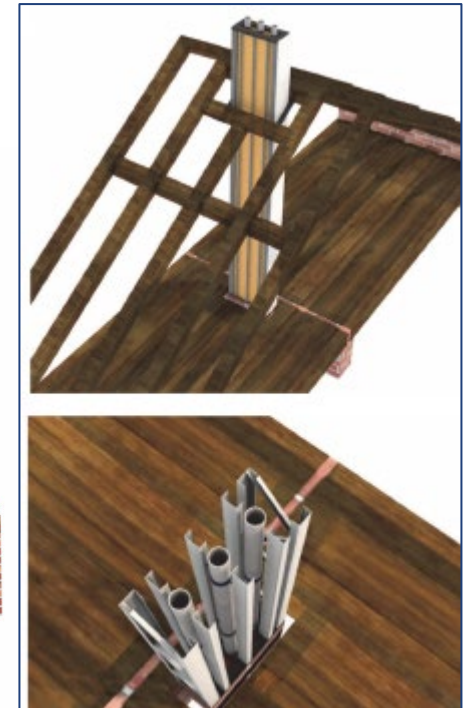
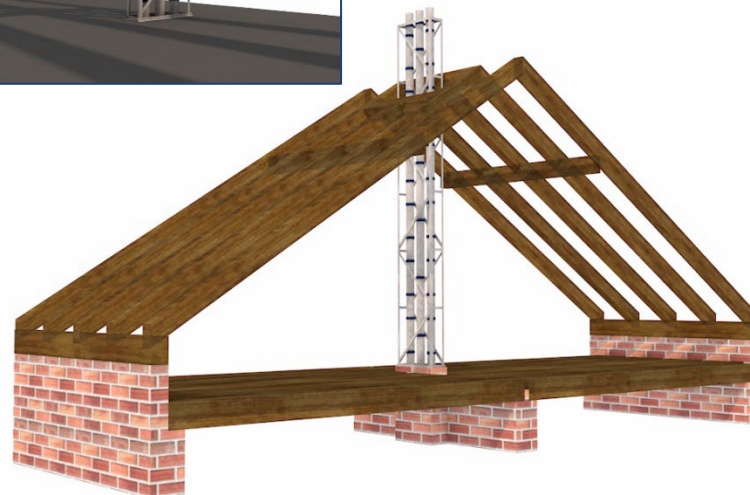
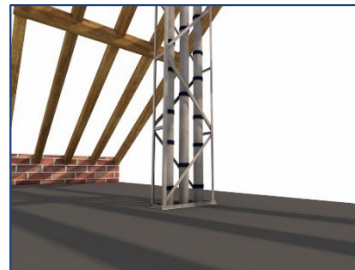
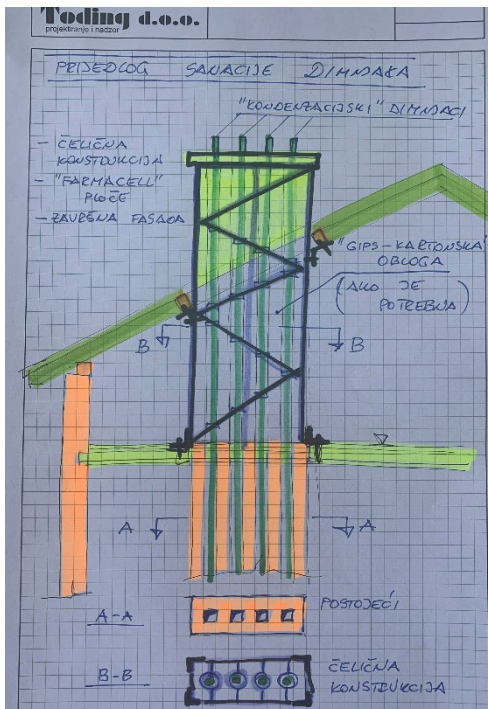
❖ Ojačanje ploha dimnjaka FRCM mrežama (eng. *Fibre Reinforced Cementitious Matrix – FRCM*).



Princip pojačanja dimnjaka FRCM sustavom, L kutnicima i daskama,
Izvor: „Tehnike popravaka i pojačanja zidanih zgrada”, J.Galić, H. Vukić,
D. Andrić, L.Stepinac

2.) Rekonstrukcija dimnjaka izvedbom čelične obodne konstrukcije

- Rješenje pogodno za visoke i izrazito vitke dimnjake (5,0 do 9,0 m)
- Izvedba čelične konstrukcije predviđa se od poda tavana do vrha, pridržanje na razini podne konstrukcije i elastično pridržanje na krovnu konstrukciju u razini križanja dimnjaka i rogova
- Unutar konstrukcije izvode se dimnovodni kanali i ispuna/toplinska izolacija, dok sa vanjske strane odgovarajuća obloga (kao MgO ploče i sl.) koja mora imati protupožarna svojstva



Skica tehničkog rješenja urgentne rekonstrukcije dimnjaka

3D prikaz izvedbe konstrukcije dimnjaka čeličnim profilima



Prikaz izvedbe konstrukcije dimnjaka čeličnim profilima – 3D vizualizacija

3.) Konstrukcija ojačanja tavanjskih dimnjaka od tankostijenih čeličnih profila

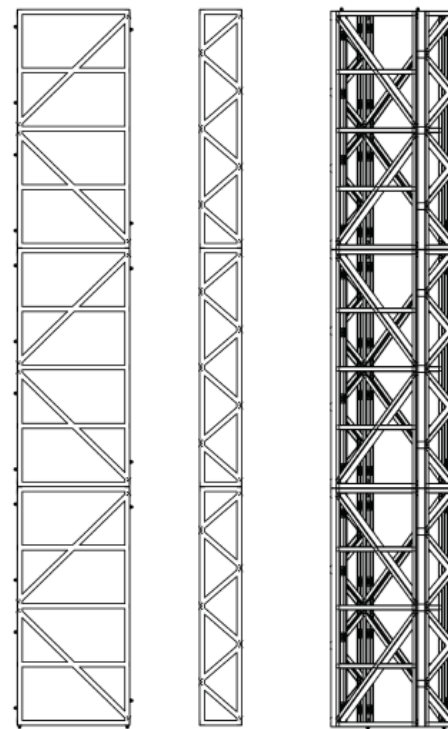
- Izrazito visoki tavanjski dimnjaci mogu se rekonstruirati izvedbom čelične obodne konstrukcije od poda tavana do vrha primjenom lagane čelične konstrukcije od tankostijenih profila

→ Značajno manja/reducirana težina



Konstrukcija se može formirati od otvorenih tankostijenih C profila koji se izvedu od pocinčanoga čeličnog lima debljine 0,95 ili 1,15 mm kvalitete. Od C profila formiraju se ravninske rešetke po obodu dimnjaka po kraćoj i duljoj stranici.

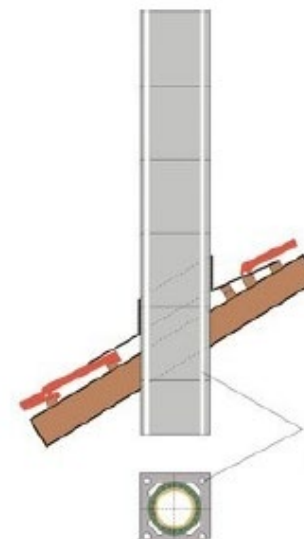
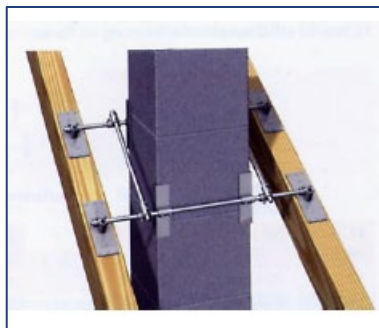
Prostorna rešetkasta struktura velike krutosti, a male težine.



Prikaz konstruktivnog sklopa lagane čelične konstrukcije tavanjskog dimnjaka

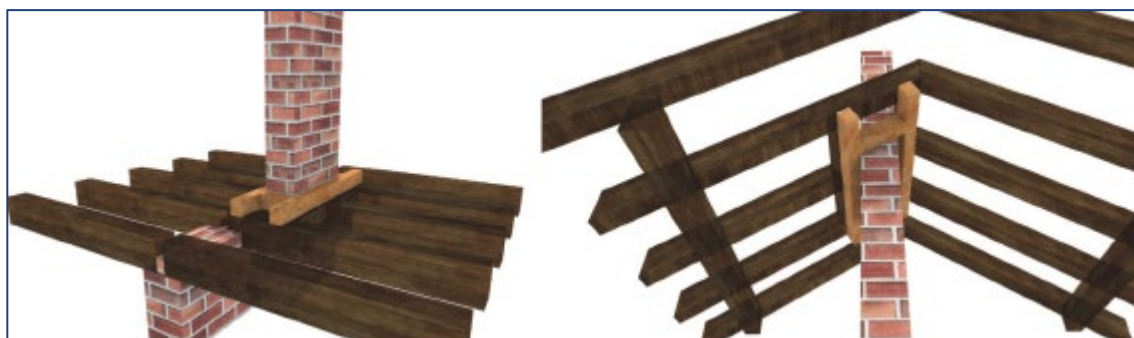
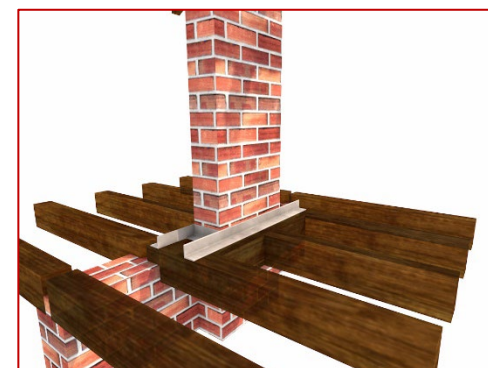
4.) Izvedba tavanskih dimnjaka od predgotovljenih elemenata

- Tavanski dimnjaci se mogu izvesti od predgotovljenih elemenata ili kao neko gotovo tipsko rješenje koje postoji na tržištu, a uvjet je da zadovoljavaju sve kriterije mehaničke otpornosti i stabilnosti, požarne otpornosti kao i uporabljivosti. Pritom treba posebno obratiti pozornost na sljedeće:
 - ❖ Propisno oslanjanje i sidrenje TD na razini konstrukcije poda tavana
 - ❖ Mogućnost horizontalnog pridržanja na razini krovne konstrukcije
 - ❖ Dimovodni kanali novog dimnjaka ne smiju biti manjeg presjka nego postojeći u donjoj etaži
 - ❖ Mogućnost armiranja stijenki dimnjaka ili osiguravanje vlačne čvrstoće stijenki na odgovarajući način



Prikaz principa predgotovljenog tipa dimnjaka, Izvor: Schiedel

- Horizontalno pridržanje dimnjaka
 - Kod svih tehničkih rješenja rekonstrukcije/ojačanja dimnjaka potrebno je izvesti horizontalna pridržanja
 - Čelični elementi pridržanja /drveni elementni pridržanja
 - Za svaku pridržajnu konstrukciju treba provesti odgovarajuće proračune, projektirati spojeve unutar pridržajne konstrukcije te na krajevima
 - Ukoliko krovna konstrukcija nema pouzdanu strukturu tako da ne može preuzeti ulogu pridržanja
 - Izvedba dodatne konstrukcije za pridržavanje



Prikaz lokalnog pridržanja dimnjaka na krovnu konstrukciju drvenom građom

Prikaz lokalnog pridržanja dimnjaka na krovnu konstrukciju čeličnom konstrukcijom

Zaključak

- Nakon potresa koji je pogodio Zagreb 2020. godine izražena je **problematika nekonstrukivnih elemenata zgrada u potresu.**
- Potrebno je provoditi redovito održavanje i preglede građevina, posebice dimnjaka kako bi se **pravovremeno ojačali ili uklonili** svi dimnjaci koji nisu potrebni i nisu pod konzervatorskom zaštitom.
- Nestručna obnova dimnjaka mogla bi dovesti do ponovnog rušenja novoizgrađenih dimnjaka u sljedećem potresu.
- Pored sigurnosnog uklanjanja urušenih dimnjaka prioriteta je žurna uspostava sustava grijanja i opskrbe stanova toplom vodom nakon potresa, što je povezano s izvedbom tehničkih rješenja rekonstrukcije dimnjaka.
- Osim nužnosti dobrog funkcioniranja i sigurnosti sustava, **s konzervatorskog gledišta** važno je oblikovno usklađivanje obnovljenih dimnjaka zbog njihove vidljivosti u pogledu na krovove povijesne urbane cjeline Zagreba.
- Prije svega kod provedbe ojačanja/rekonstrukcija tradicijskih dimnjaka potrebno je osigurati plinonepropusnost, stabilnost i adekvatnu povezanost sa krovnom konstrukcijom uz zahtjevanu požarnu otpornost!



Hvala!



www.hcpi.hr

Mario Todorić, dipl.ing.građ.

mario.todoric@toding.hr

www.toding.hr

Toding

Projektni tim Toding:

Miroslav Duvnjak, mag.ing.aedif.

Ivan Dragičević, mag.ing.aedif.

Petar Todorić, mag.ing.aedif.

Matea Sruk, mag.ing.aedif.

Nikla Lučić, mag.ing.aedif.

Marko Paripović, ing.građ.