

Procjena oštećenja građevina nakon potresa - postupak provođenja pregleda zgrada

**Uroš, Mario; Šavor Novak, Marta; Atalić, Josip; Sigmund, Zvonko;
Baniček, Maja; Demšić, Marija; Hak, Sanja**

Source / Izvornik: **Građevinar, 2021, 72, 1089 - 1115**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

<https://doi.org/10.14256/JCE.2969.2020>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:237:231655>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



Primljen / Received: 9.10.2020.

Ispravljen / Corrected: 30.11.2020.

Prihvaćen / Accepted: 10.12.2020.

Dostupno online / Available online: 10.1.2021.

Procjena oštećenja građevina nakon potresa - postupak provođenja pregleda zgrada

Autori:



¹Doc.dr.sc. **Mario Uroš**
mario.uros@grad.unizg.hr
Autor za korespondenciju



¹Doc.dr.sc. **Marta Šavor Novak**
marta.savor.novak@grad.unizg.hr



¹Izv.prof.dr.sc. **Josip Atalić**
josip.atalic@grad.unizg.hr



¹Doc.dr.sc. **Zvonko Sigmund**
zsigmund@grad.hr



¹**Maja Baniček**, mag.ing.aedif.
maja.banicek@grad.unizg.hr



¹Doc.dr.sc. **Marija Demšić**
marija.demsic@grad.unizg.hr



²Dr.sc. **Sanja Hak**
sanja.hak@gmail.com

¹Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Zavod za tehničku mehaniku

²Basler & Hofmann, Zürich, Švicarska

Pregledni rad

Mario Uroš, Marta Šavor Novak, Josip Atalić, Zvonko Sigmund, Maja Baniček, Marija Demšić, Sanja Hak

Procjena oštećenja građevina nakon potresa - postupak provođenja pregleda zgrada

Procjene oštećenja i uporabljivosti građevina u Hrvatskoj, iskočile su u prvi plan nakon potresa u Zagrebu 22. ožujka 2020. S obzirom na manjkavosti pripreme faze, pri čemu nije provedena edukacija stručnjaka prije potresa, nego u hodu, procjene su sadržavale dozu subjektivnosti i interpretacije na temelju znanja, iskustva, ali i intuicije pojedinaca. U radu je detaljno prikazana metodologija koja može pomoći u brzim procjenama te kod detaljnih inženjerskih pregleda koji se moraju napraviti prije obnove. Prikazana metodologija se može iskoristiti u slučaju novoga razornog potresa koji se može dogoditi već sutra.

Ključne riječi:

pregledi zgrada nakon potresa, oštećenja, uporabljivost, zidane i AB zgrade

Subject review

Mario Uroš, Marta Šavor Novak, Josip Atalić, Zvonko Sigmund, Maja Baniček, Marija Demšić, Sanja Hak

Post-earthquake damage assessment of buildings – procedure for conducting building inspections

Assessments of building damage and usability were of primary importance after the Zagreb earthquake of 22 March 2020. Due to deficiencies of preparatory phase, where education of experts was not carried out before the earthquake, but later on, the assessments contained certain subjectivity and interpretations, based on knowledge and experience, but also on intuition of individuals. Detailed methodology, which should improve rapid assessments and detailed engineering inspections to be performed before reconstruction, is highlighted in the paper. This methodology may be utilized if another devastating earthquake occurs, which could happen already tomorrow.

Key words:

post-earthquake building inspections, damage, usability, masonry and reinforced concrete buildings

Übersichtsarbeit

Mario Uroš, Marta Šavor Novak, Josip Atalić, Zvonko Sigmund, Maja Baniček, Marija Demšić, Sanja Hak

Bewertung von Bauschäden nach Erdbeben – Verfahren zur Durchführung von Gebäudeinspektionen

Die Bewertung von Gebäudeschäden und Nutzbarkeit war nach dem Erdbeben in Zagreb vom 22. März 2020 von größter Bedeutung. Aufgrund von Mängeln in der Vorbereitungsphase, in der die Ausbildung von Experten nicht vor dem Erdbeben, sondern nachher durchgeführt wurde, enthielten diese Bewertungen bestimmte Subjektivitäten und Interpretationen, die auf Wissen und Erfahrung, aber auch auf der Intuition des einzelnen beruhten. In dem Artikel wird eine detaillierte Methodologie hervorgehoben, die schnelle Bewertungen und detaillierte technische Inspektionen verbessern soll, die vor dem Wiederaufbau durchgeführt werden sollen. Diese Methodologie kann angewendet werden, wenn ein weiteres verheerendes Erdbeben auftritt, das bereits morgen passieren kann.

Schlüsselwörter:

Bauinspektionen nach dem Erdbeben, Schäden, Nutzbarkeit, Mauerwerk und Stahlbetongebäude

1. Uvod - opće smjernice za stručnjake koji provode preglede zgrada na terenu

Organizacija pregleda nastalih oštećenja i procjena uporabljivosti građevina u pogođenom području je od posebnog značaja za sigurnost stanovništva i nije potrebno dodatno isticati da ih je nakon razornog potresa potrebno u što kraćem vremenu izvršiti. U prvim satima nakon potresa paralelno sa suradnjom s interventnim službama primarno je potrebno napraviti preglede i eventualno brzo saniranje i osiguranje tzv. građevina izvan kategorije u koje spadaju bolnice predviđene za prihvrat ozlijeđenih, skladišta toksičnih materijala, hidroenergetske građevine, važnija industrijska postrojenja, značajnije infrastrukturne građevine, građevine veza i telekomunikacija, ostale bolnice, škole i slično. Primjerice, u prvim satima nakon potresa u Zagrebu, stručnjaci pripremljeni za preglede odnosno koji su imali iskustva u procjenama oštećenja ili su prošli izobrazbu i vježbe, su pregledali su bolnice u starom dijelu grada. Paralelno su angažirane specijalizirane tvrtke za preglede savskih mostova (neovisno) koji su građeni uglavnom prije više od 50 godina, a izrazito su bitni za funkcioniranje grada. Također, pregledani su i nadvoznjaci te ostali elementi kritične infrastrukture što je od presudne važnosti za funkcioniranje grada nakon potresa. Prvenstveno se moraju osigurati prometnice za vatrogasne postrojbe i vozila hitne pomoći, a potom i osigurati raščišćavanje i uklanjanje potencijalno opasnih dijelova zgrada i slično.

Ipak, ne smije se zanemariti ugroženost građana pa imajući u vidu da naknadni (ponovljeni) potresi mogu ugroziti značajnije oštećene građevine, u sljedećim danima se vrši prioritizacija i ubrzani pregled svih ostalih građevina za koje je potrebno procijeniti razmjere oštećenja i da li predstavljaju opasnost za stanovništvo. Pritom je od posebne važnosti unaprijed predvidjeti sustav koji će olakšati odlučivanje i smanjiti broj naknadnih žrtava na minimum. Treba voditi računa da su uspostavljeni ujednačeni kriteriji procjene, da ima dovoljno osnovne opreme, da je pripremljeno educirano upravljačko, administrativno i stručno osoblje, te da postoji kvalitetna komunikacija između državne i lokalne organizacije uz podršku stručnjaka. Odluke o uporabljivosti građevina izravno utječu na stanovništvo jer u velikoj mjeri određuju broj osoba koji treba privremeno stambeno zbrinuti, ali prisustvo (savjet) stručnjaka daje i sigurnost građanima (nerijetko stručnjaci i tješe građane) odnosno omogućava brzi povratak u stanje normalnog funkcioniranja (posebice kad govorimo o glavnom gradu), pri čemu treba imati na umu da nakon doživljene traume može doći i do dugotrajnog iseljavanja (u Hrvatskoj prisutno i prije potresa). Uobičajeno je da se na teren šalju i stručnjaci za psihološku podršku žrtvama, što nije bio slučaj nakon potresa u Zagrebu. Bitno je to predvidjeti u budućnosti jer su se građani jako žalili stručnjacima koji su ih morali smirivati i tješiti, a ponekad je bilo vrlo teško odgonetnuti stvarni uzrok traume. Zato su potrebni specijalizirani stručnjaci za psihološku pomoć, a predviđanjem takve aktivnosti bi se bolje pomoglo građanima

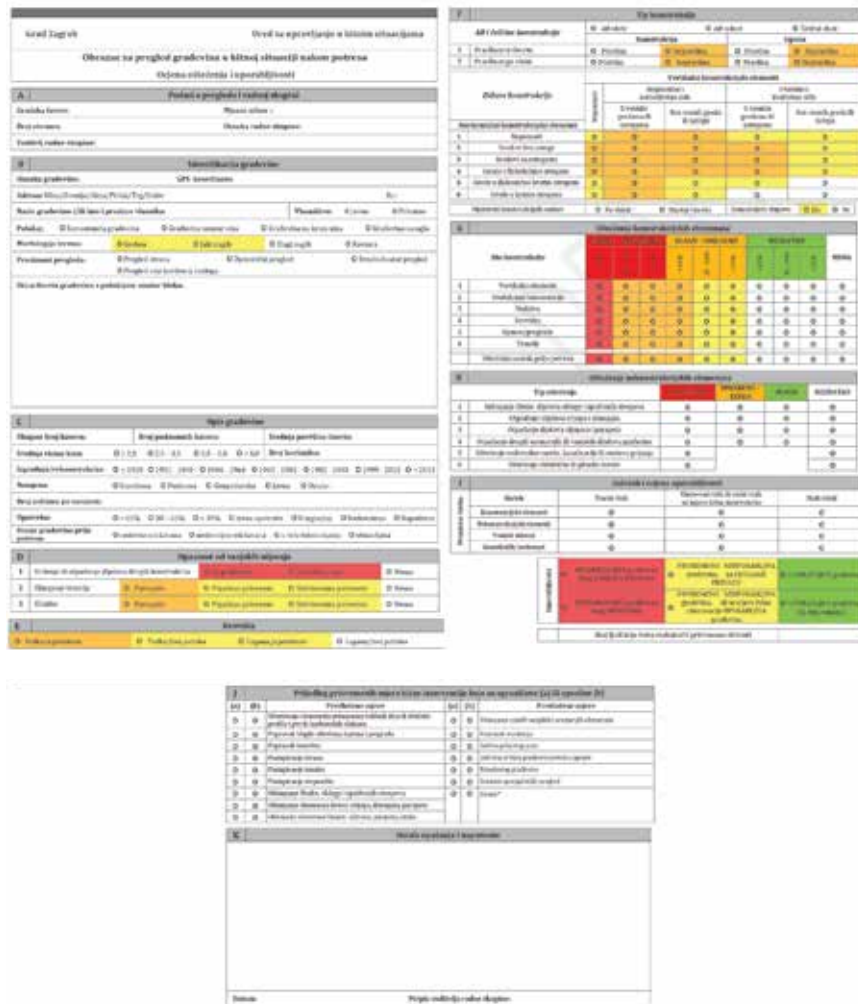
i dodatno ubrzalo preglede. Stoga, organizacija sustava ocjene uporabljivosti predstavlja vrlo osjetljiv zadatak, s obzirom da pomaže u ublažavanju posljedica potresa, a povezan je i s velikom odgovornošću [1].

Pregledi oštećenih zgrada nakon potresa provode se u organizaciji nadležnoga stožera koji je zadužen za registraciju i vođenje evidencije stručnih timova te njihovo raspoređivanje na pogođenom području u skladu s potrebama na terenu. U nastavku su dane smjernice za provođenje pregleda zgrade:

- Prvi je korak vizualni pregled zgrade izvana. Treba pregledati zgradu sa svih strana kojima se može lako pristupiti i provjeriti postoji li neka očita opasnost (moguće urušavanje zgrade ili nekoga njezinog dijela, slom konstrukcijskoga elementa zbog kojega je narušena stabilnost cijele zgrade ili njezina dijela, slijevanje temelja zgrade i tla, itd.). Provjeriti postoje li viseći dijelova susjednih zgrada ili neki drugi vanjski utjecaj koji su opasnost za predmetnu zgradu. Pogledati postoje li znakovi oštećenja na dimnjacima, krovu, vanjskim zidovima ili pročelju.
- Ako uočena oštećenja pregledom izvana upućuju na neuporabljivost zgrade, pregled se ne nastavlja, nego se na obrascu odmah odabire odgovarajuća kategorija visokoga rizika uz obvezan opis preciznosti pregleda i napomenama koje se upisuju u obrazac.
- Pregled unutar zgrade započinje se od prizemlja. Prvo treba odrediti sustav konstrukcije zgrade. Moguće je da za zgradu postoji evakuacijski plan na kojemu je prikazan tlocrt katova zgrade i koji može pomoći i olakšati postupak pregleda zgrade. Treba vizualno pregledati sve vidljive konstrukcijske elemente prizemlja (zidovi, stupovi, grede, stubišta, stubišne jezgre, itd.) i sve zidove ispune ili pregradne zidove. Treba provjeriti vertikalnost nosivoga sustava. Posebno se to odnosi na nepridržane zabatne zidove. U slučaju uočavanja težih oštećenja prekinuti postupak pregleda i odmah izaći iz zgrade.
- Ako uočena oštećenja u prizemlju nisu većega razmjera koja bi upućivala na opasnost, može se nastaviti s obilaskom ostatka zgrade. Prilikom pregleda treba pregledati što je moguće više konstrukcijskih elemenata nosivoga sustava zgrade (zidovi, stupovi, grede, itd.) te što veću površinu zgrade, od podruma do krova, osim dijelova zgrade za koje je očito da su opasni.
- Ako ne postoji mogućnost urušavanja dijela krovništa, pogledati potkrovlje i tavanačke prostore. Procijeniti sastav međukatne konstrukcije u potkrovlju te mogućnost propadanja crijeva ili dijelova krova na niže etaže.
- Ponekad će biti prikladno učiniti jednostavne provjere stanja i kvalitete morta u zidanim konstrukcijama ili ukloniti dijelove žbuke kako bi se mogao lakše prepoznati smjer pukotina na konstrukcijskim elementima.
- Treba ispuniti sve dijelove obrasca za pregled građevina nakon potresa. Navesti u obrazac dodatna opažanja te dati preporuke i prijedloge za daljnje postupke kao što su otklanjanje lokalnih opasnosti, potreba za nužnim mjerama

hitne intervencije (podupore, pridržanja, itd.), posebice u slučaju privremene neuporabljivosti. Moguće je odrediti privremenu neuporabljivost u slučaju potrebe za detaljnim pregledom uz pomoć specijaliziranih stručnjaka ili ako se jednostavnim mjerama hitne intervencije može postići zadovoljavajuća sigurnost, a zatim proglasiti zgradu uporabljivom. Također treba navesti i dati preporuku za označavanje i ograđivanje opasnih područja.

- Preporuča se prilaganje fotografije zgrade uz papirnati obrazac ili prilaganje digitalnih fotografija ako postoji digitalni obrazac primjenom aplikacije.
- Na kraju pregleda, nakon ispunjavanja obrasca i donošenja odluke o ocjeni uporabljivosti treba označiti zgradu na vidljivom mjestu pored ulaza jednom od oznaka koje odgovaraju kategorijama ocjene uporabljivosti (primjerice, zelenom, žutom ili crvenom naljepnicom), upoznati korisnike zgrade o značenju oznake, preporukama koje se navode na njoj i eventualnoj potrebnoj evakuaciji korisnika iz cijele zgrade ili njezinih pojedinih dijelova. Također treba označiti opasna područja kako bi se prolaznici upozorili na opasnost.



Slika 1. Prijedlog obrasca za pregled zgrada [1]

Pravila sigurnosti prilikom provođenja pregleda zgrade:

- Uvijek imati na umu moguć naknadni potres.
- Uvijek ići u timu od barem dva člana (pravilo binoma) ili više njih.
- Obvezno nositi zaštitnu i prepoznatljivu opremu: zaštitnu kacigu i prsluk.
- Paziti na opasne tvari, plin, oštećene instalacije, itd.
- Ne uklanjati urušene dijelove.
- Ne upotrebljavati dizala.
- Ne izlagati se opasnosti.

2. Prijedlog Obrasca za pregled zgrada u hitnoj situaciji nakon potresa

Obrazac pregleda zgrada nakon potresa predložen je u [1] prilagodbom obrazaca koji su se rabili u Italiji (slika 1.). Treba još jednom istaknuti da je obrazac definiran 2014. godine kao podloga za detaljno razrađivanje obrasca koji bi bio službeno prihvaćen. Primijenjen je prilikom pregleda zgrada nakon potresa u Zagrebu, jer je bio jedini obrazac primjenjiv za kriznu situaciju.

Na temelju povratnih informacija s terena o karakterističnim oštećenjima prilagodbom toga obrasca kreirana je i mobilna aplikacija za provođenje pregleda zgrada.

Obrazac se može upotrebljavati za ubrzane i detaljne preglede uobičajenih zgrada razne namjene i veličine. Namijenjen je ponajprije za ocjenu zidanih i armiranobetonskih zgrada, ali može se primijeniti i za druge tipove građevina, primjerice čeličnih konstrukcija ili zgrada s mješovitim nosivim sustavom. Radi statističke obrade prikupljenih podataka obrazac se može upotrijebiti i za složenije građevine, međutim za ocjenu uporabljivosti zgrade posebne namjene ili iznimne važnosti, kulturno-povijesne spomenike i građevine povezane s infrastrukturom predloženi postupak uz pojednostavljenu ocjenu uporabljivosti često nije prikladan i treba predvidjeti detaljne preglede i analize uz pouzdanije podatke i veći utrošak vremena. U Studiji [1] djelomično su obrađeni mostovi, pretežito na temelju iskustava Sjedinjenih Američkih Država, no to se neće opisivati u ovom radu.

Pri odabiru pojedinih značajki obrasca obuhvaćene su specifičnosti tipova zgrada i karakterističnih načina gradnje zastupljenih u Hrvatskoj i posebice u Gradu Zagrebu.

Pretpostavlja se da će obrazac upotrebljavati stručni inženjeri koji će provoditi preglede uz nužni doprinos inženjerske prosudbe. U skladu s tim je i preporuka preventivnoga dodatnog stručnog usavršavanja radi detaljnoga upoznavanja s postupkom te stjecanja specifičnih znanja potrebnih za brzo i učinkovito odvijanje pregleda i ocjene u hitnoj situaciji. Sumarno, pri odabiru pojedinih značajki obrasca obuhvaćene su sljedeće osnovne smjernice:

- jednostavnost za uporabu u hitnoj situaciji u teškim uvjetima i uz ograničeno raspoloživo vrijeme,
- uvažavanje specifičnih tipova zgrada i karakterističnih načina gradnje zastupljenih u Hrvatskoj i posebice u Gradu Zagrebu,
- eliminacija nepotrebnih detalja koje je teško prikupiti na terenu, a ne doprinose značajno objektivnosti postupka,
- usmjerenost na podatke ključne za razumijevanje nosivoga sustava zgrade i ocjenu očekivanoga ponašanja,
- obuhvaćanje indirektnih opasnosti zbog vanjskih utjecaja povezanih s bliskim građevinama ili geotehničkim problemima poput klizišta,
- prikupljanje dodatnih podataka za procjenu ugroženosti korisnika i okvirnih troškova povezanih s oštećenjima pojedine zgrade.

Predviđeno je da se obrazac ispunjava za pojedinačnu zgradu. Tu zgradu treba razlikovati od susjednih građevina u istom bloku. Obrazac se sastoji od jedanaest odlomaka od kojih se za neke točke informacije slobodno upisuju u predviđeno polje, dok se za druge odabire jedan od ponuđenih odgovora koji se odnosi na zgradu. U nekim odlomcima moguće je odabrati više odgovora, ali samo ako je to izričito navedeno u uputama.

Tablica 1. prikazuje uvodi dio obrasca (dio A) koji se odnosi na podatke o pregledu i radnoj skupini. Treba upisati gradsku četvrt u kojoj se nalazi zgrada i Mjesni odbor. Odgovorna osoba uključena u upravljanje pregledima dodjeljuje jedinstveni broj obrasca i upisuje oznaku pod kojom je radna skupina evidentirana. Voditelj radne skupine, u pravilu najiskusniji stručnjak tima, identificira se imenom i prezimenom.

Tablica 1. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio A

A Podaci o pregledu i radnoj skupini	
Gradska četvrt:	Mjesni odbor:
Broj obrasca:	Oznaka radne skupine:
Voditelj radne skupine:	

Tablica 2. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio B

B Identifikacija građevine				
Oznaka građevine:			GPS koordinate:	
Adresa: Ulica / Avenija / Aleja / Prilaz / Trg / Stube Br.:				
Naziv građevine i/ili ime i prezime vlasnika:		Vlasništvo	<input type="checkbox"/> Javno	<input type="checkbox"/> Privatno
Položaj:	<input type="checkbox"/> Samostojeća građevina	<input type="checkbox"/> Građevina unutar niza	<input type="checkbox"/> Građevina na kraju niza	<input type="checkbox"/> Građevina na uglu
Morfologija terena:	<input type="checkbox"/> Greben	<input type="checkbox"/> Jaki nagib	<input type="checkbox"/> Blagi nagib	<input type="checkbox"/> Ravnica
Preciznost pregleda:	<input type="checkbox"/> Pregled izvana	<input type="checkbox"/> Djelomični pregled	<input type="checkbox"/> Sveobuhvatni pregled	<input type="checkbox"/> Pregled nije izvršen iz razloga:
Skica tlocrta građevine s položajem unutar bloka:				

Tablica 3. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio C

C Opis građevine				
Ukupan broj katova:	Broj podzemnih katova:	Srednja površina tlocrta:		
Srednja visina kata: <input type="checkbox"/> ≤ 2,5 <input type="checkbox"/> 2,5 – 3,5 <input type="checkbox"/> 3,5 – 5,0 <input type="checkbox"/> > 5,0		Broj korisnika:		
Izgradnja/rekonstrukcija:	<input type="checkbox"/> ≤ 1920. <input type="checkbox"/> 1921. - 1945. <input type="checkbox"/> 1946. - 1964. <input type="checkbox"/> 1965. - 1981. <input type="checkbox"/> 1982. - 1998. <input type="checkbox"/> 1999. - 2013. <input type="checkbox"/> > 2013.			
Namjena:	<input type="checkbox"/> Stambena	<input type="checkbox"/> Poslovna	<input type="checkbox"/> Gospodarska	<input type="checkbox"/> Javna <input type="checkbox"/> Ostalo:
Broj jedinica po namjeni:				
Upotreba:	<input type="checkbox"/> > 65% <input type="checkbox"/> 30 – 65% <input type="checkbox"/> < 30% <input type="checkbox"/> Izvan upotrebe <input type="checkbox"/> U izgradnji <input type="checkbox"/> Nedovršeno <input type="checkbox"/> Napušteno			
Stanje građevine prije potresa:	<input type="checkbox"/> Redovito održavana <input type="checkbox"/> Nedovoljno održavana <input type="checkbox"/> U vrlo lošem stanju <input type="checkbox"/> Obnavljana			

Tablica 4. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio D

D Opasnost od vanjskih utjecaja				
1	Rušenje ili otpadanje dijelova drugih konstrukcija	<input type="checkbox"/> Za građevinu	<input type="checkbox"/> Za prilazni put	<input type="checkbox"/> Nema
2	Slijeganje temelja	<input type="checkbox"/> Postojeće	<input type="checkbox"/> Pojačano potresom	<input type="checkbox"/> Uzrokovano potresom
3	Klizište	<input type="checkbox"/> Postojeće	<input type="checkbox"/> Pojačano potresom	<input type="checkbox"/> Uzrokovano potresom

Tablica 5. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio E

E Krovište			
<input type="checkbox"/> Teško/s potiskom	<input type="checkbox"/> Teško/bez potiska	<input type="checkbox"/> Lagano/s potiskom	<input type="checkbox"/> Lagano/bez potiska

Tablica 2. prikazuje identifikaciju zgrade (dio B). Zadatak je radne skupine da uz pomoć raspoložive dokumentacije preuzete u mjesnom odboru identificira zgradu pod danom oznakom koju treba pregledati. Treba upisati točnu adresu i ako je moguće odrediti GPS koordinate lokacije na kojoj se građevina nalazi. Ovisno o dostupnosti tlocrta zgrade i karte položaja građevine u mjesnom odboru radna skupina može upotrijebiti prostor na obrascu predviđen za skicu tlocrta zgrade s položajem unutar bloka ili priložiti dobivenu dokumentaciju.

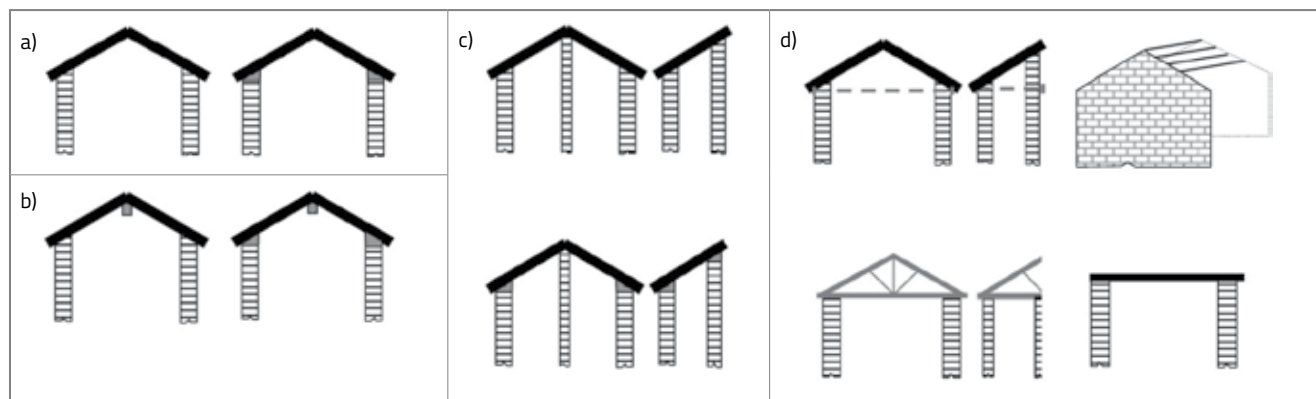
Osim toga, za zgrade koje nisu samostojeće treba odabrati odgovarajući položaj s obzirom na ostale zgrade u nizu/bloku. Za javne zgrade navodi se naziv ili opis građevine, a za zgrade u privatnom vlasništvu navodi se ime i prezime vlasnika. Pregledom terena oko građevine određuje se odgovarajuća morfologija, a s obzirom na dostupnost zgrade, vodeći računa o sigurnosti radne grupe, treba navesti u kojem je opsegu moguće izvršiti pregled. Žutom je bojom u obrascu naglašeno da položaj zgrade na grebenu ili jako nagnutom terenu može povećati seizmički rizik.

Prema zadanim parametrima u dijelu C obrasca (tablica 3.) treba opisati osnovne karakteristike zgrade. Navodi se ukupni broj katova, broj podzemnih katova koji su ukopani za više od pola visine, približno srednja visina kata i procjena srednje površine tlocrta. Broj korisnika odnosi se na najveći mogući broj ljudi prisutnih u zgradi. Također treba navesti razdoblje izgradnje koje je usko povezano s odgovarajućim važećim propisima i može približno otkriti koja je razina seizmičke sile bila proračunom

predviđena. Ako treba, moguće je odabrati još jedno razdoblje u kojem je izvršena zadnja rekonstrukcija. U slučaju mješovite namjene zgrade moguće je odabrati proizvoljan broj ponuđenih odgovora, a uz svaki treba navesti broj jedinica po odabranoj namjeni. Uporaba se odnosi na trenutak najveće iskorištenosti zgrade. Na kraju je tijekom razrade obrasca dodan i dio vezan za ocjenu stanja zgrade prije djelovanja potresa.

Tablica 4. prikazuje ocjenu opasnosti od vanjskih utjecaja. Ako postoje, treba navesti moguće opasnosti od vanjskih utjecaja zbog rušenja ili otpadanja dijelova drugih konstrukcija te precizirati odnose li se opasnosti na samu zgradu ili na prilazne putove. Crvenom je bojom dano upozorenje da izražena vanjska opasnost zbog stanja susjednih zgrada može dovesti do neuporabljivosti zgrade za koju se provodi pregled. Također treba ocijeniti moguće utjecaje nestabilnosti tla, već postojećih ili prijetjećih, ovisno o tome postoji li opasnost od slijeganja tla ili pojave klizišta. Žuta i narančasta boja naglašavaju činjenicu da s potresom povezane ili postojeće nestabilnosti tla mogu blago ili umjereno povećati izloženost seizmičkom riziku.

Budući da konstrukcija krovišta može pozitivno ili negativno utjecati na seizmički odziv konstrukcija, posebice za slučaj zidanih zgrada, u dijelu E obrasca (tablica 5.) krovište se ocjenjuje s obzirom na vlastitu težinu i prisutnost potiska, odnosno horizontalnih reakcija koje se prenose na nosivu konstrukciju. Lagana krovišta odnose se poglavito na krovne konstrukcije s pokrovom od čeličnih ili drvenih elemenata, dok se za teška krovišta podrazumijeva uporaba armiranoga betona. Shematski



Slika 2. Primjeri statičkih sustava krovišta, prema [2]: a) s potiskom; b) najčešće s potiskom; c) najčešće bez potiska; d) bez potiska

Tablica 6. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio F

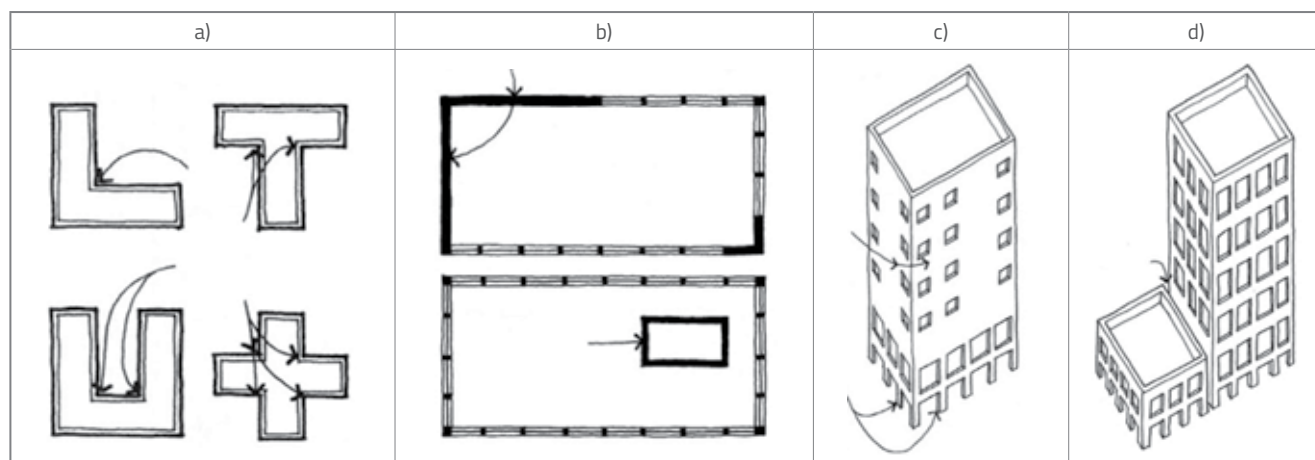
F		Tip konstrukcije				
		<input type="checkbox"/> AB okvir		<input type="checkbox"/> AB zidovi		<input type="checkbox"/> Čelični okvir
AB i čelične konstrukcije		Konstrukcija		Ispuna		
1	Pravilnost u tlocrtu	<input type="checkbox"/> Pravilna	<input type="checkbox"/> Nepravilna	<input type="checkbox"/> Pravilna	<input type="checkbox"/> Nepravilna	
2	Pravilnost po visini	<input type="checkbox"/> Pravilna	<input type="checkbox"/> Nepravilna	<input type="checkbox"/> Pravilna	<input type="checkbox"/> Nepravilna	
Zidane konstrukcije		Vertikalni konstrukcijski elementi				
Horizontalni konstrukcijski elementi		Nepoznati	Nepravilno i nekvalitetno ziđe		Pravilno i kvalitetno ziđe	
			S veznim gredama ili zategama	Bez veznih greda ili zatega	S veznim gredama ili zategama	Bez veznih greda ili zatega
1	Nepoznati	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Svodovi bez zatega	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Svodovi sa zategama	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Grede s fleksibilnim stropom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Grede s djelomično krutim stropom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Grede s krutim stropom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mješoviti konstrukcijski sustav		<input type="checkbox"/> Po visini	<input type="checkbox"/> Unutar tlocrta	Samostojeći stupovi	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	

prikaz primjera različitih statičkih sustava krovišta uz njihovu usporedbu ovisno o horizontalnom potisku dan je na slici 2. Teška krovišta s potiskom treba ocijeniti kao najnepovoljnija, jer daju znatan doprinos masi konstrukcije (time i seizmičkim silama), a istodobno prenose nepovoljne horizontalne reakcije na zidove. Stoga su označena narančastom bojom. Nešto je manje nepovoljan utjecaj teških krovišta bez potiska i laganih krovišta s potiskom (žuta boja), dok su lagana krovišta bez potiska najpovoljnija.

U dijelu F obrasca (tablica 6.) predviđena je osnovna klasifikacija karakteristika konstrukcijskoga sustava. Za armiranobetonske i čelične konstrukcije treba odrediti vrste vertikalnih konstrukcijskih elemenata, pri čemu je moguć višestruki odabir. Provodi se ocjena pravilnosti u tlocrtu i po visini zgrade (slika 3.) za konstrukcijske i nekonstrukcijske elemente, odnosno ispunsko ziđe. Zidane konstrukcije moguće je opisati nizom kombinacija

vertikalnih i horizontalnih konstrukcijskih elemenata. Također treba ocijeniti kvalitetu ziđa s obzirom na sastavne materijale te pravilnost i način izvođenja, a ako su dovoljno rasprostranjene, moguće je navesti postojanje veznih greda ili zatega. Za slučaj mješovitih konstrukcijskih sustava moguće je odabrati jesu li različiti materijali kombinirani iz kata u kat po visini zgrade ili unutar tlocrta istoga kata. Odabir postojanja pojedinačnih stupova odnosi se na konstrukcijske elemente od bilo kojega materijala. Žuta i narančasta boja upućuju na blago ili umjereno povećanje izloženosti seizmičkom riziku za nepovoljnije kombinacije konstrukcijskih elemenata.

Ocjena konstrukcijskih oštećenja (dio G - prikazano u tablici 7.) provodi se vizualnim pregledom pojedinih elemenata konstrukcije, a navode se odgovarajuća razina oštećenja i njegova ukupna rasprostranjenost u postocima. Stupnjevi oštećenja usklađeni su s Europskom makroseizmičkom ljestvicom EMS-98



Slika 3. Primjeri nepravilnosti zgrada: a) u tlocrtu (asimetrija i/ili uvučeni kutovi); b) u tlocrtu (torzija); c) po visini (meko prizemlje); d) po visini (promjena visine)

Tablica 7. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio G

Dio konstrukcije		Oštećenja konstrukcijskih elemenata									
		TEŠKO – VRLO TEŠKO			BLAGO - UMJERENO			NEZNATNO			NEMA
		> 65%	35 – 65%	< 35%	> 65%	35 – 65%	< 35%	> 65%	35 – 65%	< 35%	
1	Vertikalni elementi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Međukatne konstrukcije	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Stubišta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Krovišta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Ispune/pregrade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Temelji	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Oštećenja nastala prije potresa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tablica 8. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio H

Tip oštećenja		Oštećenja nekonstrukcijskih elemenata			
		VRLO TEŠKO	UMJERENO - TEŠKO	BLAGO	NEZNATNO
1	Odvajanje žbuke, dijelova obloge i spušenih stropova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Otpadanje dijelova crijepa i dimnjaka	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Otpadanje dijelova vijenaca i parapeta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Otpadanje drugih unutarnjih ili vanjskih dijelova građevine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Oštećenje vodovodne mreže, kanalizacije ili sustava grijanja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Oštećenje električne ili plinske mreže	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[3], pri čemu NEZNATNO oštećenje odgovara stupnju I, BLAGO do UMJERENO oštećenje odgovara stupnjevima II i III, a TEŠKO do VRLO TEŠKO odgovara stupnjevima IV i V. Žuta, narančasta i crvena boja upućuju na blago, umjereno ili znatno povećanje izloženosti seizmičkom riziku ovisno o rasprostranjenosti pojedinih stupnjeva oštećenja. Koraci su sljedeći:

- U tablici se po redcima opisuju ukupna oštećenja za svaki tip konstrukcijskih elemenata, uzimajući u obzir stanje konstrukcije zgrade prije potresa.
- Svaki kružić odgovara razini i rasprostriranju oštećenja po tipu elementa u kritičnom katu i smjeru.
- Za svaki tip konstrukcijskih elemenata treba odrediti postotak rasprostriranja svake razine oštećenja po svakom katu te za najkritičniji kat i smjer ispuniti polje za tu razinu i rasprostriranje oštećenja. Ako se za pojedini tip konstrukcijskih elemenata ne pojavljuje neka od tri razine oštećenja, polje se za tu razinu i rasprostriranje oštećenja ostavlja prazno.
- Treba ispuniti sve redove u tablici. Ako na nekom tipu konstrukcijskih elemenata nema oštećenja, treba u tom redu naznačiti kružić u stupcu NEMA, a ostali kružići u istom redu ne bi smjeli biti ispunjeni. Ako je neki tip konstrukcijskih elemenata pretrpio oštećenje, treba ispuniti odgovarajući kružić. U pravilu se ne bi smjelo ostaviti niti jedan prazan red.
- Koristeći se mogućnošću višestrukoga izbora treba upisati sve razine i sva rasprostriranja oštećenja koja postoje na konstrukciji.

- Za svaki tip konstrukcijskih elemenata ukupni zbroj postotaka rasprostriranja oštećenja po razinama ne smije biti veći od 100 %. Na primjer, nije dopušteno da dvije razine oštećenja neznatno (1-2) i blago-umjereno (2-3) imaju rasprostriranje > 65 %. Ako je kod jednoga tipa konstrukcijskih elemenata zbroj rasprostriranja oštećenja manji od 100 %, to znači da dio toga tipa konstrukcijskih elemenata nije pretrpio nikakva oštećenja. Na primjer, ako je rasprostriranje oštećenja kod vertikalnih elemenata i za neznatno oštećenje i za blago-umjereno oštećenje < 35 %, a rasprostriranje oštećenja za teško-vrlo teško (4) oštećenje nije naznačeno, tada se smatra da 30 % vertikalnih elemenata nije pretrpjelo nikakva oštećenja.
- Treba procijeniti i eventualno postojanje oštećenja za koje se sumnja da su nastala prije djelovanja potresa.

Smjernice za lakšu inženjersku prosudbu i donošenje odluke o ukupnoj ocjeni uporabljivosti zgrade dane su u poglavlju 3. Ocjena oštećenja predviđena je i za nekonstrukcijske elemente (dio H – tablica 8.), u skladu s EMS-98, pri čemu BLAGO oštećenje odgovara stupnju I, UMJERENO do TEŠKO oštećenje odgovara stupnjevima II i III, a VRLO TEŠKO oštećenje i potpuni slom odgovaraju stupnjevima IV i V. Za određivanje ocjene konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata u nastavku poglavlja dane su smjernice i kriteriji za njezino ujednačenje i objektivnije donošenje.

Tablica 9. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio I

I		Sažetak i ocjena uporabljivosti		
Procjena rizika	Uzrok	Visoki rizik	Umjereni rizik ili niski rizik uz mjere hitne intervencije	Niski rizik
	Konstruktivski elementi	□	□	□
	Nekonstruktivski elementi	□	□	□
	Vanjski utjecaji	□	□	□
	Geotehnički nedostaci	□	□	□
Uporabljivost	□ NEUPORABLJIVA građevina zbog VANJSKIH UTJECAJA	□ PRIVREMENO NEUPORABLJIVA građevina, za DETALJAN PREGLED	□ UPORABLJIVA zgrada, bez OGRANIČENJA	
	□ NEUPORABLJIVA zgrada, zbog OŠTEĆENJA	□ PRIVREMENO NEUPORABLJIVA građevina, ali uz mjere hitne intervencije UPORABLJIVA građevina	□ UPORABLJIVA zgrada, s PREPORUKOM	
		Broj ljudi koje treba evakuirati i privremeno zbrinuti		

Za nekonstruktivske elemente ne treba navoditi rasprostranjenost oštećenja. Na kraju pregleda, na temelju prikupljenih podataka i ocjene oštećenja koji članove radne grupe vode do zaključka o očekivanom ponašanju zgrade, ispunjava se sažetak za procjenu rizika u odnosu na nosivost zgrade i donosi odluka o uporabljivosti (dio I).

Prilikom donošenja ocjene uporabljivosti zgrade treba osim ocjene konstruktivskih oštećenja ocijeniti i rizik (tablica 9.) koji uzima u obzir događaj ponovnoga potresa unaprijed određene referentne jačine, naseljenost zgrade (radi li se o zgradi s većim brojem korisnika; na primjer: višestambena zgrada), važnost zgrade i kategoriju zgrade (radi li se o zgradi od vitalne važnosti; na primjer: zgrade s nepokretnim ili slabo pokretnim korisnicima, bolnice, obrazovne ustanove, vatrogasne postaje, građevine interventnih službi itd.), položaj zgrade i opasnost za okolinu. Opažanja zabilježena u prethodnim dijelovima obrasca (A-H) treba sažeti i na temelju njih procijeniti sljedeće vrste rizika:

- konstruktivski rizik – odnosi se na stanje (tip konstruktivskoga elementa i razinu oštećenja) nosivih elemenata (vertikalnih i horizontalnih nosivih elemenata, ispunskoga ziđa koje sudjeluje u potresnoj otpornosti zgrade),
- nekonstruktivski rizik – odnosi se na stanje nenosivih elemenata (pregradni zidovi, crijep, dimnjaci, instalacije itd.) koji mogu biti opasnost kako za korisnike zgrade tako i prolaznike oko zgrade,
- vanjski rizik – uzrokovan mogućim djelomičnim ili potpunim rušenjem susjedne zgrade na predmetnu zgradu ili na prilaze predmetne zgrade,
- geotehnički rizik – odnosi se na stanje tla oko predmetne zgrade i njezinih temelja

Zahtijeva se da se dio obrasca I koji se odnosi na procjenu rizika uvijek ispunjava, pa čak i ako nema oštećenja ili u slučaju specifičnih povoljnih pokazatelja oštetljivosti (u tom se slučaju ispunjava procjena rizika Niski rizik).

Ovisno o procjeni rizika odabire se jedna od ponuđenih kategorija uporabljivosti zgrade (UPORABLJIVA bez ograničenja; UPORABLJIVA uz preporuku; PRIVREMENO NEUPORABLJIVA, za DETALJAN PREGLED; PRIVREMENO NEUPORABLJIVA, ali uz mjere hitne intervencije UPORABLJIVA; NEUPORABLJIVA zbog VANJSKIH UTJECAJA; NEUPORABLJIVA zbog OŠTEĆENJA). Moguće je odrediti privremenu neuporabljivost u slučaju potrebe za detaljnim pregledom uz pomoć specijaliziranih stručnjaka ili ako se jednostavnim mjerama hitne intervencije može postići zadovoljavajuća sigurnost, a zatim proglasiti zgradu uporabljivom.

Nakon donošenja ocjene treba navesti broj ljudi koje treba evakuirati i privremeno zbrinuti iz neuporabljivih zgrada.

Također, u dijelu J (tablica 10.) očekuje se prijedlog nužnih i/ili preporučenih mjera hitne intervencije (potrebna pridržanja konstrukcije, uklanjanje dimnjaka, crijepa, parapeta, ukrasa, rasute opeke, itd.), posebice u slučaju UPORABLJIVOSTI UZ PREPORUKU OGRANIČENJA ili PRIVREMENE NEUPORABLJIVOSTI.

U završnom dijelu obrasca (dio K) treba navesti sva dodatna opažanja i opisati slučajeve koji nisu obuhvaćeni kategorijama predviđenima u obrascu. U Zagrebu je bilo predviđeno šest mogućih ocjena uporabljivosti (naljepnice su pokazane na slici 4.), a neki od rezultata procjene uporabljivosti zgrada su prikazani na slici 5.

Opis oznaka odnosno ocjena uporabljivosti zgrada pokazan je građanima na stranici www.hcpi.hr, a korišten je i u nacrtu *Zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije i Zagrebačke županije* (NN 102/2020):

N1: Neuporabljivo – zbog vanjskih utjecaja

Zgrada je opasna zbog mogućnosti urušavanja masivnih dijelova susjedne zgrade (najčešće zabatni zidovi i masivni dimnjaci). Zbog takve opasnosti preporuka je da se nikako ne boravi u takvim zgradama (posebice s obzirom na veliki broj ponavljanja potresa).

Tablica 10. Obrazac za pregled građevina u hitnoj situaciji nakon potresa – dio J i K

J Prijedlog privremenih mjera hitne intervencije koje su ograničene (a) ili opsežne (b)					
(a)	(b)	Predložene mjere	(a)	(b)	Predložene mjere
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Učvršćenje elemenata primjenom čeličnih žica ili čeličnih profila i pvc ili karbonskih vlakana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uklanjanje ostalih vanjskih i unutarnjih elemenata
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Popravak blagih oštećenja ispuna i pregrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Popravak instalacija
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Popravak krovišta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zaštita prilaznog puta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Podupiranje izvana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zabrana prilaza građevini pomoću ograde
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Podupiranje iznutra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Monitoring građevine
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Podupiranje stepeništa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dodatni specijalistički pregled
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uklanjanje žbuke, obloge i spuštenih stropova	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ostalo*
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uklanjanje elemenata krova: crijepa, dimnjaka, parapeta			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uklanjanje elemenata fasade: vijenaca, parapeta, istaka			
K Ostala opažanja i napomene					
Datum:			Potpis voditelja radne skupine:		



Slika 4. Oznake kategorije upotrebljivosti građevina

N2: Neuporabljivo – zbog oštećenja

Zgrada ima velika oštećenja u nosivom sustavu, postoje urušavanja nosivih i nenosivih elemenata. Preporuka je da se ne ulazi i boravi u zgradi. To nužno ne znači da se zgrada mora rušiti - takve odluke se donose u sljedećim fazama.

PN1: Privremeno neuporabljivo – potreban detaljan pregled

Zgrada ima umjerena oštećenja bez opasnosti od urušavanja. Nosivost zgrade djelomično je narušena. Ne preporučuje se boravak u zgradi, odnosno građani u takvoj zgradi borave na vlastitu odgovornost. Kraći je boravak u zgradi moguć, uz savjete građevinskoga stručnjaka koji se odnose na potrebne mjere i ograničenje boravka (ovisno o opasnosti). Građevinski stručnjak daje preporuke za uklanjanje opasnosti.

PN2: Privremeno neuporabljivo – potrebne mjere hitne intervencije

Zgrada ima umjerena oštećenja bez opasnosti od urušavanja, ali ne može se upotrebljavati zbog potencijalne opasnosti urušavanja pojedinih elemenata sa same zgrade. Građevinski

stručnjak utvrđuje hitne mjere intervencije i daje upute korisnicima. Privremena neupotrebljivost može se odnositi samo na neke dijelove zgrade (potkrovlje, pojedini kat, stan itd.).

U1: Uporabljivo bez ograničenja

Zgrada se može upotrebljavati. Zgrada nema oštećenja ili ima mala oštećenja koja nisu opasnost za nosivost i uporabljivost zgrade.

U2: Uporabljivo s preporukom o postupanju

Zgrada se može upotrebljavati u skladu s predviđenom namjenom, osim u pojedinim dijelovima u kojima postoji neposredna opasnost za dio zgrade. Građevinski stručnjak daje preporuke za uklanjanje opasnosti (primjerice dimnjaka) i preporuke korisnicima za privremeno ograničavanje boravka u pojedinim dijelovima zgrade. Nakon uklanjanja opasnosti zgrada se može upotrebljavati bez ograničenja.

Ključno je uvijek imati na umu da je cilj procjene uporabljivosti oštećenih građevina utvrđivanje sigurnosti korištenja građevina

kako bi se prije svega zaštitili ljudski životi, ali i sačuvala imovina. Nakon potresa u Zagrebu oznake ("naljepnice") za zgrade su upotrebljavane za brojne različite potrebe gradskih i državnih institucija za koje nisu bile izvorno predviđene. Uz to, budući da će se brojni inženjeri kao prvom podlogom prilikom izrade projekata obnove koristiti oznakama o uporabljivosti zgrade, u ovom su poglavlju posebno istaknute, a detaljniji opis donošenja ocjene o uporabljivosti opisan je u nastavku.

3. Kategorizacija oštećenja i procjena uporabljivosti zgrade

Za procjenu oštećenja elemenata konstrukcije određuje se razina njihova oštećenja (engl. *damage severity, DS*), no treba inženjerski ocijeniti i rasprostiranje tih oštećenja (engl. *extent of damage*), zasebno za svaki smjer nosivoga sustava. Nakon toga se procjenjuje ukupna uporabljivost zgrade.

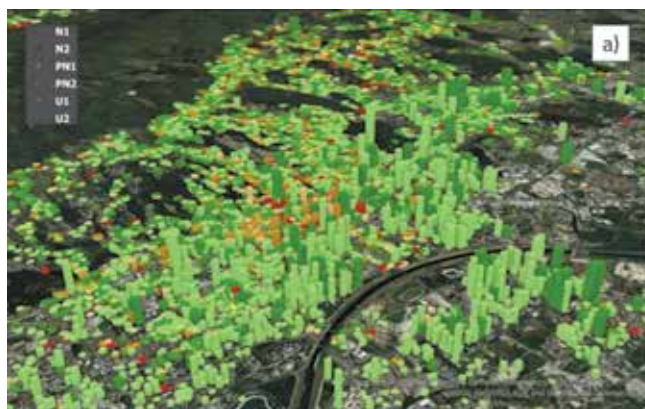
Smjernice za procjenu oštećenja na razini elemenata te ukupne procjene uporabljivosti dane su u ovom dijelu, dok su smjernice i kriteriji za procjenu oštećenja nosivih i nenosivih elemenata ovisno o gradivu konstrukcije u poglavljima 4. i 5., u kojima su pokazani i primjeri oštećenja s fotografijama. Uputa je svakako da se inženjerskom prosudbom odabere jedan od stupnjeva oštećenja, a smjernice, kriteriji i fotografije s primjerima služe samo kao orijentir za što objektivnije donošenje odluke o uporabljivosti zgrade.

Važno je napomenuti da je izvorni obrazac za pregled zgrada nakon potresa (poglavlje 2.) napravljen prema talijanskim iskustvima, prilagođenima za detaljne preglede zgrada. Kako su se nakon potresa u Zagrebu na terenu u prvoj fazi radili pregledi između ubrzanih i detaljnih pregleda, u praksi je uočen problem

da mnogi inženjeri na terenu nisu mogli za zgrade s klasifikacijom oštećenja II i III (tablica 11.) lako donijeti odluku je li zgrada uporabljiva ili nije, što su pokazala i talijanska iskustva [4]. Stoga su ovdje dodani kriteriji za procjenu razine oštećenja elemenata i donošenje ukupne procjene uporabljivosti prema grčkim iskustvima [5] koja su se pokazala konkretnija u fazi izvođenja pregleda i donošenja ukupne procjene uporabljivosti za zidane i armiranobetonske zgrade. Naime, grčki kriteriji sadrže detaljnije upute o tome koje širine pukotina, koji tip pukotina i na kakvim elementima mogu dovesti do neuporabljivosti dijela zgrade ili cijele zgrade, slika 6.

Kod starijih građevina, kojih je najveći broj oštećenih u centru grada Zagreba, tijekom životnoga vijeka moguće su česte promjene na konstrukciji, a postojeće oštećenje zapravo može biti rezultat niza utjecaja koji su postupno akumulirani. Stoga pri ocjeni uporabljivosti treba voditi računa o ukupnom trenutnom stanju konstrukcije. Znači, iako je zgradi smanjena otpornost u odnosu na stanje prije potresa, treba ocijeniti može li zgrada izdržati još jedan potres sličnoga intenziteta (ne potres prema suvremenim normama za projektiranje, jer bismo u tom slučaju primjerice cijeli Donji Grad mogli proglasiti CRVENIM).

Klasična podjela koja se najčešće navodi i često upotrebljava kao osnova za slične kategorizacije oštećenja i uporabljivost zgrade temelji se na već spomenutoj EMS-98 ljestvici pomoću koje se uobičajeno određuje i intenzitet potresnoga djelovanja. Primjeri podjele građevina u pet kategorija s obzirom na stupanj oštećenja i uporabljivost zgrade nakon potresa prikazani su u tablici 11. Tablica 12. daje shematski pregled stupnjeva oštećenja i najučestalijih odgovarajućih stanja konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata za zidane i armiranobetonske konstrukcije prema EMS-98 klasifikaciji, [3].




Slika 5. Rezultati procjene uporabljivosti zgrada nakon potresa u Zagrebu u ožujku 2020. godine: a) prikaz oštećenja stambenih i stambeno-poslovnih zgrada prema oznakama uporabljivosti (boje) i bruto razvijenoj površini (visina stupca) na perspektivnom prikazu karte Zagreba; b) uporabljivost zgrada u jednom bloku u Donjem gradu [6]

Tablica 11. Kategorije oštećenja prema EMS-98

Kategorija	Korištenje građevine	Opis	Primjeri
I	bez ograničenja	NEZNATNA NEKONSTRUKCIJSKA OŠTEĆENJA nema vidljivih oštećenja, manje pukotine na sekundarnim elementima; <i>ne ugrožava sigurnost korisnika zbog pada mogućih nekonstrukcijskih elemenata</i>	 
II	ograničeno korištenje	NEZNATNA KONSTRUKCIJSKA OŠTEĆENJA pukotine na zidu, oštećenja nekonstrukcijskih dijelova građevine, vlaknaste pukotine na nosivim ab elementima, nosivost konstrukcije nije ugrožena; moguće otpadanje pojedinih dijelova nekonstrukcijskih elemenata	 
III	privremeno ne koristiti	UMJERENA KONSTRUKCIJSKA OŠTEĆENJA velike i duboke pukotine na zidovima, pukotine i oštećenja stupova, nosivost djelomično smanjena, privremeno iseljenje, konstrukcijska sanacija	 
IV	ne koristiti	ZNAČAJNA KONSTRUKCIJSKA OŠTEĆENJA otvaraju se rupe i urušavaju zidovi, slom oko 40% konstrukcijskih komponenata, građevina je u opasnom stanju, zahtijeva se iseljenje, detaljna sanacija ili rušenje	 
V	ne koristiti	SLOM CJelokUPNE GRAĐEVINE veliki dio ili cijela građevina se urušila, rušenje i rekonstrukcija	 

Tablica 12. Stupnjevi oštećenja za zidane i ab zgrade prema EMS-98 klasifikaciji

Kategorija	Zidane zgrade		AB zgrade	
	Skica	Detaljan opis	Skica	Detaljan opis
I		<p>Neznatno do blago oštećenje - zanemarivo konstrukcijsko oštećenje, - blago nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Vrlo tanke pukotine u ponekim zidovima. Otpadanje malih komada žbuke. Vrlo rijetko otpadanje pojedinačnih odvojenih dijelova zida.</p>		<p>Neznatno do blago oštećenje - zanemarivo konstrukcijsko oštećenje, - blago nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Tanke pukotine u žbuki okvirnih elemenata ili zidova prizemlja. Tanke pukotine u pregradnim zidovima i ispuni.</p>
II		<p>Umjereno oštećenje - blago konstrukcijsko oštećenje, - umjereno nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Pukotine u brojnim zidovima. Otpadanje većih komada žbuke. Djelomično otkazivanje dimnjaka.</p>		<p>Umjereno oštećenje - blago konstrukcijsko oštećenje, - umjereno nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Pukotine u stupovima, gredama ili nosivim zidovima. Pukotine u pregradnim zidovima i ispuni. Otpadanje lomljive obloge i žbuke. Otpadanje morta iz sljubnica nenosivoga zida.</p>
III		<p>Značajno do teško oštećenje - umjereno konstrukcijsko oštećenje, - teško nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Velike, razvedene pukotine u većini zidova. Otpadanje crijepa. Otkazivanje dimnjaka u razini krova. Otkazivanja pojedinačnih nekonstruktivnih elemenata (pregradni, zabatni zidovi).</p>		<p>Značajno do teško oštećenje - umjereno konstrukcijsko oštećenje, - teško nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Pukotine u spojevima okvira u prizemlju i spojevima povezanih zidova. Otpadanje zaštitnoga sloja betona. Izvijanje šipaka armature. Velike pukotine u pregradnim zidovima i ispuni, te pojedinačno otkazivanje.</p>
IV		<p>Vrlo teško oštećenje - teško konstrukcijsko oštećenje, - vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Znatno otkazivanje zidova. Djelomično otkazivanje konstrukcija krovova i međukatnih konstrukcija.</p>		<p>Vrlo teško oštećenje - teško konstrukcijsko oštećenje, - vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Velike pukotine u konstrukcijskim elementima uz otkazivanje betona u tlaku. Lom i proklizavanje armature. Naginjanje stupova, otkazivanje nekoliko stupova i cijeloga gornjeg kata.</p>
V		<p>Rušenje - vrlo teško konstrukcijsko oštećenje.</p> <p>Potpuno ili gotovo potpuno rušenje.</p>		<p>Rušenje - vrlo teško konstruktivno oštećenje.</p> <p>Rušenje prizemlja ili dijelova konstrukcije.</p>

Stanja oštećenja elementa prema grčkim kriterijima [5] po razini (1-4) i rasprostranjenosti oštećenja (1-4) približno odgovaraju bojama prema kategorijama oštećenja iz hrvatskih obrazaca, kao što je prikazano na slici 5. Kod određivanje ocjene oštećenja na razini elemenata prema grčkim kriterijima prvo se određuje tip konstrukcijskoga elementa te se na temelju razine oštećenja i rasprostiranja oštećenja određuje ukupna ocjena uporabljivosti. Ovisno o vrsti konstrukcije (zidana ili ab konstrukcija), u poglavljima 4 i 5 dane su smjernice za utvrđivanje razine oštećenja pojedinih konstrukcijskih elemenata. Kod tipa konstrukcijskih elemenata A (stupovi, grede, spojevi greda i stupova, zidovi od betona i opeke) problem pri donošenju ocjene uporabljivosti tipovi su elemenata koji imaju razinu oštećenja 2 ili 3 (tablica 13.). U tom je slučaju vrlo važno odrediti rasprostiranje tih oštećenja. Ako je za razinu oštećenja 2 rasprostiranje oštećenja kategorije 1 ili 2 (oštećeno jedan, dva ili tri elementa u kritičnom smjeru u jednom katu), zgrada može dobiti ocjenu uporabljiva, a ako je rasprostiranje oštećenja kategorije 3 ili 4 (nekoliko do više ili većina elemenata u kritičnom smjeru po katu), zgrada dobiva ocjenu neuporabljiva ili privremeno neuporabljiva u cijelosti ili djelomično. Za razinu oštećenja 3 dovoljno je rasprostiranje oštećenja kategorije 2 da bi zgrada bila u cijelosti ili djelomično neuporabljiva.



Slika 6. Ocjena oštećenja elemenata – boje prema kategorijama oštećenja iz hrvatskih obrazaca u usporedbi s talijanskim i grčkim kriterijima

Tablica 13. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti za tip konstrukcijskih elemenata A

A. Stupovi, grede, spojevi greda i stupova, zidovi od betona i opeke	Razina oštećenja	Rasprostiranje oštećenja
	1, 2	1, 2
	2	3, 4
	3	2
	3	3, 4
	4	2, 3, 4

Tablica 15. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti za tip konstrukcijskih elemenata B.2

B.2 Omeđeno zide	Razina oštećenja	Rasprostiranje oštećenja
	1, 2	1, 2, 3, 4
	3	2
	3	3, 4
	4	2
	4	3, 4

Tablica 14. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti za tip konstrukcijskih elemenata B.1

B.1 Stubište	Razina oštećenja	Rasprostiranje oštećenja
	1, 2	1, 2
	2	3, 4
	3	2
	3	3, 4
	4	2, 3, 4

Tablica 16. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti za tip konstrukcijskih elemenata B.3

B.3 Parapeti, krov, dimnjaci	Razina oštećenja	Rasprostiranje oštećenja
	1, 2	1, 2
	2	3, 4
	3	2
	4	2, 3, 4

Tablica 17. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti s obzirom na vertikalnost zgrade

C. Vertikalnost zgrade	Razina oštećenja
	1, 2
	3
	4

Tablica 18. Kriterij za donošenje ocjene uporabljivosti s obzirom na probleme s tlom

D. Problemi s tlom	Razina oštećenja
	1
	2, 3, 4

Tablica 19. Kriterij za ukupnu ocjenu uporabljivosti u slučaju prisutnosti oštećenja različitih tipova konstrukcijskih elemenata prema grčkim kriterijima [5]

	Kategorija elemenata				Ocjena oštećenja po elementima	Ukupna ocjena zgrade
	A	B.1	B.2	B.3		
1	A	B.1	B.2			
2	A	B.1	B.2	B.3		
		A	B			
3		C	D			
		A	B			
4		C	D			
	A	B.1	B.2	B.3		PREPORUKA
	C	D				
6	A	B.1	B.2	B.3		

B.1, ali s iznimkom za dimnjake koji mogu imati razinu oštećenja 4 (rušenje ili znatno otkazivanje dimnjaka), a da u konačnosti zgrada bude uporabljiva (tablica 16.).

Vertikalnost zgrade (tablica 17.) i problemi s tlom (tablica 18.) vrlo su važni kriteriji. Kod vertikalnosti zgrade treba provjeriti razinu oštećenja, jer visoke razine oštećenja upućuju na neuporabljivost zgrade.

Ukupna ocjena uporabljivosti zgrade uzima u obzir ocjenu oštećenja po elementima. U tablici 19. dani su kriteriji prema grčkim iskustvima [5] za ukupnu ocjenu s obzirom na razine oštećenja različitih tipova konstrukcijskih elemenata.

Ako je bilo koji tip konstrukcijskih elemenata A, B.1 ili B.2 klasificiran crvenom bojom, ukupna ocjena uporabljivosti zgrade bit će također crvena, odnosno zgrada će dobiti ocjenu NEUPORABLJIVA zgrada zbog oštećenja. Ako su ti elementi klasificirani žutom ocjenom oštećenja, tada je i ukupna ocjena uporabljivosti zgrade djelomična uporabljivost ili privremena neuporabljivost, bez obzira na to što tip elemenata B.3 (krov, parapet ili dimnjak) ima zelenu ocjenu oštećenja.

Ako tip konstrukcijskoga elementa A i/ili B ima zelenu ocjenu oštećenja, a vertikalnost zgrade ili problemi s tlom upućuju na visoku razinu oštećenja, zgrada će dobiti ukupnu ocjenu uporabljivosti privremeno neuporabljiva ili neuporabljiva u potpunosti. Isto tako, ako tip konstrukcijskoga elementa A i/ili B ima žutu ocjenu oštećenja, a vertikalnost zgrade i/ili problemi s tlom upućuju na visoku razinu oštećenja, zgrada će dobiti ocjenu neuporabljiva.

Kao što je već ranije spomenuto, ako su tipovi konstrukcijskih elemenata A, B.1 ili B.2 te C i D klasificirani zelenom bojom, a tip elemenata B.3 (krov, parapet ili dimnjak) ima žutu ili crvenu

ocjenu oštećenja, zgrada može dobiti ocjenu uporabljiva zgrada s preporukom.

U tablici 20. prikazana je klasifikacija uporabljivosti zgrade prema grčkim kriterijima [5] ovisno o ocjeni oštećenja zgrade. Iako je do sada opisan postupak procjene oštećenja i uporabljivosti zgrade, bitno je istaknuti neke ključne korake pri tome. Prilikom ocjene oštećenja u postupku donošenja ukupne procjene uporabljivosti potrebno je obratiti posebnu pozornost na sljedeće:

- Kada su u pitanju lokalna nekonstrukcijska oštećenja (dimnjak, pokrov, ispuna itd.) koja su niski rizik za zgradu, što upućuje na uporabljivu zgradu, treba obvezno dati PREPORUKU za postupanje i upozoriti korisnike zgrade.
- Treba odrediti rasprostiranje oštećenja elemenata u cijelom katu (svaki smjer zasebno).
- Kritična širina pukotine za zide iznosi oko 3 (5) mm te pritom treba paziti da se to odnosi na nosivi element, a ne na žbuku.
- Kod omeđenoga zida prvo ocijeniti stanje ispune koja u takvom mješovitom sustavu uglavnom prva otkáže, a nakon toga i serklaže. Često je zide oštećeno, a serklaži nisu.
- Paziti na odvajanje zabatnih zidova i zidova pročelja kod kojih je čest problem otklon i prevrtanje zida izvan vlastite ravnine.
- Procijeniti posljedice otkazivanja kritičnoga elementa te procijeniti rizik i robusnost konstrukcije.
- U procjenu uključiti vrstu međukatne konstrukcije (kruta, fleksibilna, svodovi, ...).
- Također uključiti i pravilnost konstrukcije, primjerice, stupove izdvojene u tlocrtu.
- Zgrade s više katova i one s više stanova uvijek su rizičnije.
- Konačno je najbitnija inženjerska prosudba.

Tablica 20. Ocjena uporabljivosti zgrade prema grčkim kriterijima ovisno o stupnju oštećenja

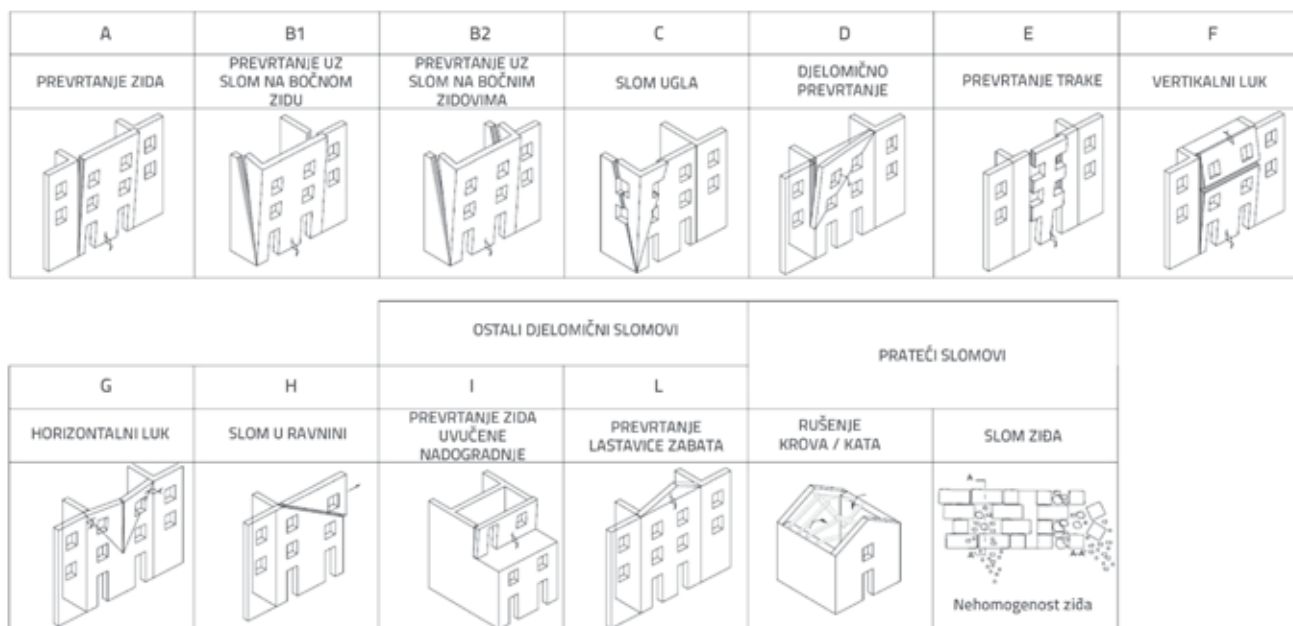
Klasifikacija	Stupanj oštećenja (važno: rasprostiranje oštećenja)	Uporabljivost
U - Uporabljiva građevina	1-2 = nema-neznatno	Uporabljivo – s mogućim ograničenjem i preporukom
<p>Pregled je pokazao da se prvotna potresna otpornost zgrade nije značajno smanjila i da nema većih opasnosti. Neprimjetna ili mala konstrukcijska oštećenja. Manja nekonstrukcijska oštećenja. U ovom slučaju uporaba je dopuštena, osim u područjima označenima s NESIGURNO PODRUČJE koja označavaju prisutnost nekih lokalnih opasnosti.</p> <p>Useljivo za razinu oštećenja 1-2 uz mali opseg oštećenja. Za opseg preko 30% nije uporabljivo.</p>		
PN - Privremeno neuporabljiva zgrada	2-3 = blago-umjereno	Neuporabljivo ili uporabljivo samo djelomično
<p>Prvotna potresna otpornost zgrade smanjena je i može postojati opasnost od naknadnoga potresa. Dopušten je privremen ulazak u zgradu na vlastitu odgovornost vlasnika, ali ne i zadržavanje u zgradi. Zabranjen ulazak javnosti. Treba popraviti i/ili ojačati oštećene i opasne dijelove zgrade te razmotriti potrebu za hitnim podupiranjem konstrukcije i dijelova zgrade.</p> <p>Nije useljiva za razinu oštećenja 3 čak i uz mali opseg oštećenja. Moguće i djelomično useljivo radi hitnih intervencija.</p>		
N – Neuporabljiva zgrada	3-4 = teško-vrlo teško	Neuporabljivo
<p>Zgrada je nesigurna zbog opasnosti od urušavanja. Došlo je do ozbiljnih konstrukcijskih oštećenja ili sloma dijelova konstrukcije zgrade. Osim nadležnim osobama i ovlaštenim osobama, ulazak je u zgradu zabranjen, a prilazne putove i okolno područje zgrade treba ograditi i osigurati. Odluka o mogućem popravku ili rušenju donosi se nakon inženjerske procjene</p> <p>Zabranjeno korištenje i boravak te je opasna za ulazak! Razina oštećenja 4.</p>		

4. Klasifikacija oštećenja za zidane konstrukcije

Za zidane zgrade u pravilu je svojstvena velika raznolikost pojedinih tipova konstrukcija s obzirom na primjenu raznovrsnih materijala, načina gradnje te horizontalnih i vertikalnih konstrukcijskih elemenata. Posebnu pozornost treba obratiti na stanje zidova, vrstu međukatne konstrukcije, lukove i svodove, na svojstva krovišta te na nekonstrukcijske elemente koji mogu biti opasnost.

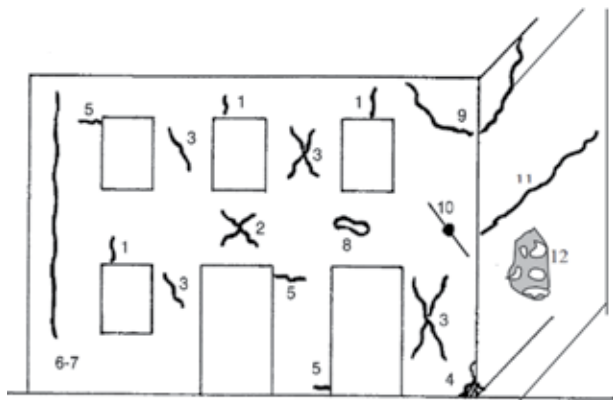
Na slici 7. pokazani su mehanizmi otkazivanja zidanih zidova (uglavnom izvan ravnine) kako bi se postojeće pukotine mogle povezati s mogućim uzrocima njihove pojave.

Prikazano je 8 osnovnih slomova zidova izvan ravnine i slom u ravnini. Nadalje, obuhvaćeni su i djelomični slomovi zidova uvučenih nadogradnji i lastavica zabata. Rušenja međukatnih konstrukcija i krovova mogu se shvatiti kao pripadajući slomovi, nastali zbog prethodno opisanih mehanizama otkazivanja. Pojava prvih 6 mehanizama (A-E) ovisi o stanju i tipu veze



Slika 7. Prikaz mehanizama otkazivanja zidanih zidova prema [7]

zidova pročelja i bočnih zidova. Kod mehanizma A dolazi do prevrtanja zida pročelja bez sudjelovanja bočnih zidova i obično se pojavljuje kad nema veze na spojevima zidova u dva smjera i međukatnim konstrukcijama ili je ona jako slaba. Mehanizmi B1 i B2 se pojavljuju umjesto mehanizma A kad je ta veza dovoljna da u prevrtanje uključi jedan ili oba bočna zida. Mehanizam nastaje otvaranjem dijagonalne pukotine u bočnim zidovima i horizontalnoga zgloba na pročelju. Tip C nastaje na uglovima u slučaju dobre veze zidova u dva smjera, no slabe kvalitete materijala u ravninama zidova. Dolazi ili do rotacije oko ugla ili se dvije dijagonalne pukotine šire prema rubu zidova što može zahvatiti velik dio oba zida. Mehanizam D može nastati umjesto mehanizma B1 kad je nejednolika veza na rubovima i slaba kvaliteta ziđa. Mehanizam E može biti uzrokovan pravilnim rasporedom otvora po vertikali i slabom vezom nadvoja, čime se stvara kontinuirana vertikalna pukotina. Mehanizam F događa se u slučaju slabe veze zida (inače male nosivosti oko osi usporedne s horizontalnim sljubnicama) s jednom od međukatnih konstrukcija, a pri solidnoj vezi zida s krovnom konstrukcijom i ostalim međukatnim konstrukcijama. Slom F može nastupiti i zbog linijskoga oslabljenja zida (na primjer "uštemavanje" ležaja novoj armiranobetonskoj ploči pri rekonstrukciji). Slom tipa G događa se u slučaju slabe povezanosti zida s međukatnom konstrukcijom uz istodobno malu nosivost na savijanje oko osi okomite na horizontalne sljubnice. Mehanizam tipa H slom je zida u ravnini kao posljedica prekoračenja posmične i vlačne čvrstoće, a zbog djelovanja sila od zida iz drugog smjera. Slom zidova uvučene nadogradnje u mehanizmu I posljedica je slaboga pridržanja zida u razini s krovnom konstrukcijom. Prevrtanje lastavice (mehanizam L) posljedica je izostanka pridržanja lastavice po vrhu zida (u kosim ravninama krova), odnosno nedostatne nosivosti takvoga konzolnog istaka zida na savijanje oko osi usporedne s horizontalnim sljubnicama. Krov se urušava zbog dotrajlosti, nedostatne mehaničke otpornosti na potresne sile, ali i zbog popuštanja (razmicanja) ležajeva, što se može dogoditi zbog nekoga od prethodno opisanih slomova zida. Lokalni slom ziđa, kao građiva, nastaje gotovo u pravilu zbog prekoračenja vlačne, odnosno posmične čvrstoće ziđa.



Slika 8. Shema pukotina na zidanoj konstrukciji prema EMS-98, [4]

Prema EMS-98 klasifikaciji [3] opisi pukotina prema shemi sa slike 8. navedeni se za pukotine na ziđu, a ne na žbuci (napomena: stupnjevi oštećenja koji su u prethodnom tekstu označeni rimskim brojevima I do V ovdje su zbog preglednosti označeni s D1 do D5):

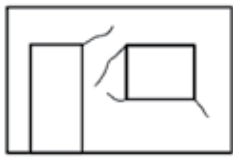
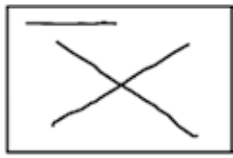
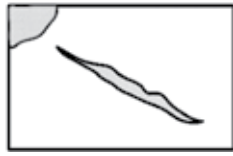
1. Približno vertikalna pukotina na nadvojima u blizini otvora. Razina D1 za manje, pri vrhu i dnu zidova, za otvorene pukotine koje upućuju na znatno odvajanje zida od nadvoja – D2, D3. Manje pukotine obično su uzrokovane lučnim djelovanjem i inducirane su prekoračenjem vlačne čvrstoće, no ako se protežu cijelom dužinom radi se o drugačijemu mehanizmu. Znatnije oštećenje (šire pukotine koje nemaju više lokalni karakter, odvajanje izvan ravnine, spajanje s drugim oštećenjima itd.) – D4, D5.
2. Dijagonalne pukotine u nadvojima. Razina D1 za manje pukotine upućuje na prekoračenje posmične čvrstoće (D2, D3), ali zbog male širine pukotina odvija se prijenos sila trenjem. Za otvorene pukotine s vidljivim dislokacijama – D2, D3. U slučaju vrlo male dislokacije i ograničenoga pružanja oštećenja konstrukcijski je rizik malen, ali u suprotnom slučaju treba se smatrati visokim (D4, D5).
3. Dijagonalne pukotine na vertikalnim elementima (vertikalni zidovi između otvora). Razina D1 za manje pukotine upućuje na prekoračenje posmične čvrstoće (D2, D3), ali zbog male širine pukotina odvija se prijenos sila trenjem. Za otvorene pukotine s vidljivim dislokacijama – D2, D3. U slučaju vrlo male dislokacije i ograničenog pružanja oštećenja konstrukcijski rizik je malen, ali u suprotnom slučaju treba se smatrati visokim (D4, D5).
4. Lokalno drobljenje ziđa sa odvajanjem materijala ili bez njega. Razina D1 su uočljive pukotine manje od 1 mm koje upućuju na lokalno drobljenje ziđa s pucanjem morta ili opeke bez odvajanja materijala. Na mjestima gdje je to moguće preporuča se ukloniti žbuku kako bi se bolje ispitaio ovaj tip oštećenja. Srednja veličina ovih pukotina može upućivati na otkazivanje zbog drobljenja, krhki lom, a može narušiti nosivost za vertikalna djelovanja, stoga, ako je znatna i koncentracija vertikalnoga opterećenja, pogotovo kod građevina s više katova, konstrukcijski rizik je vrlo visok (D4, D5).
5. Približno horizontalne pukotine na vrhu i na dnu zidova između otvora. Razina D1 za manje pukotine, za otvorene pukotine razine D2, D3. Većina ovih pukotina nastaje zbog lokalne koncentracije naprezanja uz kutove otvora. Značajnije oštećenje (šire pukotine koje više nemaju lokalni karakter, odvajanje izvan ravnine itd.) – D4, D5.
6. Pukotine koje nastaju zbog odvajanja na spoju okomitih zidova sa srednje dubokim pukotinama (djelomično odvajanje). Na razini D1 otkazivanje je tek na početku, a širina pukotine mala. Veće i dulje pukotine mogu upućivati na otkazivanje veze između zidova. Ovdje treba obratiti pozornost na postojanje veze s drugim zidovima i pločama: ako ih nema, jače odvajanje može dovesti do prevrtanja zida, pa je vrlo visoki konstrukcijski rizik (D4, D5). Obično treba poduzeti odgovarajuće mjere kako ne bi došlo do mogućega urušavanja.

7. Isto kao 6, ali s dubokim pukotinama (potpuno odvajanje). Na razini D1 otkazivanje je tek na početku, a širina pukotine mala. Kod većih i duljih koje upućuju na otkazivanje veze između zidova razine D2, D3. Ovdje treba obratiti pozornost na postojanje veze s drugim zidovima i pločama: ako ih nema, jače odvajanje može dovesti do prevrtanja zida, pa predstavlja vrlo visoki konstrukcijski rizik (D4–D5). Obično treba poduzeti odgovarajuće mjere kako ne bi došlo do mogućeg urušavanja.
8. Pukotine koje obično nastaju od lokalnoga pritiska drvenih greda, potpora itd. Ako se radi o manje primjetnim oštećenjima, može se pretpostaviti da rubni uvjeti kao niti kapacitet zida nisu znatno promijenjeni (D1). Ove se pukotine mogu smatrati umjerenim do znatnim oštećenjem ako su ležajevi elemenata pomaknuti tako da mogu uzrokovati dodatni lokalni pritisak ili ako je reducirana nosivost zida povezana s odvajanjem dijelova (D2, D3). Znatnije oštećenje ležajeva s pukotinama koje više nisu lokalizirane treba uzeti u viši razred oštećenja (D4, D5).
9. Ovaj oblik oštećenja u gornjem dijelu građevine obično nastaje zbog nedostatka odgovarajućih veza (greda, zatega, veznih prstena itd.). Aktivira se mehanizam klizajućega klina na spoju okomitih zidova, a otkazivanje se može proširiti i na donje katove. Ako je otkazivanje lokalno s malim pukotinama, može se smatrati da nije opasno (D1), međutim važno ih je naznačiti radi mogućega širenja zbog drugih potresa. Kod viših razreda oštećenja (D2, D3) jasno se može uočiti klin koji ima mogućnost odvajanja i treba ga poduprijeti. Ako postoje evidentne dislokacije koje upućuju na početno klizanje klina, konstrukcijski rizik treba se smatrati visokim (D4, D5).
10. Otkazivanje zatega ili veza. Smatra se manjim oštećenjem ako su vidljive znatne deformacije bez plastifikacije i mjesta sidrenja bez pukotina.
11. Horizontalne pukotine u razini katova ili u razini potkrovlja. Horizontalne pukotine na spojevima s vrlo malim pomakom upućuju na klizanje na površinama između zida i ploče (ili krova) manje razine oštećenja D1. Pukotine s dislokacijama od nekoliko mm upućuju na ozbiljno klizanje između stropova i zidova (D2, D3). Često je ovaj slučaj oštećenja lokaliziran u razini potkrovlja. Ako je pomak veći od nekoliko mm i uzrokovan dodatnim potiskom od krova, može se proglasiti visokim konstrukcijskim rizikom (D4, D5).
12. Odvajanje slojeva opeke kod dvoslojnoga ziđa.

U tablici 21. prikazane su razine oštećenja prema [5] s 4 razine oštećenja za zidane zgrade te je dodana granica uporabljivosti zgrade u odnosu na rasprostiranje oštećenja. Treba naglasiti da ovdje ta granica nije točno definirana i ponovno se napominje da je kod slučajeva razine oštećenja 2 i 3 vrlo važna inženjerska prosudba.

U nastavku su prikazani primjeri oštećenja preuzeti iz različitih izvještaja nakon potresa u Italiji (tablice 22.–24.) i u Zagrebu (tablica 25.) s napomenom da se stupnjevi oštećenja odnose na cijelu zgradu (obuhvaćaju i rasprostranjenost oštećenja što najčešće nije vidljivo iz priloženih fotografija).

Tablica 21. Razine oštećenja za zidane konstrukcije prema [5]

Razina oštećenja	Opis	Skica oštećenja
1 nema	Vlaknaste pukotine u pregradnim zidovima vidljive samo s jedne strane zida.	
Granica uporabljivosti – opseg oštećenja u katu i u pojedinom smjeru nosivosti takav da obuhvaćaju oko 60% zidova		
2 blago	<ul style="list-style-type: none"> - Manje pukotine u nosivim zidovima koje se šire iz uglova nekoliko otvora ($d \leq \sim 3\text{mm}$). - Male pukotine u pregradnim zidovima vidljive s obje strane zida ($d \leq \sim 3\text{mm}$). - Dijelovi žbuke koji padaju sa stropova i zidova. Padanje pojedinih crijepova. 	
Granica uporabljivosti – opseg oštećenja u katu i u pojedinom smjeru nosivosti takav da obuhvaćaju oko 30% zidova		
3 umjereno do teško	<ul style="list-style-type: none"> - Dijagonalno raspucavanje nosivih zidova ($d < \sim 5\text{ mm}$), ali ne tolikog razmjera da bi dovelo do potpunoga otkazivanja nosivosti zida. - Znatno raspucavanje pregradnih zidova ($d > \sim 3\text{ mm}$). - Pomicanje i/ili potpun slom dimnjaka, parapeta ili krova. - Pomicanje, odvajanje ili lokalno otkazivanje oslonaca krova ili oslonaca međukatne konstrukcije. - Lokalna, teška oštećenja u nekom dijelu zgrade. 	
4 vrlo teško	<ul style="list-style-type: none"> - Nosivi zidovi s otvorenim pukotinama ($d > \sim 5\text{ mm}$) vidljivim s obje strane zida. - Djelomično ili potpuno otkazivanje i odvajanje nosivih zidova međukatne konstrukcije i/ili krova. - Bilo koja vrsta oštećenja koja upućuje na ozbiljnu opasnost ili rušenje. 	







Tablica 22. Primjeri oštećenja zidanih konstrukcija – stupanj I (prema EMS-98)

I	Dijagonalne pukotine između otvora i vertikalne pukotine u zidovima	Vertikalne pukotine u uvučenom kutu	Vertikalne i dijagonalne pukotine između otvora
			
	Cavezzo, Modena 2012. [8]	Tortora, Cosenza 1998. [2]	Mirandola, Modena 2012. [8]
I	Vertikalne i dijagonalne pukotine u nadvoju	Dijagonalne pukotine između otvora	Pukotine na rubovima otvora
			
	Coreggio, Reggio Emilia 1996. [2]	Novi di Modena, Modena 2012. [8]	Casumaro, Ferrara 2012. [8]

Tablica 23. Primjeri oštećenja zidanih konstrukcija – stupanj II do III (prema EMS-98)

II - III	Vertikalne pukotine u zidovima	Pukotina po sredini svoda	Pukotina i odvajanje kuta ispod krovništva
			
	Finale Emilia, Modena 2012. [9]	Centò, Emilia 2012. [9]	Cerqueto, Perugia 1998. [2]
II - III	Unutarnja pukotina i odvajanje zidova	Dijagonalne pukotine u zidovima	Slom vijenca na uglu
			
	Tortora, Cosenza 1998. [2]	Moglia, Mantova 2012. [8]	Concordia, Modena 2012. [8]
















Tablica 24. Primjeri oštećenja zidanih konstrukcija – stupanj IV do V (prema EMS-98)

	Djelomični slom krovišta i gornjega kata	Slom kuta ispod krovišta	Slom mekoga kata
IV-V			
	San'Antonio Mercadello, Modena 2012. [8]	Cento, Emilia 2012. [2]	Finale Emilia, Modena 2012. [10]
	Otkazivanje luka	Djelomični slom gornjih katova	Slom stupa
IV-V			
	Mirabello, Ferrara 2012. [8]	Sant'Agostino, Ferrara 2012. [11]	Sant'Agostino, Ferrara 2012. [11]
















Tablica 25. Primjeri oštećenja s opisima tipova pukotina zidanih konstrukcija u Zagrebu [12]

		
I: vertikalne (tip 1) i kose pukotine u nadvoju	I: dijagonalne pukotine u konstrukcijskim zidovima (tip 3)	I: pukotine u stropu
		
I: dijagonalne pukotine u zidovima (tip 3)	I: vertikalne pukotine u parapetima (tip 1)	I: blago oštećenje stubišta











Tablica 25. Primjeri oštećenja s opisima tipova pukotina zidanih konstrukcija u Zagrebu [12] - nastavak

		
I-II: vertikalne pukotine uzduž spoja dva ortogonalna zida (tip 6)	I-II: dijagonalne pukotine u veznim gredama (tip 2)	I-II: vertikalne i dijagonalne pukotine u zidovima
		
I-II: dijagonalne pukotine u nadvojima (tip 2)	I-II: vertikalne pukotine uzduž spoja dva ortogonalna zida (tip 6) i horizontalne pukotine na spoju stropa i zida	I-II: dijagonalne pukotine u parapetima (tip 2)
		
II: oštećenje luka u tjemenu	II-III: široka pukotina s odvajanjem	II-III: dugačke vertikalne (tip 1) i dijagonalne (tip 3) pukotine; gotovo horizontalne pukotine (tip 11) u razini potkrovlja
		
II-III: odvajanje zidova (6)	II-III: oštećenje stropne konstrukcije, pukotine po sredini	II-III: oštećenje stropne konstrukcije, pukotine po sredini
		
III: dijagonalne (tip 3) i horizontalne pukotine u razini stropa (tip 11)	III: pukotine po sredini stropa, raslojavanje strukture	III: široke spojene pukotine i izbacivanje dijela zida izvan ravnine

Tablica 25. Primjeri oštećenja s opisima tipova pukotina zidanih konstrukcija u Zagrebu [12] - nastavak

		
III: dijagonalna pukotina зида (tip 3)	III: značajno oštećenje konzolnog stubišta	III: ozbiljne vertikalne pukotine (tip 7), Inicijalno odvajanje fasade
		
III-IV: dugačka dijagonalna pukotina (tip 3) bez dislokacije	III-IV: vrlo ozbiljne i rasprostranjene dijagonalne pukotine (tip 3), inicijalno odvajanje zidova	III-IV: dijagonalna pukotina зида (tip 3)
		
III-IV: ozbiljna oštećenja nadvoja, mogućnost rušenja	IV: djelomično urušavanje višeslojnoga зида zbog većega odvajanja unutarnjega sloja (tip 12)	IV: vrlo ozbiljna oštećenja stubišta (konzolno stubište)
		
IV: široke pukotine na spoju zidova koje prolaze kroz strop, odvajanje zidova	IV: odvajanje izvan ravnine	IV: dijagonalne pukotine (tip 3) i odvajanje izvan ravnine
		
IV: dijagonalne pukotine (tip 9) i odvajanje izvan ravnine	IV: dijagonalne pukotine (tip 3) i odvajanje izvan ravnine	IV: odvajanje izvan ravnine

Tablica 25. Primjeri oštećenja s opisima tipova pukotina zidanih konstrukcija u Zagrebu [12] - nastavak

		
<p>IV: dijagonalne pukotine duž cijelog zida uz dislokaciju zida (tip 3)</p>	<p>IV: široka horizontalna pukotina u razini stropa (tip 11) i otklon zida izvan ravnine</p>	<p>IV-V: parcijalno otkazivanje зида i krova</p>
		
<p>IV-V: parcijalno otkazivanje зида na mjestu nepravilnosti u tlocrtu i visini</p>	<p>IV-V: parcijalno otkazivanje зида</p>	<p>IV-V: dijagonalne pukotine na zidu</p>
		
<p>IV-V: odvajanje zabatnog zida i njegovo naginjanje</p>	<p>IV-V: Rušenje dijela zabatnog zida i otklon ostatka zida</p>	<p>IV-V: otkazivanje nadvoja i dijela krovne konstrukcije</p>
		
<p>IV-V: rušenje dijela zabatnog zida i otklon ostatka zida</p>		




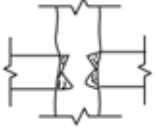



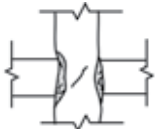



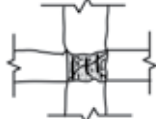
5. Klasifikacija oštećenja za AB konstrukcije

U gradu Zagrebu mnoge zgrade s konstrukcijom od armiranoga betona nakon potresa u Zagrebu nisu pretrpjele znatnija oštećenja, no neke su od njih ipak oštećene ili su oštećeni dijelovi zidanih zgrada elementi kojih su izvedeni od armiranoga betona, primjerice dogradnje izvedene od armiranoga betona. Isto tako,

kod konstrukcija zgrada izvedenih kao armiranobetonski okviri s ispunama od ziđa osim konstrukcijskih elemenata od armiranoga betona treba odrediti klasifikaciju oštećenja ispunskoga ziđa.

U tablicama 26. i 27. razine su oštećenja s opisima tipičnih oštećenja za armiranobetonske konstrukcije, a kasnije slijede primjeri tipičnih oštećenja s obzirom na razine oštećenja i njihovo rasprostiranje (tablice 28. do 31.).







Tablica 26. Razina oštećenja u armiranobetonskim nosivim elementima prema [5]

Razina oštećenja	AB STUPOVI	AB ZIDOVI	AB GREDE	AB ČVOROVI
1 = nema	Vlaknaste pukotine u mortu Lagano ljuštenje betona	Nema vidljivih pukotina	Vlaknaste pukotine u mortu	
Granica uporabljivosti – opseg oštećenja u katu i u pojedinom smjeru nosivosti takav da obuhvaćaju oko 60% zidova				
2 = blago	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} \leq 2 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq 0,5 \text{ mm}$ ljuštenje betona 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} \leq 1 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq 0,5 \text{ mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{vert}} \leq 2 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq 0,5 \text{ mm}$ ljuštenje betona 	<ul style="list-style-type: none"> ljuštenje betona u uglovima čvora 
Granica uporabljivosti – opseg oštećenja u katu i u pojedinom smjeru nosivosti takav da obuhvaćaju oko 30% zidova				
3 = umjereno do teško	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} \leq 5 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq 2 \text{ mm}$ djelomično materijalno odvajanje betona 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} \leq 3 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq 1 \text{ mm}$ ljuštenje betona. 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{vert}} \leq \sim 4 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} \leq \sim 2 \text{ mm}$ znatno ljuštenje i drobljenje betona 	<ul style="list-style-type: none"> ljuštenje betona kose pukotine $d \leq \sim 2 \text{ mm}$ 
4 = vrlo teško	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} > 5 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} > 2 \text{ mm}$ znatno materijalno odvajanje betona izvijanje uzdužne armature 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{horiz}} > 5 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} > 2 \text{ mm}$ materijalno odvajanje betona 	<ul style="list-style-type: none"> $d_{\text{vert}} > 4 \text{ mm}$ $d_{\text{diag}} > 2 \text{ mm}$ izvijanje armature 	<ul style="list-style-type: none"> dijagonalne pukotine $d_{\text{diag}} > 2 \text{ mm}$ materijalno odvajanje betona. 
Oznake: d_{diag} → dijagonalne pukotine (pod kutom u odnosu na os elementa) $d_{\text{horiz}}, d_{\text{vert}}$ → horizontalne i vertikalne pukotine (pod kutom u odnosu na os elementa)				

Tablica 27. Opis oštećenja u nekonstrukcijskim elementima armiranobetonske konstrukcije po razinama oštećenja prema [5]

Razina oštećenja	STUBIŠTE	ISPUNSKO ZIĐE	DIMNJACI I PARAPETI KROVA	NAGIB ZGRADE
1 = nema	Vlaknaste pukotine u žbuci	Vlasaste pukotine u žbuci	Nema	Nema
2 = blago	$d < 3$ mm Ljuštenje betona.	Male pukotine $d < 3$ mm ograničene duljine.	Raspucavanje ili djelomično otkazivanje dimnjaka i parapeta. Klizanje ili padanje crijepova s krova.	Jedva vidljiv otklon.
3 = umjereno do teško	$3 \text{ mm} < d \leq 10 \text{ mm}$ Izloženost armature.	Velike dijagonalne ili ostali tipovi pukotina koje se protežu cijelom površinom elementa ($d > 3$ mm). Odvajanje od rubnih elemenata.	Pomak ili djelomično rušenje dimnjaka i parapeta. Dislokacija crijepova krova. Lokalno oštećenje krova.	Mali otklon. Zaostali pomaci nosivih elemenata.
4 = vrlo teško	$d > 10$ mm Materijalno odvajanje betona. Zaostali pomaci.	Velike pukotine vidljive na obje strane elementa. Materijalno odvajanje. Djelomično ili potpuno rušenje.	Rušenje dimnjaka i parapeta. Znatno klizanje krova. Djelomično ili potpuno rušenje krova.	Znatan otklon. Zaostali pomaci nosivih elemenata.

Tablica 28. Primjeri oštećenja armiranobetonskih konstrukcija – stupanj I (prema EMS-98)

-	Oštećenje žbuke ispunškoga ziđa	Pukotine u fasadnoj opeci	Oštećenje žbuke zidova
			
	L'Aquila, Abruzzo 2009. [13]	Mirandola, Modena 2012. [8]	Cavezzo, Modena 2012. [8]
-	Pukotine u fasadnoj opeci	Oštećenje žbuke između otvora	Naglašena dilatacija
			
	Coreggio, Reggio Emilia 1996. [2]	Finale Emilia, Modena 2012. [8]	Mirandola, Modena 2012. [8]

Tablica 29. Primjeri oštećenja ab konstrukcija – stupanj II do III (prema EMS-98)

II - III	Otpadanje stropne obloge	Pukotina po duljini stupa	Oštećenje ispunškoga zida
			
	Moglia, Mantova 2012. [8]	Finale Emilia, Modena 2012. [9]	Mirandola, Modena 2012. [11]
II - III	Oštećenje ispunškoga zida	Pukotine u fasadnoj oblozi i otpadanje žbuke	Oštećenje stupa
			
	Mirandola, Modena 2012. [8]	Mirandola, Modena 2012. [11]	Novi di Modena, Modena 2012. [9]

Tablica 30. Primjeri oštećenja ab konstrukcija – stupanj IV do V

IV - V	Otkazivanje spoja stupa i grede	Otkazivanje zida	Slom mekoga kata
			
	Lauria, Basilicata 1998. [2]	Mirandola, Modena 2012. [8]	L'Aquila, Abruzzo 2009. [13]
IV - V	Otkazivanje stupa	Potpuni slom okvirne konstrukcije	Otkazivanje grede
			
	Cavezzo, Modena 2012. [9]	Sant'Agostino, Ferrara 2012. [7]	Finale Emilia, Modena 2012. [10]

Tablica 31. Primjeri oštećenja ab konstrukcija u Zagrebu [12]

		
I-II: oštećenje spoja grede i stupa i ljuštenje betona	II-III: oštećenje stubišta, pukotina po širini do armature, (provjeriti stanje armature)	III: ljuštenje betona i raslojavanje u stupu; vertikalne i kose pukotine
		
III-IV: pukotine zbog posmika i uzdužne sile u stupu	IV-V: vrlo teško oštećenje stuba	IV-V: vrlo teško oštećenje stupa, izvijanje armature

6. Zaključak

Jedna od velikih potreba prilikom pregleda zgrada bile su baze podataka, a posebno one koje bi uključivale podatke o konstrukcijskim svojstvima građevina. U budućnosti je ključno prilagoditi obrasce za preglede karakterističnim tipovima konstrukcija, a posebno s bazama podataka koje bi osiguravale takve podatke. Općenito su baze podataka gorući problem u Hrvatskoj, a niti potencijalni službeni izvori nisu sistematizirani i povezani, a najčešće nisu održavani, nadopunjeni ili osuvremenjeni. Trenutačno ne postoje niti podaci o broju zgrada, a kamoli o tlocrtnim mjerama, presjecima, materijalu izvedbe, namjeni i slično. Postoje ograničeni podaci o stambenim jedinicama dobiveni iz popisa stanovništva, a unatoč brojnim poticajima podaci o zgradama nisu uključeni u novi popis stanovništva, predviđen za 2021. godinu. Takvi su podaci ključni za tvorbu kvalitetne baze podataka potrebne za procjene rizika, strateško promišljanje, ali i preglede oštećenih zgrada, [14]. Primjena digitalnih tehnologija i kvalitetne baze podataka osnova su na koju treba nadovezati razvoj obrazaca za preglede, jer bi se izbjegli mnogi uočeni problemi. Nakon potresa u Zagrebu prvo su pokrenuti inicijalni/brzi preglede zgrada, organizirani volonterski, a bili su prvenstveno usredotočeni na sigurnost odnosno uporabljivost zgrada. Ubrzo nakon potresa Ministarstvo kulture uspostavilo je usporedni sustav za pregled

kulturnih dobara po posebnim detaljnijim obrascima. Tri mjeseca nakon potresa pokrenut je i sustav za procjene šteta, propisan zakonima i pripadnom pravilniku (prethodno opisan), ali trebao je određene prilagodbe prije primjene. Dodatno, primijenjena metodologija procjena za brze/inicijalne preglede predviđala je i daljnje korake koji su trebali uključivati detaljne/inženjerske preglede, ali su političkom odlukom obuhvaćeni novim *Zakonom o obnovi*. Već su istaknuti obrasci za pregled mostova, također razvijeni u sklopu *Studije za saniranje posljedica potresa*, koji bi spadali u specijalističke preglede. Na to možemo nadodati da treba u sustav uključiti i ostale inženjerske građevine poput brana, nasipa, željezničkih prugu, cesta, obala, zrakoplovnih pista i slično. Također, nužno je obratiti pozornost i na cjevovode za vodu, kanalizaciju, energetske vodove i sve ostale vodove te instalacije bitne za funkcioniranje grada/države.

Također, sve te različite tipove građevina/pregleda treba unaprijed interno kategorizirati radi olakšane obrade podataka. Primjerice, nakon potresa u Zagrebu naknadno su se, uz pomoć studenata Građevinskoga fakulteta, pridodavali atributi povezani s namjenom poput obrazovne ustanove, zdravstvene ustanove, sportske građevine i slično.

Sve navedeno jasno ističe potrebu za usklađivanjem i sustavnim definiranjem sveobuhvatne metodologije koja bi sadržavala sve potrebne preglede i pripadne obrasce. Dodatni je probitak takvoga sustava to da bi olakšao edukaciju i maksimalno

iskoristio raspoložive stručnjake, a tome bi izrazito pridonijelo dobro postavljene baze podataka. Dodatno, u slučaju međunarodne pomoći, ključno je upoznati stručnjake s vrstama pregleda, karakterističnim konstrukcijskim tipovima na lokaciji i slično, što jedan sveobuhvatni sustav izrazito olakšava.

Navedeno je samo nekoliko aktivnosti koje je nužno napraviti, ali jasno se pokazalo da je ključno koordinirati i voditi organizaciju

pregleda oštećenja *centralno, iz institucije* koja se ne mora prilagođavati nastalim uvjetima i preusmjeravati djelatnike koji se inače bave nekim drugim aktivnostima. Bitno je imati profesionalce spremne za organizaciju i povezivanje svih sustava koji kontinuirano prate svjetska istraživanja u razvoju obrazaca i metodologije pregleda i koji se kontinuirano pripremaju na katastrofu koja se u Hrvatskoj može dogoditi svaki dan.

LITERATURA

- [1] Atalić, J., Krolo, J., Damjanović, D., Uroš, M., Sigmund, Z., Šavor Novak, M., Hak, S., Korlaet, L., Koščak, J., Duvnjak, I., Bartolac, M., Serdar, M., Dokoza, I., Prekupec, F., Oreb, J., Mušterić, B.: Studija za saniranje posljedica potresa, I-VII Faza, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2013-2019.
- [2] Dipartimento della Protezione Civile (DPC), Presidenza del Consiglio dei Ministri: Manuale per la compilazione della scheda di 1 livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES), Italija, 2008.
- [3] Grünthal G.: European Macroseismic Scale, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Vol. 15, 1998.
- [4] Baggio, C., Bernardini, A., Colozza, R., Corazza, L., Della Bella, M., Di Pasquale, G., Dolce, M., Goretti, A., Martinelli, A., Orsini, G., Papa, F., Zuccaro, G.: Field manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES), European Commission - Joint Research Centre - Institute for the Protection and Security of the Citizen, EUR22868, 2007.
- [5] Anagnostopoulos, S. A., Moretti, M., Panoutsopoulou, M., Panagiotopoulou, D., Thoma, T.: Post earthquake damage and usability assessment of buildings: further development and applications, Final report, European Commission - D.G. Environment, Civil Protection - EPP0, 2004.
- [6] Šavor Novak, M., Uroš, M., Atalić, J., Herak, M., Demšić, M., Baniček, M., Lazarević, D., Bijelić, N., Crnogorac, M., Todorčić, M.: Zagreb earthquake of 22 March 2020 – preliminary report on seismologic aspects and damage to buildings, GRAĐEVINAR, 72 (2020) 10, pp. 843-867, <https://doi.org/10.14256/JCE.2966.2020>
- [7] D'Ayala, D., Speranza, E.: An integrated procedure for the assessment of seismic vulnerability of historic buildings, 12th European conference on earthquake engineering, London, Velika Britanija, 2002.
- [8] Magenes, G., Bracchi, S., Graziotti, F., Mandirola, M., Manzini, C.F., Morandi, P., Palmieri, M., Penna, A., Rosti, A., Rota, M., Tondelli, M.: Preliminary damage survey to masonry structures after the May 2012 Emilia earthquakes, v.1. s
- [9] Ioannou, I., Borg, R., Novelli, V., Melo, J., Alexander, D., Kongar, I., Verrucci, E., Cahill, B., Rossetto T.: The 29th May 2012 Emilia Romagna Earthquake, EPICentre Field Observation Report, 2012.
- [10] Rossetto, T., Alexander, D., Verrucci, E., Ioannou, I., Borg, R., Melo, J., Cahill, B., Kongar, I.: The 20th May 2012 Emilia Romagna Earthquake, EPICentre Field Observation Report, 2012.
- [11] Decanini, L.D., Liberatore, D., Liberatore, L., Sorrentino, L.: Preliminary Report on the 2012, May 20, Emilia Earthquake, v. 1., 2012.
- [12] HCPI: Baza podataka s pregleda uporabljivosti zgrada, Hrvatski centar za potresno inženjerstvo, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, lipanj 2020.
- [13] Bursi O.S., Dusatti T., Pucinotti R.: A Reconnaissance Report, the April 6, 2009, L'Aquila Earthquake, Italy, 2009.
- [14] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M.: Seismic risk for Croatia: overview of research activities and present assessments with guidelines for the future, GRAĐEVINAR, 71 (2019) 10, pp. 923-947, <https://doi.org/10.14256/JCE.2732.2019>