



STRUČNA

ONLINE KONFERENCIJA:

POTRES I ODRŽIVA GRADNJA
TEHNIČKI ASPEKTI

1.7.2020.



CROATIA GREEN BUILDING COUNCIL

climate - energy - mobility

Utvrđivanje stanja zgrada nakon potresa i dokumentacija

Mihaela Zamolo

Hrvatski inženjerski savez

fibran[®]

 **MAPEI**[®]

 **DAIKIN**

YTONG

 **PlanRadar**



Uvod - jedinstvena

- **svaki potres JEDINSTVENA**, nepredvidiva, prirodna pojava
- uvijek različit po jačini, trajanju, oslobođenoj energiji
- ponašanje zgrada je dijelom predvidivo (oštećljivost)
 - konstrukcija, materijali, katnost, starost zgrade, propisi)
- **svaka zgrada JEDINSTVENA** (prije i nakon potresa)
- potres Zagreb: zidane zgrade iz raznog razdoblja građenja

potresna opasnost
seismic hazard

oštećljivost
vulnerability

potresni
seismic rizik

Zidane zgrade/konstrukcije

- građene **TRADICIONALNIM PRISTUPOM ILI „INŽENJERSKIM”**
- najstariji način građenja, najveći fond grada
- parametri koji utječu na ponašanje nisu jasno definirani
- ZAŠTO? karakteristike variraju – koncept, konstrukcija, materijali i kvaliteta građenja

- **OŠTEĆENA KONSTRUKCIJA**
- smanjen ili izgubljen kapacitet nosivosti, (kolaps/slom)
- pukotine, rušenja, odvajanje dijelova, naginjanje, izbacivanja iz ravnine zidova

Obnova – uklanjanje posljedica

- nema tipskog pristupa ili koncenzusa – odabir projektanta i investitora
- procjene stanja konstrukcije prije i nakon potresa
- **KRITERIJI:** konstrukcijski i ekonomski - vodeći brigu o izvornoj koncepciji (posebno zgrade kulturne baštine)
- **CILJ:** ostvariti potrebni nivo sigurnosti
- **ZAKON o obnovi:** Popravak nekonstrukcijskih i popravak i/ili pojačanje konstrukcijskih elemenata
- **PROPISI;** TPGK, eurokod 8, posebno HRN EN 1998-3

POPRAVAK NE VIŠE OD
50%-60%
VRIJEDNOSTI ZGRADE

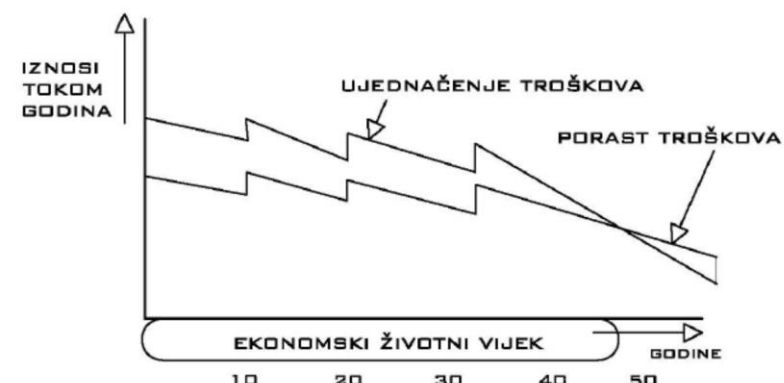
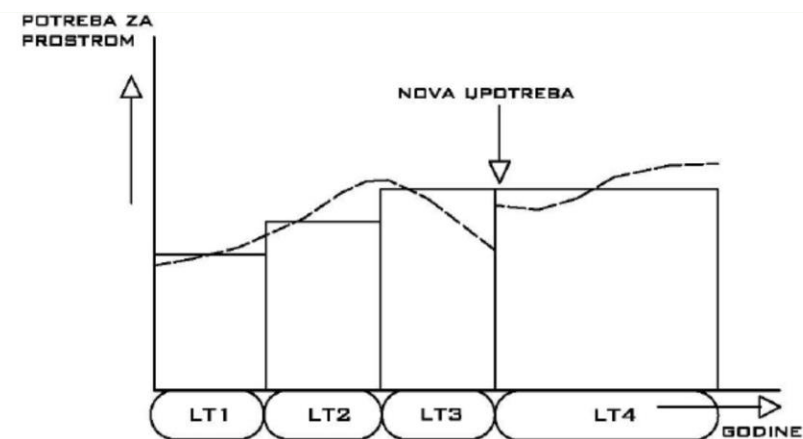
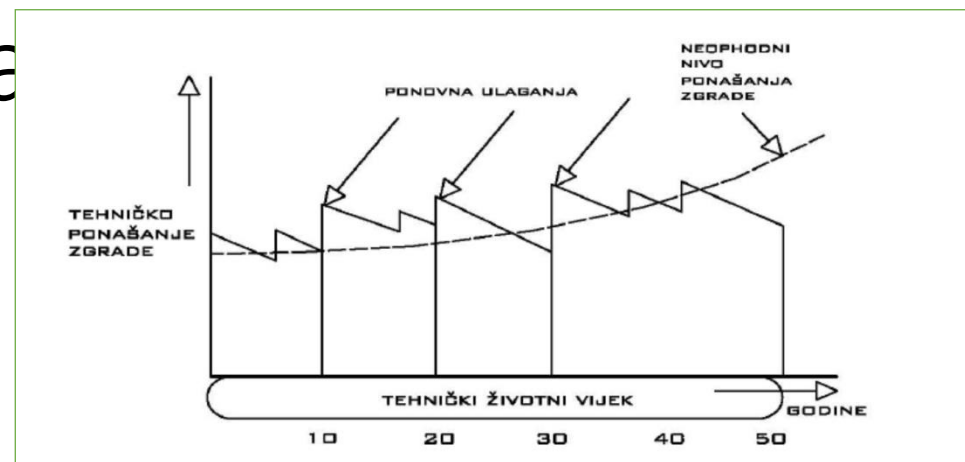
Obnova – mogući izazovi

- **ODRŽIVOST** ; Jesu li održive? JESU
- zadržavanje zgrade u izvornom prostoru, ponovo upotrijebljeni, reciklirani, novi „zeleni” materijali (reused, recycled, green/sustainable), produljenje vijeka trajanja
- **SIGURNOST**; Jesu li sigurnije? OVISI O OBNOVI
- Sve zgrade najmanje kao prije potresa
- Zgrade kulturne baštine - predviđeni duži vijek trajanja - veći nivo sigurnosti?
- Zgrade javne namjene – veći nivo sigurnosti
- **TRAJNOST**;

Konstrukcija mora biti sigurna, zgrada upotrebljiva, odživa i trajna

Vijek trajanja zgrade/elementa

- Tehnički vijek trajanja
- (ne) ispunjava predviđenu namjenu zamijeniti novim elementom
- Funkcionalni vijek trajanja
- minimalni zahvati - stručno da se ne ugrozi stabilnost
- Ekonomski vijek trajanja
- troškovi uporabe i održavanja (izvan) planiranih



Metodologija obnove

INVESTITOR – (PROJEKTNI ZADATAK)



PREDHODNA ISTRAŽIVANJA



PROJEKT POSTOJEĆEG STANJA

ODLUKA O
OBNOVI

IZRADA I KONTROLA PROJEKTA

IZVOĐENJE I NADZOR

PREDAJA IZVRŠENIH RADOVA

- Temelj za odlučivanje
- istraživanje povijesti zgrade –
- prikupljanje podataka o izvornoj i promjenama
- pregled postojećeg stanja i okoline - u više navrata – multidisciplinarni uvid i pojedinačno

Prethodna istraživanja

ZOG : zatečena tehnička svojstva

- ZOG, TPGK, HRN EN 1998- 3
- Područje primjene norme;
 - vrednovanje potresnog ponašanja **postoje**
 - nužne **mjere popravka**
 - **kriterije pri obnovi** (tj. ideja, proračun, mj)
- eurokod samo za **OBNOVU** za potresna djelovanja
- ZAŠTO?
 - tijekom gradnje nije razmatrana potresna otpornost, druga djelovanja obrađena prema propisima ili na tradicionalni način
 - vrednovanja potresne opasnosti u skladu sa sadašnjim znanjem
 - oštećenja prouzročena potresima mogu zahtijevati velike popravke

Obnova / filozofija Eurokoda 8

- NOVE KONSTRUKCIJE – prihvatljiv stupanj konstrukcijskog oštećenja za proračunski potres, kriteriji ocjenjivanja potresne otpornosti (novih a zatim oštećenih) sastavni dio procesa potresne sigurnosti konstrukcija
- POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE- SLUČAJ OBNOVE - provjere utvrđivanja i uklanjanja konstrukcijskih nedostataka
- nacionalni odabir

Nacionalni odabir u HRN EN 1998-3

- Obavijesni dodaci A, B i C
- Broj graničnih stanja koja će se razmotriti
- Povratno razdoblje potresnih djelovanja pri kojima ne treba premašiti granična stanja
- Parcijalni koeficijenti za materijale
- Faktori povjerenja
- Razine nadzora i ispitivanja

Ocjenjivanje

- Radi donošenja odluke o mogućim mjerama obnove
- Provjera hoće li **zgrada ispuniti zahtjev graničnog stanja** za promatrani potres djelovanja
- Metode proračuna prilagođene (**HRN EN 1998-1**)

- Ocjenjivanje prema HRN EN 1998-3
- **Podaci za ocjenjivanje - ulazni podaci** - iz različitih izvora:
 - dostupne dokumentacije za zgradu
 - općih izvora podataka (npr. propisa i norma)
 - terenskih (in situ) i/ili laboratorijskih mjerenja i ispitivanja

- Prikupljene podatke (iz raznih izvora) **treba međusobno usporediti.**

Podaci za ocjenjivanje konstrukcije – HRN EN 1998-3

Tablica 4.3 – Razredi važnosti za zgrade

Razred važnosti	Zgrade
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost, npr. poljoprivredne zgrade itd.
II	Obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem, npr. škole, dvorane za skupove, kulturne institucije itd.
IV	Zgrade čija je cjelovitost tijekom potresa od životne važnosti za civilnu zaštitu, npr. bolnice, vatrogasne postaje, energane itd.

a) identifikacija konstrukcijskog sustava i us

(b) identifikacija temelja zgrade

c) identifikacija uvjeta tla (kategorizacija),

d) dimenzije i presjeci elemenata i mel

e) podatci o nedostacima materijala i r

f) podatci o kriterijima proračuna na p

g) opis sadašnje i/ili planirane upotreb

h) ponovno ocjenjivanje djelovanja ob

i) podatci o vrsti i opsegu prethodnog

Tablica 4.1 – Posljedice pravilnosti konstrukcije na proračun i projekt u slučaju potresa

Pravilnost		Dopušteno pojednostavnjenje		Faktor ponašanja
Tlocrt	Po visini	Model	Linearno-elastični proračun	(za linearni proračun)
da	da	ravninski	bočne sile ^a	referencijska vrijednost
da	ne	ravninski	modalni	smanjena vrijednost
ne	da	prostorni ^b	bočne sile ^a	referencijska vrijednost
ne	ne	prostorni	modalni	smanjena vrijednost

^a Ako su ispunjeni i uvjeti iz točke 4.3.3.2.1(2)a
^b Pod posebnim uvjetima navedenim u točki 4.3.3.1(8) može se upotrijebiti odvojeni ravninski model za svaki horizontalni smjer u skladu s točkom 4.3.3.1(8).

Ovisno o količini i kvaliteti podataka - različite vrste proračuna i vrijednosti faktora povjerenja.

Razine znanja – HRN EN 1998-3

Postignuta razina znanja određuje metodu proračuna i vrijednosti faktora povjerenja (FP)

- RZ1: ograničeno znanje
- RZ2: uobičajeno znanje
- RZ3: potpuno znanje

NA Prihvaćaju se preporučene vrijednosti faktora povjerenja $FPRZ1 = 1,35$; $FPRZ2 = 1,20$; $FPRZ3 = 1,00$,

Tablica 3.1 – Razine znanja i odgovarajuće metode proračuna (MBS – metoda bočnih sila, MMSO – metoda modalnog spektra odziva) i faktori povjerenja (FP)

- Faktori koji određuju
 - i) geometrijski: konstrukcijski detalji
 - ii) detalji: npr. spoj strca i nosača, prionjivost i sljubnice i
 - iii) materijali: mehaničke osobine
- „vizualno“, „cjelovito“

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

Razina pregleda i ispitivanja

- 3.4.4 (1)P Razredba ovisi o postotku konstrukcijskih elemenata koji se moraju kontrolirati u detaljima i o broju uzoraka materijala po katu koji se mora uzeti za ispitivanje.

NA Najmanji zahtjevi za tri razine pregleda i ispitivanja navedeni su u tablici 3.2 norme HRN EN 1998-3:2011. Za građevine III. i IV, razreda važnosti, projektant treba izraditi program ispitivanja kojim zahtjevi iz tablice 3.2 mogu biti povećani

Tablica 3.2 – Preporučeni najmanji zahtjevi za različite razine pregleda i ispitivanja

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

Dodatak C (obavijesni), Zidane zgrade;

C.1 Područje primjene

ocjenjivanje i projekt obnove zidanih zgrada u potresnim područjima
zidani elementi (beton ili opeka) - nearmiranog, omeđenog ili armiranog

C.2.1 Identifikacija geom. svojstva, detalja i materijala
tip zidnih elementa
svojstva i stanje, spojevi ZE
razmak pregradnih zidova
obloge,
susjedne zgrade

C.2.2 Geometrijska svojstva
nosivi zidovi: položaj, visina, duljina, debljina
zidni elementi – dimenzije
otvori
optrećenje na nosive zidove

C.2.3 Detalji
ziđe, mort, zidni elementi
spojevi zidova i stropa krova
pukotine u sljubnicama
otklon od vertikalne zida

C.2.4 Materijali
NERAZORNE METODE
ujednačenost kvalitete
gradnje, pogoršanja

RAZORNA ISPITIVANJA
površinska tvrdoća
posmična čvrstoća i modul
tlačno naprezanje
čvrstoća izvan ravnine

Svojstva nearmiranog zida

- Svojstva ovise o zidnim elementima i mortu
- Zidni elementi: čvrstoća, postotak šupljina, omjer vanjskih dimenzija, Raznih oblika i svojstava – svojstva se ispituju prema nizu HRN EN 772 (nominalna tlačna čvrstoća f_b), trajnost
- Mort: prema sastavu, čvrstoći, debljini i širini rasprostiranja – cementni, cementno-vapneni, vapneni mort, M2 do M20 ; tlačna čvrstoća f_m – ispituje se u skladu s HRN EN 1015-11.
- Normirana ispitivanja – određuju se mehanička svojstva : modul elastičnosti zida, dijagram naprezanje-deformacija, tlačna čvrstoća, posmična i referentna vlačna čvrstoća, čvrstoća na savijanje

Mehanička svojstva nearmiranog zida

- tlačna čvrstoća f_k
- posmična čvrstoća f_{vk}
- čvrstoća na savijanje f_{xk}
- čvrstoća prijanjanja kod sidrenja, f_{bok}
- referentna vlačna čvrstoća f_t
- odnos naprezanje – relativna deformacija
- modul elastičnosti E
- mehanizam i slom zida pod tlačnim naprežanjem



Ispitivanja in situ

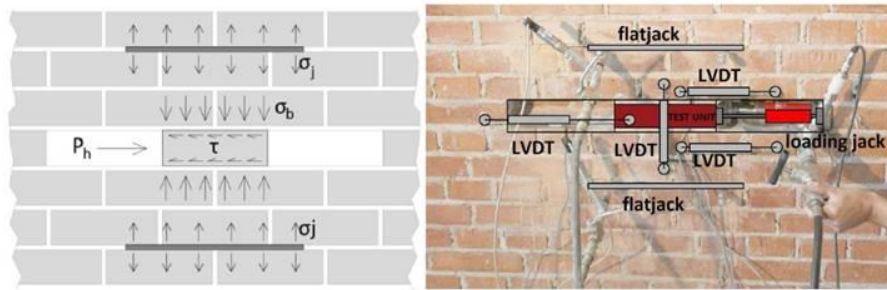
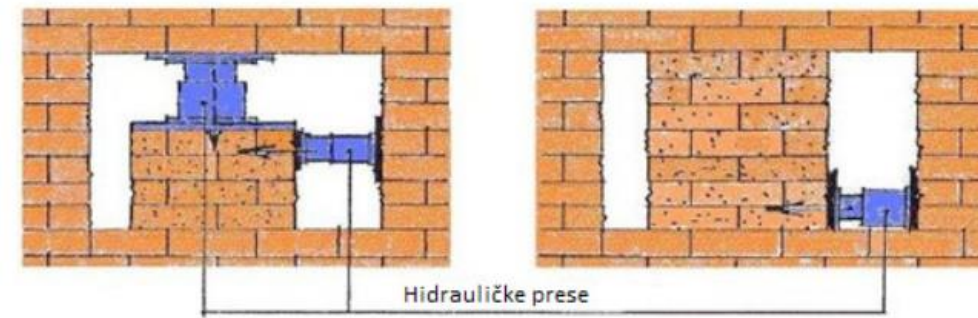
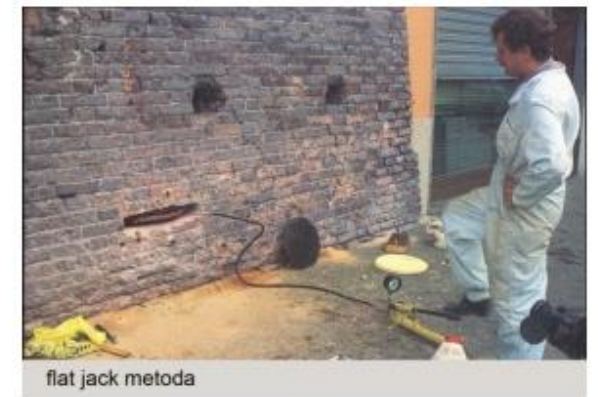
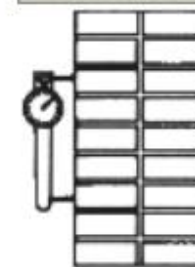
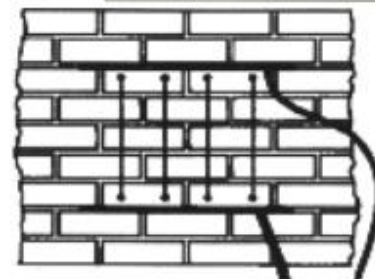
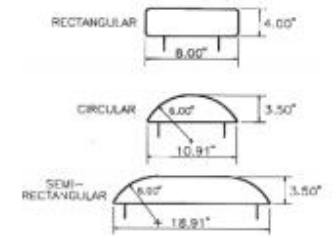
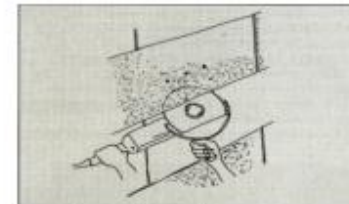
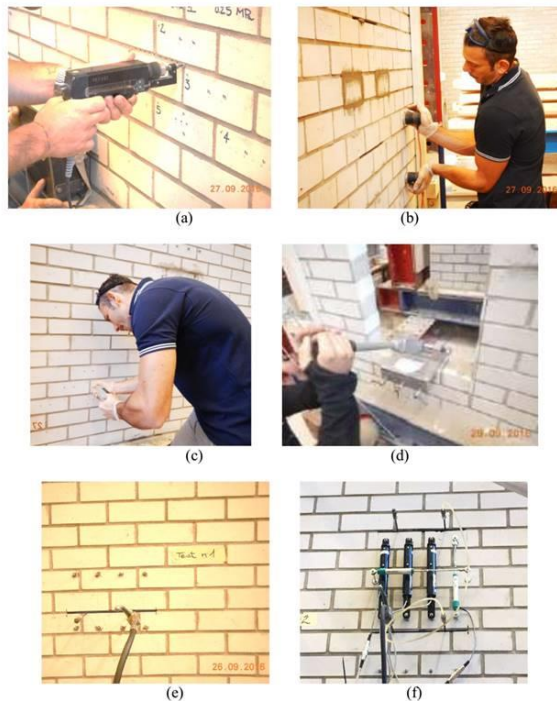


Figure 1. Shove test setup and definition of the stresses. (Rossi et al. 2015)

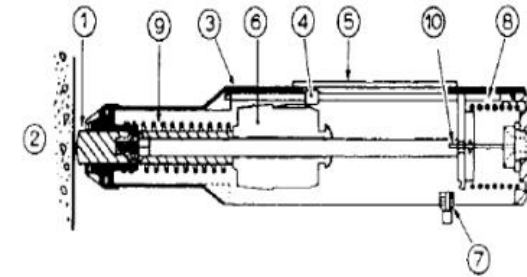


Slika br. 126 Testiranje zidova na smicanje pomoću hidrauličnih presa



Ispitivanje stanja naprezanja u zidu i odnos napon-dilatacija sa odgovarajućim modulom elastičnosti [1]

Pregled, ispitivanja; vađenje uzoraka



Slika br. 112 Najjednostavnija metoda za detekciju oštećenja je metoda "na pogled" sa otvaranjem stropnih konstrukcija i neposrednim označavanjem [13]

Slika br. 120 Metoda ispitivanja betona sklerometrom (Schmidthov čekić)

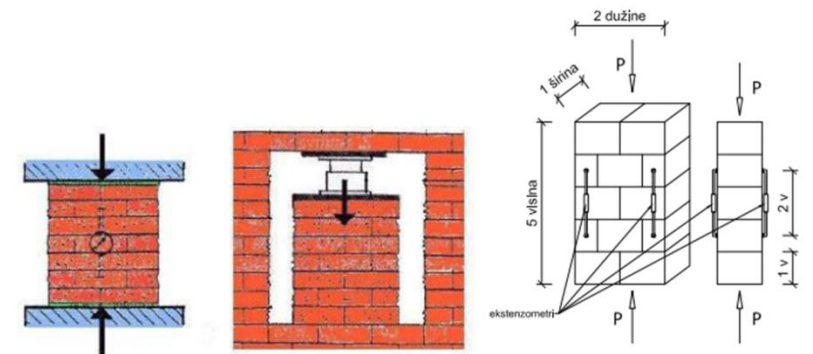
UZORCI - OPEKA



Uzorci opeke pripremljeni za ispitivanje

Uzorak 1/2 nakon ispitivanja

Izvađeni uzorci	Uzorci očišćeni od mortla
<p>POZ. 1</p>	
<p>POZ. 2</p>	



Faktori povjerenja

- Određivanje **svojstava postojećih MATERIJALA** - **srednje vrijednosti** dobivene ispitivanjima materijala in situ i iz dodatnih izvora moraju se **PODIJELITI** faktorom povjerenja, FP, za odgovarajuću razinu znanja
- Određivanje **spособnosti preuzimanja sile (ČVRSTOĆA)** duktilnih dijelova - **srednje vrijednosti** dobivene ispitivanjima materijala in situ i iz dodatnih izvora moraju se **POMNOŽITI** faktorom povjerenja, FP, za odgovarajuću razinu znanja.

NA Prihvaćaju se preporučene vrijednosti faktora povjerenja
FPRZ1 = 1,35; FPRZ2= 1,20; FPRZ3 = 1.00,

KRAJ PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA

Projekt postojećeg stanja

- ZOG, TPGK, HRN EN 1998- 3 i HRN EN 1998-1

Projektom

- odrediti potresnu otpornost konstrukcije **zgrade prije potresa**
- utvrditi **model za proračun** konstrukcije - pokazuje ponašanje u dogođenom potresu
- potresna djelovanja **za granično stanje znatnog oštećenja**
- **Uključiti odredbe obavijesnog dodatka C**

ZOG , PROPIS
projekt MORA sadržavati podatke o
utvrđenim zatečenim tehničkim svojstvima -
utvrđuju se:
uvidom u dokumentaciju,
ispitivanjima,
proračunima

PAZI
NISU ONI PREMA ZOG
odnose se na stanje oštećenja
konstrukcije

Temeljni zahtjevi prema- HRN EN 1

- **Granično stanje blizu rušenja (BR).** Konstrukcija **teško oštećena**, mala preostala bočna čvrstoća i krutost, vertikalni elementi mogu preuzeti vertikalna opterećenja. Najveći broj nekonstrukcijskih elemenata je srušen. Konstrukcija je blizu rušenja i vjerojatno ne bi preživjela, čak i umjerenog intenziteta, potres.
NA BR - NIJE DEFINIRANO
- **Granično stanje znatnog oštećenja (ZO).** Konstrukcija je **znatno oštećena**, ima određenu preostalu bočnu čvrstoću i krutost a vertikalni elementi mogu nositi vertikalna opterećenja. Nekonstrukcijski elementi su oštećeni. Konstrukcija može podnijeti udar umjerenoga intenziteta. Vjerojatno bi popravak bio potreban.
NA ZO - Povratno razdoblje je 475 godina, vjerojatnost premašaja od 10% u 50 godina
- **Granično stanje ograničenog oštećenja (OO).** Konstrukcija je **lagano oštećena**, zadržala je čvrstoću i krutost. Nekonstrukcijski elementi su oštećeni. Stalni pomaci su zanemarivi. Nisu potrebni popravci.
NA OO - Povratno razdoblje je 95 godina, vjerojatnost premašaja od 10% u 10 godina
- (2)P Nacionalna vlast odlučuje: tri, dva ili samo jedno granično stanje.
- (3)P Odgovarajuće RZ postižu se odabirom povratnog razdoblja potresnog djelovanja

Potresno djelovanje

- Prema EN 1998-1
- Proračunsko potresno djelovanje u kombinaciji s drugim stalnim i promjenjivim.
- proračunsko ubrzanje tla za granično stanje znatnog oštećenja

Modeliranje konstrukcije

- Model konstrukcije **na temelju prikupljenih podataka**
- Odredbe norme EN 1998-1
- uzimaju se **srednje vrijednosti svojstava materijala**

Sekundarni potresni elementi

- U proračunu bočnih djelovanja smije se zanemariti čvrstoća i krutost sekundarnih elemenata
- Za nelinearni proračun - savjet sekundarne elemente uzeti u obzir
- Odabir sekundarnih elemenata ne treba promijeniti „pravilnost” konstrukcije

Metode proračuna

- Potresne unutarnje sile (u kombinaciji) – jedna od metoda proračuna
 - proračunom bočnih sila (linearni)
 - modalnim proračunom primjenom spektra odziva (linearni)
 - nelinearnim statičkim proračunom (postupno guranje)
 - nelinearnim dinamičkim proračunom primjenom vremenskog zapisa
 - pristupom s faktorom q .
- Za zidane konstrukcije, trebaju se upotrijebiti posebni postupci.

Tablica 4. Granične vrijednosti karakteristične posmične čvrstoće zida f_{vko} i f_{vk} za mort opće namjene [19]

Zidni element	Mort	f_{vko} (N/mm ²)	Granična vrijednost f_{vk} (N/mm ²)	
Zidni elementi od pečene gline grupe 1	M10 do M20,	0,3	1,7	
	M2,5 do M9	0,2	1,5	
	M1 do M2	0,1	1,2	
Zidni elementi grupe 1 koji nisu od pečene gline, ili nisu od prirodnog kamena	M10 do M20,	0,2	1,7	
	M2,5 do M9	0,15	1,5	
	M1 do M2	0,1	1,2	
grupa 1, zidni elementi od prirodnog kamena	M2,5 do M9 M1 do M2	0,15	1,0	
		0,1	1,0	
grupa 2a, zidni elementi od pečene gline	M10 do M20, M2,5 do M9 M1 do M2	0,3	Manja od uzdužne tlačne čvrstoće (vidjeti napomenu) dolje) ili	1,4
		0,2		1,2
		0,1		1,0
grupa 2a, zidni elementi koji nisu od pečene gline i grupe 2b, zidni elementi od pečene gline	M10 do M20, M2,5 do M9 M1 do M2	0,2	(vidjeti napomenu) dolje) ili	1,4
		0,15		1,2
		0,1		1,0
grupa 3, zidni elementi od pečene gline	M10 do M20, M2,5 do M9 M1 do M2	0,3 0,2 0,1	Bez drugih ograničenja osim onih danih uz izraz (6)	

Napomena: Za grupe 2a i 2b zidnih elemenata, uzdužna tlačna čvrstoća elemenata je ona koja je izmjerena, u koeficijent δ koji nije veći od 1,0. Ako se očekuje da uzdužna tlačna čvrstoća može biti veća od 0,15 f_b uzimajući u obzir raspored šupjina, eksperimenti nisu potrebni.

Tablica 6. Karakteristične vrijednosti mehaničkih svojstava zida, u [N/mm²] [5 i 8]

Zidni element	f	f_m	f_k	G	E	ξ
Puna opeka	10	0,5	2,0	40	250	0,04
Puna opeka	15	2,5	2,5	200	800	0,18
Laki keramički blok	7,5	2,0	5,0	500	4500	0,30
Opečni blok	15	2,5	2,5	300	5000	0,12
Opečni blok	15	5	3,0	300	5000	0,18
Keramzitni blok	7,5	5	3,5	500	5000	0,27
Betonski blok	7,5	5	4,0	600	6000	0,27
Puna opeka - stari zid	10	1,0	2,0	50	800	0,09
Dvoslojni kameni zid u slabom vapnenom mortu	-	-	0,3	65	200	0,02
Dvoslojni kameni zid u vapnenom mortu	-	-	0,5	90	3000	0,08
Miješani zid u vapnenom mortu	-	-	0,9	50	1000	0,08
Plinobeton	3,5	2,5	-	-	-	0,10

Kriteriji za proračun i provjeru sigurnosti

Tablica 4.3 – Vrijednosti svojstava materijala i kriteriji pri proračunu i provjerama sigurnosti

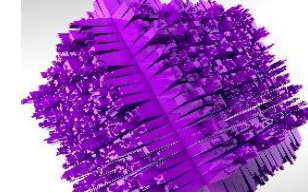
		Linearni model (LM)		Nelinearni model		Pristup s faktorom q	
		Zahtjev	Sposobnost	Zahtjev	Sposobnost	Zahtjev	Sposobnost
Tip elementa ili mehanizma	Duktilan	Prihvatljivost linearnog modela (za kontrolu vrijednosti $\rho_i = D_i / C_i$):		Iz proračuna. Uzmi srednje vrijednosti svojstava u model.	Iz deformiranja. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP $\left(\frac{AC}{AC}\right)$	Iz proračuna.	Iz čvrstoće. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP i parcijalnim koeficijentom
		Iz proračuna. U modelu uzeti srednje vrijednosti svojstava.	Iz čvrstoće. Uzeti srednje vrijednosti svojstava.				
	Provjere (ako je LM prihvaćen):		Iz čvrstoće. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP i parcijalnim koeficijentom.				
	Iz proračuna	Iz deformacija. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP .					
Krhki	Provjere (ako je LM prihvaćen):		Iz čvrstoće. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP i parcijalnim koeficijentom.	Iz čvrstoće. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>podijeljene</u> s FP i parcijalnim koeficijentom.	U skladu s odgovarajućim poglavljem norme EN 1993-1-2014		
	Ako je $\rho_i \leq 1$: Iz proračuna	Ako je $\rho_i > 1$: Iz ravnoteže uz čvrstoću duktilnih elemenata ili mehanizma. Uzeti srednje vrijednosti svojstava <u>pomnožene</u> sa FP .					

KRAJ PROJEKT POSTOJEĆEG STANJA

Zaključak

- postizanje zahtijevane potresne otpornosti znatno ovisi o prethodnim istraživanjima i projektu postojećeg stanja
- bitno uključivanje specijalista
- ušteda na istraživanjima znači često veće troškove obnove i ne postizanje zahtijevane potresne otpornosti
- sve razine obnove zahtijevaju primjereni obim prethodnih istraživanja i projektu postojećeg stanja

ODLUKA O OBNOVI



HVALA NA PAŽNJI!

zamolo.mihaela@gmail.com

fibran[®]

 **MAPEI**[®]

 **DAIKIN**

YTONG

 **PlanRadar**