



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

ZIDANE ZGRADE - PROJEKTIRANJE I PRORAČUN

DESIGN OF MASONRY STRUCTURES

(zapisi s predavanja s kolegija Zidane konstrukcije)

Boris Trogrlić

prof. dr. sc. / dipl.ing.građ.

ovlašteni revident za kontrolu projekata betonskih i zidanih konstrukcija

boris.trogrlic@gradst.hr

Split, 2018.

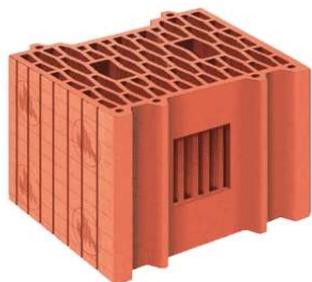


ZIDE, ZIDNI BLOKOVI, MORTOVI

ZIDE

Građevinski kompozit koji nastaje naizmjeničnim polaganjem zidnih elemenata (blokova) između nekog vezivnog materijala (morta, ljepila).

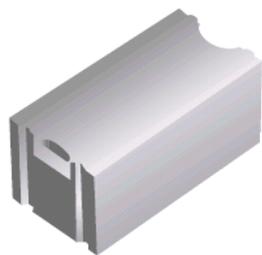
VRSTE ZIDNIH ELEMENATA



Opečni



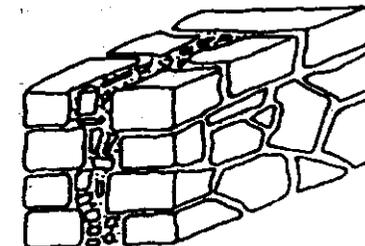
Kalcijsko-silikatni



Porobetonski



Betonski (od gustog i laganog agregata)



Od prirodnog i umjetnog kamena

MORTOVI

Opće namjene

(cementni, vapneni, 'produžni');
obična opeka, betonski kameni blokovi



Tankoslojni mort

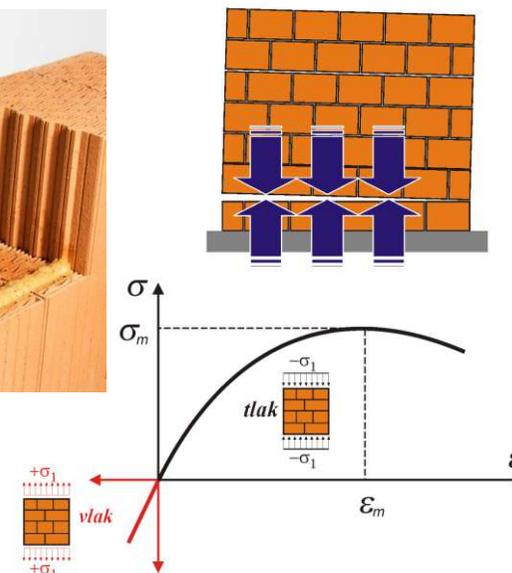
(ljepilo, oko 3 mm debljine)
brušena opeka, porobet. blok



Poliuretanski adhezivi (brušena opeka)

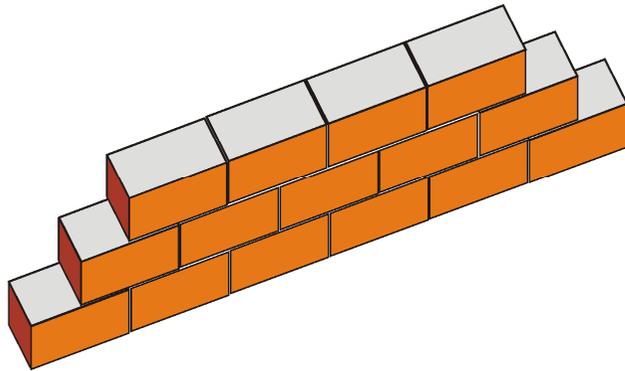


Zidanje POROTHERM PROFIL zidnih blokova ljepilom (poliuretanskom pjenom) DRYFIX.EXTRA značajno povećava vlačnu čvrstoću зида (potvrđeno ispitivanjem). Zbog povećanja vlačne čvrstoće зида, posredno se povećavaju posmična i savojna čvrstoća зида, odnosno nosivost зида na poprečne sile i momente savijanja, te u konačnici - otpornost zidane građevine na djelovanje potresa.

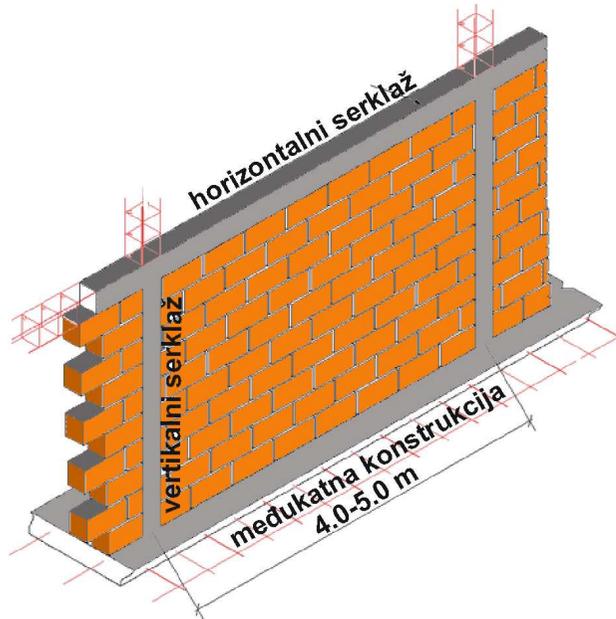


VRSTE ZIDA - ZIDANI ZIDOVİ

NEARMIRANO ZİDE



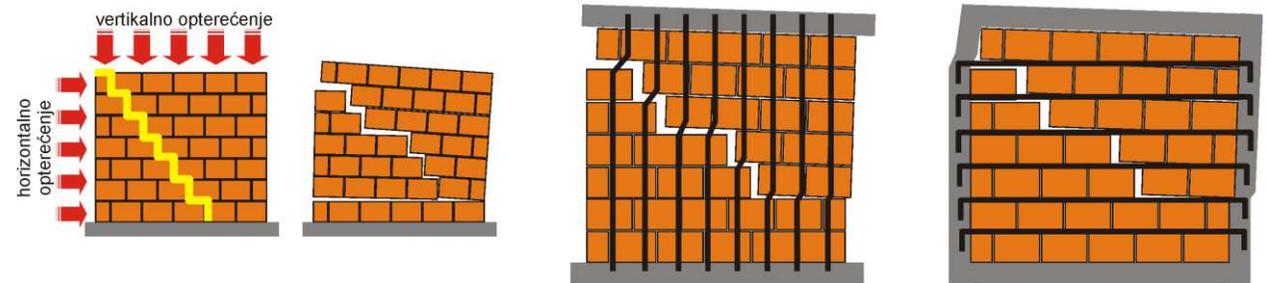
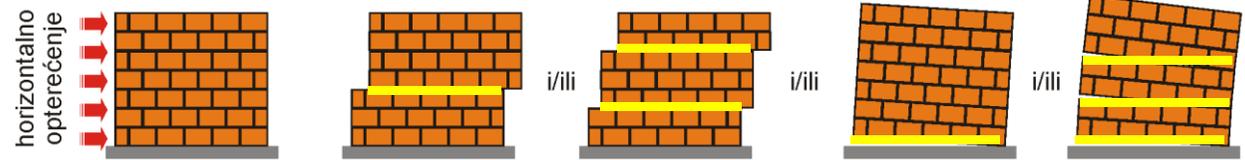
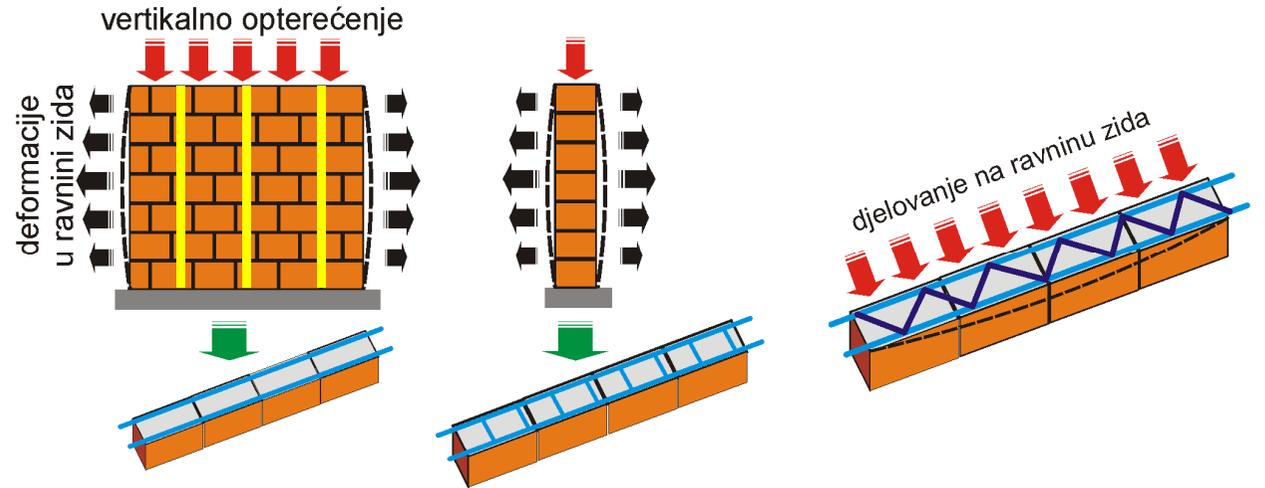
OMEĐENO ZİDE



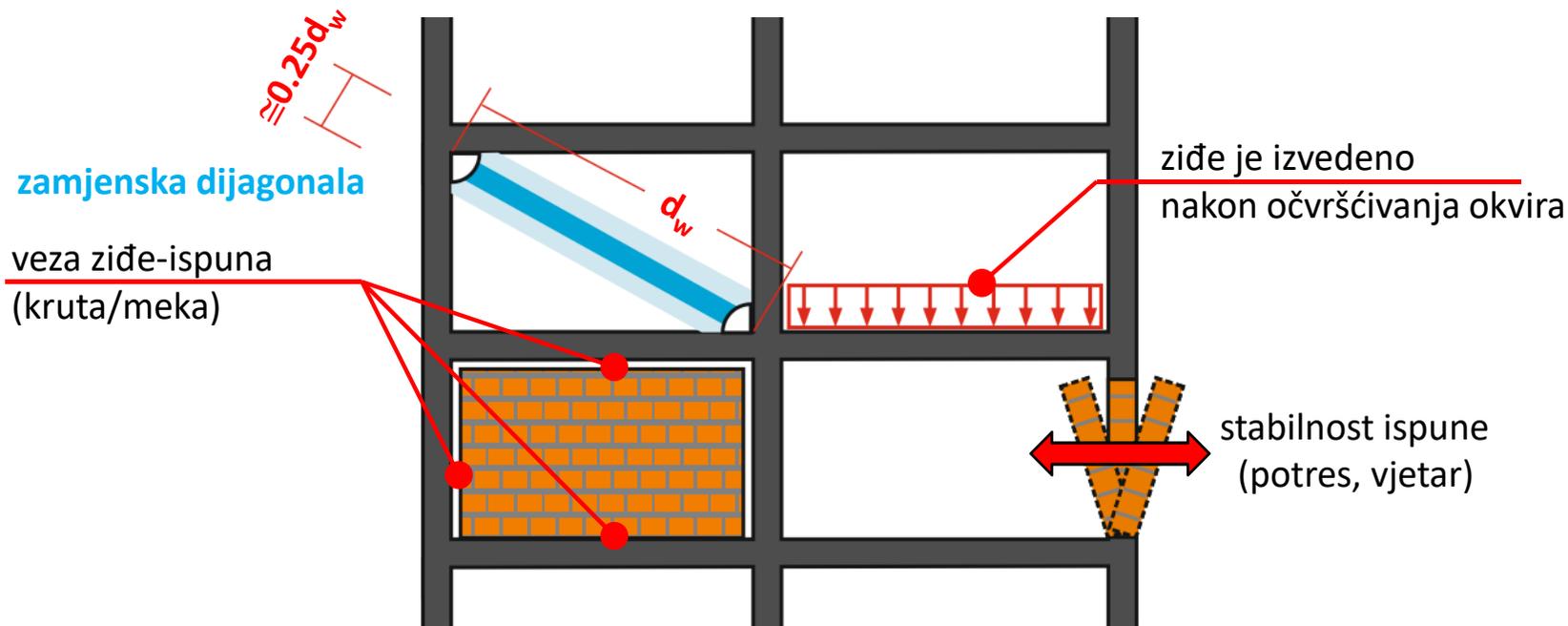
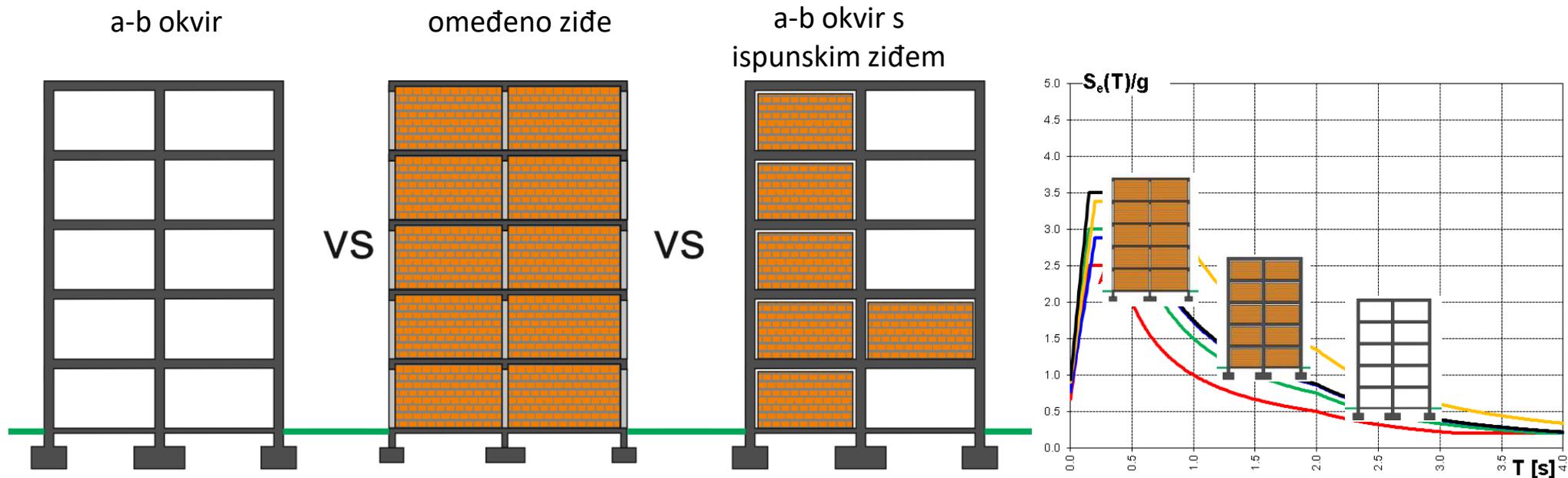
PREDNAPETO ZİDE

ZIDNI SUSTAVI

ARMIRANO ZİDE



ARMIRANO-BETONSKI OKVIRI S ISPUNSKIM ZIDEM



OSNOVNA MEHANIČKA SVOJSTVA ŽIDA

TLAČNA ČVRSTOĆA ŽIDA f_k

$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$ ($\alpha=0.7$; $\beta=0.3$ za mort opće namjene i lagani mort)

$f_k = K \cdot f_b^{0.85}$ (tankoslojni mort, opečni blokovi skupine 1 i 4, ostali zidni blokovi)

$f_k = K \cdot f_b^{0.70}$ (tankoslojni mort, opečni blokovi skupine 2 i 3)

Geometrijski zahtjevi za razvrstavanje zidnih elemenata u skupine

Koeficijent K vezan je za grupu blokova

Koeficijent K

Zidni elementi		Mort opće namjene	Tankoslojni mort (horiz. sljubnica $\geq 0,5$ mm i ≤ 3 mm)	Lagani mort obujamske mase	
				$600 \leq \rho_d \leq 800$ kg/m ³	$800 < \rho_d \leq 1300$ kg/m ³
Opečni	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vapnenosilikatni	Skupina 1	0,55	0,80	‡	‡
	Skupina 2	0,45	0,65	‡	‡
Betonski	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	‡	‡
	Skupina 4	0,35	‡	‡	‡
Porasti beton	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Umjetni kamen	Skupina 1	0,45	0,75	‡	‡
Obrađeni prirodni kamen	Skupina 1	0,45	‡	‡	‡

‡ Kombinacija morta i zidnih elemenata koja se obilno ne upotrebljava pa vrijednosti nisu dane.

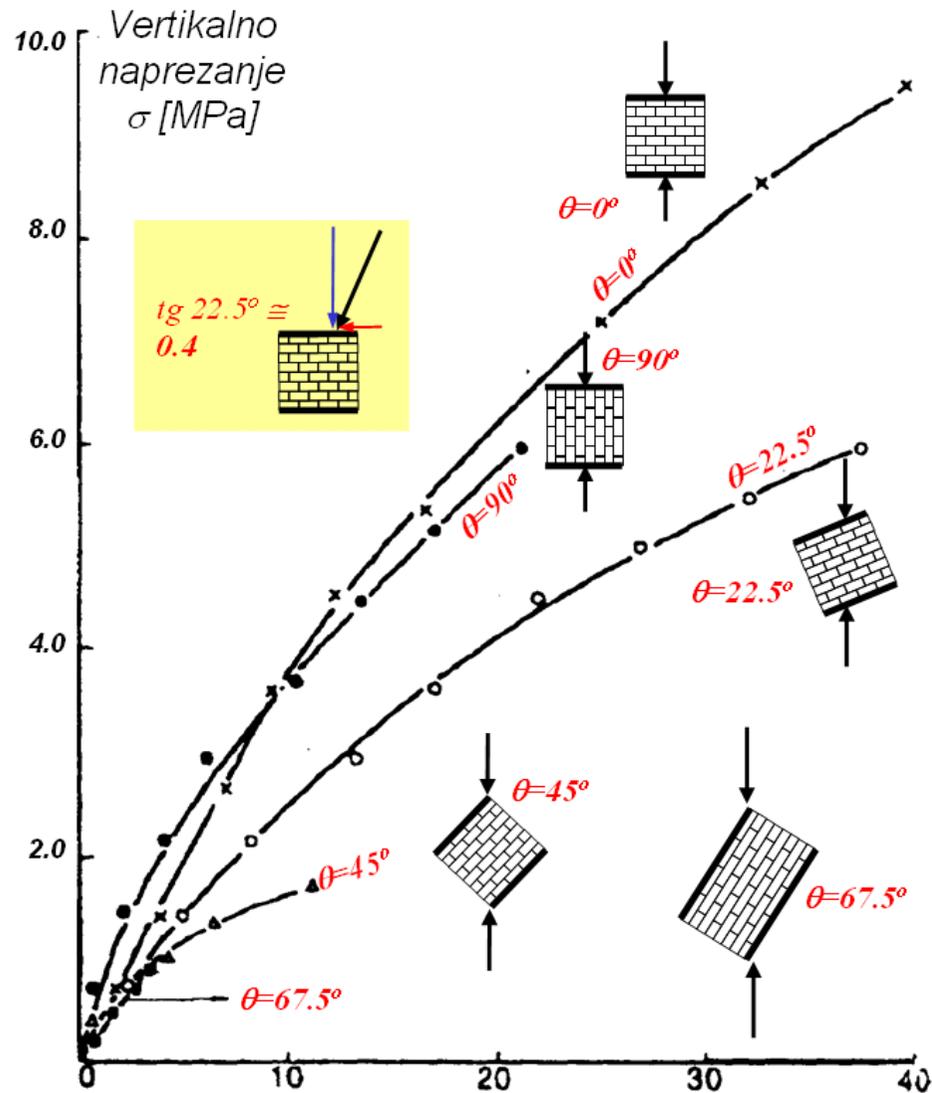
	Materijali i ograničenja za zidne elemente							
	Skupina 1 (svi materijali)	Zidni elementi	Skupina 2		Skupina 3		Skupina 4	
			Vertikalne šupljine				Horizontalne šupljine	
Obujam svih šupljina (% od bruto obujma)	≤ 25	opečni	$> 25; \leq 55$		$\geq 25; \leq 70$		$\geq 25; \leq 70$	
		vapneno silikatni	$> 25; \leq 55$		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	$> 25; \leq 60$		$\geq 25; \leq 70$		$\geq 25; \leq 50$	
Obujam bilo koje šupljine (% od bruto obujma)	$\leq 12,5$	opečni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvat do ukupno 12,5		svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvat do ukupno 12,5		svaka od više šupljina ≤ 30	
		vapneno silikatni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 15 udubine za prihvat do ukupno 30		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvat do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvat do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 25	
Objavljene vrijednosti debljina unutarnjih i vanjskih stijenki	Nema zahtjeva		unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka
		opečni	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		vapneno silikatni	≥ 5	≥ 10	ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Objavljena vrijednost kombinirane debljine unutarnjih i vanjskih stijenki (% ukupne širine)	Nema zahtjeva	opečni	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		vapneno silikatni	≥ 20		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

^a Kombinirana debljina je debljina unutarnje stijenke i vanjske stijenke mjerena horizontalno u odgovarajućem smjeru. Ovu provjeru treba shvatiti kao kvalifikacijsko ispitivanje koje treba ponoviti u slučaju glavnih promjena dimenzija zidnih elemenata.

^b U slučaju stožastih šupljina ili čeljustih šupljina, treba računati sa srednjom vrijednosti debljine vanjskih i unutarnjih stijenki.

OSNOVNA MEHANIČKA SVOJSTVA ŽIDA

OVISNOST ČVRSTOĆE ŽIDA O KUTU GLAVNIH TLAČNIH NAPREZANJA



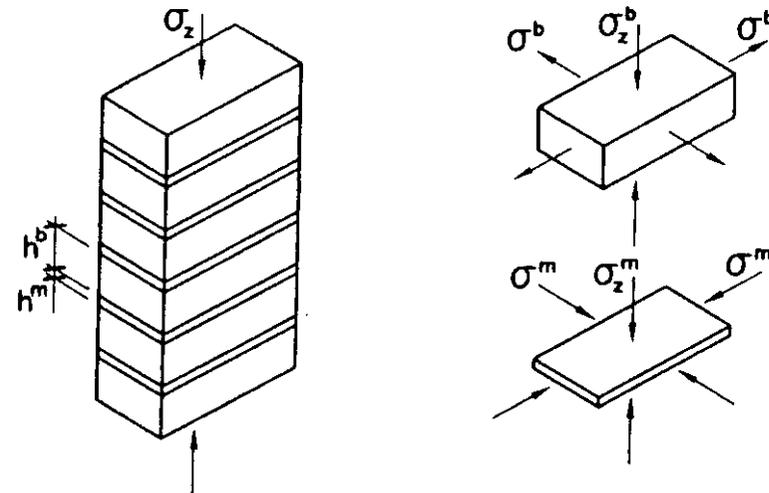
VLAČNA ČVRSTOĆA f_t

$$f_t = -\frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{(1.5 \tau_R)^2 + \left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2}$$

σ_d = normalno tlačno naprezanje; $\sigma_d = N/A$ ($N_{\gamma=1.0}$ =vert. sila; A =površina)

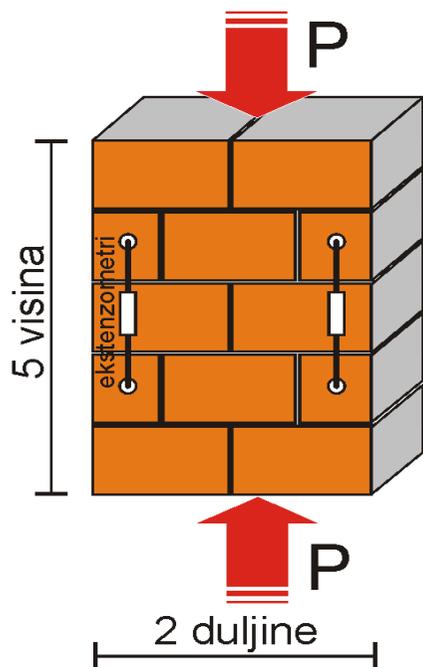
τ_R = posmično naprezanje u trenutku vlačnog sloma; $\tau_R = H/A$ (H =hor. slomna sila)

BLOK I MORT SU U MEĐUDJELOVANJU PREKO VIŠEOSNOG STANJA NAPREZANJA

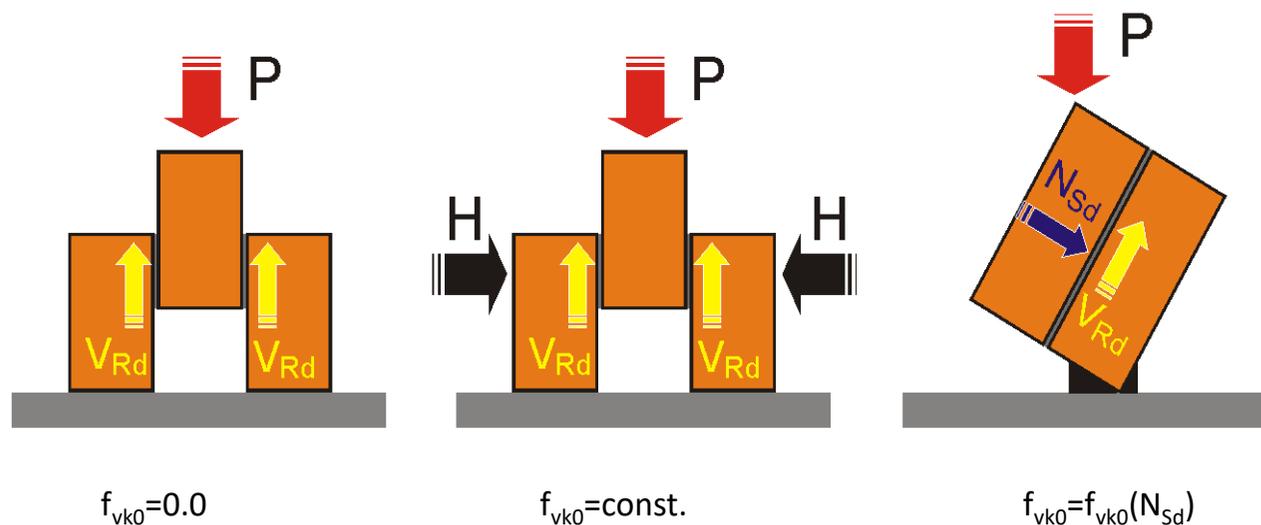


ODREĐIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA ŽIDA - ISPITIVANJEM

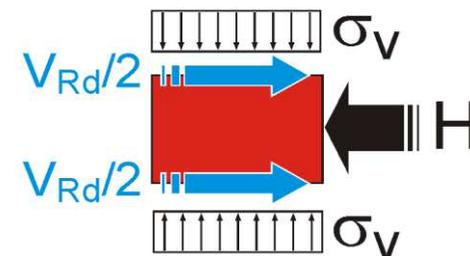
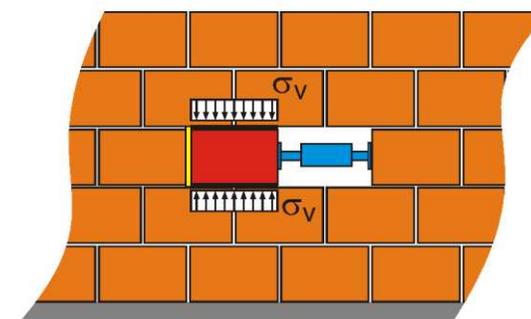
ISPITIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE ŽIDA



ISPITIVANJE POSMIČNE ČVRSTOĆE ŽIDA



ISPITIVANJE POSMIČNE ČVRSTOĆE ŽIDA – IN SITU (povijesne građevine)



MEHANIČKI SVOJSTVA ŽIDA - TEHNIČKA SVOJSTVA



POROTHERM PROFI

karakteristična tlačna čvrstoća žida:

$$f_k = 4.95 \text{ MPa}$$

početna posmična čvrstoća žida:

$$f_{vk0} = 0.30 \text{ MPa}$$

faktor ponašanja:

$$q = 2.0$$

moduli materijala:

$$E = 1000f_k; G = 0.4E$$

gustoća:

$$\rho = 650-820 \text{ kg/m}^3$$

otpornost na požar:

REI 180

Tehnička dokumentacija

Document Title	File Size	Format
Normativi	1209.0 KB	pdf
Autocad - Download detalji	2845.0 KB	zip
AmQuake Manual	4414.0 KB	pdf
Detalji toplinskih mostova POROTHERM 50, 38 i 30 PROFI	3094.0 KB	dwg
Izvještaj o ispitivanju zvučne izolacije POROTHERM 25 SSZ HD		
Opći uvjeti nabave	65.0 KB	pdf
Porotherm 25 AKU / ZAG Ispitivanje	1814.0 KB	pdf
POROTHERM nadvoji - statički proračun TIP D	1996.0 KB	pdf

OSNOVNA MEHANIČKA SVOJSTVA ŽIDA

Parcijalni koeficijenti za materijal γ_M za granična stanja nosivosti

	Materijal	γ_R		
		Razred izvedbe		
		1	2	3
	Zide izvedeno od:			
A	zidnih elemenata I. kategorije i projektiranog morta ^a	1,5	2,0	2,5
B	zidnih elemenata I. kategorije i morta zadanog sastava ^b	1,7	2,2	2,7
C	zidnih elemenata II. kategorije i bilo kojeg morta ^{a,b,e}	2,0	2,5	3,0
	Čelični dijelovi			
D	sidra od čelika za armiranje	1,7	2,2	2,7
E	čelik za armiranje i čelik za prednapinjanje	1,15		
F	pomoćni dijelovi ^{c,d}	1,7	2,2	2,7
	Nadvoji			
G	nadvoji u skladu s normom HRN EN 845-2	1,5 do 2,5		
^a Zahtjevi za projektirani mort dani su u normama HRN EN 998-2 i HRN EN 1996-2. ^b Zahtjevi za mort zadanog sastava dani su u normama HRN EN 998-2 i HRN EN 1996-2. ^c Objavljene vrijednosti su srednje vrijednosti. ^d Pretpostavlja se da su sljubnice za sprečavanje vlage obuhvaćene koeficijentom γ_M za zide. ^e Vrijedi ako koeficijent varijacije zidnih elemenata II. kategorije nije veći od 25 %.				

Značenje razreda izvedbe:

a) razred izvedbe 1

Izvođač ima certifikat prema normi HRN EN ISO 9001 i/ili potvrđen sustav kontrole kvalitete izvođenja za građevinu koju izvodi.

Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti.

Investitor mora omogućiti nadzor u ime investitora.

b) razred izvedbe 2

Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti.

Investitor mora omogućiti nadzor u ime investitora.

c) razred izvedbe 3

Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti.

TEHNIČKI PROPIS ZA ZIDANE KONSTRUKCIJE (NN 01/07) Članak 16.

(1) Mehanička otpornost i stabilnost, te otpornost građevine na požarna djelovanja dokazuju se u glavnom projektu proračunima graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabljivosti zidane konstrukcije za predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu.

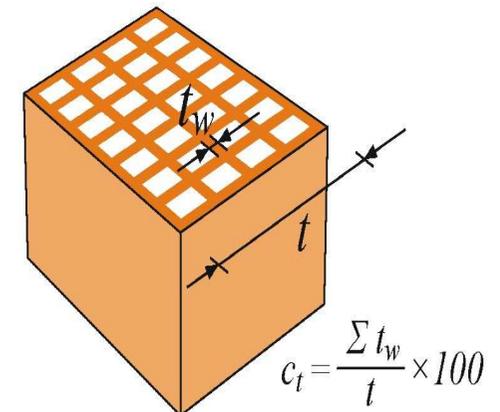
Postupci proračuna (dokaza otpornosti, EN 1996-1-2):

- ispitivanjem
- tabelarno
- proračunom elementa konstrukcije
- proračunom dijela konstrukcije
- proračunom cijele konstrukcije.

Kriteriji (EN 1996-1-2):	R → Očuvanje nosivosti tijekom određenog vremena ($t_{fi,d}=15/20/30/45/60/90/120/180/240/360$ min)
	I → Ograničenje temperature na požaru neizloženoj plohi: 140 °C (srednja); 180 °C (najveća)
	E → Sprječeno prolaza plamena i vrućih plinova
	M → Nosivost na koncentriranu horizontalnu silu (u kombinaciji s R, I ili E)

Kriterij: R / EI / REI / REI-M / EI -M

vrsta bloka (glineni, porobetonski,...) vrsta morta (opće namjene, tankoslojni,...) grupa blokova (1-4) čvrstoća bloka f_b [MPa] gustoća bloka ρ [kg/m ³] kombinirana debljina c_t [%] α = omjer opterećenja na zid ($\alpha \leq 1.0$; $\alpha \leq 0.6$)	Najmanja debljina zida [mm] za pojedini kriterij (R/EI/REI/REI-M/EI-M) i za normiranu požarnu otpornost [min]									
	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
	debljina zida [mm] Npr: 100/170 = bez žbuke, preporučene debljine od/do (100/140) = sa obostranom žbukom, min. debljine 10 mm									



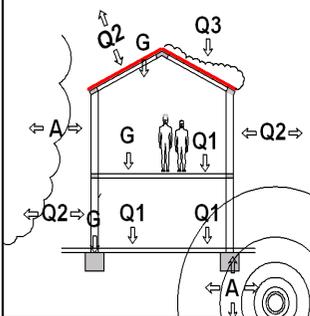
ZAKON O GRADNJI (NN 150/13, NN 20/2017)

Tehnički propisi Članak 17.

(1) Tehničkim propisima se u skladu s načelima europskog usklađivanja tehničkog zakonodavstva razrađuju, odnosno određuju temeljni zahtjevi za građevinu, svojstva koja moraju imati građevni proizvodi u odnosu na njihove bitne značajke i drugi tehnički zahtjevi u vezi s građevinama i njihovim građenjem.

TEHNIČKI PROPIS ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE (NN 17/17)

HRN EN 1991
Eurokod 1:
Osnove
projektiranja i
djelovanja na
konstrukcije



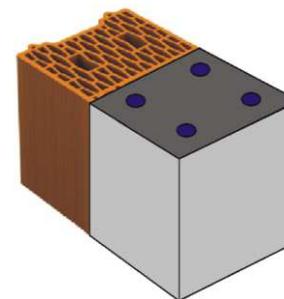
HRN EN 1996
Eurokod 6:
Projektiranje
zidanih
konstrukcija



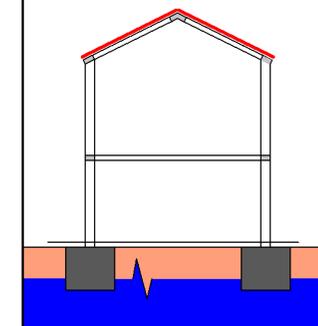
HRN EN 1998
Eurokod 8:
Projektiranje
konstrukcija
otpornih na
potres



HRN EN 1992
Eurokod 2:
Projektiranje
betonskih
konstrukcija



HRN EN 1997
Eurokod 7:
Geotehničko
projektiranje



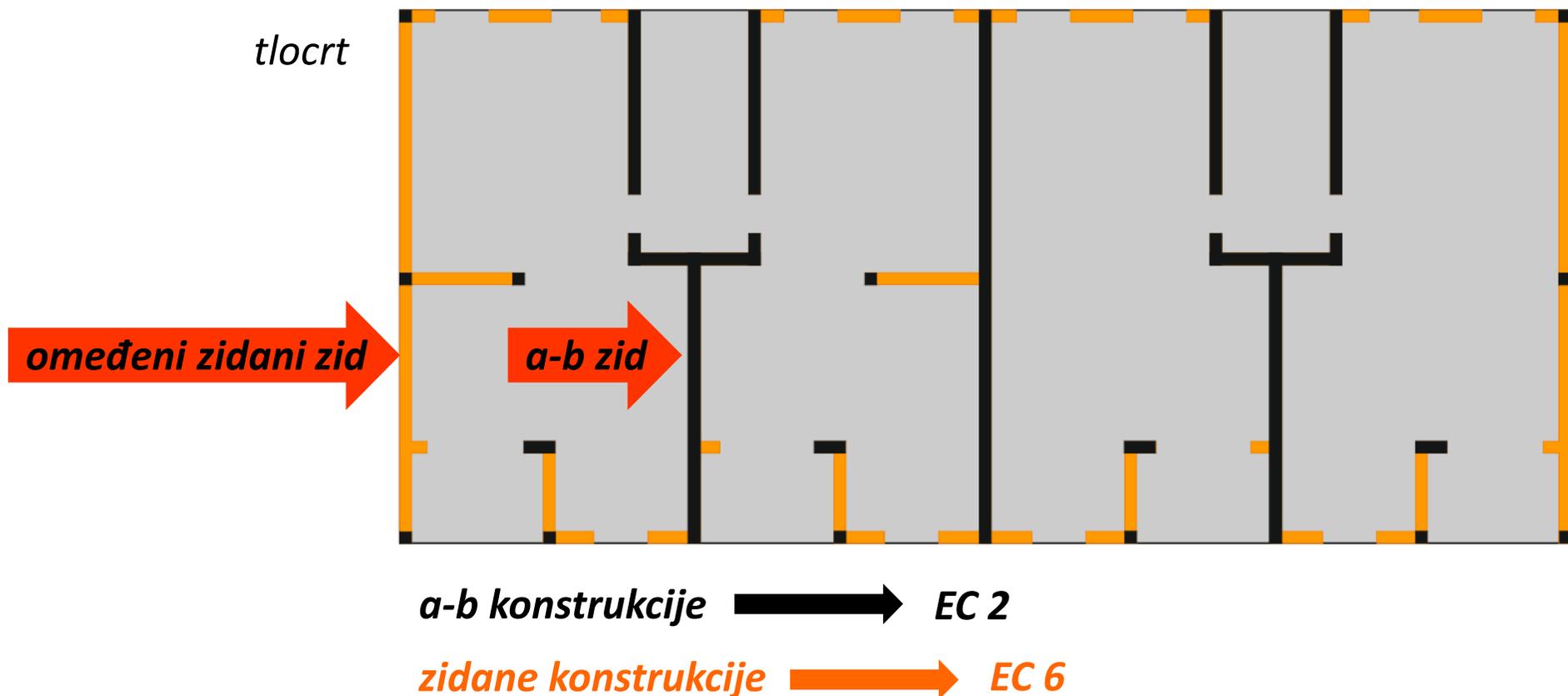
+ NAD (Nacionalni dodatak)

BITNE IZMJENE U ODNOSU NA

Tehnički propis za zidane konstrukcije, NN 1/07 (prestao važiti 04.03.2017.)

Projektiranje zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija

(1) Pri projektiranju novih ili rekonstrukciji postojećih građevina u kojima se kombiniraju zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija dokaz graničnog stanja nosivosti provodi se sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.



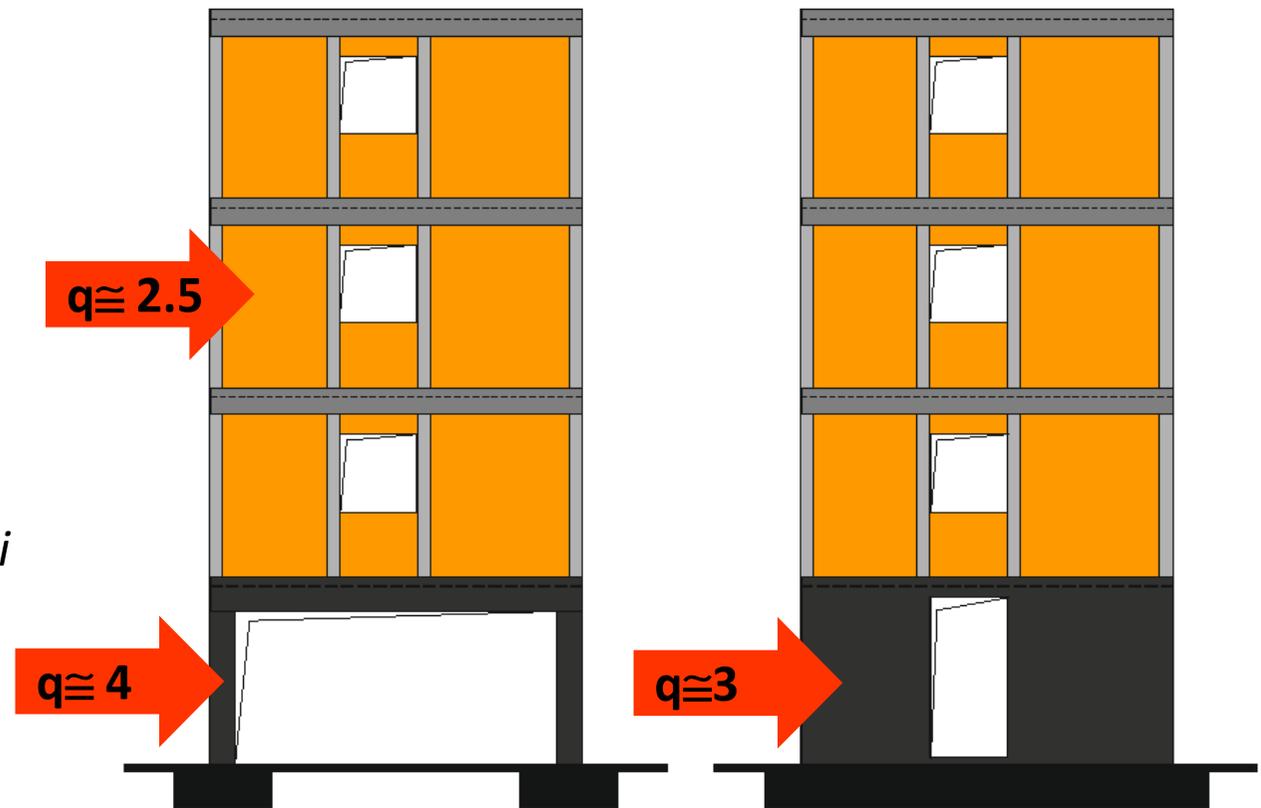
BITNE IZMJENE U ODNOSU NA

Tehnički propis za zidane konstrukcije, NN 1/07 (prestao važiti 04.03.2017.)

Projektiranje zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija

(2) Za dokaz graničnog stanja nosivosti konstrukcija u kojima se kombiniraju zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija na djelovanje potresa, potrebno je uzeti jedinstveni faktor ponašanja (q), koji odgovara manjoj vrijednosti faktora ponašanja analizirajući pojedine vrste konstrukcija neovisno, a proračun i razrada detalja za osiguranje duktilnosti provode se sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

Primjer:



uzima se jedinstveni (minimalni) faktor ponašanja

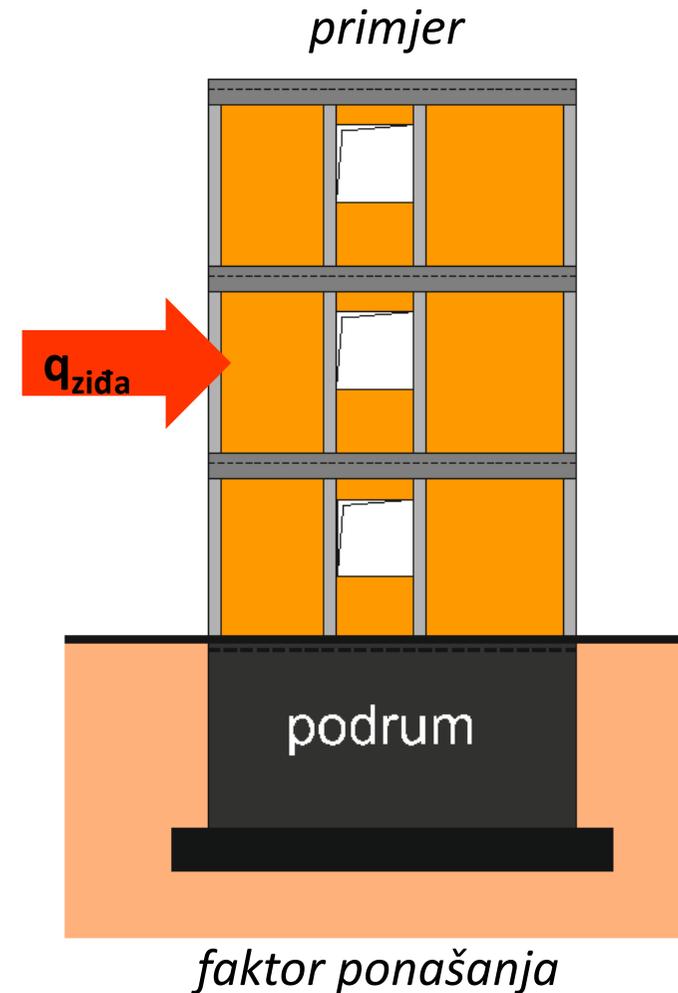
$$q_{min} = q = 2.5$$

BITNE IZMJENE U ODNOSU NA

Tehnički propis za zidane konstrukcije, NN 1/07 (prestao važiti 04.03.2017.)

Projektiranje zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija

(3) Iznimno od stavka 2. ovoga članka, za dokaz graničnog stanja nosivosti konstrukcija u kojima su temelj i jedna etaža iznad temelja, u vertikalnom kontinuitetu, projektirane kao betonska konstrukcija od betonskih zidova i ploča na koju se nastavlja zidana konstrukcija, uzima se faktor ponašanja koji vrijedi za primijenjenu vrstu ziđa prema hrvatskoj normi HRN EN 1998.



$q_{ziđa}$

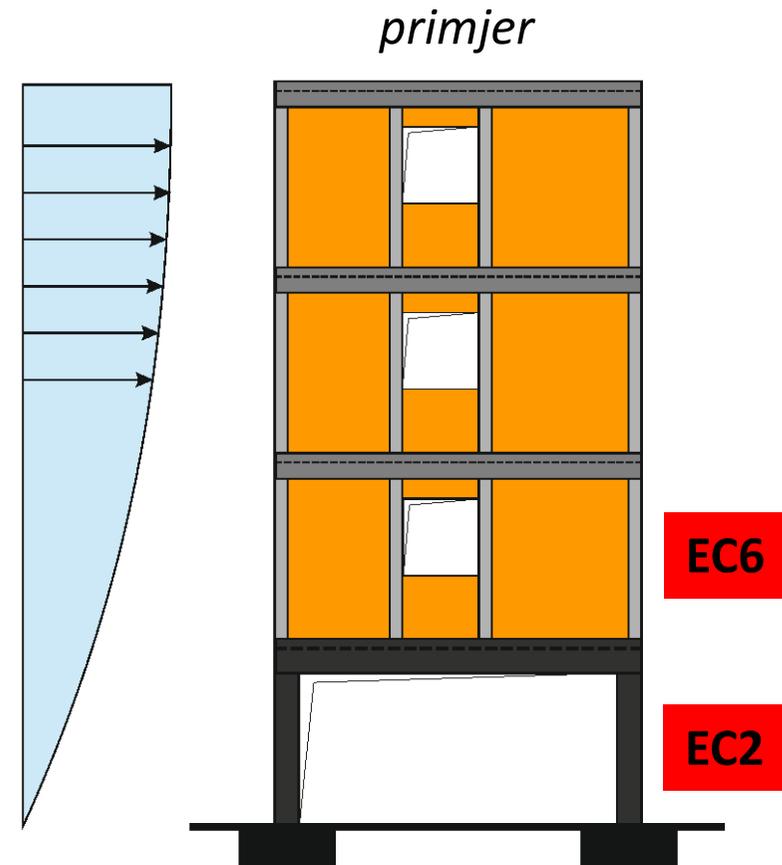
BITNE IZMJENE U ODNOSU NA

Tehnički propis za zidane konstrukcije, NN 1/07 (prestao važiti 04.03.2017.)

Projektiranje zidane konstrukcije s drugim vrstama konstrukcija

(4) Za dokaz graničnog stanja nosivosti konstrukcija, u kojima se kombinira zidne zidane konstrukcije s betonskim konstrukcijama, na djelovanje vjetra i ostalih vodoravnih djelovanja, proračun se provodi sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

(5) Za dokaz graničnog stanja uporabljivosti konstrukcija, u kojima se kombinira zidne zidane konstrukcije s betonskim konstrukcijama, mjerodavni su nepovoljniji kriteriji za odnosnu vrstu konstrukcije.



PRORAČUN ZIDANIH ZGRADA - PRORAČUNSKI POSTUPCI

POJEDNOSTAVNJENI PRORAČUNSKI POSTUPCI

STANDARDNI PRORAČUNSKI POSTUPCI

OSTALI POSTUPCI

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3; Dodatak A
Pojednostavnjena
proračunska metoda za
nearnirane zidane
zidove zgrada ne viših od
3 kata

1.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3:
Pojednostavnjene
proračunske metode
za nearnirane zidane
konstrukcije

2.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

3.

3.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-1

3.2 POTRES: EN 1998-1

4.

Linearni i nelinearni
modeli odgovora na
ubrzanje tla

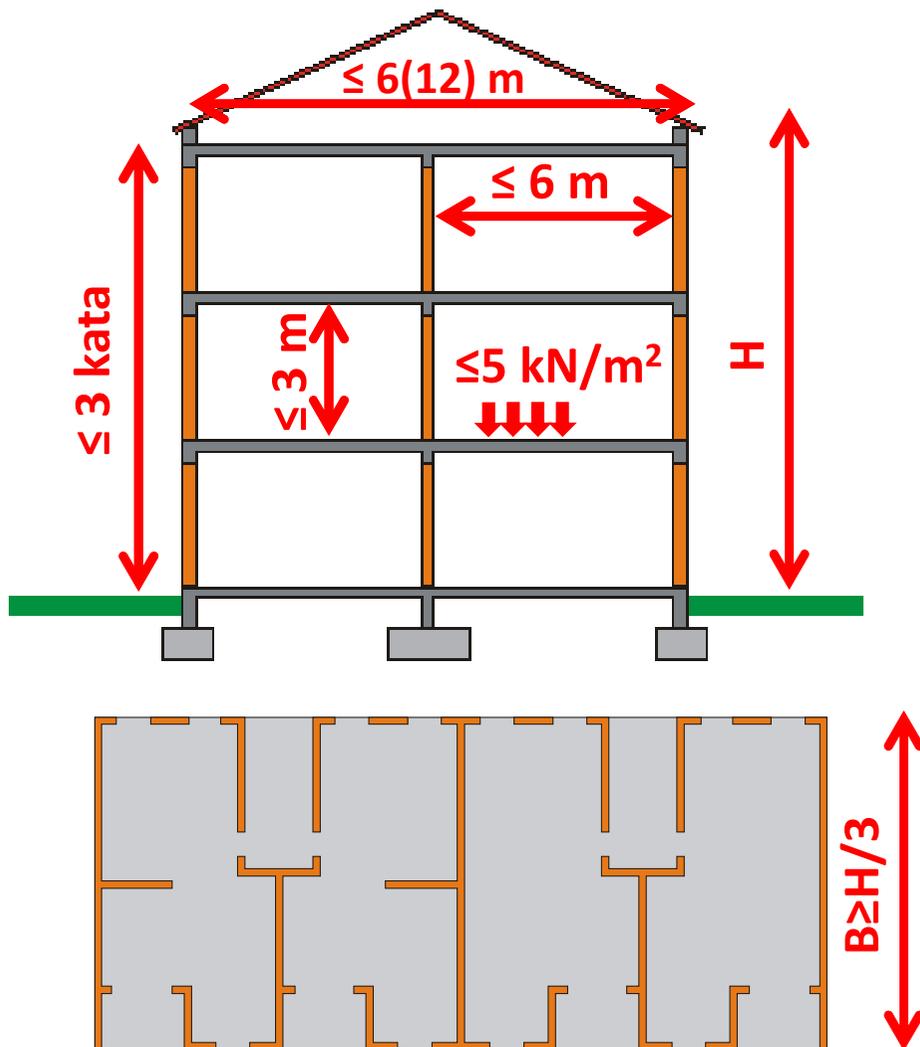
Nelinearne metode
temeljene na ocjeni
pomaka (*Displacement
base method*)

Kombinirana metoda
konačnih i diskretnih
elemenata (*Combined
finite discrete element
methods*)

1.

POJEDNOSTAVNJNI PRORAČUNSKI POSTUPCI

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)



Uvjeti:

- zgrada nije viša od 3 kata iznad razine temeljnog tla
- zidovi su bočno pridržani okomito na ravninu zida međukatnim konstrukcijama
- svijetla visina kata ne prelazi 3 m
- najmanja tlocrtna dimenzija iznosi najmanje 1/3 visine
- karakteristične vrijednosti promjenjivih djelovanja na stropove ili krov ne prelaze 5 kN/m²
- najveći svijetli raspon bilo kojeg stropa iznosi 6.0 m
- najveći svijetli raspon krova iznosi 6.0 m, osim u slučaju lagane krovne konstrukcije kad raspon nije veći od 12.0 m
- vitkost h_{ef}/t_{ef} unutarnjih i vanjskih zidova nije veća od 21. gdje je:

h_{ef} - proračunska visina zida u skladu s točkom 4.2.2.4

t_{ef} - proračunska debljina zida određena u skladu s točkom 4.2.2.4.

- itd...

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

Računska nosivost zida na vertikalno opterećenje:

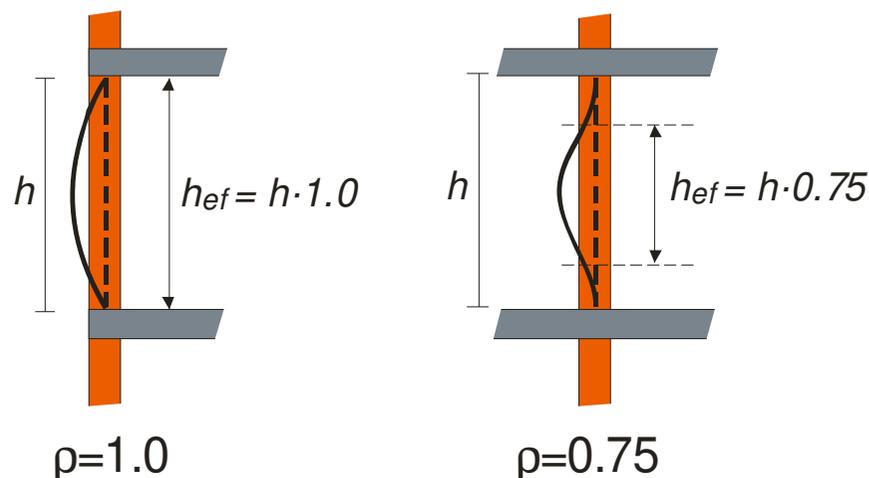
$$N_{Rd} = c_A f_d A \quad [\text{EN 1996-3; (A.1)}]$$

$$c_A = 0.5 \quad (\text{ako je } h_{ef}/t_{ef} \leq 18)$$

$$c_A = 0.36 \quad (\text{ako je } 18 < h_{ef}/t_{ef} \leq 21)$$

f_d = proračunska tlačna čvrstoća zida

A = površina zida (bez otvora)



PRIMJER1:

katna visina: 2.90 m

svijetla visina: $h=2.75$ m

efektivna visina: $h_{ef}=\rho \cdot h$

efektivna debljina: $t_{ef}=t$ (za jednostruke zidove)

ekscentrično opterećeni zidovi (vanjski): $h_{ef}=1.0 \cdot h=2.75$ m

centrično opterećeni zidovi (unutarnji): $h_{ef}=0.75 \cdot h \approx 2.10$ m

$t=0.25$ m

$h_{ef}/t_{ef}=11$

$h_{ef}/t_{ef}=8$

$t=0.30$ m

$h_{ef}/t_{ef}=9$

$h_{ef}/t_{ef}=7$

Računska nosivost zida na vertikalno opterećenje:

$$N_{Rd,ziđe} = 0.5 f_d A$$

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

PRIMJER2:

blok opeka: POROTHERM BLOK; $f_b=11.5$ MPa

mort opće namjene M10

karakteristična tlačna čvrstoća zida:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta = 0.45 \cdot 11.5^{0.7} \cdot 10.0^{0.3} = 4.96 \text{ MPa}$$

parcijalni koeficijent za zide: $\gamma_M = 2.2$

(razred izvedbe 2; kategorija zida B)

računska tlačna čvrstoća zida: $f_d = f_k / \gamma_M = 4.96 / 2.2 = 2.25$ MPa

računska nosivost zida [po m'] na vertikalno opterećenje:

$$\text{zid } t=25 \text{ cm: } N_{Rd, \text{zide}, t=25 \text{ cm}} = 0.5 \cdot 2.25 \cdot 1000 \cdot 0.25 = 281 \text{ kN/m'}$$

$$\text{zid } t=30 \text{ cm: } N_{Rd, \text{zide}, t=30 \text{ cm}} = 0.5 \cdot 2.25 \cdot 1000 \cdot 0.30 = 337 \text{ kN/m'}$$

DJELOVANJA NA M/K:

- a/b ploča (d=15 cm)+slojevi+pregr. z.:
 $g=6.0$ kN/m²

$g=6.0$ kN/m²

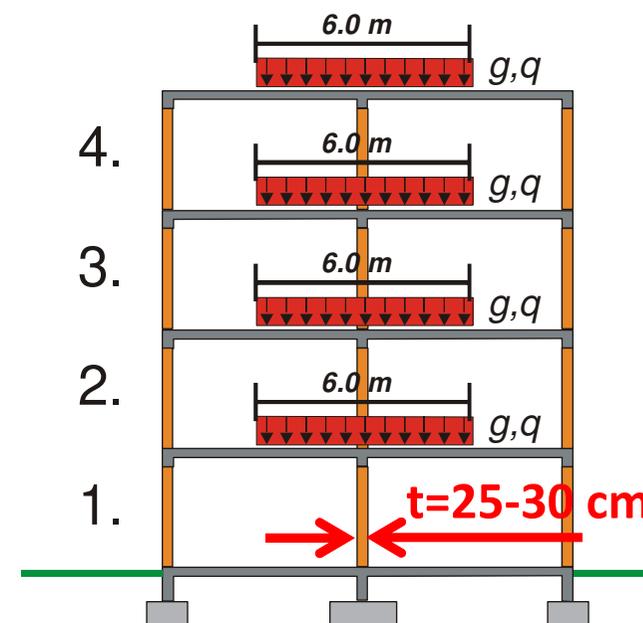
- promjenjivo djelovanje:
 $q=2.0$ kN/m²

$q=2.0$ kN/m²

- vlastita težina zida: $g_z=10$ kN/m³

- računsko djelovanje:

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$$



1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

PRIMJER3:

blok opeka: POROTHERM PROFI; $f_b=11.5$ MPa

ljepilo-poliuretanski adheziv Dryfix.extra

karakteristična tlačna čvrstoća ziđa:

$$f_k = 4.95 \text{ MPa (tehničko dopuštenje)}$$

parcijalni koeficijent za ziđe: $\gamma_M=1.5$

(razred izvedbe 1; kategorija ziđa A)

računska tlačna čvrstoća ziđa: $f_d = f_k/\gamma_M = 4.95/1.5 = 3.30$ MPa

računska nosivost ziđa [po m'] na vertikalno opterećenje:

$$\text{zid } t=25 \text{ cm: } N_{Rd,ziđe,t=25 \text{ cm}} = 0.5 \cdot 3.30 \cdot 1000 \cdot 0.25 = 412 \text{ kN/m'}$$

$$\text{zid } t=30 \text{ cm: } N_{Rd,ziđe,t=30 \text{ cm}} = 0.5 \cdot 3.30 \cdot 1000 \cdot 0.30 = 495 \text{ kN/m'}$$

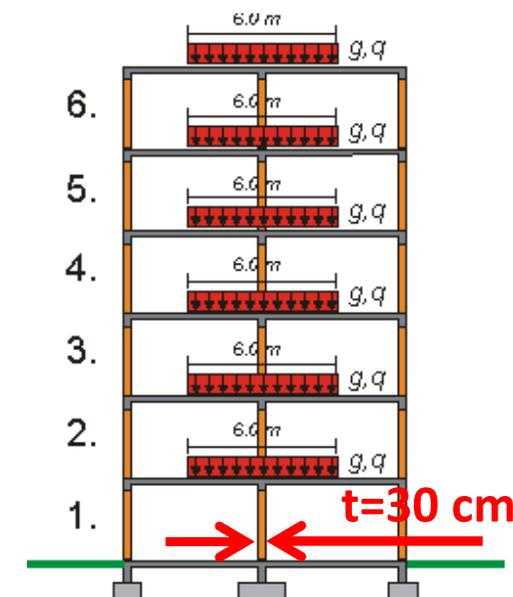
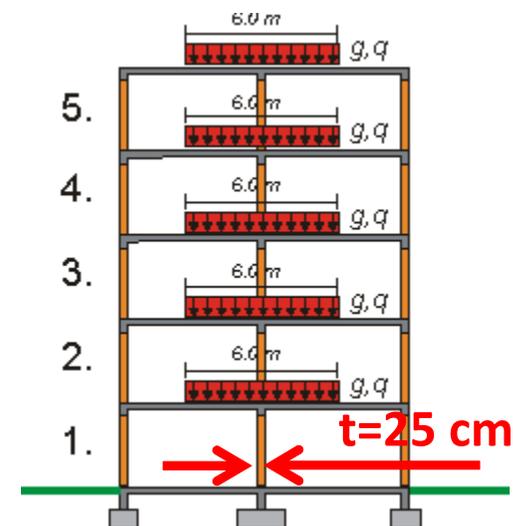
DJELOVANJA NA M/K:

- a/b ploča (d=15 cm)+slojevi+pregr. z.: $g=6.0$ kN/m²

- promjenjivo djelovanje: $q=2.0$ kN/m²

- vlastita težina zida: $g_z=10$ kN/m³

- računsko djelovanje: $N_{Ed}=1.35 \cdot G+1.5 \cdot Q$



1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

A-B VERTIKALNI SERKLAŽI:

Proračunska nosivost a/b stupa na vertikalno opterećenje:

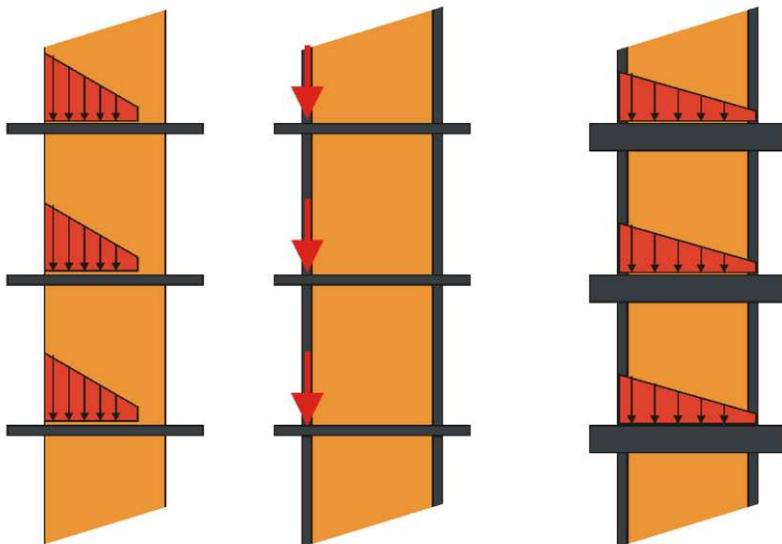
$$N_{Rd} = b h_w f_{cd} \Phi \quad [\text{EN 1992-1-1; (12.10)}]$$

b, h_w = stranice poprečnog presjeka stupa (h_w = manja stranica)

f_{cd} = računski tlačni čvrstoća betona

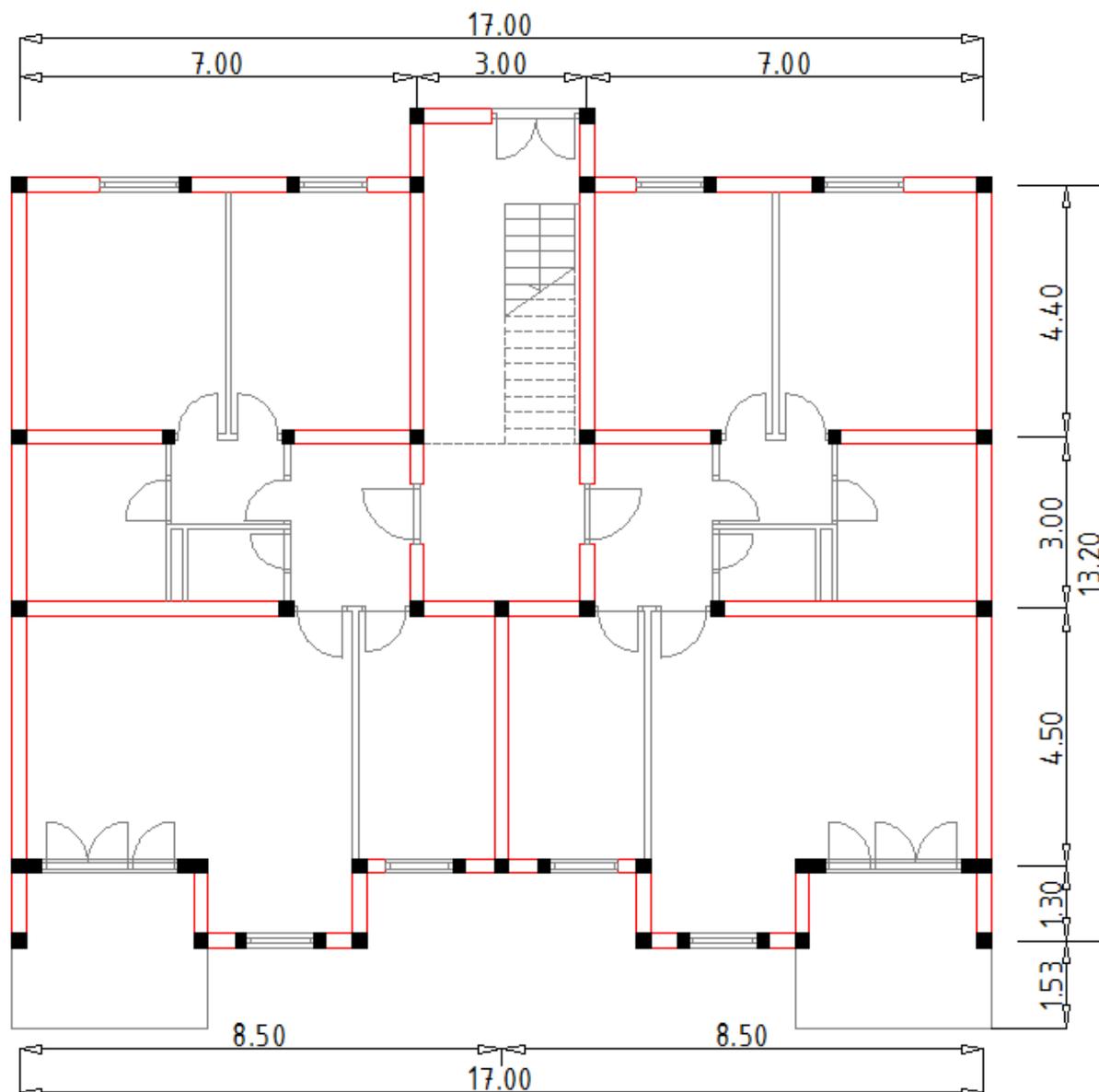
Φ = faktor koji uključuje ekscentricitet, efekte teorije II. reda i puzanje

$$\Phi = \Phi(h_w, e_o, e_i)$$



1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

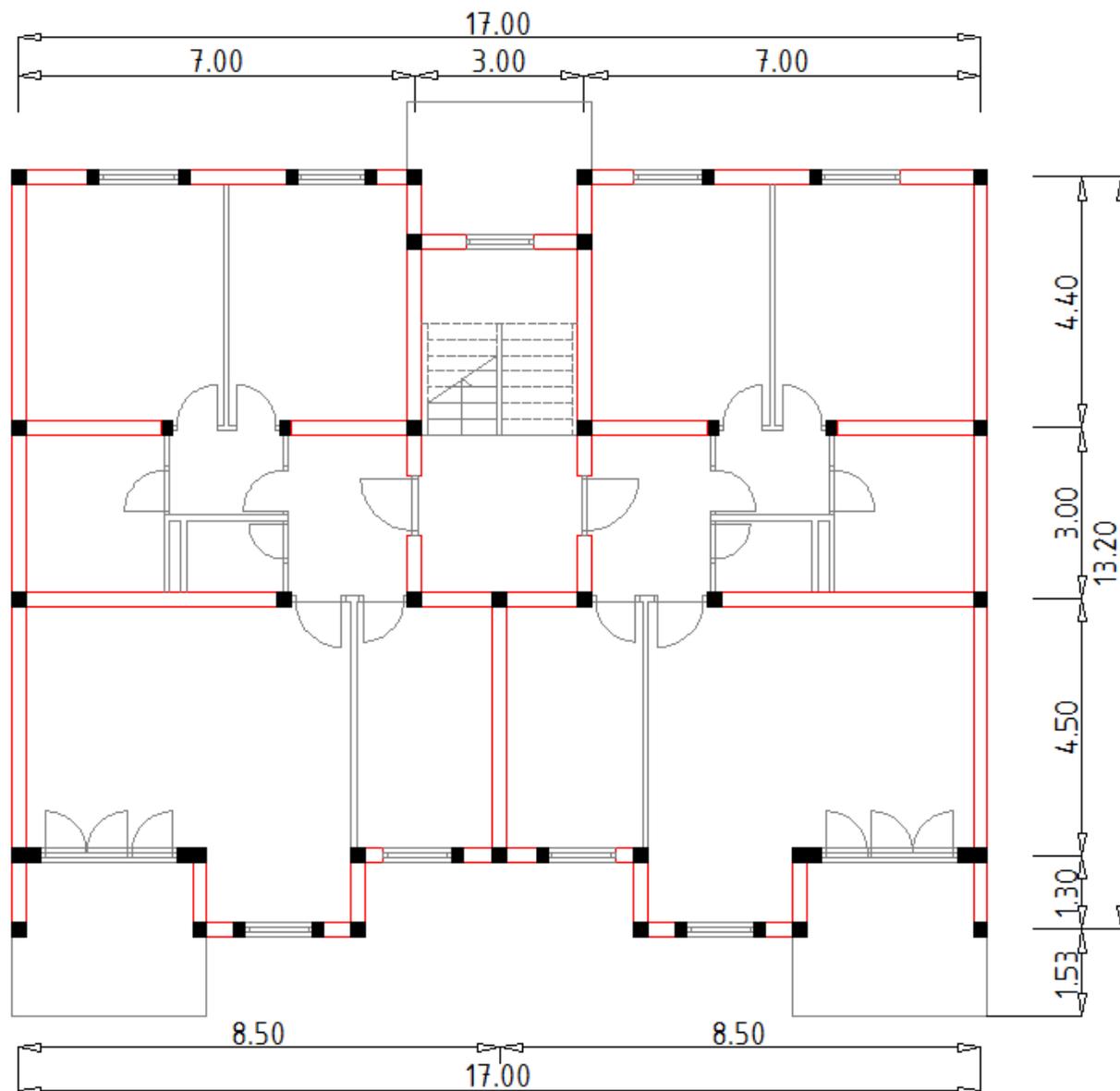


PRIMJER4:
Stambena višekatnica

TLOCRT PRIZEMLJA

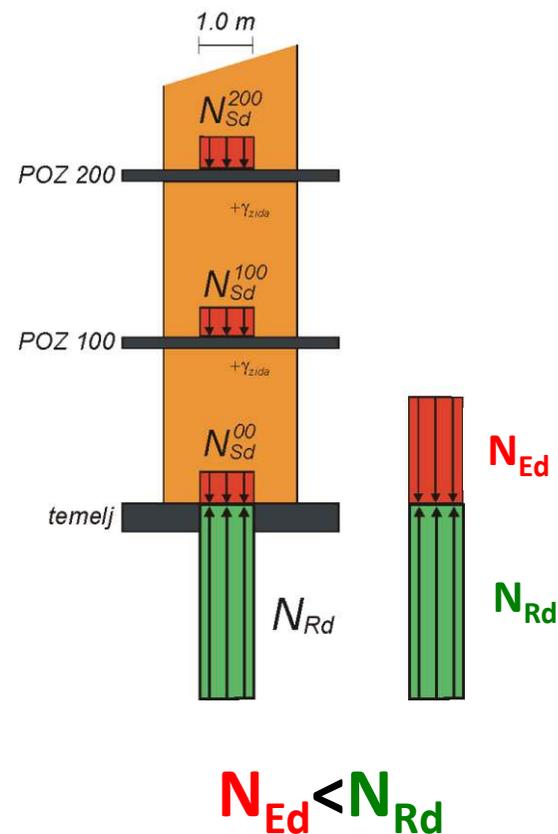
1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)



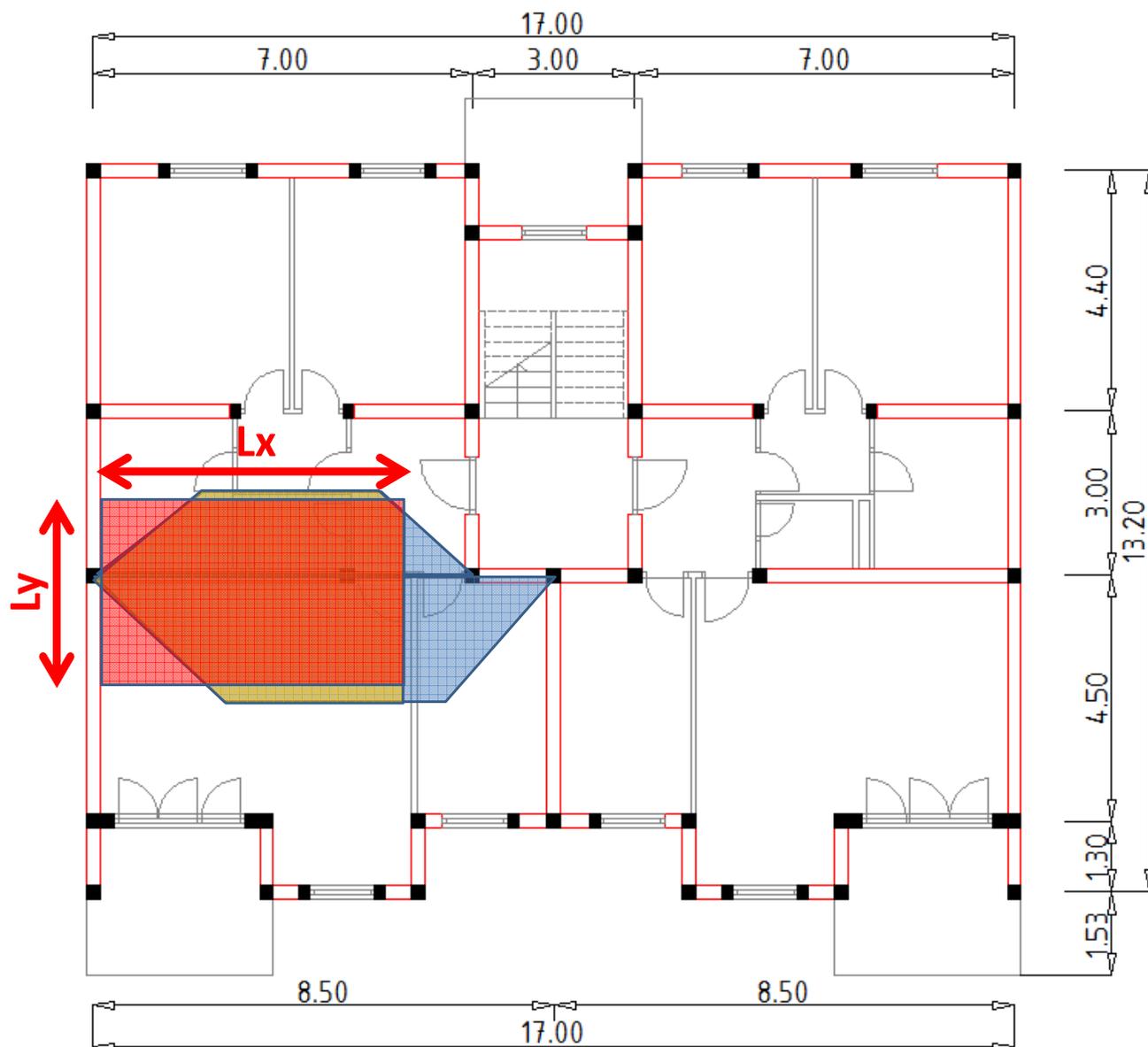
PRIMJER4:
Stambena višekatnica

TLOCRT KATOVA



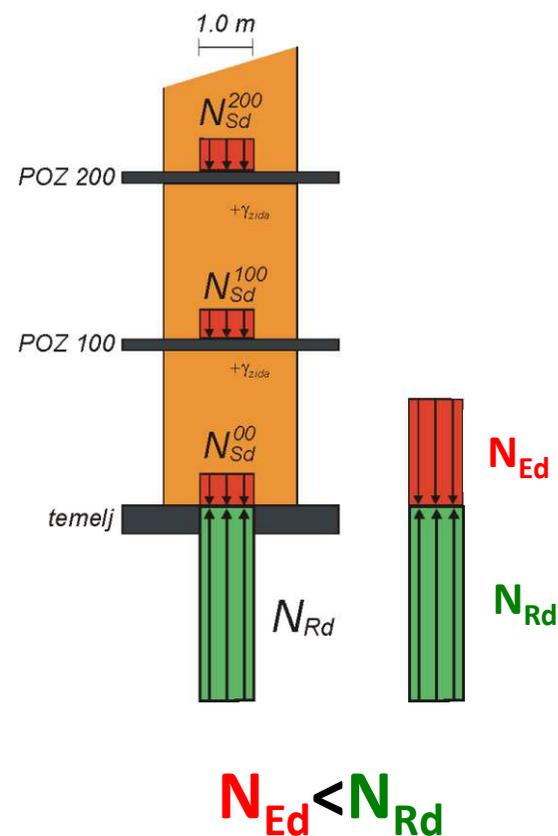
1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zgrade ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)



PRIMJER4:
Stambena višekatnica

TLOCRT KATOVA

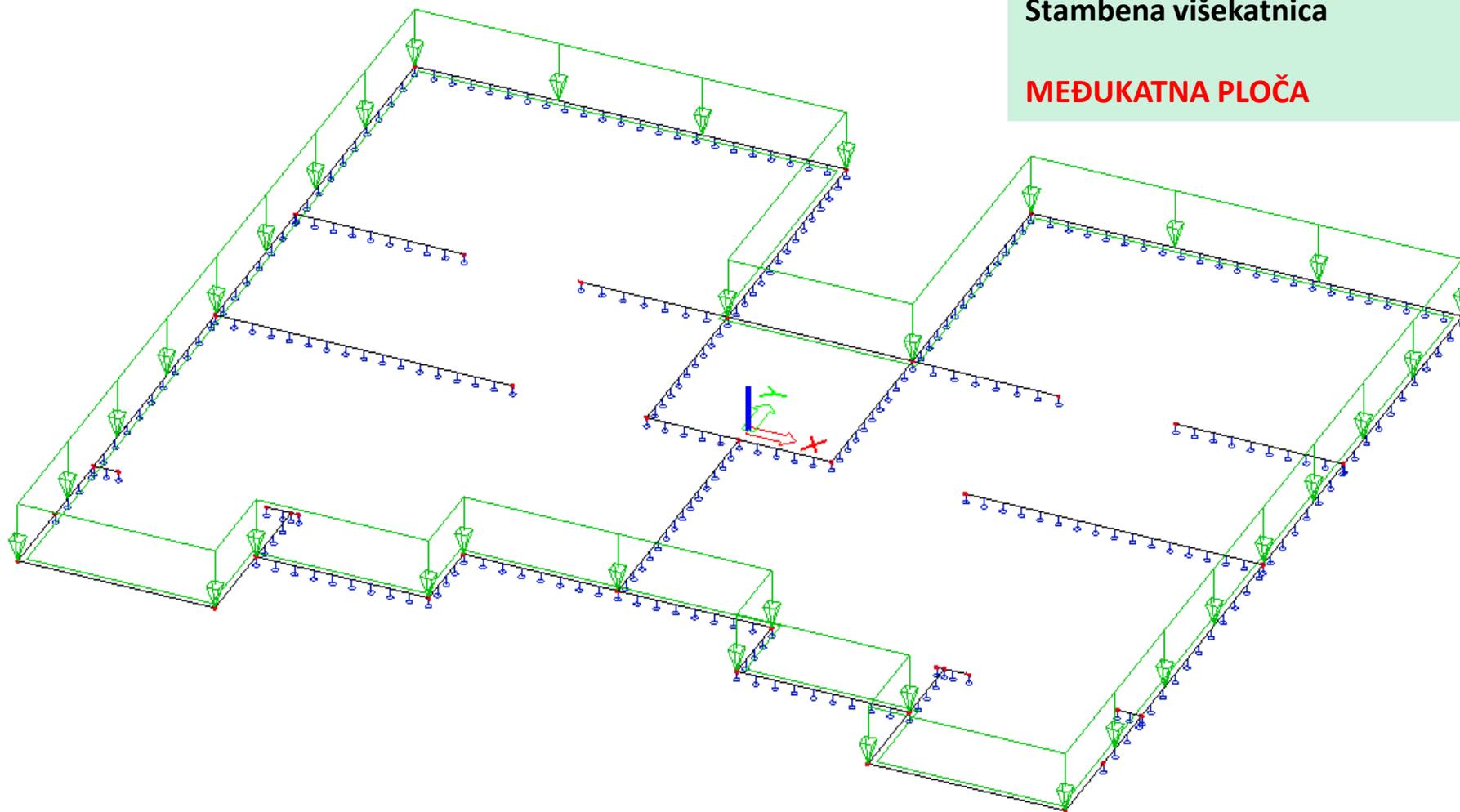


1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zgrade ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

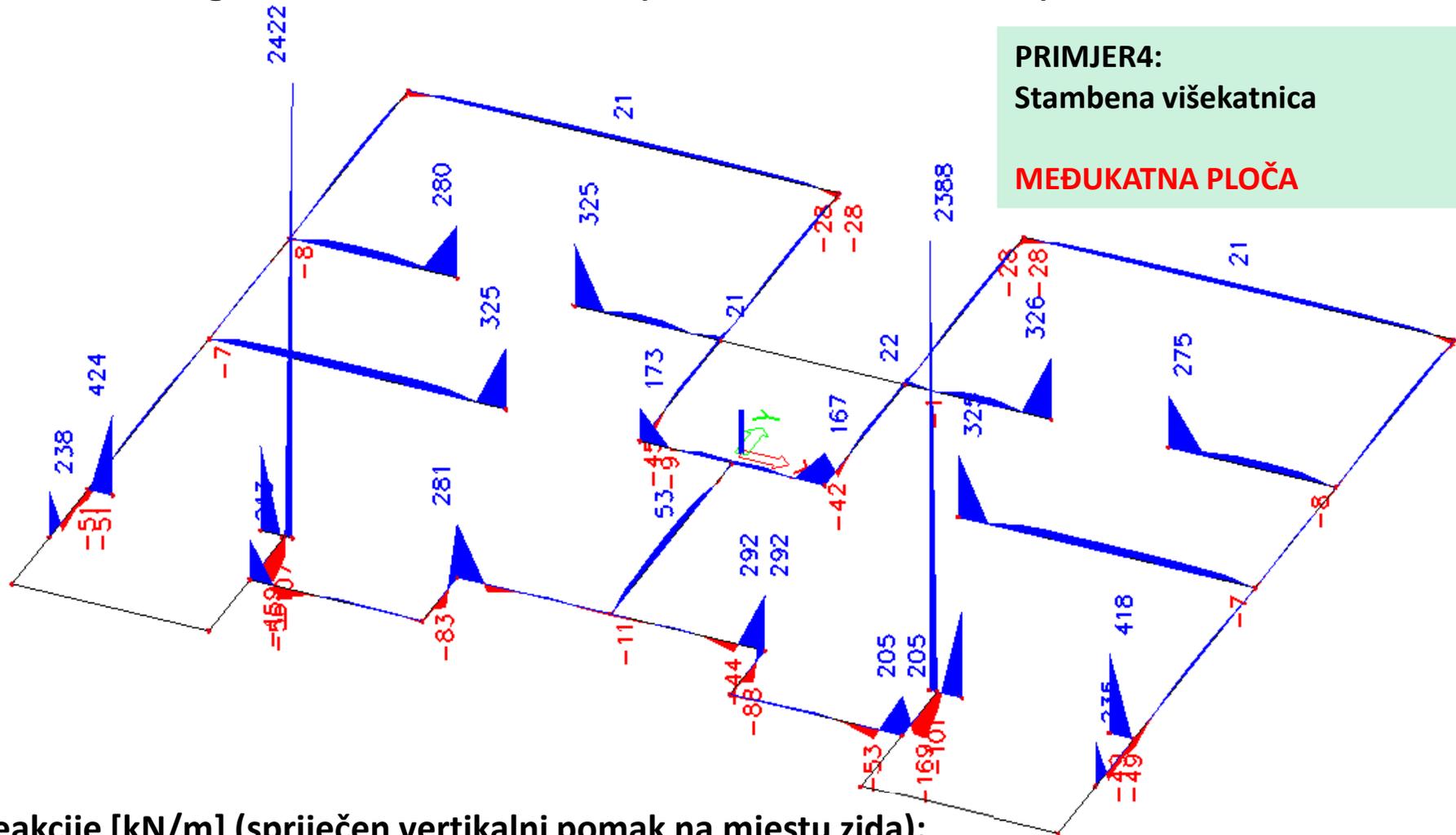
PRIMJER4:
Stambena višekatnica

MEĐUKATNA PLOČA



1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)



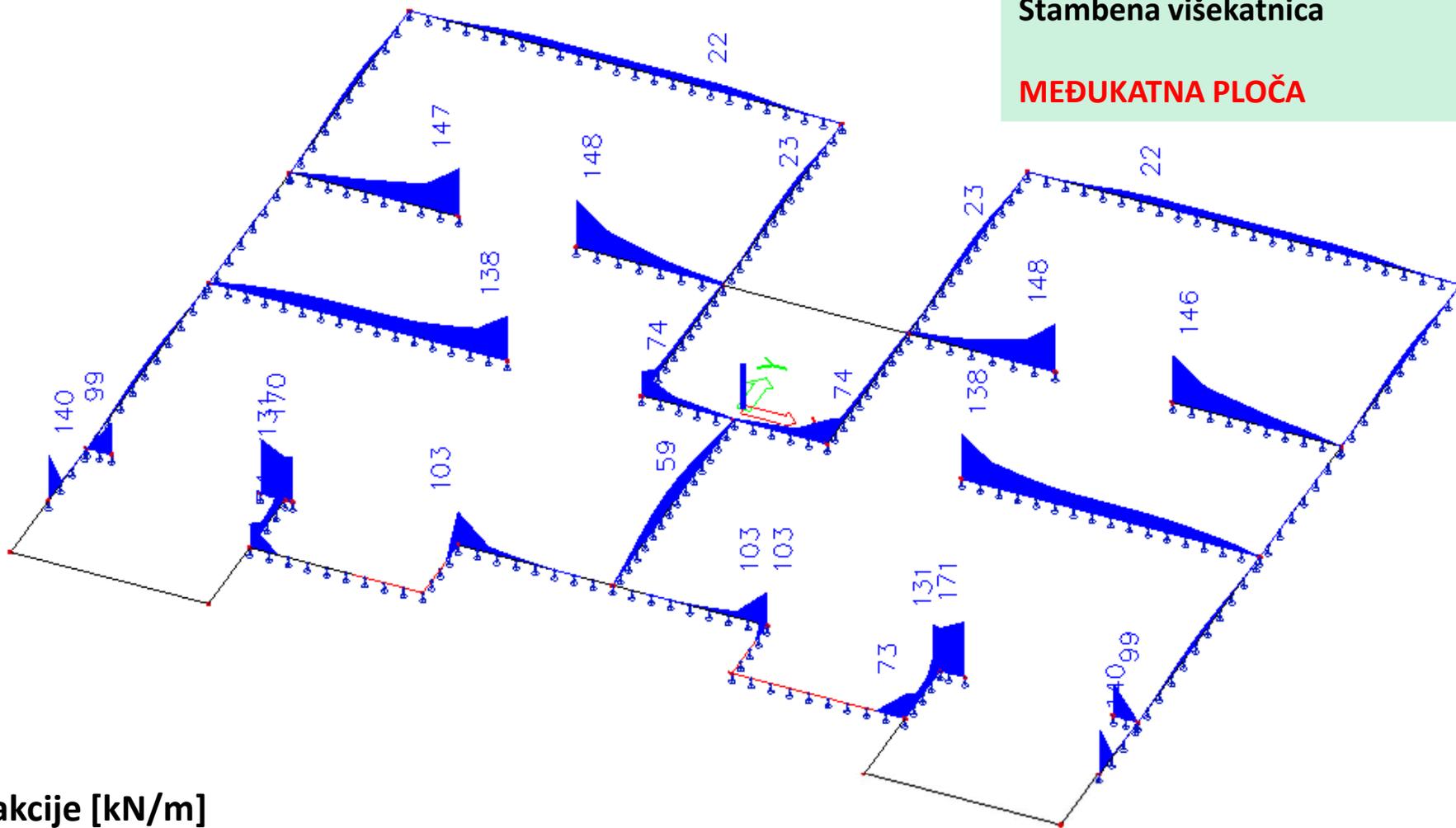
- tlak
- vlak

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zgrade ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

PRIMJER4:
Stambena višekatnica

MEĐUKATNA PLOČA



Reakcije [kN/m]

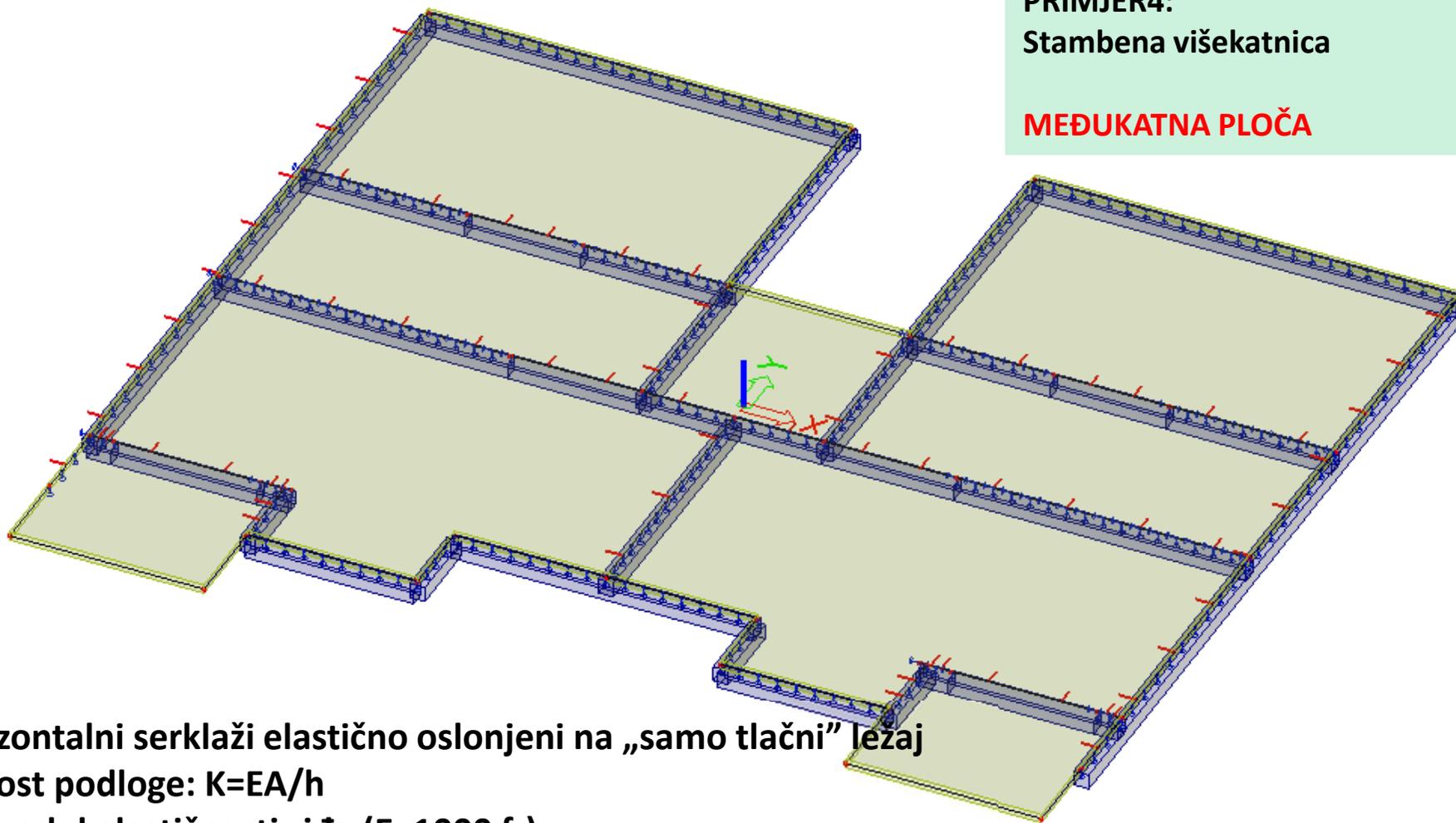
spriječen vertikalni pomak – „samo-tlačni” ležaj (slobodno odizanje)

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zgrade ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

PRIMJER4:
Stambena višekatnica

MEĐUKATNA PLOČA



Horizontalni serklaži elastično oslonjeni na „samo tlačni” ležaj

Krutost podloge: $K=EA/h$

E = modul elastičnosti zida ($E \approx 1000 f_k$)

A = površina (po metru duljine; $A=1*t$)

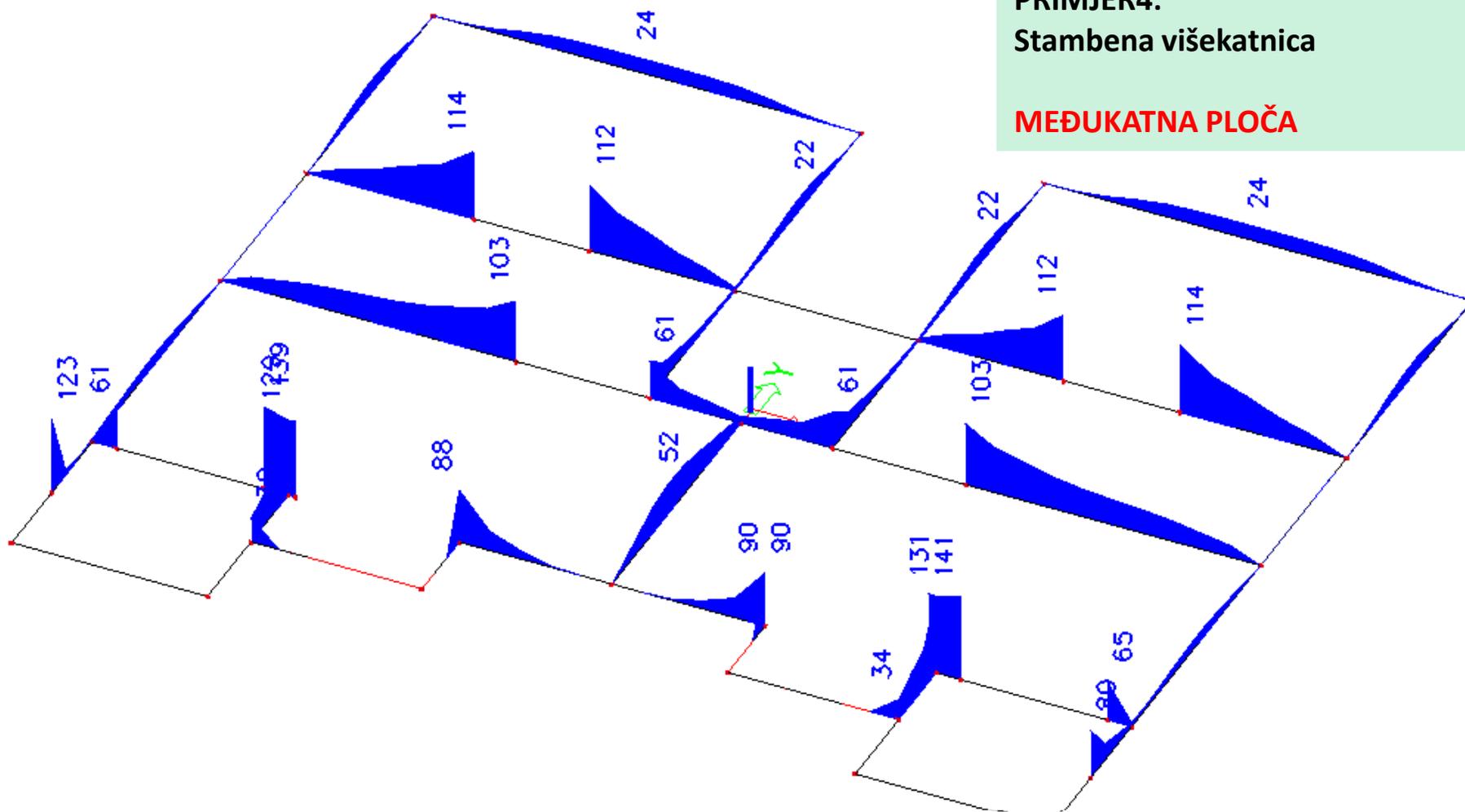
h = visina zida

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zgrade ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)

PRIMJER4:
Stambena višekatnica

MEĐUKATNA PLOČA

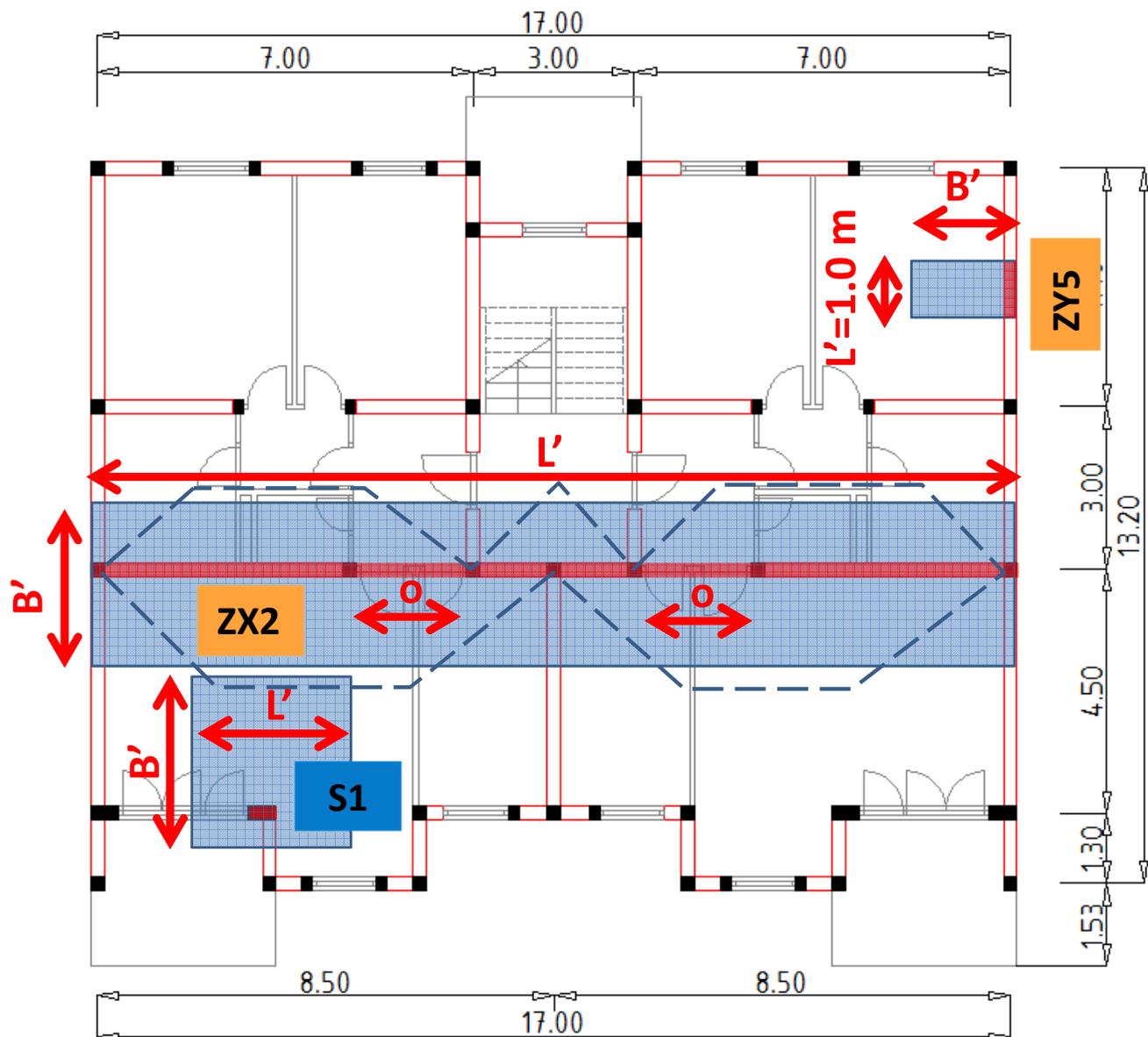


Reakcije [kN/m]

Horizontalni serklaži na elastično oslonjeni na „samo tlačni” elastični ležaj

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: Pojednostavnjena proračunska metoda za nearmirane zidane zidove zgrada ne viših od 3 kata (EN 1996-3; Dodatak A)



PRIMJER4:
Stambena višekatnica

**PRORAČUN SUDJELUJUĆIH
POVRŠINA (pojednostavnjeni)**

1.

1.2 POTRES: EN 1998-1 (točka 9.7 Pravila za jednostavne zidane zgrade) EN 1998-1 (NACIONALNI DODATAK)

Uvjeti:

- najmanja čvrstoća zidnih elemenata: $f_{b,min}=2.5$ MPa; $f_{bh,min}=2.0$ MPa
- najmanja čvrstoća morta (za omeđeno): $f_{m,min}=5$ MPa
- obvezno popunjavanje vert. sljubnica (može i na utor/pero ako je ispitivanjem dokazana nosivost zida)
- **minimalna debljina zida (omeđenog): $t=24$ cm**
- vitkost: $h_{ef}/t_{ef} \leq 15$
- min. dimenzija poprečnog presjeka serklaža: 15 cm
- vertikalni serklaži:
 - na slobodnom rubu zida
 - s obje strane otvor većeg od 1.5 m²
 - max. razmak: 5 m
- horizontalni serklaži:
 - u razini međukatnih k. i max. 4 m
- armiranje – uzdužna armatura:
 - $A_{s,min}=300$ m² (Npr: 4 ϕ 10)
 - **$\rho_{s,min}=1\%$ (npr: 25x25cm => 4 ϕ 14; 30x30cm => 4 ϕ 18)**
 - preklop: 60 ϕ
- armiranje – vilice:
 - min. ϕ 5 mm, max. razmak 15 cm

1.

1.2 POTRES: EN 1998-1 (točka 9.7 Pravila za jednostavne zidane zgrade) EN 1998-1 (NACIONALNI DODATAK)

NACIONALNI DODATAK NA EN 1998 (prijedlog)

Tablica 9.3(HR) – Dopušteni broj katova n iznad temeljnog tla i najmanje ploštine poprečnih presjeka nosivih zidova $p_{A,min}$ u svakom smjeru izražene kao postotak bruto tlocrtnne ploštine kata za „jednostavne zidane zgrade“

Broj katova n	Vrsta zida					
	nearmirano		nearmirano	omeđeno	nearmirano	omeđeno
	$a_g = 0,05$	$a_g = 0,10$	$a_g = 0,20$		$a_g = 0,30$	
$S_d(T)$	0,075	0,15	0,30	0,24	0,45	0,36
1	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
2	2,0	2,0	2,5	2,0	6,5	3,0
3	2,0	2,0	3,0	2,5	–	6,5
4	2,0	2,0	5,0	3,0	–	–
5	2,0	2,0	6,5	5,0	–	–

Napomena 1: Prizemlje se broji kao kat. Ne broji se prostor ispod krova, a iznad punog kata.

Napomena 2: $S_d(T) = a_g S (2,5/g)$

Napomena 3: Za spektar tipa 1 i tip B temeljnog tla $S = 1,2$.

Za nearmirano zide $q = 2,0$ pa je $S_d(T) = 1,5 a_g$.

Za omeđeno zide $q = 2,5$ pa je $S_d(T) = 1,2 a_g$.

Napomena 4: Faktor važnosti zgrade $\gamma_s = 1,0$.

Napomena 5: Parcijalni koeficijent sigurnosti za materijal $\gamma_M = 2,0$ za stalno i promjenjivo opterećenje, a $\gamma_M = 1,5$ za izvanredno (potresno) opterećenje (vidjeti točku 9.6(3) norme HRN EN 1998-1:2011 i točku 2.51 ovog dokumenta).

Napomena 6: Karakteristična vlačna čvrstoća zida određena ispitivanjem $f_{tk} = 0,3 \text{ N/mm}^2$.

Karakteristična posmična čvrstoća zida f_{tk} u skladu s normom HRN EN 1996-1-1:2011: $f_{tk} = f_{tk0} + 0,4\sigma_k = 0,3 + 0,4\sigma_k$ za mortove M10 i TM10 i opečne zidne elemente skupine 2, tlačne čvrstoće $f_c = 10 \text{ N/mm}^2$.

Napomena 7: Omeđeno zide primjenjivo je i za $a_g = 0,05$ i $a_g = 0,10$.

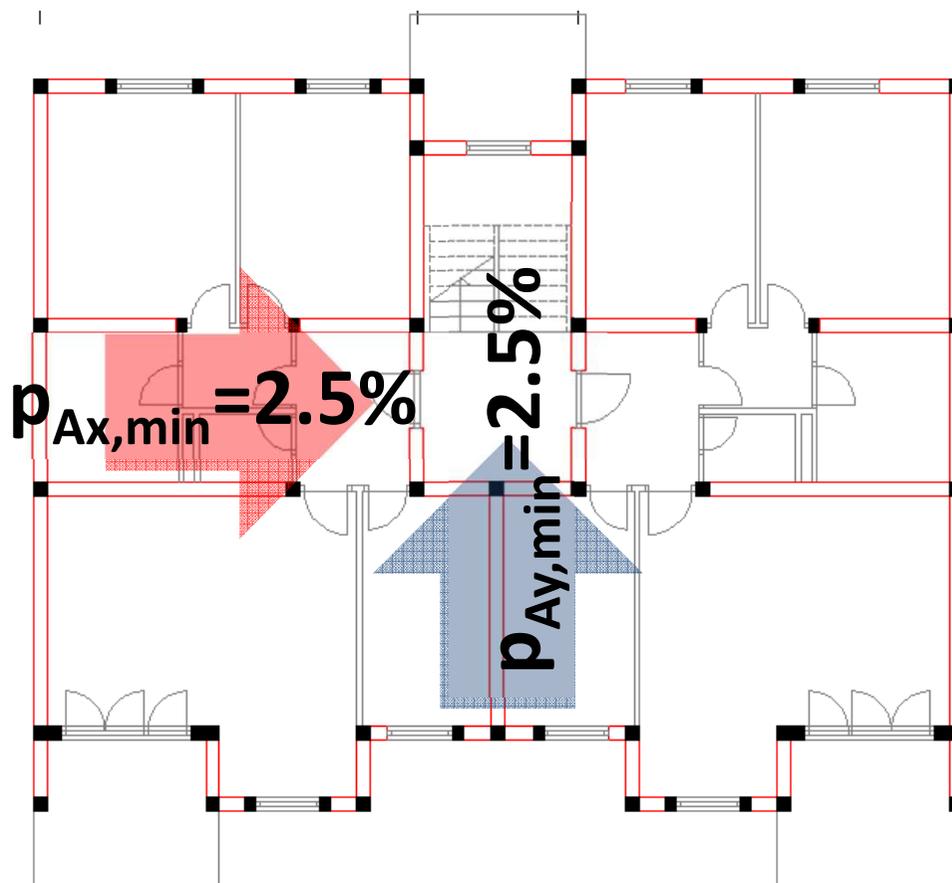
PRIMJER5:

računsko ubrzanje temeljnog tla: $a_g = 0.2g$

temeljno tlo tipa B

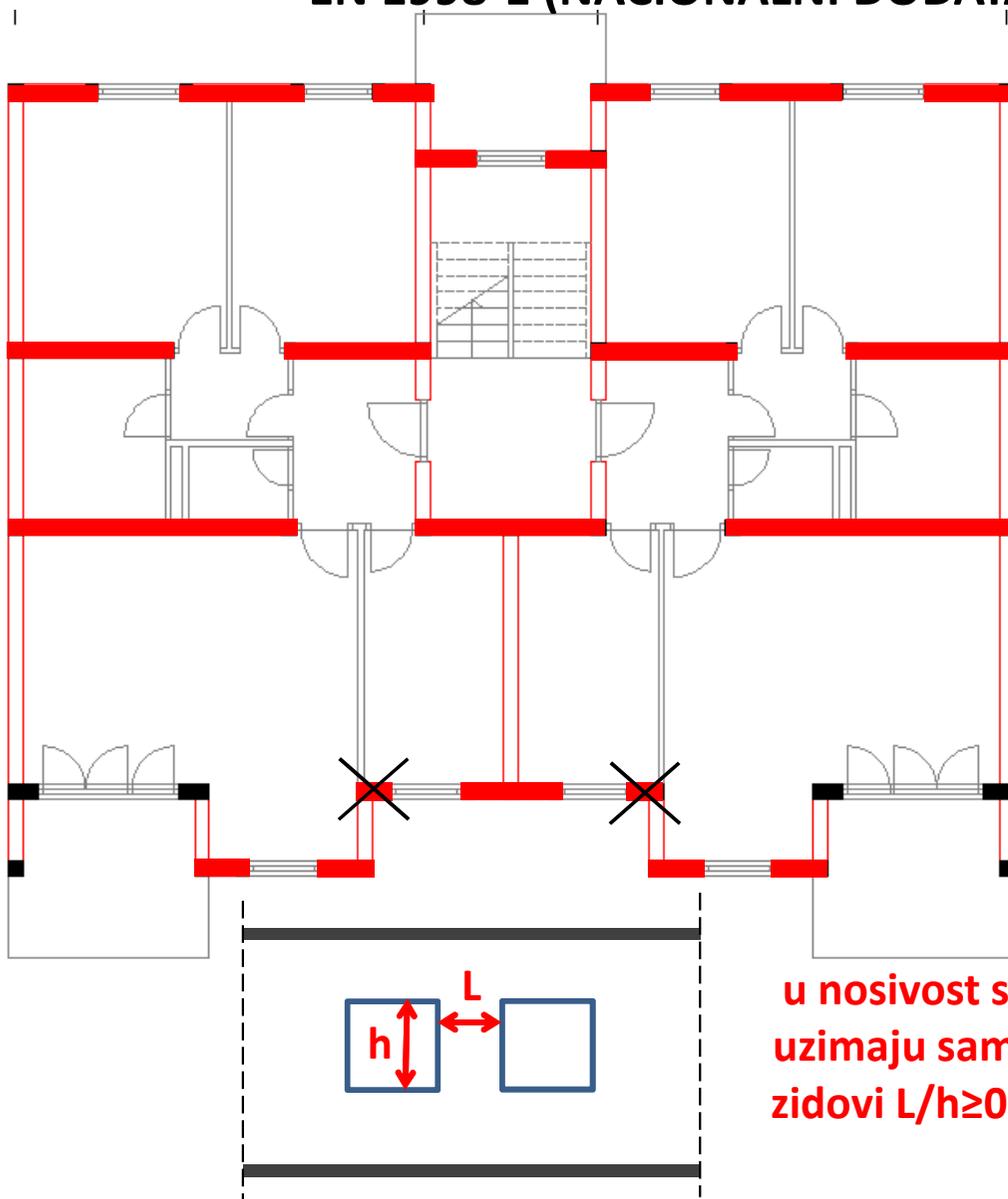
faktor ponašanja (omeđeno zide): $q=2.5$

katnost: 3 etaže



1.

1.2 POTRES: EN 1998-1 (točka 9.7 Pravila za jednostavne zidane zgrade) EN 1998-1 (NACIONALNI DODATAK)



Ploština poprečnih presjeka nosivih zidova: **Smjer X**

Zid	debljina t [m]	duljina L [m]	visina otvora uz zid h [m]	Lh (mora biti ≥ 0.3)	površina $t * L$ [m ²]
ZX1	0.25	0.92	1.40	0.7	0.2
ZX2	0.25	0.92	1.40	0.7	0.2
ZX3	0.25	0.60	2.75	0.2	0.0
ZX4	0.25	1.70	1.40	1.2	0.4
ZX5	0.25	0.60	2.75	0.2	0.0
ZX6	0.25	0.92	1.40	0.7	0.2
ZX7	0.25	0.92	1.40	0.7	0.2
ZX8	0.25	4.95	2.50	2.0	1.2
ZX9	0.25	3.25	2.50	1.3	0.8
ZX10	0.25	4.95	2.50	2.0	1.2
ZX11	0.25	3.25	2.50	1.3	0.8
ZX12	0.25	4.95	2.50	2.0	1.2
ZX13	0.25	2.85	2.50	1.1	0.7
ZX14	0.25	2.50	2.50	1.0	0.6
ZX15	0.25	2.50	2.50	1.0	0.6
ZX16	0.25	2.85	2.50	1.1	0.7
ZX17	0.25	1.55	1.40	1.1	0.4
ZX18	0.25	2.10	1.40	1.5	0.5
ZX19	0.25	1.00	1.40	0.7	0.3
ZX20	0.25	1.00	1.40	0.7	0.3
ZX21	0.25	2.10	1.40	1.5	0.5
ZX22	0.25	1.55	1.40	1.1	0.4

$A_x = 11.7$ m²

Površina etaže: $A_{brutto} = 232.0$ m²

$p_{Ax} = 5.0\% > p_{Ax,min} = 2.5\%$

PRORAČUN ZIDANIH ZGRADA - PRORAČUNSKI POSTUPCI

POJEDNOSTAVNJENI PRORAČUNSKI POSTUPCI

STANDARDNI PRORAČUNSKI POSTUPCI

OSTALI POSTUPCI

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3; Dodatak A
Pojednostavnjena
proračunska metoda za
nearmirane zidane
zidove zgrada ne viših od
3 kata

1.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3:
Pojednostavnjene
proračunske metode
za nearmirane zidane
konstrukcije

2.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

3.

3.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-1

3.2 POTRES: EN 1998-1

4.

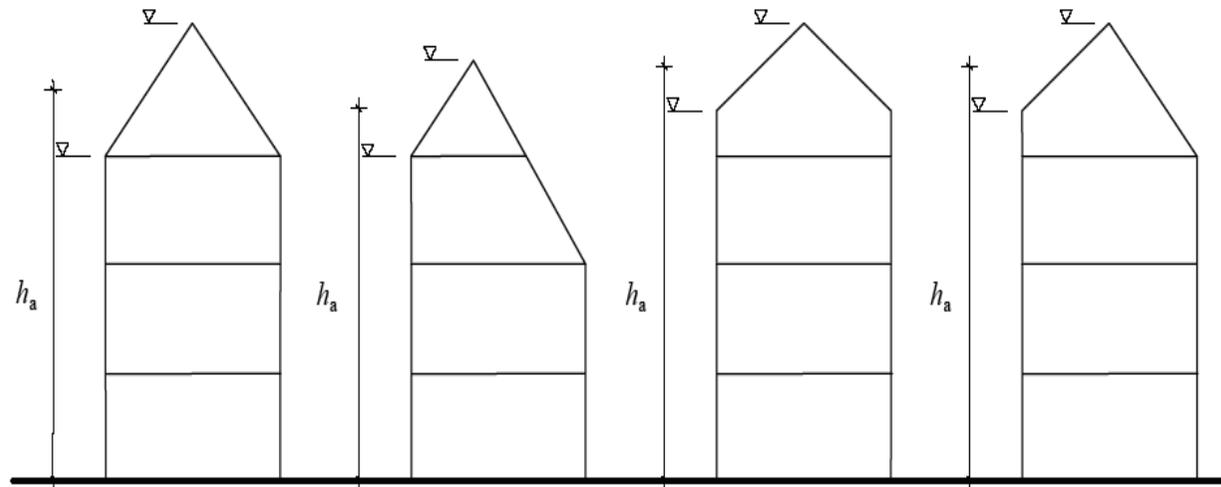
Linearni i nelinearni
modeli odgovora na
ubrzanje tla

Nelinearne metode
temeljene na ocjeni
pomaka (*Displacement
base method*)

Kombinirana metoda
konačnih i diskretnih
elemenata (*Combined
finite discrete element
methods*)

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: EN 1996-3: Pojednostavnjene proračunske metode za nearmirane zidane konstrukcije



Uvjeti:

- visina zgrade iznad razine temeljnog tla ne prelazi $h_m=12$ m, odnosno $h_a=12$ m (prosječna visina)
- raspon stropova oslonjenih na zidove ne smije prijeći 7 m
- raspon krova oslonjenog na zidove ne smije prijeći 7 m, osim u slučaju lagane rešetkaste krovne konstrukcije kad raspon ne smije prijeći 14 m
- svjetla visina kata ne smije prijeći 3.2 m, osim ako je ukupna visina građevine veća od 7.0 m, u kojem slučaju svjetla visina prizemlja smije biti 4.0 m
- karakteristične vrijednosti promjenljivih djelovanja na stropovima i krovu ne smiju prijeći 5.0 kN/m²
- zidovi su bočno pridržani stropovima i krovom u horizontalnom smjeru
- za zidove koji djeluju kao krajnji oslonci stropova, pojednostavnjena proračunska metoda smije se primijeniti samo ako raspon L_f nije veći od: 7.0 m kad je

$$N_{Ed} \leq k_G t b f_d \text{ ili}$$

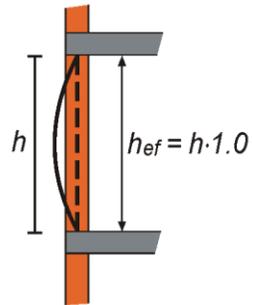
manja vrijednost od $4.5 + 10 \times t$ (u m) i 7.0 m kad je $f_d > 2.5$ N/mm² ili

manja vrijednost od $4.5 + 10 \times t$ (u m) i 6.0 m kad je $f_d \leq 2.5$ N/mm²

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: EN 1996-3: Pojednostavnjene proračunske metode za nearmirane zidane konstrukcije

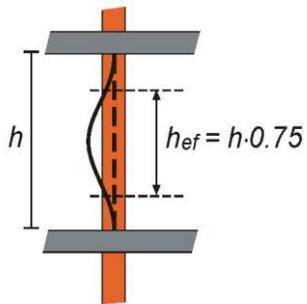
Faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost (Φ_s), nastavak



Vanjski zidovi:

$$\Phi_s = 1.3 - \frac{l_{f,ef}}{8} \leq 0.85$$

$l_{f,ef}$ = efektivni raspon međukatne konstrukcije kojoj je promatrani zid rubni ležaj (udaljenost nultočka na m/k)

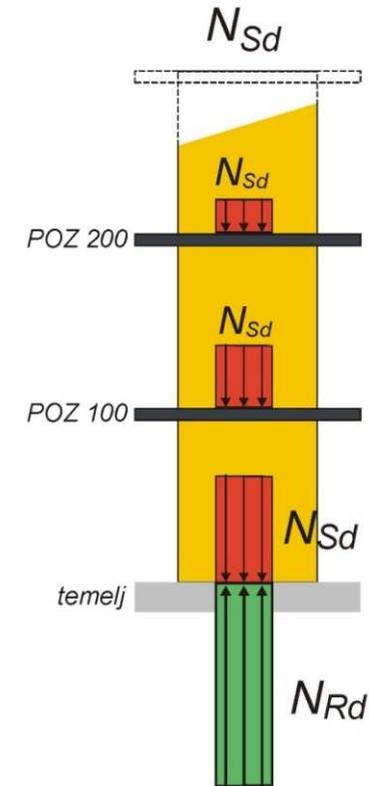


Unutarnji zidovi:

$$\Phi_s = 0.85 - 0.0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2$$

h_{ef} = efektivna visina zida

Nosivost zida na vertikalno opterećenje:



$$N_{Rd} = \frac{\Phi \cdot f_k \cdot t \cdot l}{\gamma_M} \quad [kN]$$

$$N_{Rd} = \frac{\Phi \cdot f_k \cdot t}{\gamma_M} \quad [kN/m]$$

PRIMJER6:

Faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost:

Vanjski zid: $l_{f,ef} = 6.0$ m

slobodno oslonjena ploča: $\Phi \cong 1.3 - 1.0 \cdot 6.0 / 8 = 0.55$

kontinuirana ploča: $\Phi \cong 1.3 - 0.7 \cdot 6.0 / 8 = 0.78$

Unutarnji zid:

efektivna visina zida: $h_{ef} = h \cdot \rho = 2.75 \cdot 0.75 = 2.06$ m

debljina zida: $t = 30$ cm $\Phi \cong 0.85 - 0.0011 \cdot (2.06 / 0.25)^2 = 0.77$

debljina zida: $t = 25$ cm $\Phi \cong 0.85 - 0.0011 \cdot (2.06 / 0.30)^2 = 0.80$

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: EN 1996-3: Pojednostavnjene proračunske metode za nearmirane zidane konstrukcije

Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)

$h = 2.90 \text{ m}$ = katna visina $\gamma_M = 2.20$ = parcijalni faktor sigurnosti za zide
 $f_k = 4.96 \text{ MPa}$ = tlačna čvrstoća zida $\gamma_c = 1.50$ = parcijalni faktor sigurnosti za beton
 $f_{c,k} = 25.0 \text{ MPa}$ = tlačna čvrstoća betona $n = 4$ = broj etaža

$$N_{Ed} = 1.3N_g + 1.5N_q \quad N_{Rd} = \Phi f_d A$$

zid / stup	dimenzije zida i otvora				ploha utjecaja		opt. međukatne k.		opt. krov		vl. težina zida/stupa [kN/m ³]	vertikalno djelovanje N_g [kN]	vertikalno djelovanje N_q [kN]	računsko vert. djel. N_{Ed} [kN]	koef. vitkosti Φ	računska nosivost N_{Rd} [kN]	N_{Sd}/N_{Rd} [%]
	debljina zida [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. zida/stupa A_i [m ²]	utjecajna duljina L' [m]	utjecajna širina B' [m]	stalno opter. g [kN/m ²]	promj. opter. q [kN/m ²]	stalno opter. g [kN/m ²]	promj. opter. q [kN/m ²]							
...
Zx2	0.25	17.25	4.10	3.29	17.25	3.30	5.7	2.0	4.5	1.0	10.0	1355	398	2427	0.77	5707	43
...
Zy5	0.25	1.00	0.00	0.25	1.00	2.20	5.7	2.0	4.5	1.0	10.0	154	15	230	0.80	451	51
...
S1	0.25	0.55	0.00	0.14	2.70	2.80	5.7	2.0	4.5	1.0	25.0	169	53	308	0.90	2063	15



Dokaz mehaničke otpornosti zida i stupova na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)

$h = 2.90 \text{ m}$ = katna visina $\gamma_M = 2.20$ = parcijalni faktor sigurnosti za zide
 $f_k = 6.35 \text{ MPa}$ = tlačna čvrstoća zida $\gamma_c = 1.50$ = parcijalni faktor sigurnosti za beton
 $f_{c,k} = 25.0 \text{ MPa}$ = tlačna čvrstoća betona $n = 4$ = broj etaža

$$N_{Ed} = 1.3N_g + 1.5N_q \quad N_{Rd} = \Phi f_d A$$

zid / stup	dimenzije zida i otvora				ploha utjecaja		opt. međukatne k.		opt. krov		vl. težina zida/stupa [kN/m ³]	vertikalno djelovanje N_g [kN]	vertikalno djelovanje N_q [kN]	računsko vert. djel. N_{Ed} [kN]	koef. vitkosti Φ	računska nosivost N_{Rd} [kN]	N_{Sd}/N_{Rd} [%]
	debljina zida [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. zida/stupa A_i [m ²]	utjecajna duljina L' [m]	utjecajna širina B' [m]	stalno opter. g [kN/m ²]	promj. opter. q [kN/m ²]	stalno opter. g [kN/m ²]	promj. opter. q [kN/m ²]							
...
Zx2	0.25	17.25	4.10	3.29	17.25	3.30	5.7	2.0	4.5	1.0	10.0	1355	398	2427	0.77	7306	33
...
Zy5	0.25	1.00	0.00	0.25	1.00	2.20	5.7	2.0	4.5	1.0	10.0	154	15	230	0.80	577	40
...
S1	0.25	0.55	0.00	0.14	2.70	2.80	5.7	2.0	4.5	1.0	25.0	169	53	308	0.90	2063	15



PRORAČUN ZIDANIH ZGRADA - PRORAČUNSKI POSTUPCI

POJEDNOSTAVNJENI PRORAČUNSKI POSTUPCI

STANDARDNI PRORAČUNSKI POSTUPCI

OSTALI POSTUPCI

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3; Dodatak A
Pojednostavnjena
proračunska metoda za
nearmirane zidane
zidove zgrada ne viših od
3 kata

1.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3:
Pojednostavnjene
proračunske metode
za nearmirane zidane
konstrukcije

2.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

3.

3.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: EN 1996-1

3.2 POTRES: EN 1998-1

4.

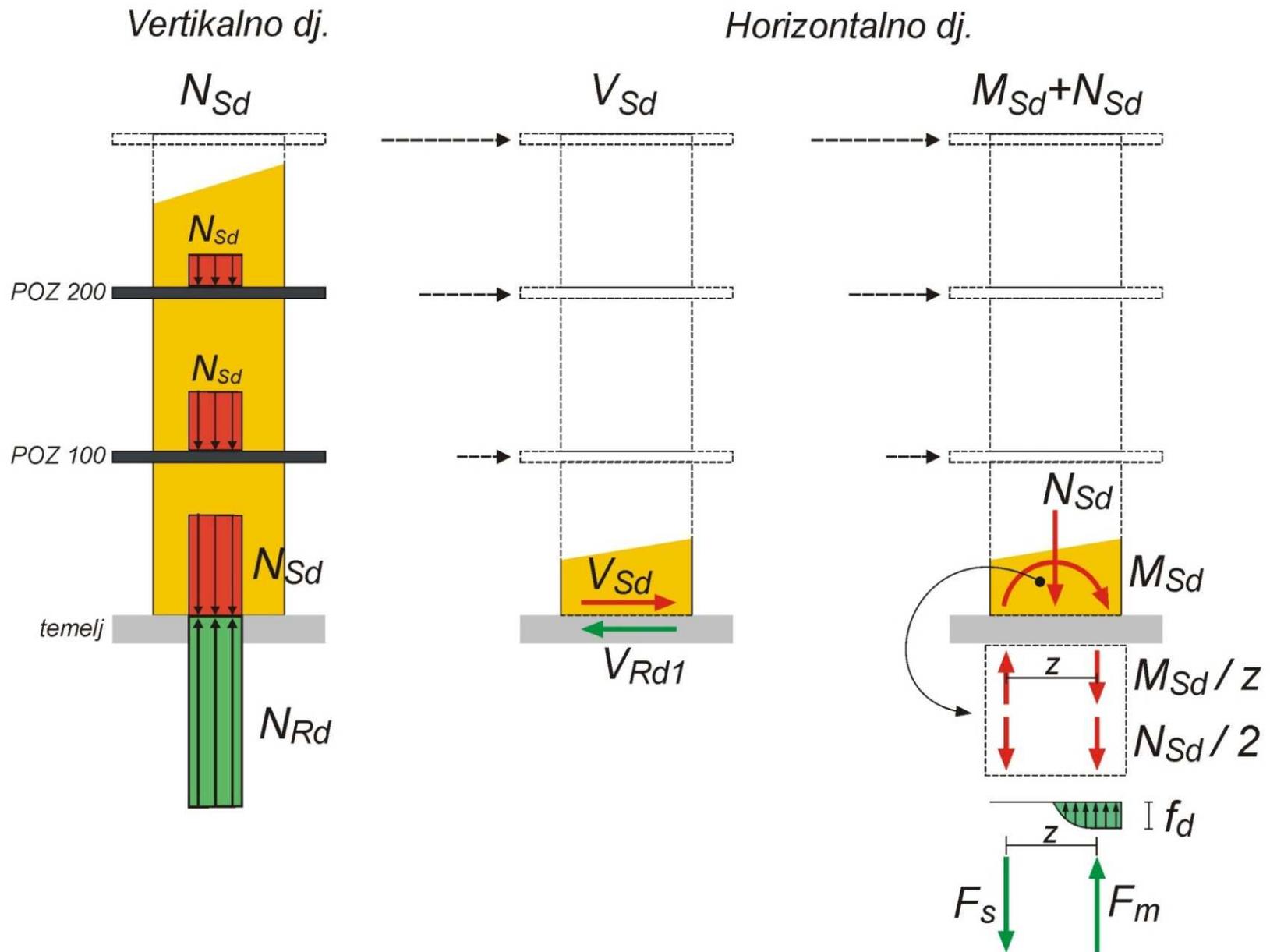
Linearni i nelinearni
modeli odgovora na
ubrzanje tla

Nelinearne metode
temeljene na ocjeni
pomaka (*Displacement
base method*)

Kombinirana metoda
konačnih i diskretnih
elemenata (*Combined
finite discrete element
methods*)

3.

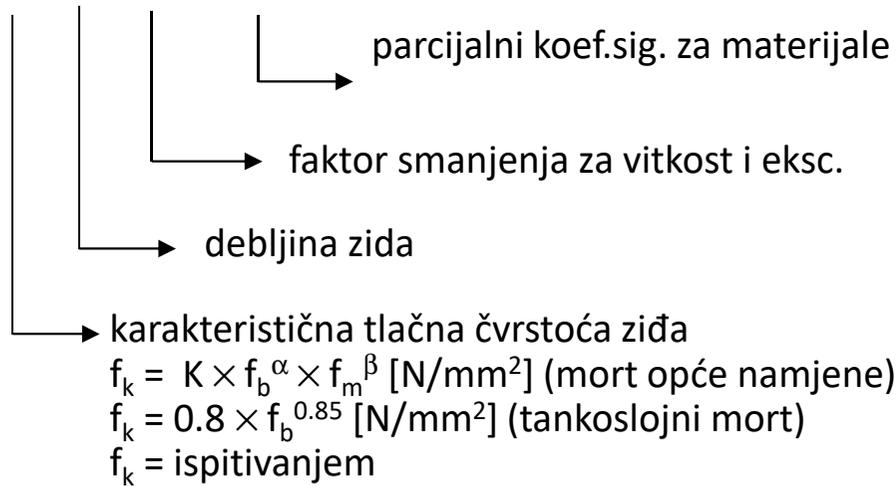
DOKAZ NOSIVOSTI ZA:



3.

RAČUNSKA NOSIVOST NA VERTIKALNO OPTEREĆENJE:

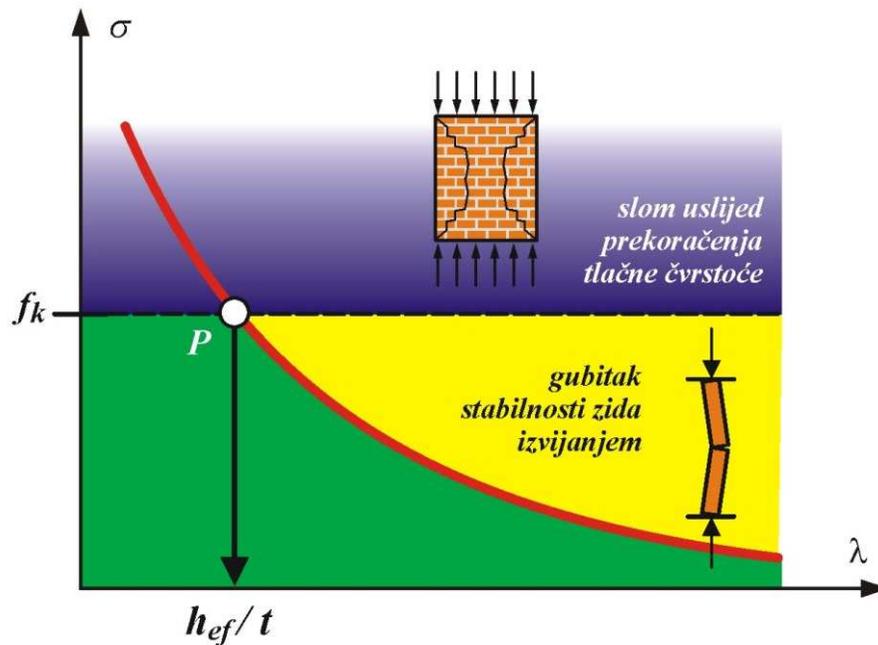
$$N_{Rd} = f_k \times t \times \Phi_{i,m} / \gamma_M > N_{Sd}$$



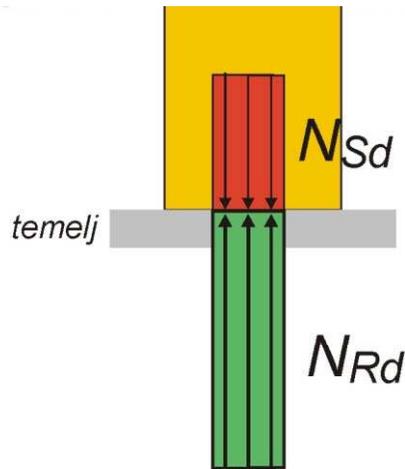
$$\Phi_{i,m} = 1 - 2e_i / t$$

$$e_i = M_{id} / N_{id} + e_{he} + e_{init}$$

- Faktor smanjenja za vitkost i ekscentričnost (Φ_i) ovisi o:
- proračunskom momentu savijanja na vrhu zida, na dnu zida, na srednjoj petini zida...
 - proračunskom vertikalnom opterećenju
 - ekscentričnosti na vrhu ili podnožju zida uslijed hor. sila
 - slučajnom ekscentricitetu
 - puzanju...

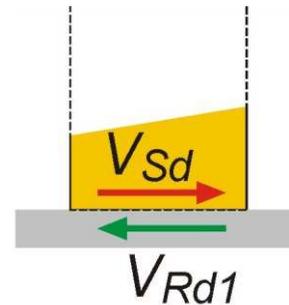


3.



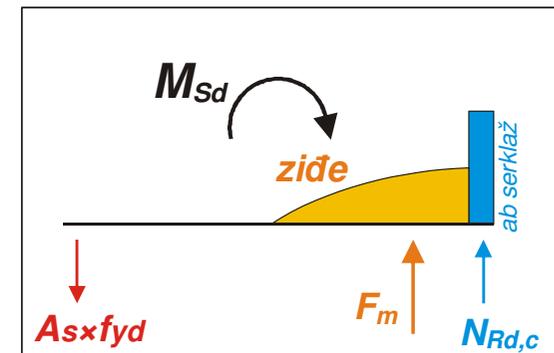
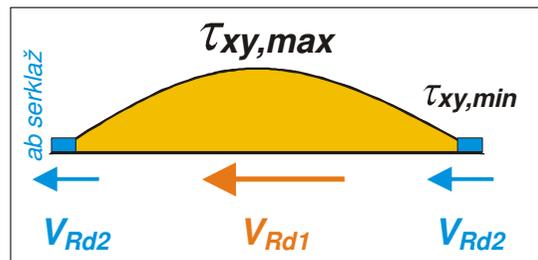
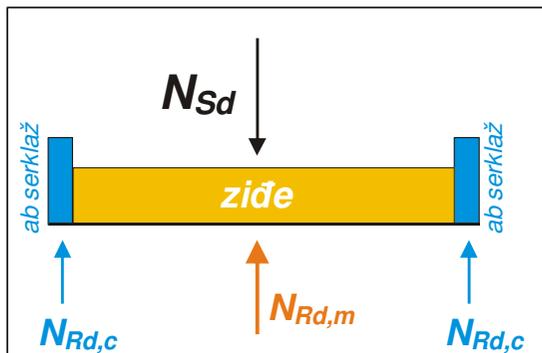
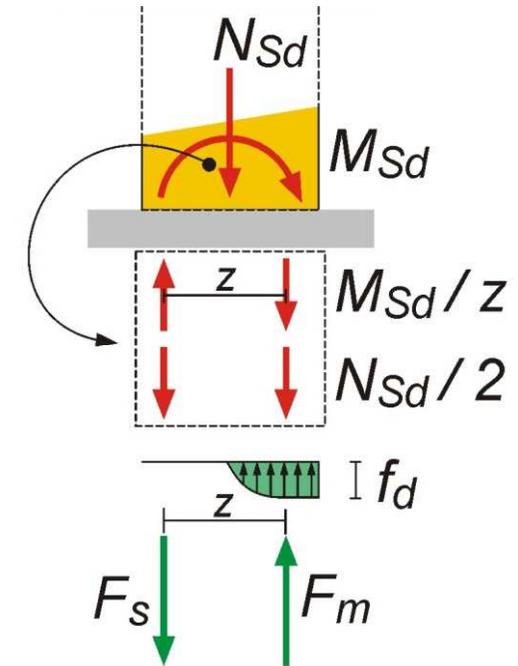
EN 1996:
6.9.2(1)

“Kod provjere omeđenih zidova opterećenih savijanjem i/ili uzdužnim opterećenjem treba usvojiti pretpostavke za armirano žiđe. U tlačnim se područjima blok tlačnog naprezanja treba temeljiti samo na čvrstoći žiđa. Tlačnu armaturu također treba zanemariti.”



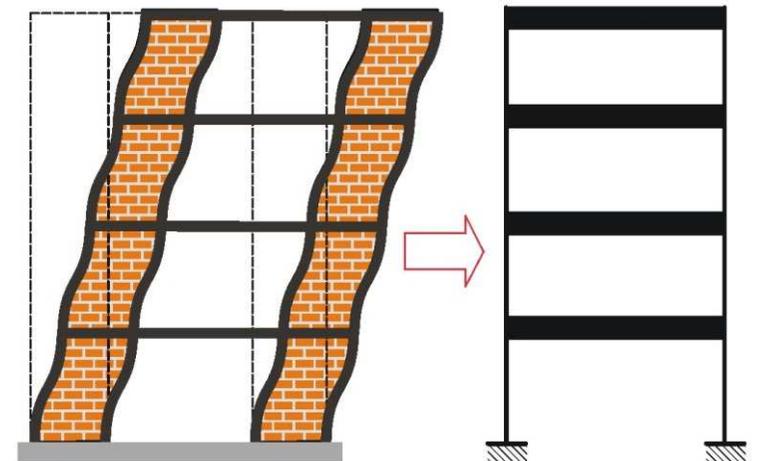
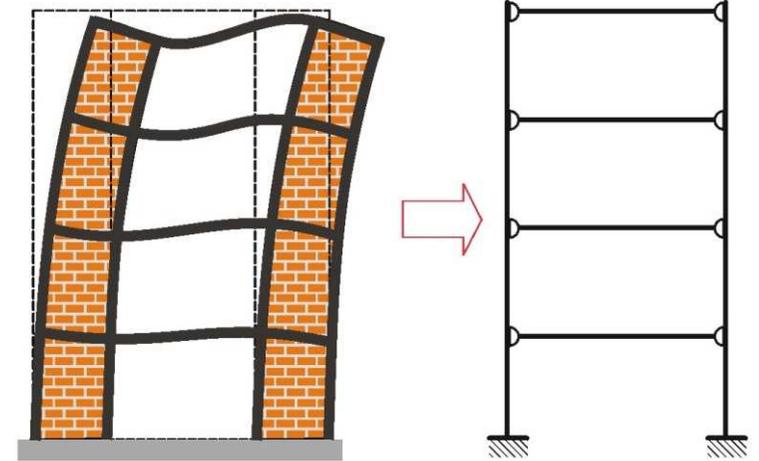
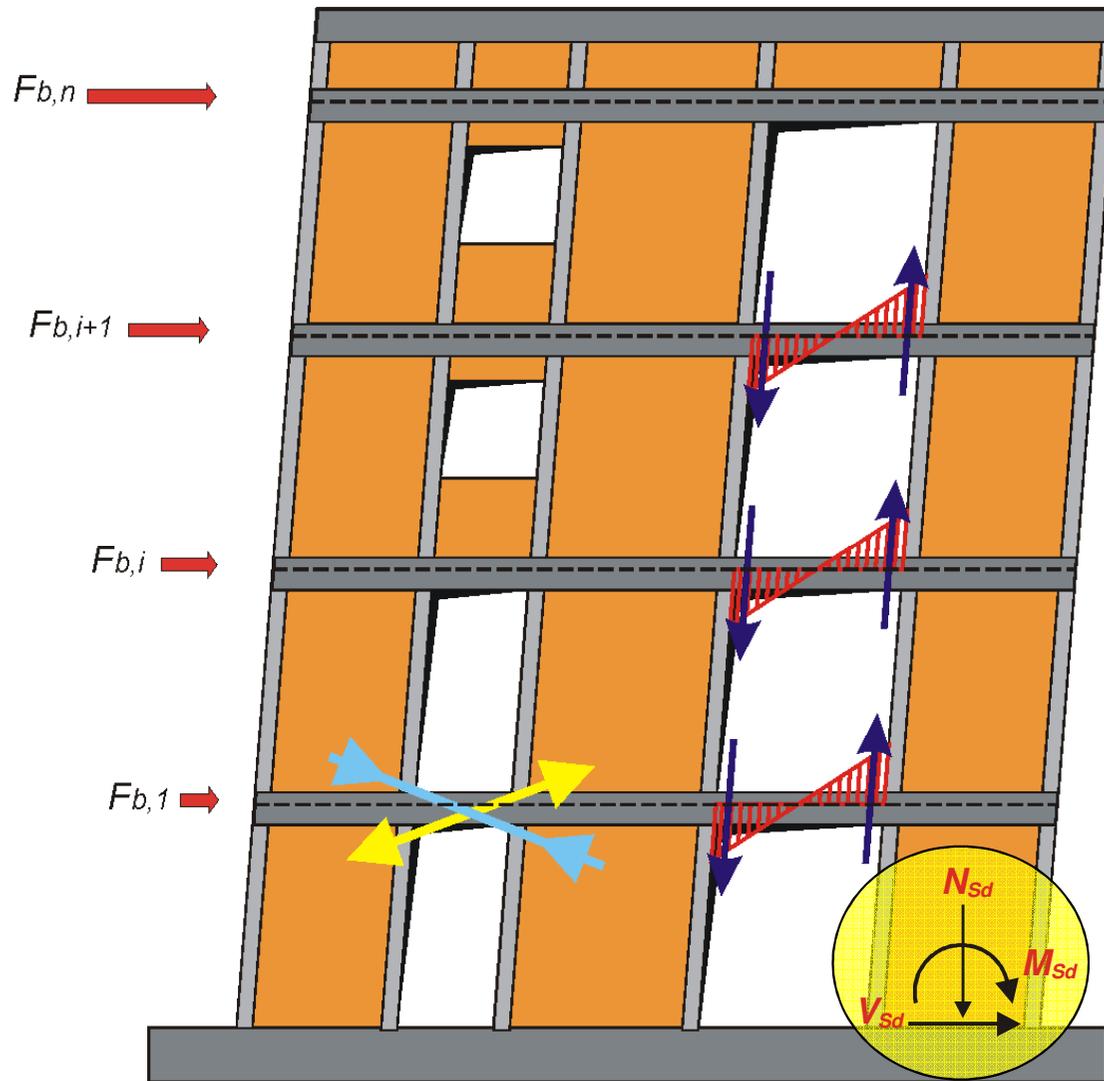
EN 1996:
6.9.2(2)

“Kod provjere omeđenih zidova opterećenih poprečnim silama, nosivost zida se računa kao zbroj nosivosti žiđa i betonskog dijela serklaža...”



3.

HORIZONTALNO DJELOVANJE (dominantno – potres):



3.

HORIZONTALNO DJELOVANJE (dominantno – potres):

Početna krutost zida bez otvora:

$$K_e = \frac{GA}{1.2h \left[1 + \alpha \frac{G}{E} \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]}$$

$E \cong$ modul elastičnosti: $1000f_k$

G = modul posmika ($G \cong E/6$)

t = debljina zida

h = svjetla visina zida

L = duljina zida

A = površina zida ($A=t \times L$)

α = proračunski koeficijent

za punu upetost na gornjem i donjem katu $\alpha = 0.83$

za konzolni zid $\alpha = 3.33$

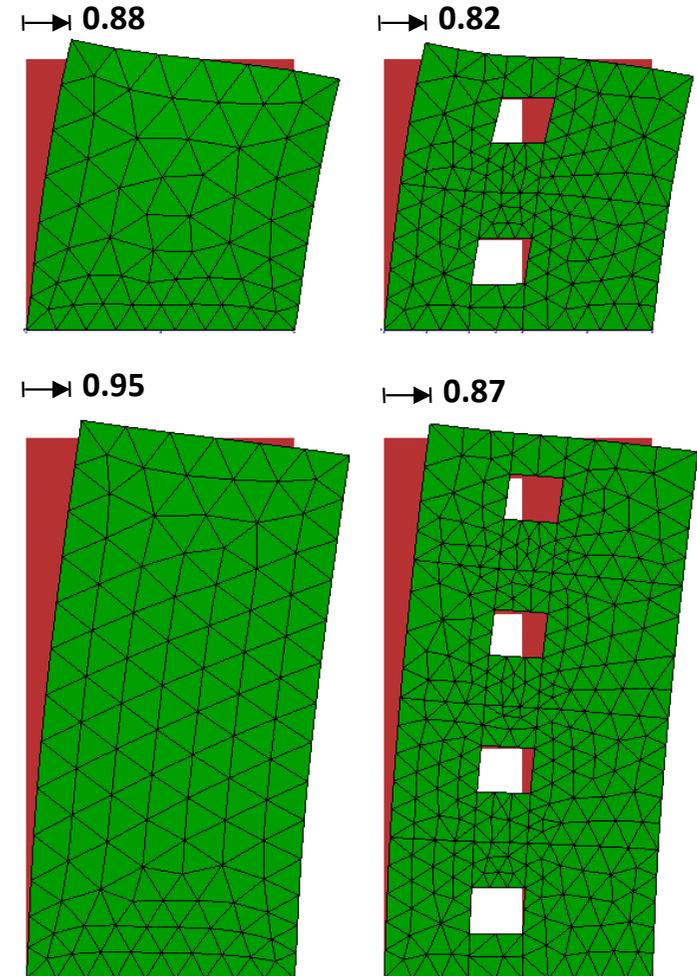
Početna krutost zida s otvorima za prozore:

$$K_{e,otv.} = K_e \cdot k_1 \quad k_1 = \left(1 - \frac{t \sum L_i}{0.85 A} \right)$$

$\sum L_i$ = zbroj duljina svih otvora u zidu

A = površina zida ($A=t \times L$)

Primjer:

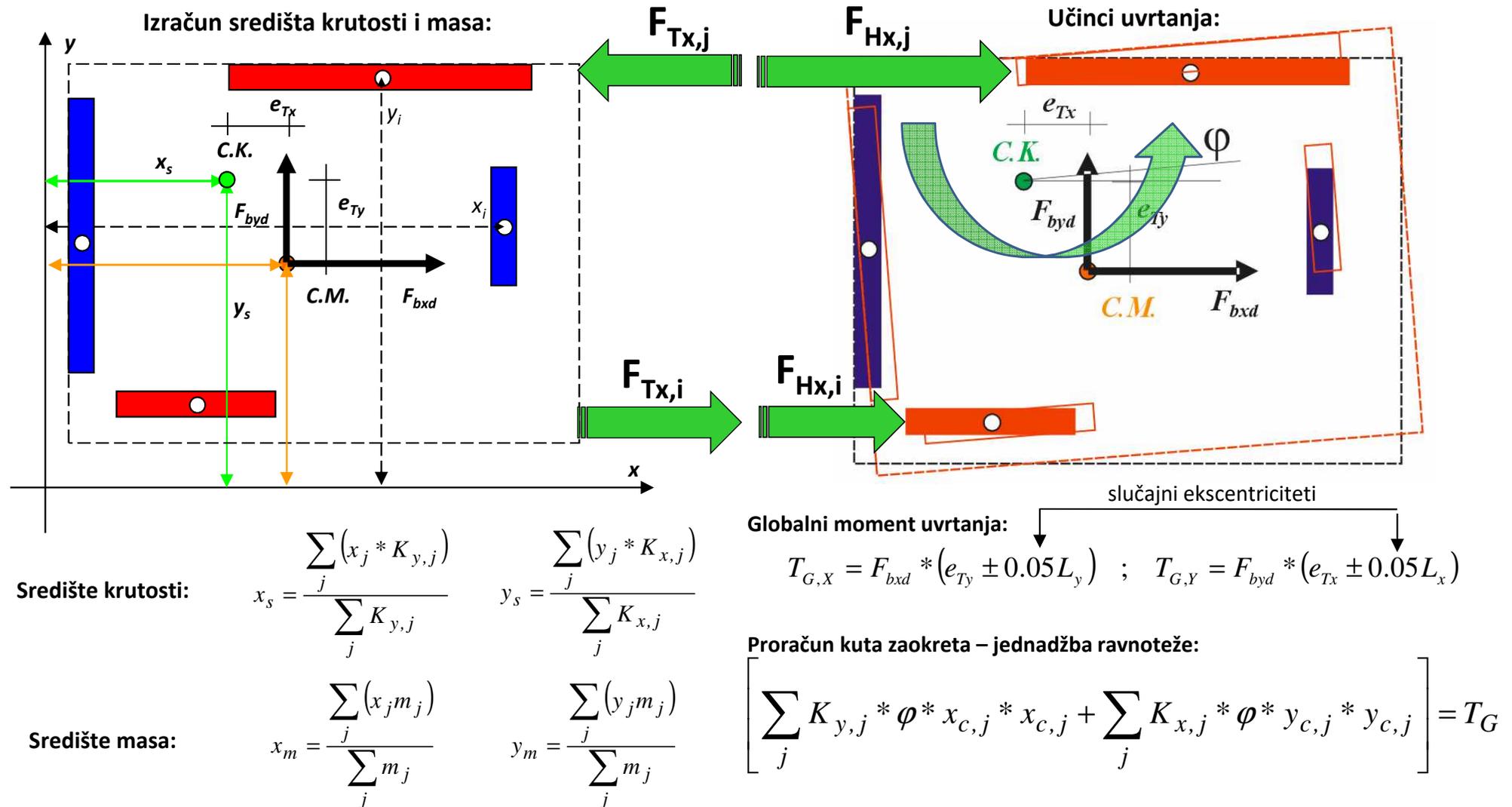


Ostali utjecaji na početnu krutost:

- vertikalni serklaži
- savojna krutost međukatnih konstrukcija
- zidovi na kraju promatranog zida (I-presjek, T-presjek)
- omeđenje otvora....

3.

HORIZONTALNO DJELOVANJE - UVRTANJE (računsko i slučajno):



Zaokret uslijed djelovanja momenta uvrtnja:

$$\varphi = \frac{T_G}{\sum_j K_{y,j} * x_{c,j}^2 + \sum_j K_{x,j} * y_{c,j}^2}$$

Sila na zid 'j' uslijed djelovanja momenta uvrtnja:

$$F_{Tx,j} = \varphi * y_{c,j} * K_{x,j}; \quad F_{Ty,j} = \varphi * x_{c,j} * K_{y,j}$$

Ukupna sila na j-ti zid (translacija+zaokret):

$$F_{bx,j} = F_{Hx,j} + F_{Tx,j}$$

3.

Dokaz nosivosti u tlačnom području:

$$F_d = \frac{N_{Sd}}{2} + \frac{M_{Sd}}{z} < F_{d,R} = x_u \cdot t \cdot f_d$$

$$x_u = 2(d - z)$$

Potrebna armatura vert. serklaža:

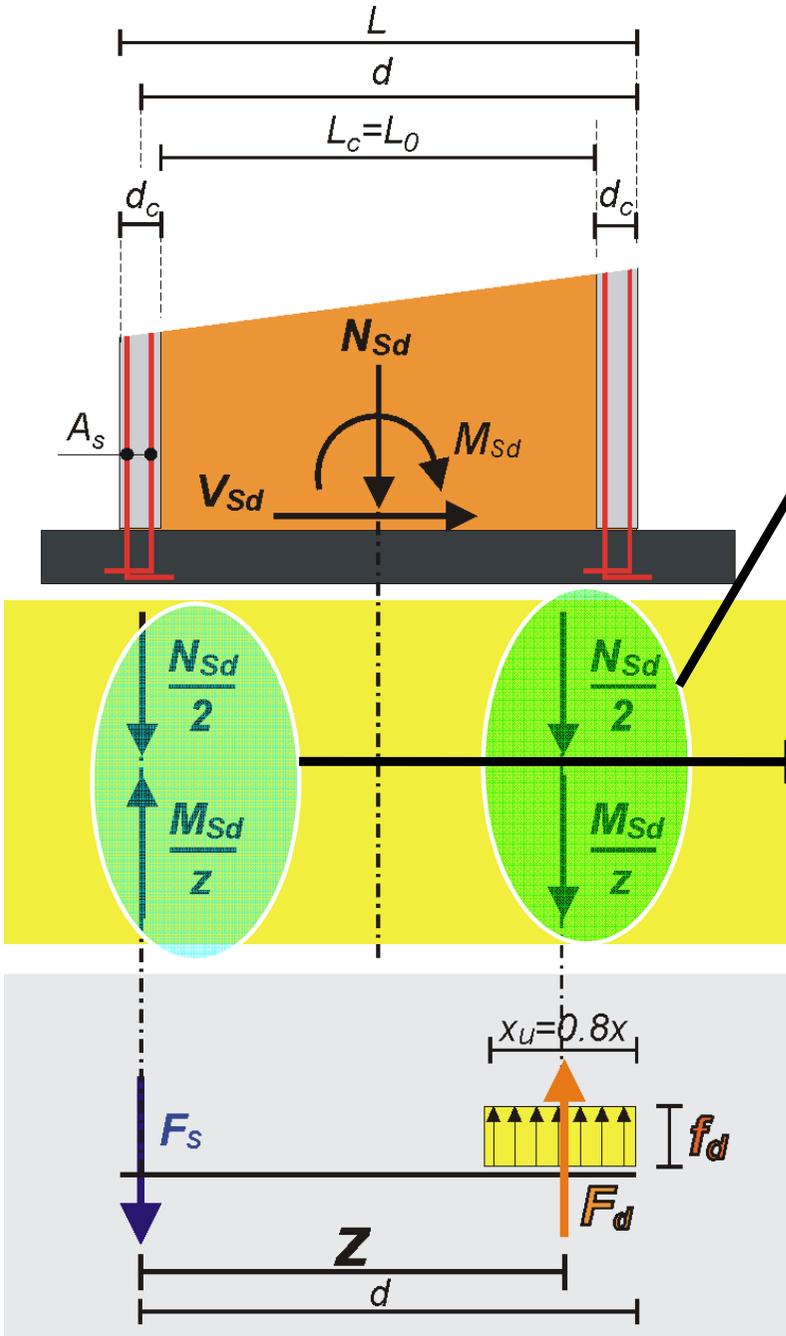
$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{I}{f_{yd}} \left(\frac{M_{Sd}}{z} - \frac{N_{Sd}}{2} \right)$$

$$z \cong 0.8d$$

ili odabrati A_s pa izračunati z :

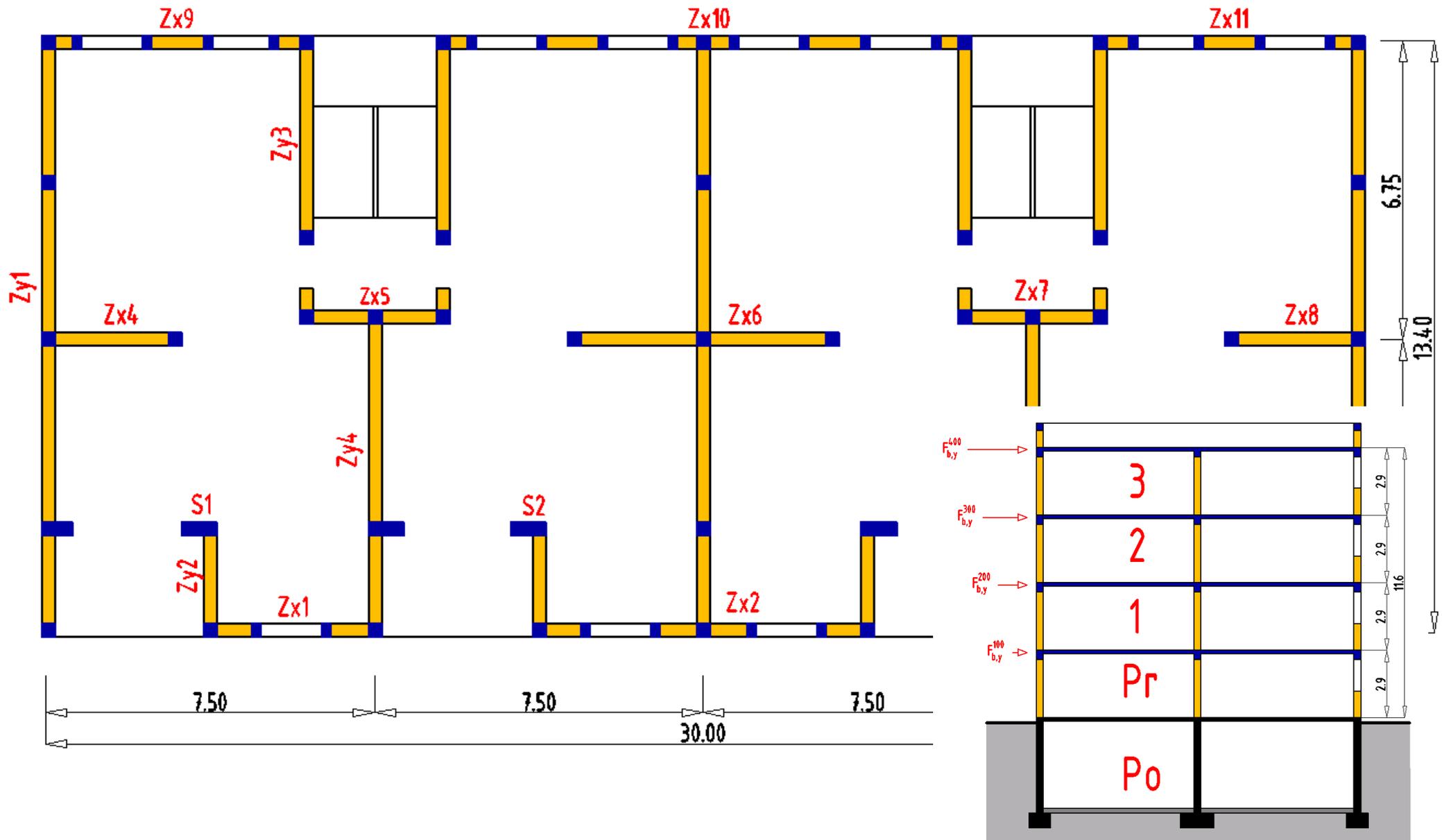
$$z = \frac{M_{Sd} + N_{Sd} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{d_c}{2} \right)}{N_{Sd} + A_s \cdot f_{yd}}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk} = (500 \text{ MPa})}{\gamma_s = 1.15}$$



3.

PRIMJER – ZIDANA ZGRADA OD OMEĐENIH ZIDOVA



3.

PRIMJER – ZIDANA ZGRADA OD OMEĐENIH ZIDOVA

Proračun sila od potresa - smjer X

S

- Fb**= 2978 kN = ukupna sila od potresa
- Mb**= 25914 kNm = ukupan moment od potresa
- E**= 4000 MPa = modul elastičnosti
- G**= 666.7 MPa = modul posmika
- fk**= 4.0 MPa = tlačna čvrstoća ziđa
- f_{vk}**= 0.8 MPa = posmična čvrstoća ziđa
- γ_M**= 1.50 = parcijalni faktor sigurnosti za ziđe
- γ_s**= 1.15 = parcijalni faktor sigurnosti za armaturu

Izvanredna proračunska kombinacija

$$E_d = \Sigma G_{kj} + \gamma_I A_{Ed} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki} + P_k$$

Zx2 = 1 zid sa otvorima!

Zid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	debljina zida	duljina zida	površina zida	Σ duljina otvora	visina zida	k1	početna krutost K [kN/m]	moment od potresa M _{Sd} [kNm]	poprečna sila od pot. V _{Sd} [kN]	stalno djelovanje N _G [kN]	promjenjivo djelovanje N _Q [kN]	računska vert. sila N _{Sd} [kN]	krak unut. sila z [m]	računsko djelovanje F _{Sd,i} [kN]	duljina tlačne zone xu [m]	računska nosivost V _{Rd} [kN]	računska nosivost F _{Rd} [kN]	V _{Sd} /V _{Rd} [%]	F _{Sd} /F _{Rd} [%]	Armat. As [cm ²]
Zx1	0.30	4.05	1.22	1.40	11.60	0.59	6.2	899	103	421.1	84.0	433.7	3.24	494.4	1.30	911.3	1036.8	11.3	47.7	1.4
Zx2	0.30	7.80	2.34	2.80	11.60	0.58	29.1	4204	483	703.7	126.0	722.6	6.24	1035.0	2.50	1755.0	1996.8	27.5	51.8	7.2
Zx3	0.30	4.05	1.22	1.40	11.60	0.59	6.2	899	103	421.1	84.0	433.7	3.24	494.4	1.30	911.3	1036.8	11.3	47.7	1.4
Zx4	0.30	3.20	0.96	0.00	11.60	1.00	5.5	802	92	509.0	125.1	527.8	2.56	577.1	1.02	720.0	819.2	12.8	70.4	1.1
Zx5	0.30	3.40	1.02	0.00	11.60	1.00	6.5	947	109	565.3	141.1	586.5	2.72	641.4	1.09	765.0	870.4	14.2	73.7	1.3
Zx6	0.30	6.20	1.86	0.00	11.60	1.00	30.3	4378	503	896.4	212.5	928.2	4.96	1346.8	1.98	1395.0	1587.2	36.1	84.9	9.6
Zx7	0.30	3.40	1.02	0.00	11.60	1.00	6.5	947	109	565.3	141.1	586.5	2.72	641.4	1.09	765.0	870.4	14.2	73.7	1.3
Zx8	0.30	3.20	0.96	0.00	11.60	1.00	5.5	802	92	509.0	125.1	527.8	2.56	577.1	1.02	720.0	819.2	12.8	70.4	1.1
Zx9	0.30	6.20	1.86	2.70	11.60	0.49	14.8	2135	245	587.2	109.4	603.6	4.96	732.3	1.98	1395.0	1587.2	17.6	46.1	3.0
Zx10	0.30	12.20	3.66	5.60	11.60	0.46	53.7	7765	892	1121.5	204.0	1152.1	9.76	1371.7	3.90	2745.0	3123.2	32.5	43.9	5.0
Zx11	0.30	6.20	1.86	2.70	11.60	0.49	14.8	2135	245	587.2	109.4	603.6	4.96	732.3	1.98	1395.0	1587.2	17.6	46.1	3.0

179.2 25914 2978

$$K_e = \frac{GA}{1.2h \left[1 + \alpha \frac{G}{E} \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]} * k_I$$

$$k_I = \left(1 - \frac{t \Sigma L_i}{0.85 A} \right)$$

$$V_{Sd,i} = F_b \frac{K_i}{\Sigma K_i}$$

$$M_{Sd,i} = M_b \frac{K_i}{\Sigma K_i}$$

V_{Sd}=računska poprečna sila
V_{Rd}=računska nosivost na poprečne sile

F_{Sd}=računska tlačna sila
F_{Rd}=računska nosivost na tlačnu silu

potrebna armatura vert. serklaža

3.

Računski spektri za IX. zonu ($a_g=3.0 \text{ m/s}^2$):

PRAVILNIK1981 ($K_s=0.10=1.0 \text{ m/s}^2$); **TPBK2005** ($K_s=0.10=1.0 \text{ m/s}^2$)

HRN ENV 1998 ($a_g=3.0 \text{ m/s}^2$); **EN 1998** ($a_g=3.0 \text{ m/s}^2$)

PRAVILNIK1981

stambena zgrada ($K_o=1.0$)
 zidana konstrukcija ($K_p=1.6$)
 tlo: I. ktg

TPBK2005 (priznata pravila)

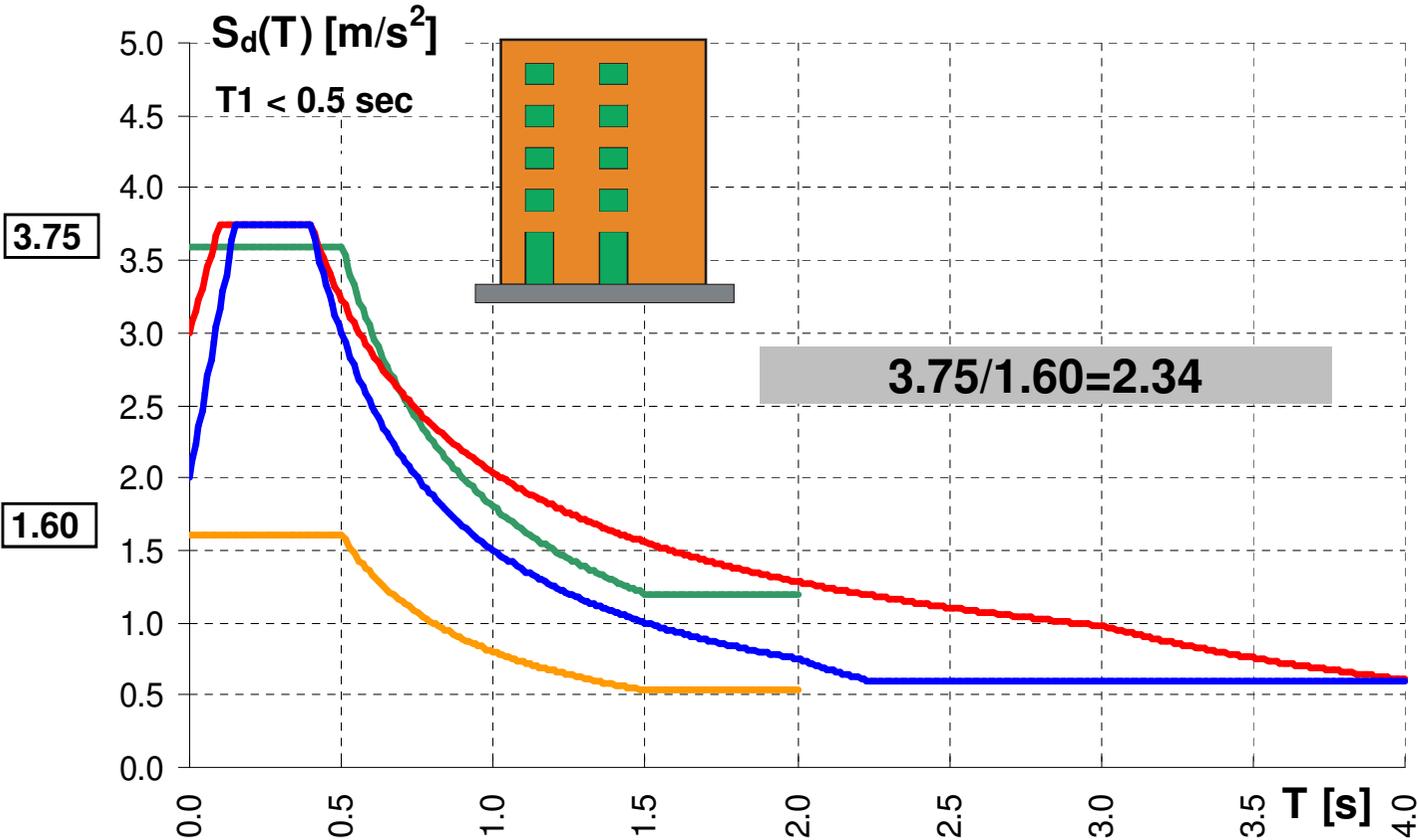
stambena zgrada ($K_o=1.5$)
 zidana konstrukcija ($K_p=2.4$)
 tlo: I. ktg

HRN ENV 1998

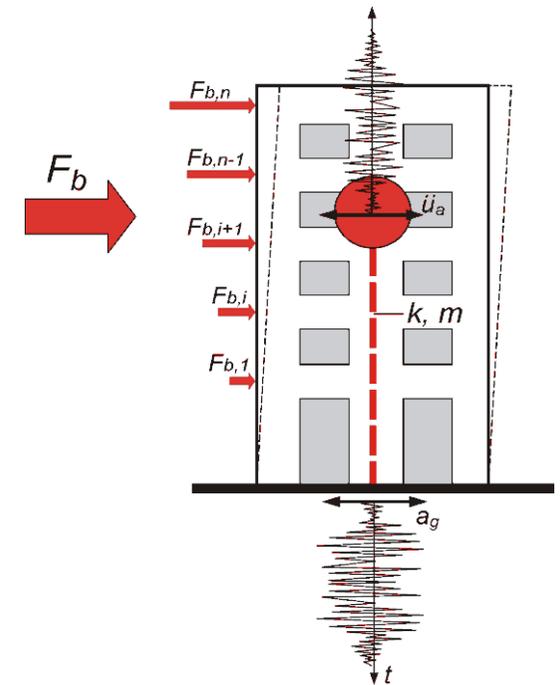
stambena zgrada
 zidana konstrukcija - omeđeno zide
 faktor ponašanja $q=2.0$
 tlo: A

EN 1998

stambena zgrada
 zidana konstrukcija - omeđeno zide
 faktor ponašanja $q=2.0$
 tlo: A



Pojednostavljeni modalni proračun
 (za jednostavne zgrade – dominira 1. mod)
 $F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$



3.

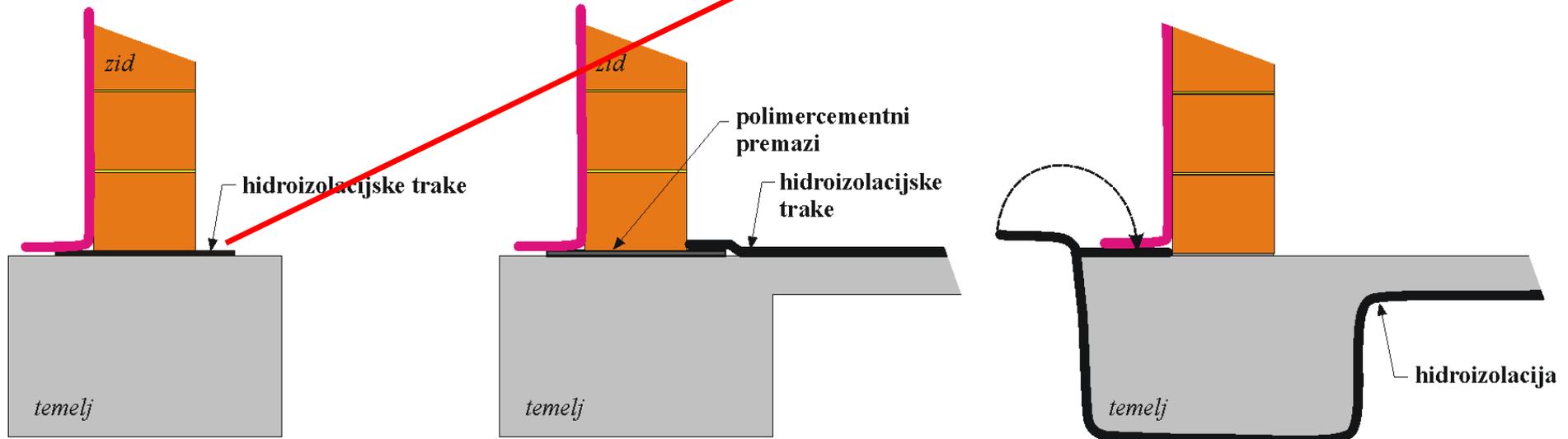
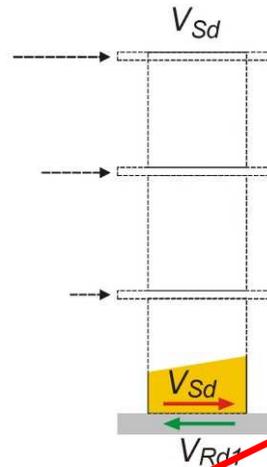
Računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd} = f_{vk} \times t \times L / \gamma_M \text{ [kN]}$$

f_{vk} = posmična čvrstoća

t = debljina zida

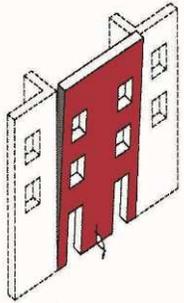
L = duljina tlačne zone (vert. serkl.?)



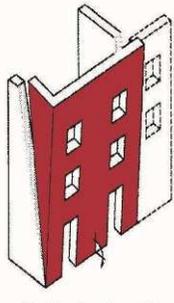
Hidroizolacija kontakta na mjestu zida?	✓	Hidroizolacija kontakta na mjestu zida?	✓	Hidroizolacija kontakta na mjestu zida?	✓
Hidroizolacija na mjestu armature?	✗	Hidroizolacija na mjestu armature?	✓	Hidroizolacija na mjestu armature?	✓
Posmična čvrstoća izolacije?	✗	Posmična čvrstoća izolacije?	✓	Posmična čvrstoća izolacije?	✓
Posmična čvrstoća kontakta?	✗	Posmična čvrstoća kontakta?	✓	Posmična čvrstoća kontakta?	✓
Hidroizolacija temelja?	✗	Hidroizolacija temelja?	✗	Hidroizolacija temelja?	✓

3.

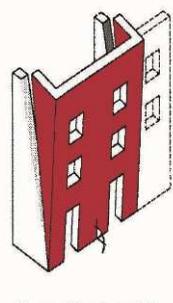
NOSIVOST NA BOČNO OPTEREĆENJE - MEHANIZMI SLOMA NOSIVIH ZIDOVA IZVAN RAVNINE ZIDA



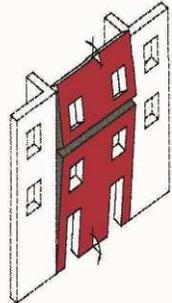
Mechanism type A:
overturning of the façade



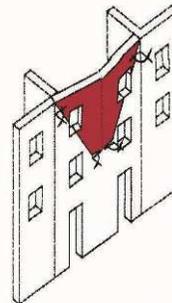
Mechanism type B:
overturning of the façade
and one party wall



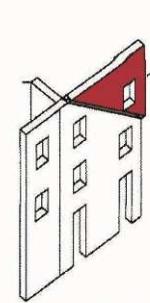
Mechanism type B2:
overturning of the façade
and two party walls



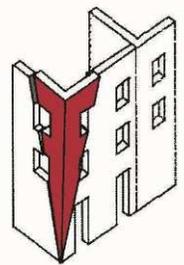
Mechanism type F:
vertical arch effect associated
with ties at the top of the façade



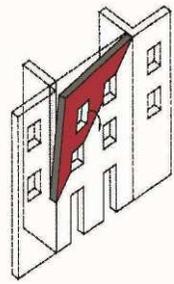
Mechanism type G:
horizontal arch effect



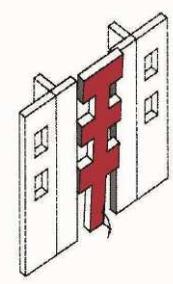
Mechanism type H:
in-plane failure, diagonal crack



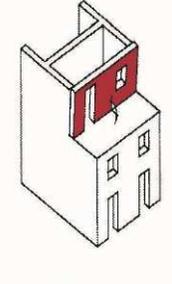
Mechanism type C:
overturning of the corner



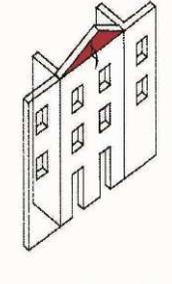
Mechanism type D:
overturning of the façade
with diagonal crack



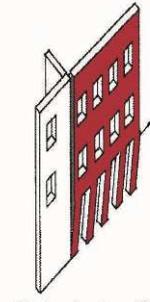
Mechanism type E:
overturning of the façade
with cracks along the
opening alignments



Mechanism type I:
overturning of the façade
of vertical addition



Mechanism type L:
overturning of the gable



Mechanism type M:
lateral overturning of portico



D'Ayala&Speranza 2003.



PRORAČUN ZIDANIH ZGRADA - PRORAČUNSKI POSTUPCI

POJEDNOSTAVNJENI PRORAČUNSKI POSTUPCI

STANDARDNI PRORAČUNSKI POSTUPCI

OSTALI POSTUPCI

1.

1.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3; Dodatak A
Pojednostavnjena
proračunska metoda za
nearmirane zidane
zidove zgrada ne viših od
3 kata

1.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

2.

2.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE:

EN 1996-3:
Pojednostavnjene
proračunske metode
za nearmirane zidane
konstrukcije

2.2 POTRES: EN 1998-3
(Pravila za jednostavne
zidane zgrade)

3.

3.1 GRAVITACIJSKO DJELOVANJE: EN 1996-1

3.2 POTRES: EN 1998-1

4.

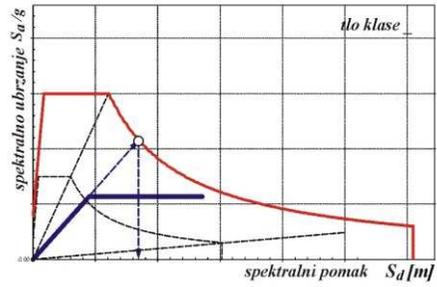
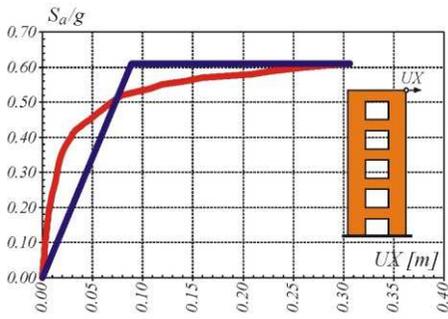
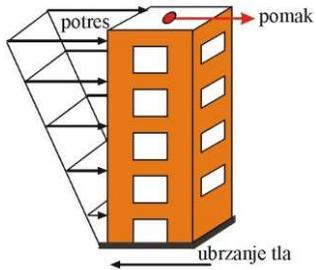
Modeli za proračun
odgovora konstrukcije na
ubrzanje tla

Nelinearne metode
temeljene na ocjeni
pomaka (*Displacement
base method*)

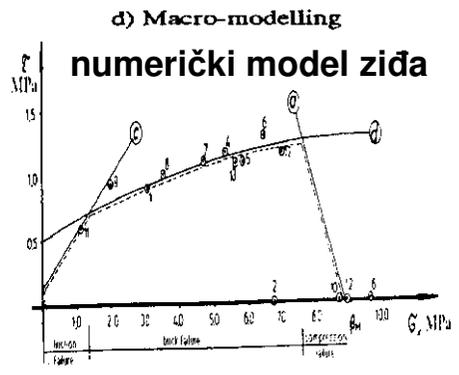
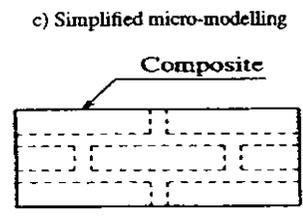
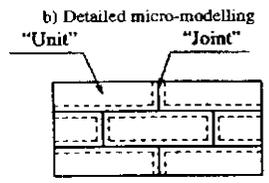
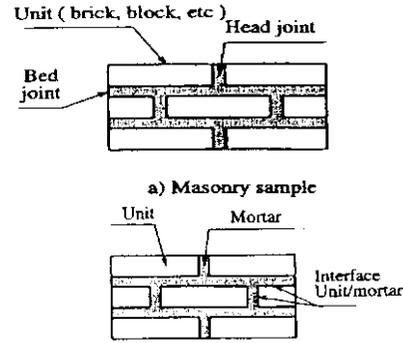
Kombinirana metoda
konačnih i diskretnih
elemenata (*Combined
finite discrete element
methods*)

4.

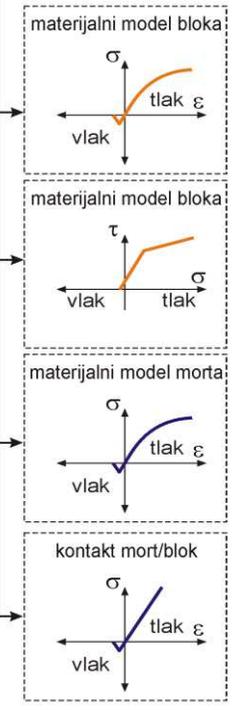
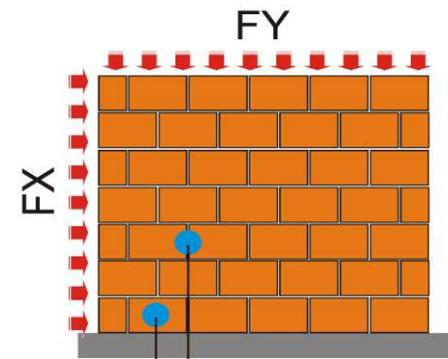
METODA NAGURAVANJA 'PUSH OVER'



TEHNIKE HOMOGENIZACIJE METODA KONAČNIH ELEMENATA (FEM)

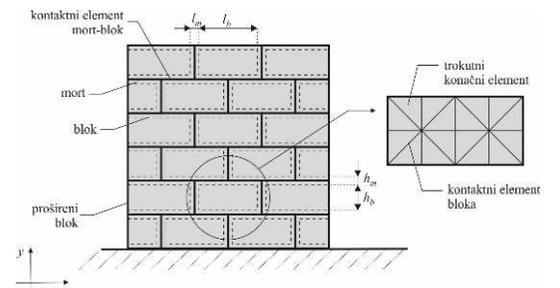
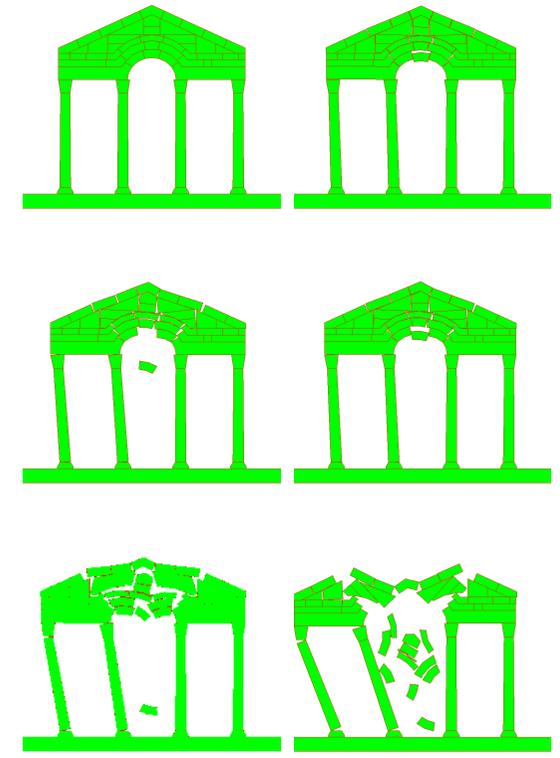


NELINEARNI MODELI METODA KONAČNIH ELEMENATA (FEM) + ODGOVOR U VREMENU



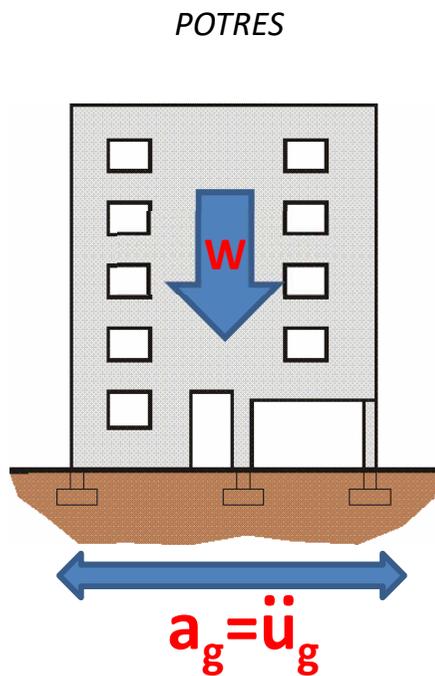
FEM-DEM (Finite element method - Discrete element method)

Numerička metoda za proračun gibanja velikog broja dijelova (zasebnih elemenata) uz proračun unutarnjeg stanja po MKE

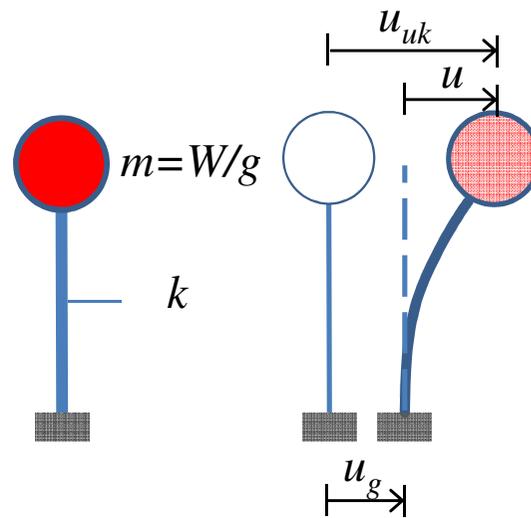


4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Linearni i nelinearni modeli za proračun odgovora na ubrzanje tla



JEDNOSTUPNJEVNI MODEL - JS



u_g = pomaci tla pri potresu
 u = relativni pomaci
 u_{uk} = ukupni pomaci

JEDNADŽBA GIBANJA LINEARNOG JS
MODELA PRI UBRZANJU TLA:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$$

m =masa

c =prigušenje

k =krutost

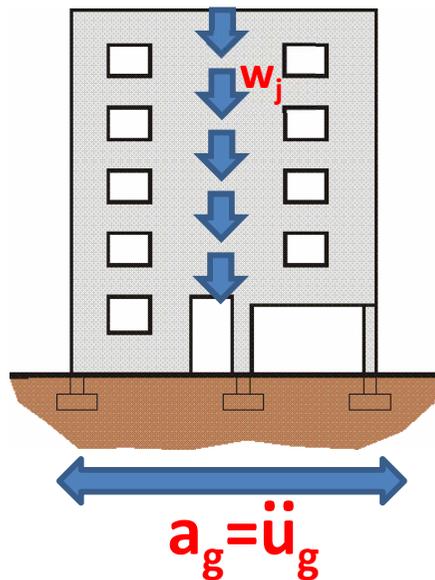
u =pomaci

u_g =pomaci tla pri potresu

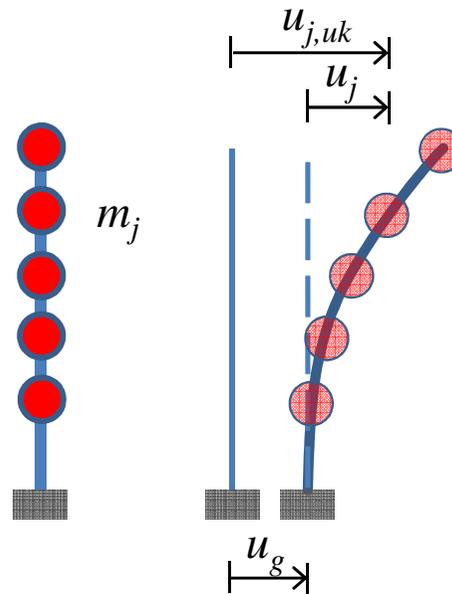
4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Linearni i nelinearni modeli za proračun odgovora na ubrzanje tla

POTRES



VIŠESTUPNJEVNI MODEL - VS



JEDNADŽBA GIBANJA LINEARNOG VS
MODELA PRI UBRZANJU TLA:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$$

m =matrica masa

c =matrica prigušenja

k =matrica krutosti

u =vektor pomaka

u_g =pomaci tla pri potresu

u_g = pomaci tla pri potresu

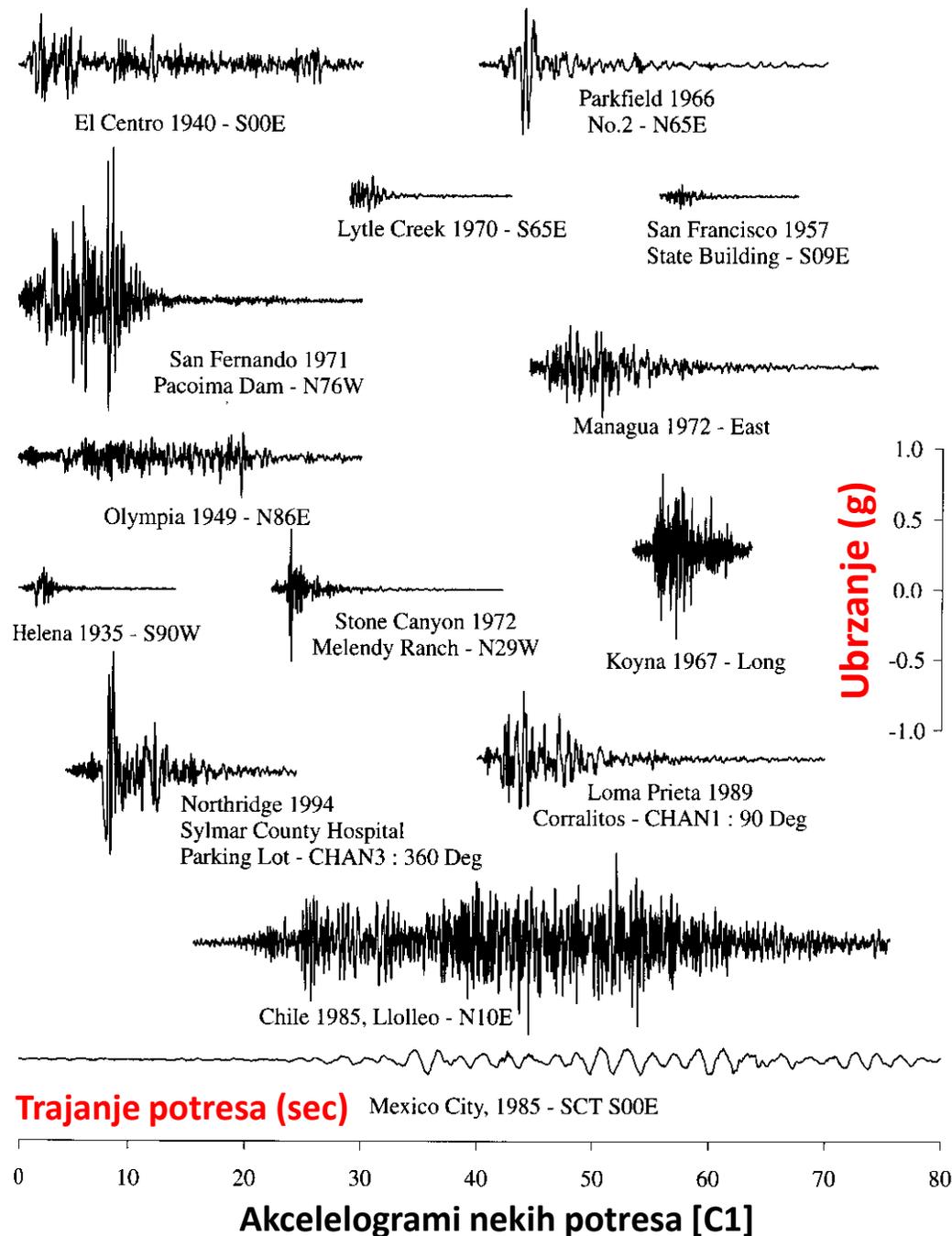
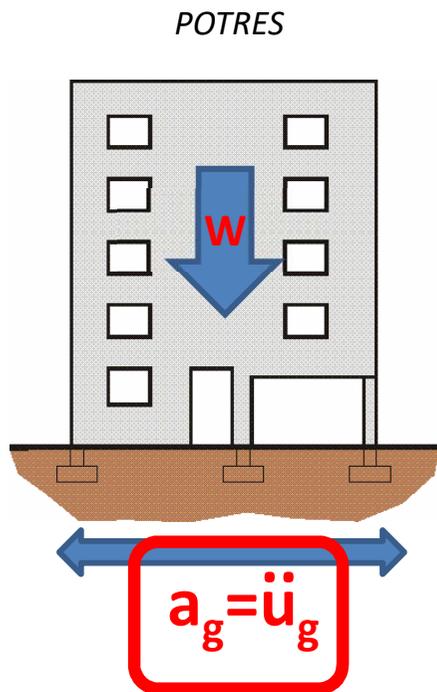
u_j = relativni pomak čvora j

$u_{j,uk}$ = ukupni pomak čvora j

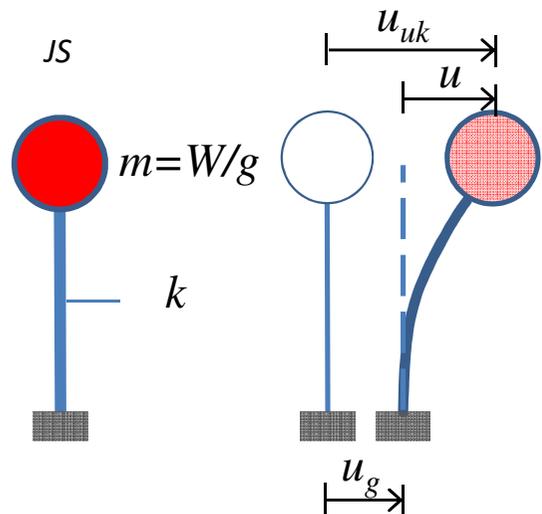
Nelinarni modeli:

- materijalna nelinearnost:
- geometrijska nelinearnost

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

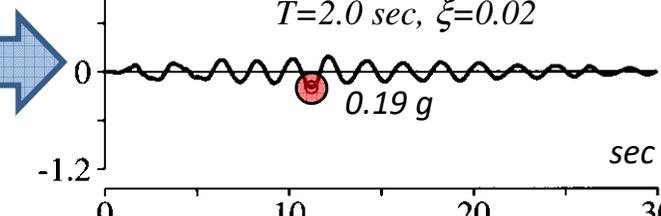
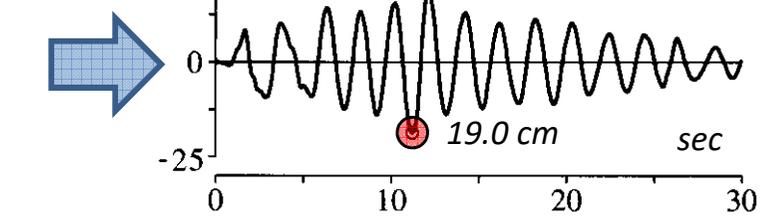
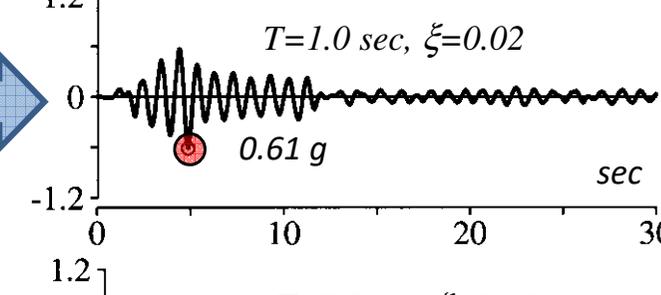
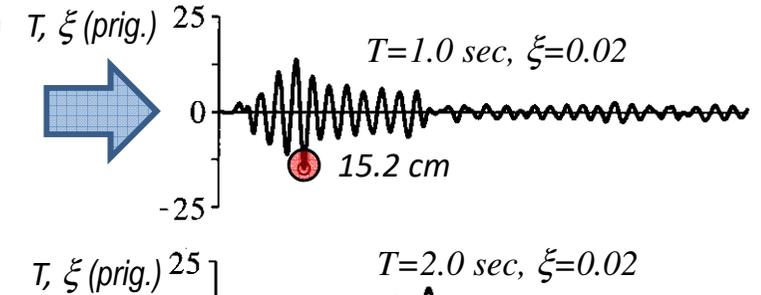
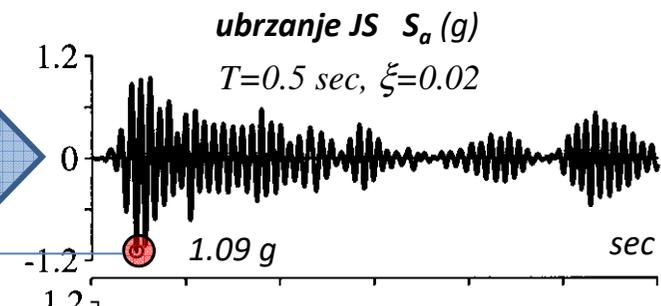
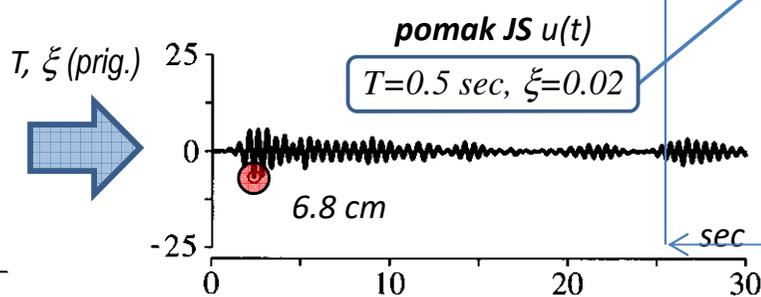
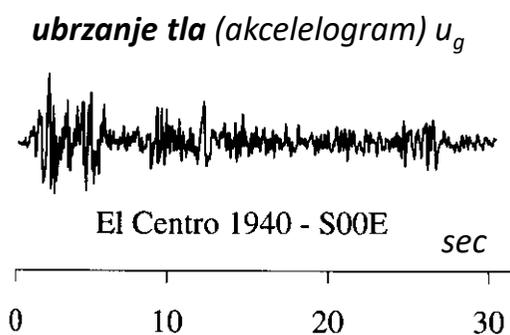
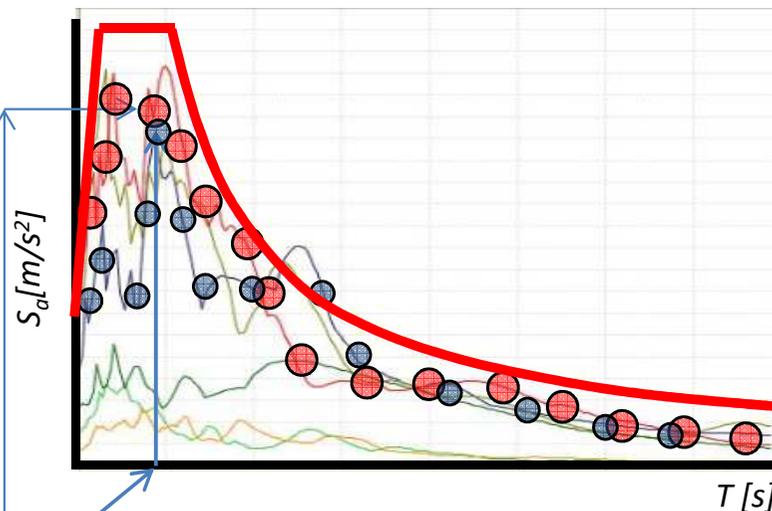


Kružna frek.:

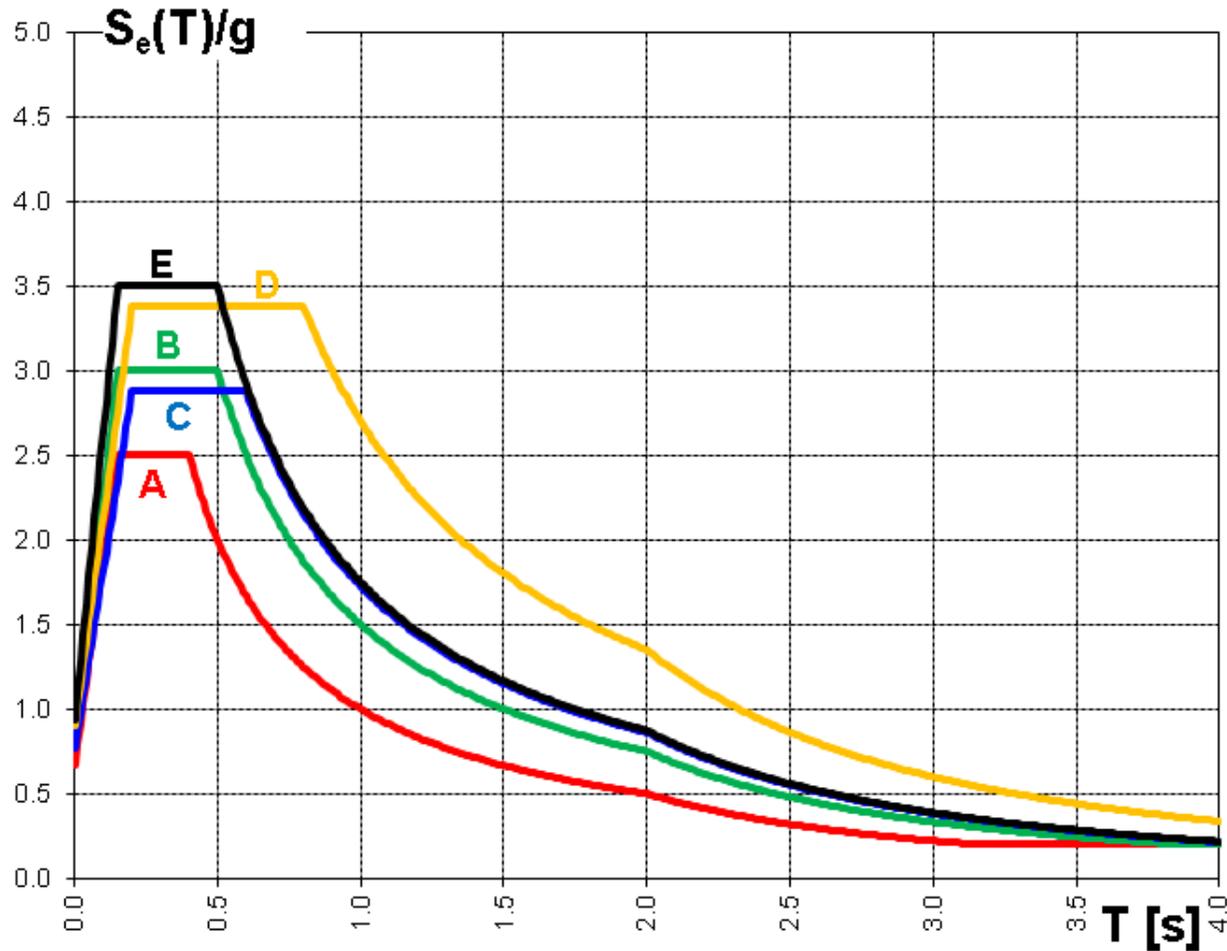
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Period:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



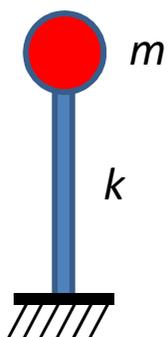
4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE



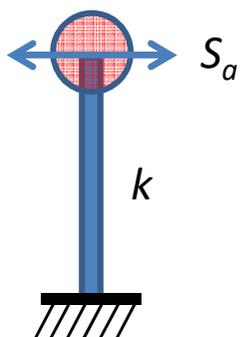
Elastični spektar odgovora prema Eurokodu 8
(tip 1, za klase tla od A-E, prigušenje $\xi=5\%$)

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

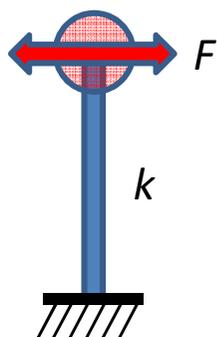
ODGOVOR JS



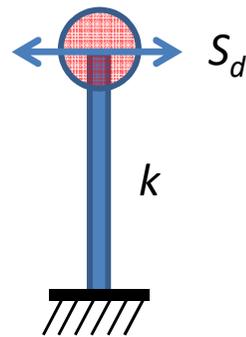
JS



S_a = spektralno ubrzanje



F = pseudo sila



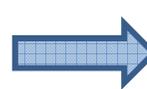
S_d = spektralni pomak

$$\frac{1}{k} = \frac{T^2}{4\pi^2 m}$$

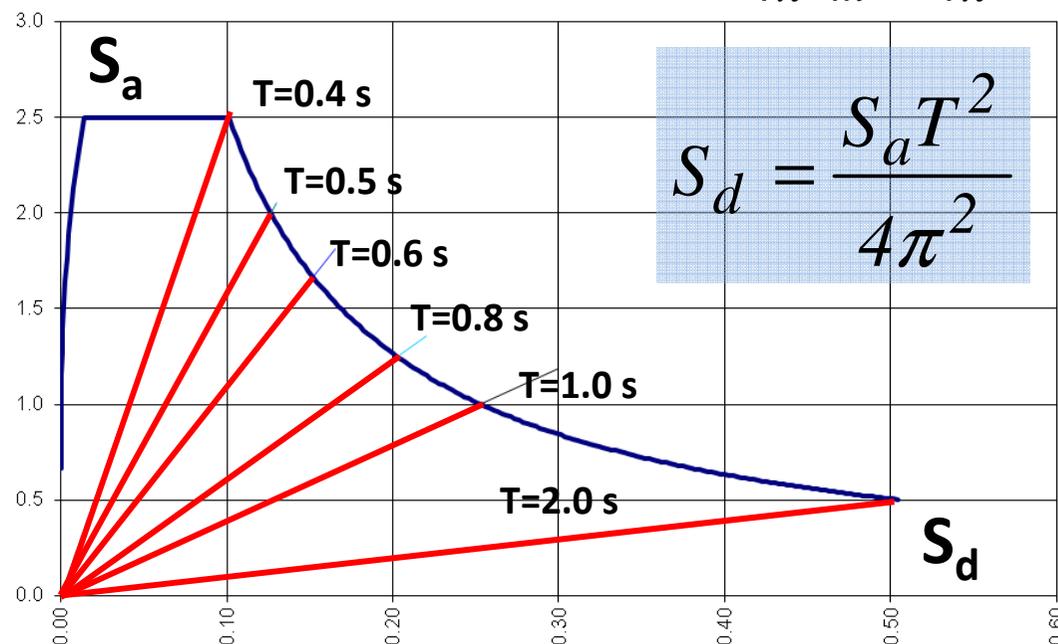
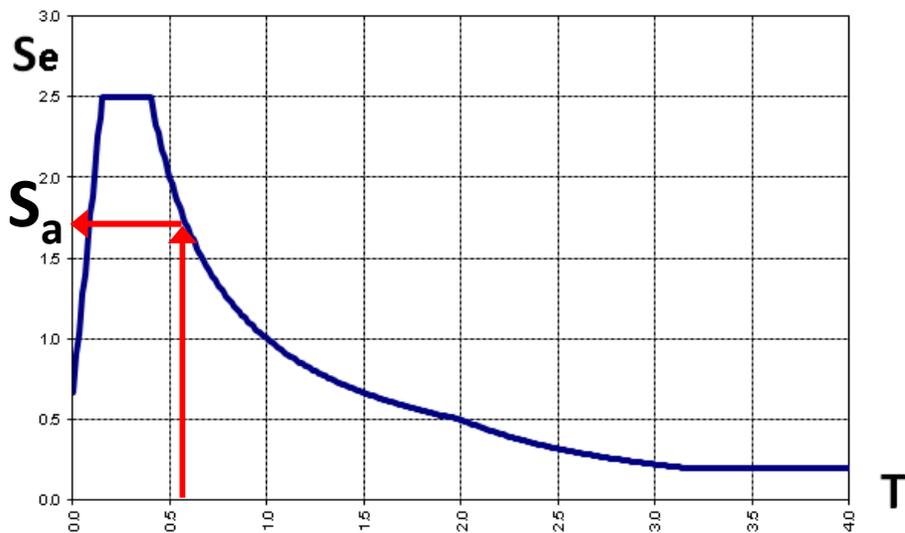
T — *elastični spektar* → S_a

$$F = m \cdot S_a$$

$$F = k \cdot S_d$$



$$S_d = \frac{F}{k} = m S_a \frac{T^2}{4\pi^2 m} = \frac{S_a T^2}{4\pi^2}$$



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Dokaz mehaničke otpornosti i stabilnosti **prema graničnim stanjima:**

- Granično stanje nosivosti

$$E_d < R_d$$

- Granično stanje uporabljivosti

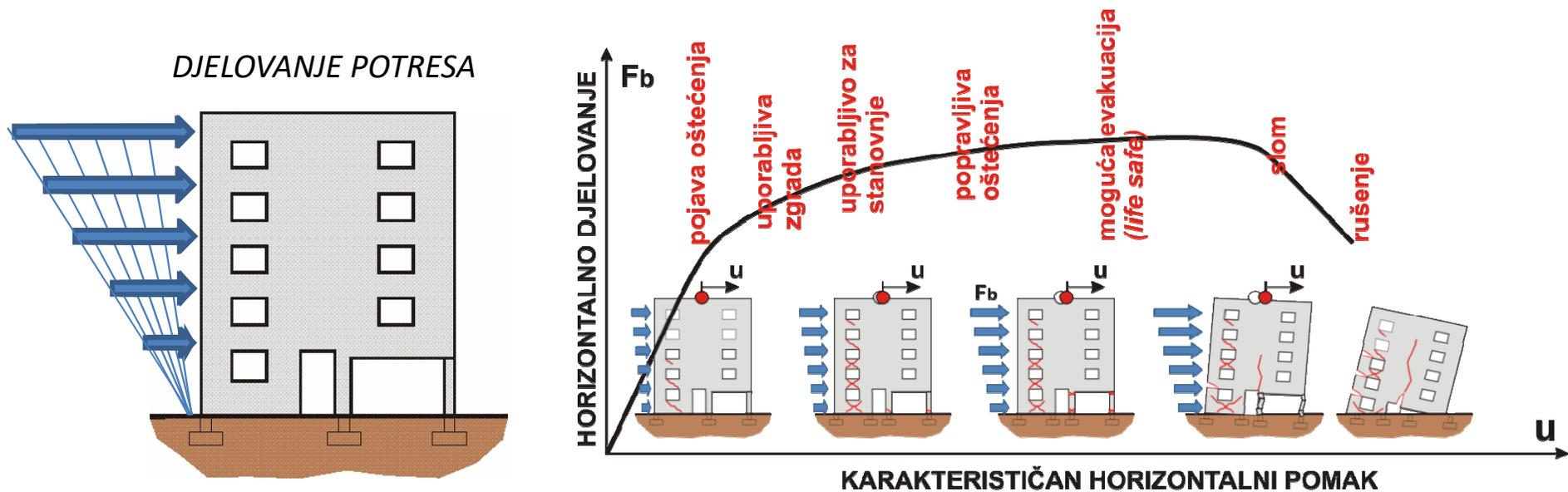
$$E_d < C_d$$

E_d = proračunsko djelovanje

R_d = proračunska nosivost

C_d = granična proračunska vrijednost bitnog kriterija uporabljivosti (progib, vibracije, naprezanje, pukotine)

Nelinearne metode temeljene na ocjeni pomaka (*Displacement base method*):

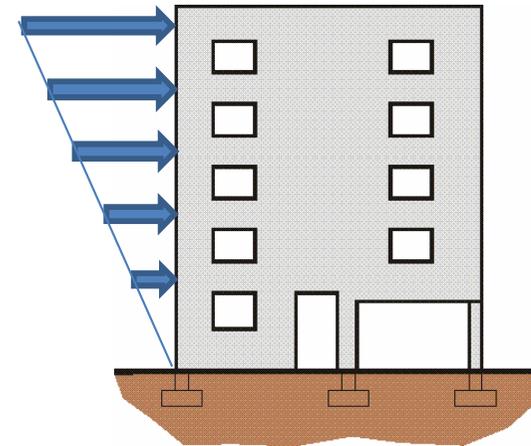
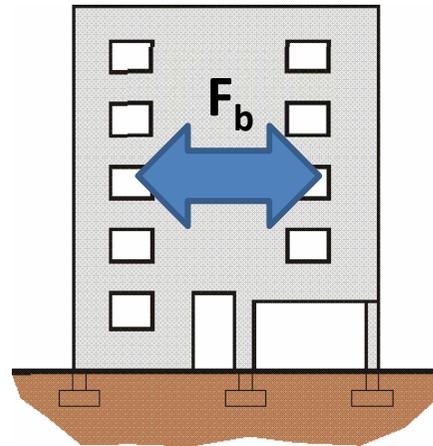
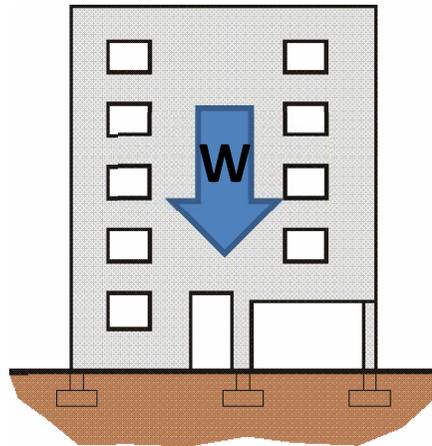


4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

NELINEARNI ODGOVOR višestupjelnog sustava - VS

POTRES

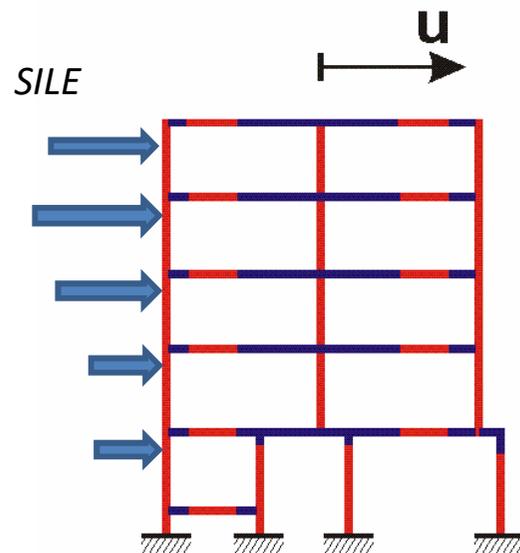
UBRZANJA



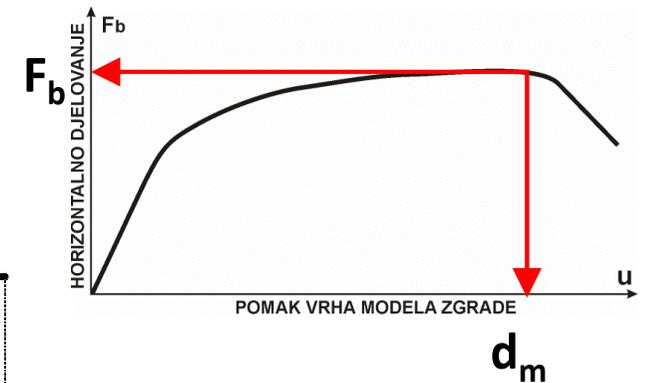
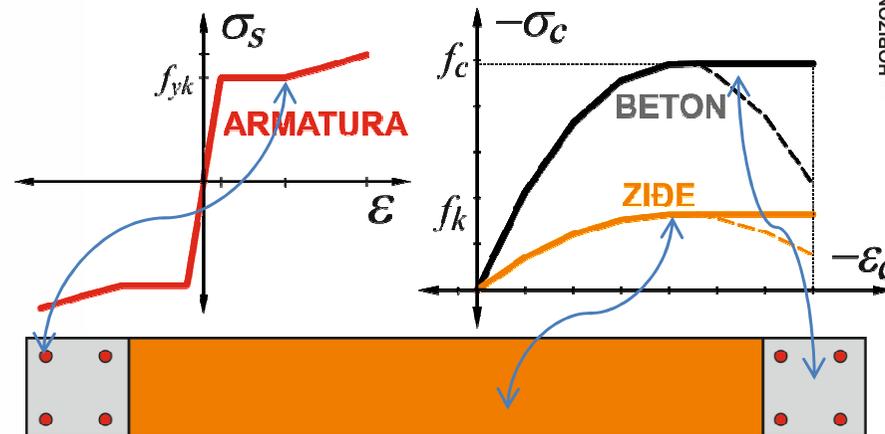
PRORAČUNSKI MODEL

MATERIJALNO NELINEARNI PRORAČUN

KRIVULJA KAPACITETA NOSIVOSTI

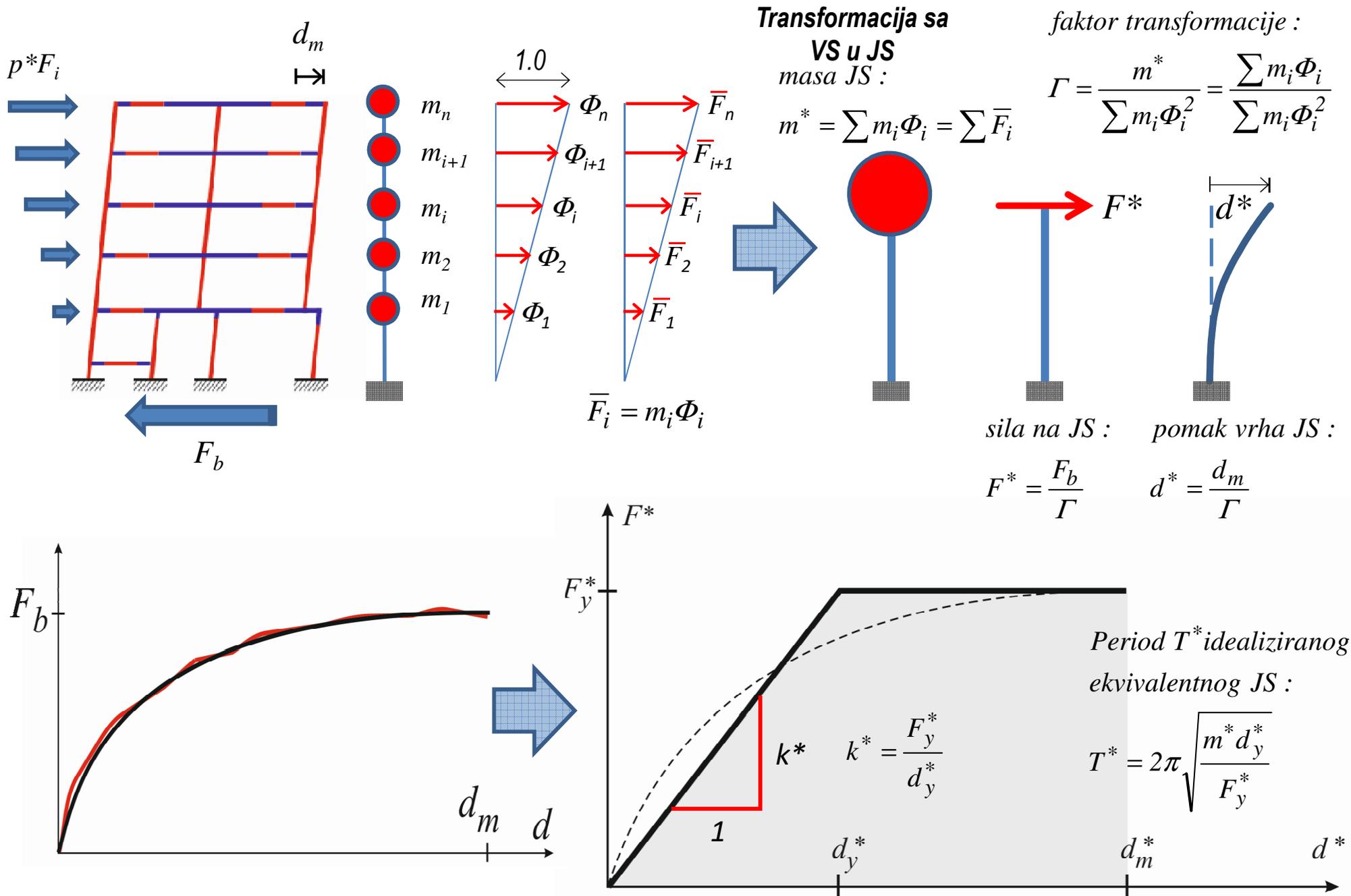


$$K(u) u = F$$



- EI, EA, GA
- EI = ∞

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

IZRAČUN CILJANOG POMAKA

Parametri proračuna:

- referentno vršno ubrzanje tla (a_{gR})
- kategorija tla (S)
- tip spektra (tip 1 ili 2)
- faktor važnosti građevine γ_I

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

$T_{NCR}=475$ godina; 50 godina; $P_{NCR}=10\%$

$$a_{g,ULS} = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI (OŠTEĆENJA):

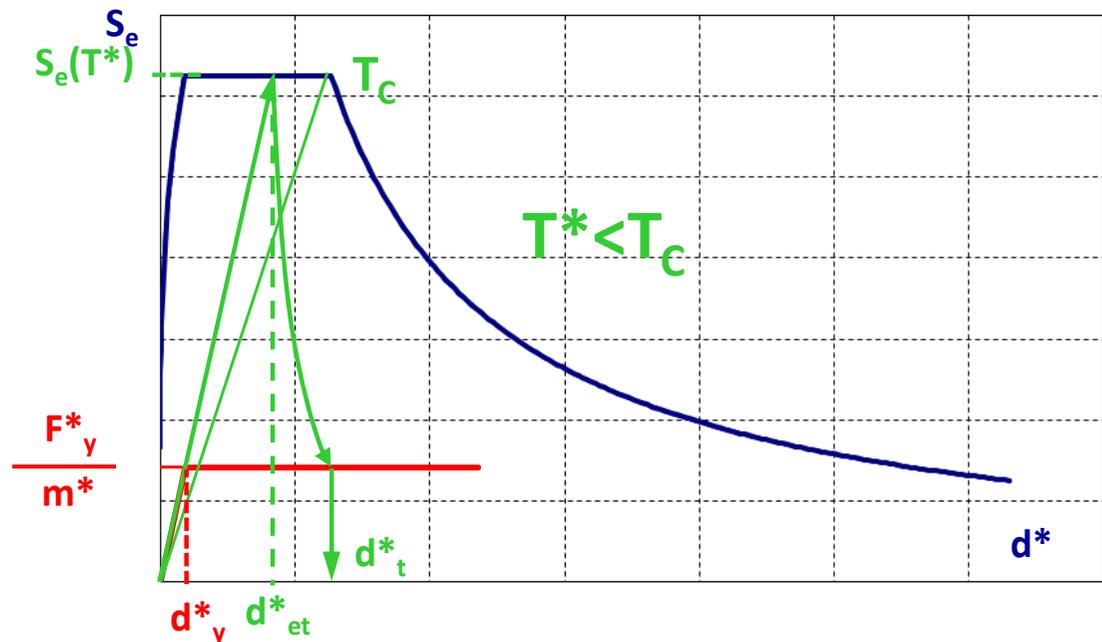
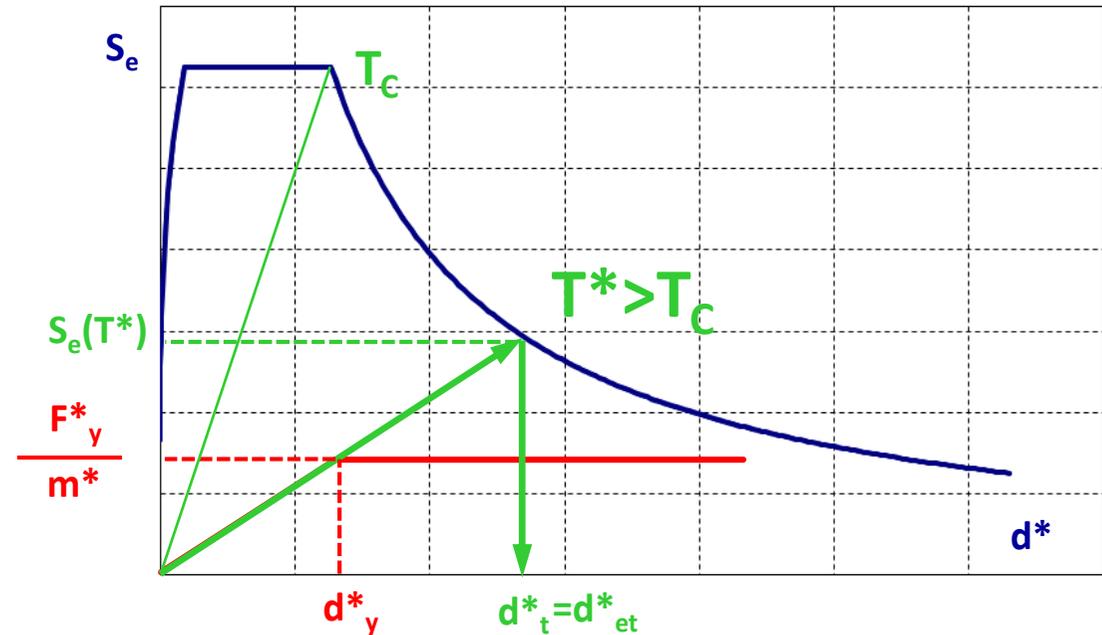
$T_{NCR}=95$ godina; 10 godina; $P_{NCR}=10\%$

$$a_{g,DLS} = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

(cca 0.585 $a_{g,ULS}$)

Ciljani pomak VS modela:

$$d_t = \Gamma d_t^*$$



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

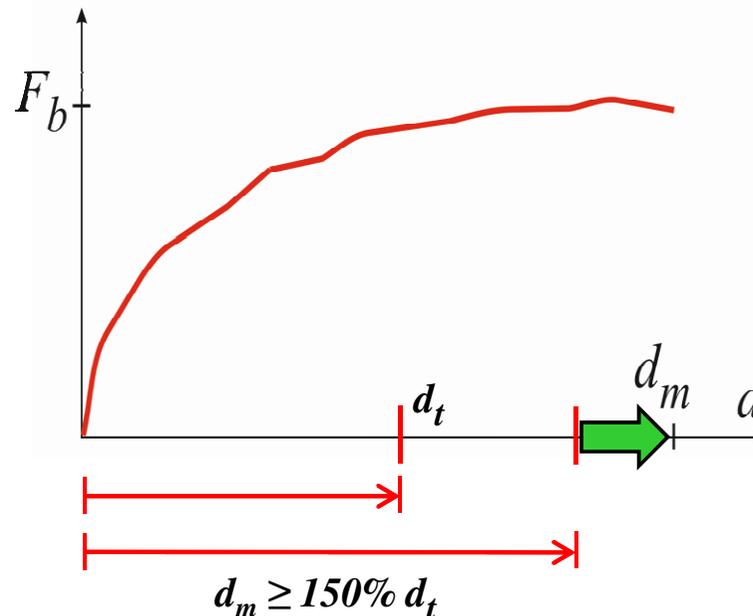
DOKAZ PREMA GRANIČNOM STANJU NOSIVOSTI (Ograničenje pomaka):

$$d_m^{ULS} \geq 1.5 \cdot d_t^{ULS}$$

d_t^{ULS} = Pomak vrha konstrukcije koji se očekuje za zadani potres i svojstva modela konstrukcije, a prema graničnom stanju nosivosti (Ultimate Limit State). Konstrukcija mora izdržati pomak d_t^{ULS} bez kolapsa.

d_m^{ULS} = Pomak vrha konstrukcije pred kolaps (kapacitet) ili kad ukupna (poprečna) sila F_b od potresa padne na manje od 80% svoje vršne vrijednosti.

Pomak pred slom na krivulji kapaciteta višestupnjevnog modela mora biti barem 150% veći od ciljano pomaka



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

DOKAZ PREMA GRANIČNOM STANJU UPORABLJIVOSTI - ŠTETE (Ograničenje pomaka):

Ograničenje međukatnog pomaka – OGRANIČENJE OŠTEĆENJA (EN 1998-1:2004; (4.31)+NAD)

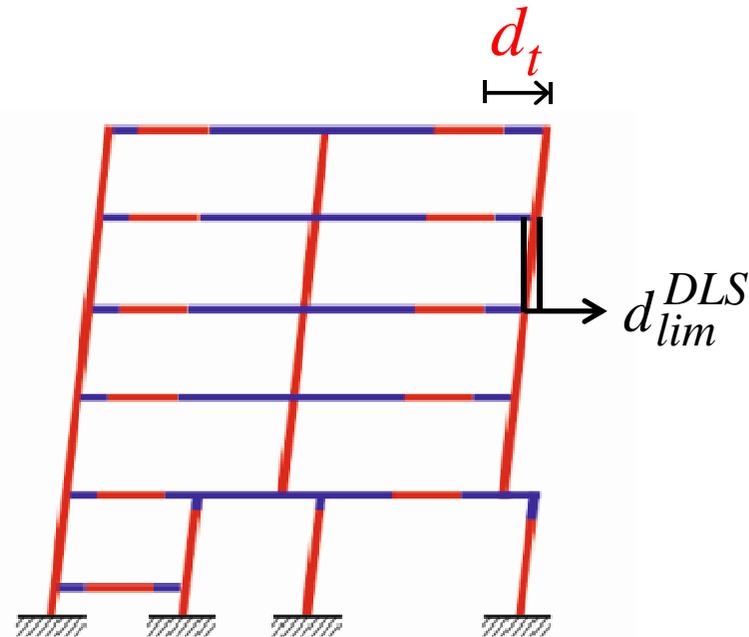
$$\frac{\Delta u}{h} \leq d_{lim}^{DLS}$$

$$d_{lim}^{DLS} = 0.005; h = 290 \text{ cm}; d_{lim}^{DLS} = 1.45 \text{ cm}$$

Δu = međukatni pomak

h = katna visina

d_{lim}^{DLS} = granični međukatni pomak – ograničenje oštećenja



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

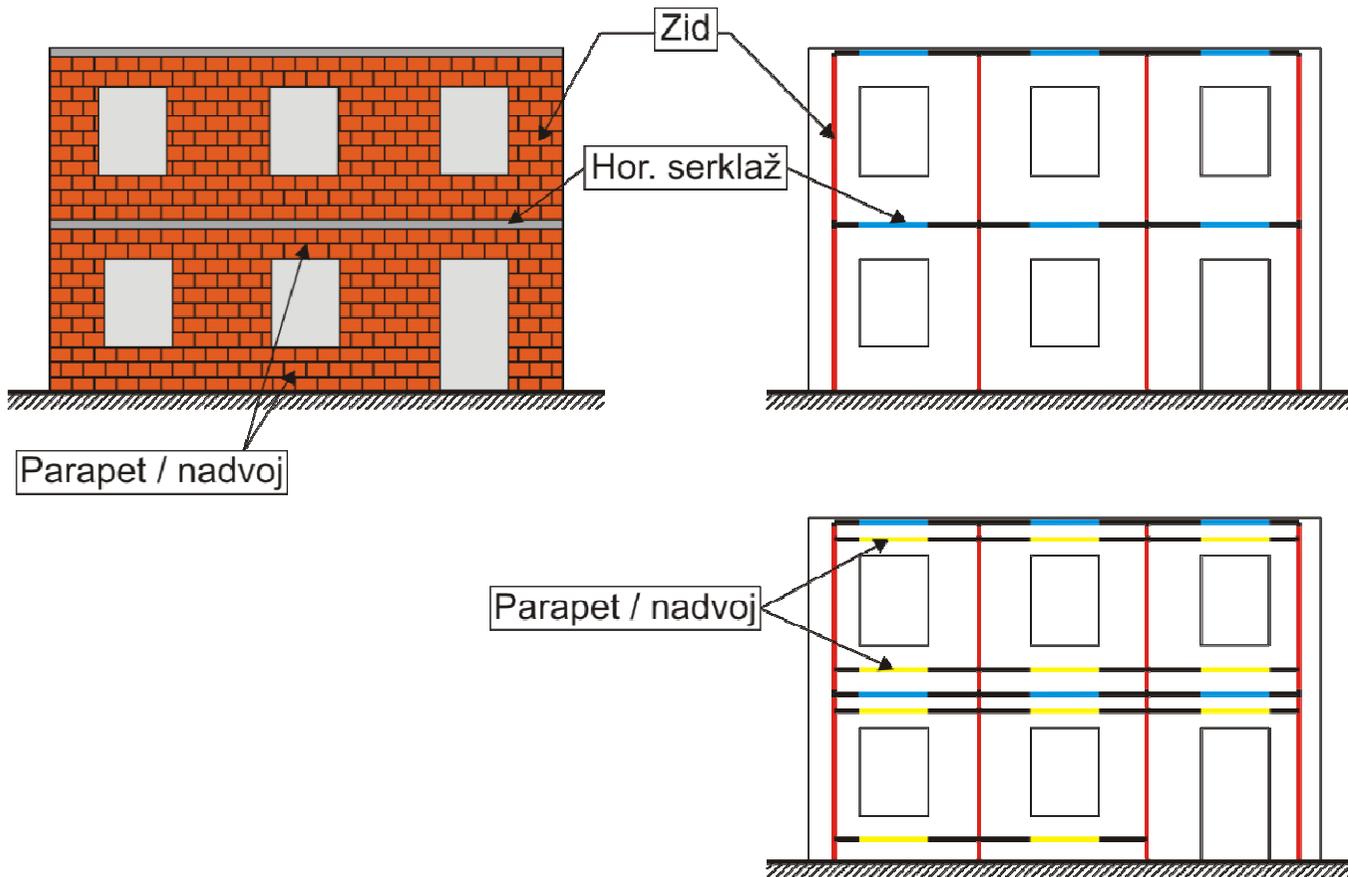


AmQuake –Atena Masonry Quake-računalni program za statičku i seizmičku analizu zidanih zgrada. Seizmička analiza se provodi u skladu s EC8 i EC6 koristeći **metodu naguravanja (pushover)** na **modelu ekvivalentnog okvira**.

Program sadrži nacionalne dodatke definirane u EC6 i EC8 za niz zemalja.

Proizvođač: Cervenka Consulting Ltd. u suradnji s Wienerbergerom

www.amquake.eu



SVOJSTVA:

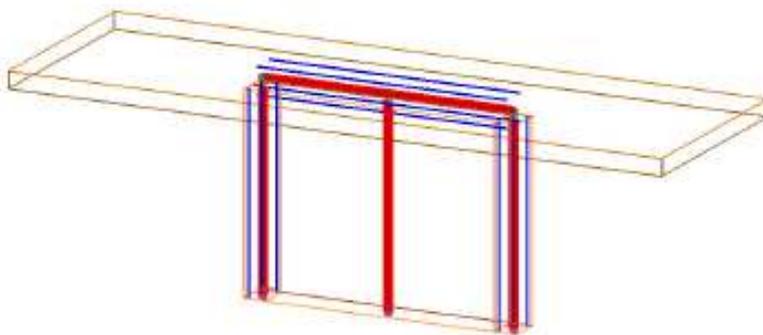
- Jednostavnost u uporabi
- Predefinirana baza zidnih blokova, mortova, betona
- Hrvatski jezik i nacionalni dodaci za EN 1998 i EN 1996
- Brzo zadavanje modela putem DXF datoteke
- Generiranje izvještaja o proračunu putem RTF datoteke za daljnju obradu u nekom od text editora
- Jednostavan grafički i tablični prikaz unutarnjih sila, deformacija elemenata u svakom koraku, te prikaz slomnog opterećenja
- Proračun nosivosti na potres ZGRADE KAO CJELINE

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

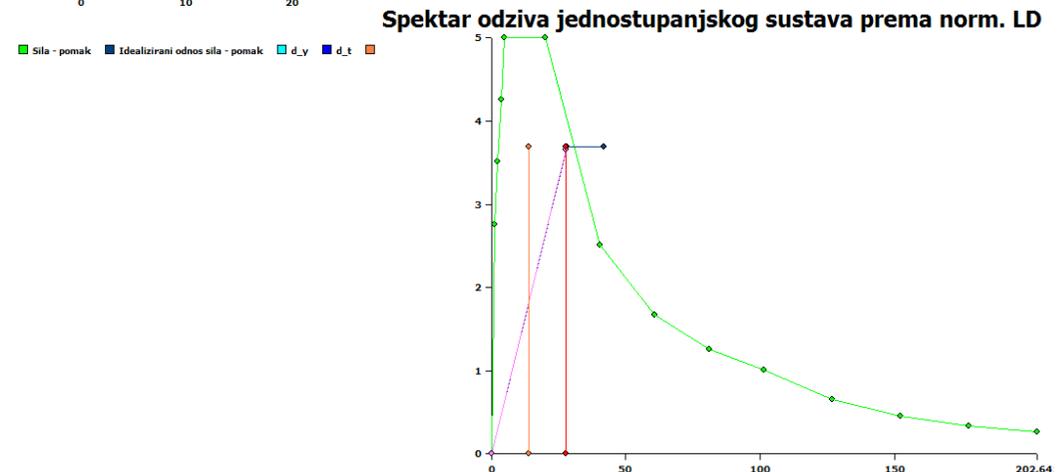
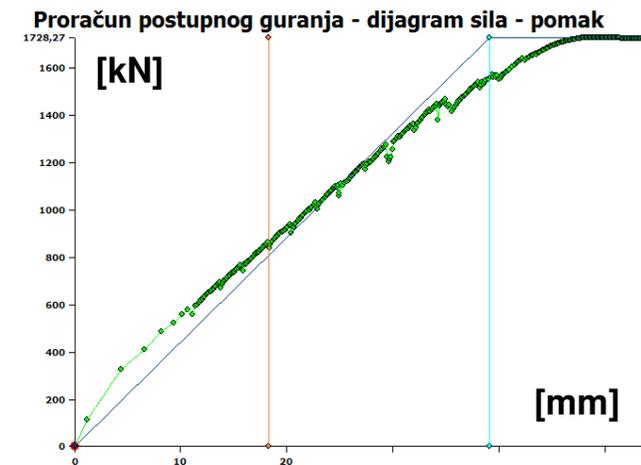
PRORAČUNSKI 3D MODEL UKLJUČUJE:

- *ziđe (od zidnih blokova i morta/ljepila)*
- *vertikalne serklaže (s armaturom)*
- *horizontalne serklaže (s armaturom)*
- *a-b zidove i stupove*
- *međukatne ploče (kao fiktivne elemente)*



REZULTATI PRORAČUNA DAJU:

- **kontrolu ukupne nosivosti** na horizontalno djelovanje (na materijalno nelinearnom štapnom modelu)
- **kontrolu pomaka** : - prema graničnom stanju nosivosti
- prema graničnom stanju uporabljivosti

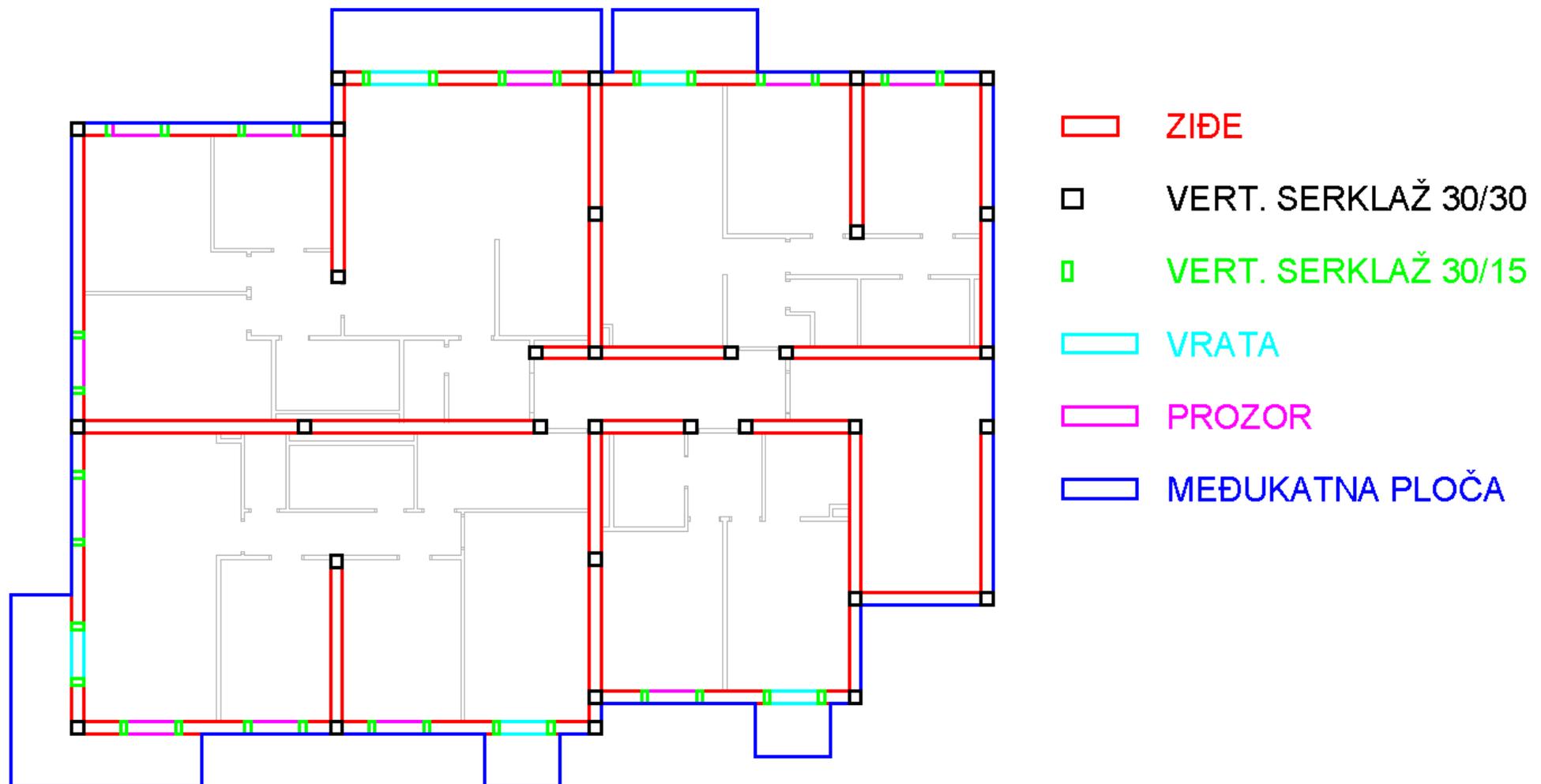


4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada

- zidovi: blok opeka POROTHERM PROFIL + DRY FIX EXTRA (ljepilo)
- vertikalni serklaži: 30/30 cm, 30/15 cm; horizontalni serklaži: 30/30 cm; nadvoji: 30/15 cm
- računsko ubrzanje tla: 0.2g



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada

Parametri potresa

Norma **Napredan**

Potresni parametri

Potresno područje: 0

Kategorija tla: A

Tip spektra: 1

Omjer viskoznog prigušenja [%]: 5

Referentno ubrzanje temeljnog tla (a_g) [m/s²]: 2

Norma **Napredan**

Parametri tla

Faktor tla (S): 1

Period TB: 0.1

Period TC: 0.4

Period TD: 2

Potresni parametri

Najveće ubrzanje temeljnog tla ($a_g = a_g \times \text{Gamma}_I$) [m/s²]: 2

DLS redukcionni faktor (γ): 0.5

Ubrzanje za GSU ($a_{gd} = \gamma \times a_g$): 1

Dinamički amplif. faktor β_0 : 2.5

Zadavanje blokova

Wienerbergerov katalog proizvoda

POROTHERM 38 PROFI

POROTHERM 30 PROFI

POROTHERM 25 PROFI

POROTHERM 20 PROFI

POROTHERM 17-50 PROFI (12,5 N/mm²)

POROTHERM 11.5 PROFI

POROTHERM 10 PROFI

POROTHERM 50 H.I. PROFI (8 N/mm²)

POROTHERM 38 S

POROTHERM 30 S

POROTHERM 30 S M15

POROTHERM 25 S

POROTHERM 25 55Z HD (20 N/mm²)

POROTHERM 20 S

POROTHERM 20-50 S (10 N/mm²)

POROTHERM 11.5 P+E

POROTHERM 10 P+E

POROTHERM 8 P+E

POROTHERM 25 VS - vertikalni serkla

POROTHERM 25 VS PROFI - vertikalni serkla

Opis proizvoda

Ime: POROTHERM 30 PROFI

Dimenzije

Debljina: 300.000 Duljina: 250.000 Visina: 249.000



Katalog

fb [MPa]: 11.500

Težina [kg/m³]: 923.333

ϵ_{mu} : -0.00200

Utor:

Točnost:

Armatura:

Omeđen:

Ispuna:

OK Cancel

Zadavanje betona

Dodaj Betoni

Ime: Beton C25/30

Tip: C25/30

fck [MPa]: 25

fcvk [MPa]: 0.45

Gamma C: 1.5

fcvk / fcvm: 0.833

E [MPa]: 31000

G [MPa]: 12917

fcv: 33,000

Težina [kg/m³]: 2500

ϵ_{cu3} : -0.0035

ϵ_{c3} : -0.00175

OK Cancel

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada

Dodaj Zidu **Zadavanje zida**

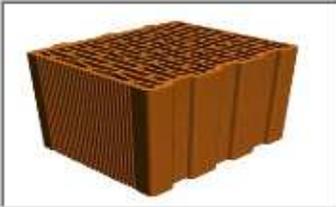
Ime: Zidu 30

Norma Napredan

Zidni element (blok): POROTHERM 30 PROFI

Mort: Dry-fix

Ispunsko zidu



Zadavanje armature

Dodaj Armatura

Ime: Armatura fi 12

Promjer [mm]: 12

Ploština [mm²]: 113.097

fyk [MPa]: 500 Gamma S: 1.15

E [MPa]: 210000 fyk / fym: 0.98

OK Cancel

Uredi Zidu

Ime: ZIDUJE 30

Norma Napredan

Podaci iz tehničkog dopuštenja

fk [MPa]:	4.95	fk _h [MPa]:	0.569
f _{vk0} [MPa]:	0.3	E [MPa]:	4950
f _{vlt} [MPa]:	0.5175	G [MPa]:	1547.6
f _{xk1} [MPa]:	0	Težina [kg/m ³]:	923.333
f _{xk2} [MPa]:	0	Gamma M:	2.2
rho _n :	0.75	Omjer r:	0.5
rho _t :	1	fk / f _m ean:	0.833
ε _{mu} :	-0.002	Phi _{f_{vk}} :	0.4
ε _m :	-0.001	Phi _{f_{vlt}} :	0

Uredi Armirani beton

Ime: VERTIKALNI SERK 30x30

Norma Vertikalno Apsolutan Horizontalno

Armatura

#	u [m]	v [m]	Materijal
1	0.030	0.030	Armatura FI 18
2	0.270	0.030	Armatura FI 18
3	0.030	0.270	Armatura FI 18
4	0.270	0.270	Armatura FI 18

Zadavanje

- vertikalnih serklaža
- horizontalnih serklaža
- nadvoja
- stupova
- a-b zidova

b [m]: 0.3 h [m]: 0.3

Armatura odnos[%]: 1.131

OK Cancel

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada

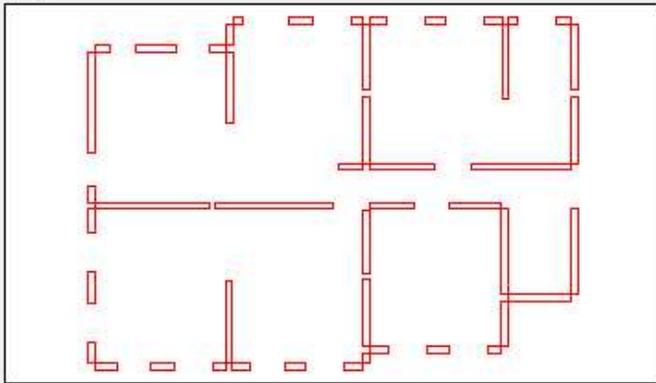
Zadavanje geometrije: zidovi, serklaži, nadvoji, ploče, stupovi (učitavanjem DXF datoteke)

Ubaci DXF - E:\Strucno_usavrsavanje\2012_WIENERBERGER\AMQ\PRIMJER2.dxf, 8 slojevi

Podaci o podu
Broj katova: 5
Z0 (kota poda) [m]: 0.000
H (visina kata) [m]: 2.7
Jedinice
DXF jedinice: m
Zaokružiti [m]: 0.01

Podaci o zidovima
Sloj: ZIDOWI
Zadane vrijednosti:
Materijal: Zidje PROFI 30 + DRYFIX
U ravni ekscentričnosti: 0
Van ravni ekscentričnosti: 0
Primjeni
Ukloni

Pregled



Učitaj DXF
Ubaci topologiju
Cancel

pomakni
 pomakni
X: 0
Y: 0
Pomakni u težište

Učitana topologija

Zidovi/Stupovi | Prozori/Vrata | Stropovi

Ilijedar	Duljina [m]	Širina [m]	Visina [m]	Xg	Yg	Z0	Rotacija	U ravni ekscentričnosti [m]	Van ravni ekscentričnosti [m]	Materijal
1	4.65	0.30	2.70	0.150	12.275	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
2	0.80	0.30	2.70	0.150	8.050	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
3	1.10	0.30	2.70	0.150	6.800	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
4	1.45	0.30	2.70	0.150	3.725	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
5	0.90	0.30	2.70	0.150	0.750	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
6	1.05	0.30	2.70	0.825	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
7	1.10	0.30	2.70	3.400	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
8	0.60	0.30	2.70	6.050	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
9	0.80	0.30	2.70	7.050	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
10	0.95	0.30	2.70	9.575	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
11	0.85	0.30	2.70	12.275	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX
12	0.45	0.30	2.70	12.850	0.525	0.000	90.000	0.000	0.000	Zidje PROFI 30 + DRYFIX

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

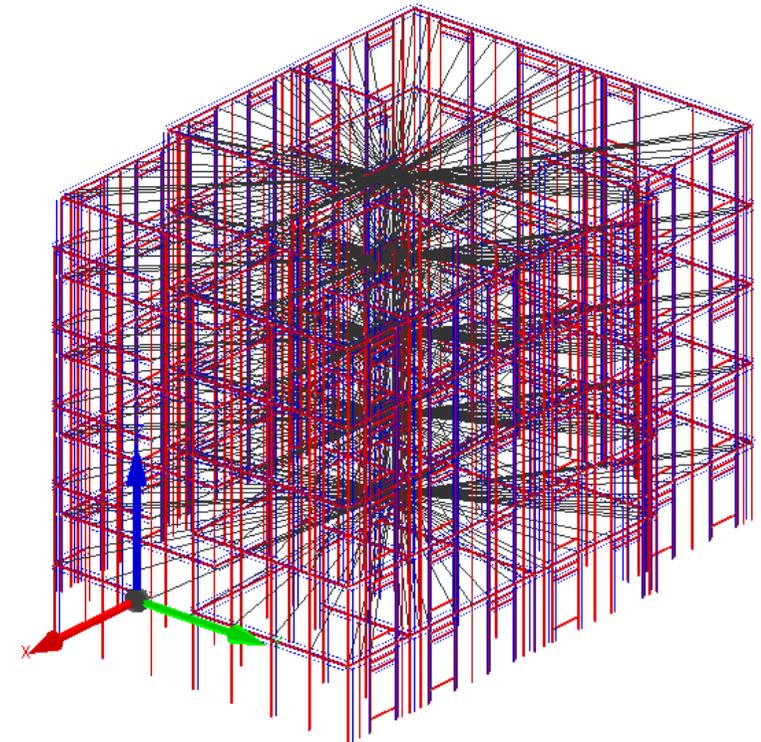
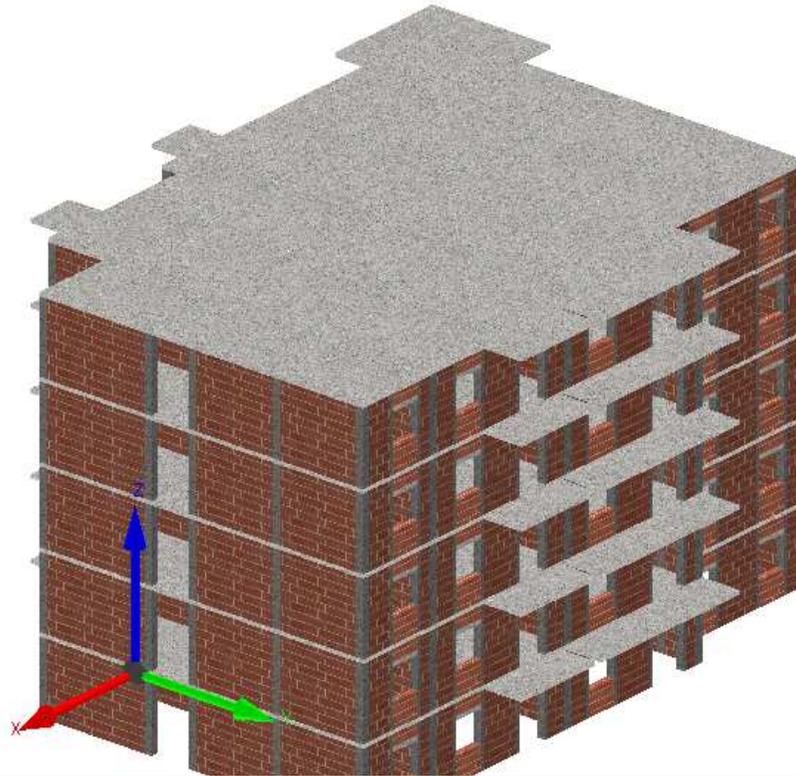
Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada

Proračunski model (renderirano)

Proračunski model (mreža KE)

- Opći podaci
 - Podaci o proračunu
 - Proračun parametara
 - Potresni parametri
- Materijali
 - Osnovni materijali
 - Zidni elementi
 - Mort
 - Beton
 - Armatura
 - Materijal zidova
 - Zide
 - Armirano zide
 - Armirani beton
 - Nadvojni
 - AB serklaž
- Topologija
 - Ubaci DXF
 - Zidovi/Stupovi
 - Prozorji/Vrata
 - Stropovi
- Opterećenje
 - Opterećenje stropa
- Mreža
 - Čvorovi
 - Elementi
 - Kruti spojevi
- Proračunaj



Proračuni **Napredne postavke**

Pravac	Pozitivna vrijednost slučajne ekscentričnosti	Negativna vrijednost slučajne ekscentričnosti	Modalna razdioba potresne sile	Jednolika razdioba potresnih sila	<input checked="" type="checkbox"/> Statika
+X	✓	✓	✓	✓	
-X	✓	✓	✓	✓	
+Y	✓	✓	✓	✓	
-Y	✓	✓	✓	✓	

Prekid kontrole

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada (zadavanje ulaznih podataka – ANIMACIJA)

*Otvoriti *.AVI DATOTEKU NA DISKU*

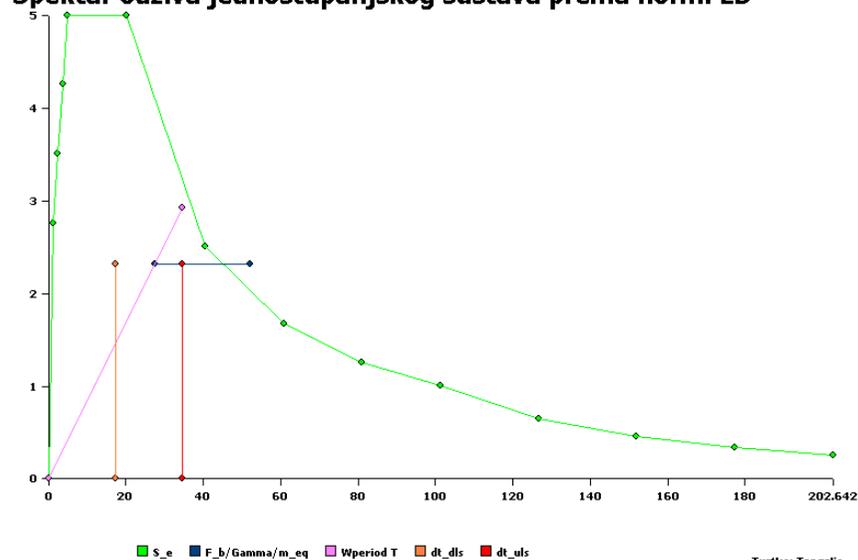
Napomena: Poruka – upozorenje se odnosila na zaokret lokalnih osi vertikalnog serklaža 30/15 cm.

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

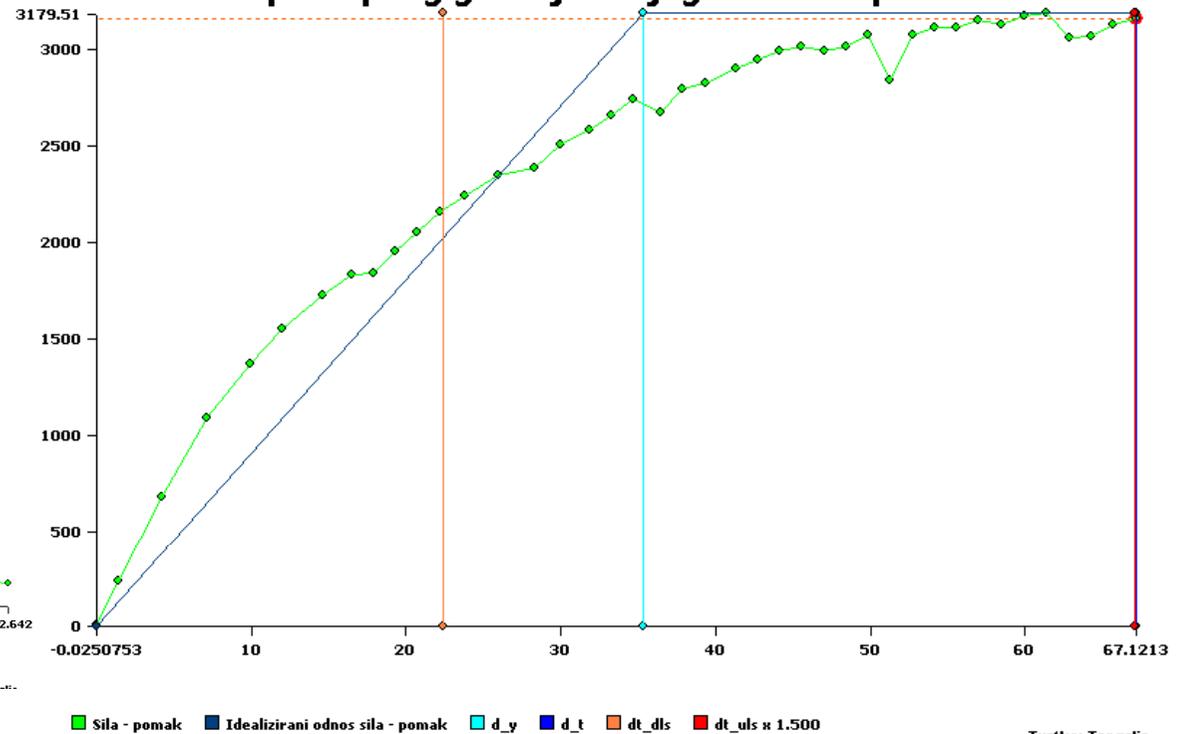
Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

Primjer: zidana 5-etažna zgrada; Pregled rezultata proračuna: DOKAZ NOSIVOSTI ZA SMJER X

Spektar odziva jednostupanjskog sustava prema norm. LD



Proračun postupnog guranja - dijagram sila - pomak



Tvrtka: Trogrlic

Tvrtka: Trogrlic

Dijagram sila - pomak | Kapacitet - ciljani dijagram | Se prema norm pomaku | Sile | Reakcije | Pomaci | Oštećenja komponenti

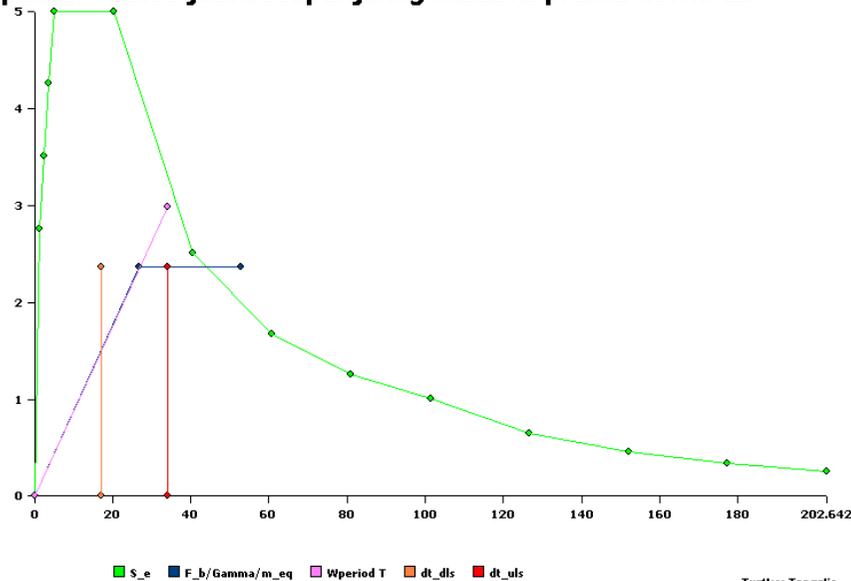
Korak	(2) X+, exc. pos, tri		Horizontalna reakcija [kN]	Vertikalni pomak [mm]	Vertikalna reakcija [kN]	Rotacija	Max pogreška [%]
	Ciljani pomak za GSU [mm]:	Kapacitet za GSU [mm]:					
34	55.575	22.359	- 3106.113	- 0.452	16572.954	0.000	0.466
35	57.005	67.121	- 3145.432	- 0.458	16572.823	0.000	1.822
36	58.435	Ispravno	- 3123.407	- 0.464	16571.707	0.000	0.530
37	59.971	67.077	- 3167.296	- 0.471	16572.210	0.000	0.944
38	61.401	67.121	- 3179.508	- 0.478	16572.718	0.000	0.800
39	62.831	Ispravno	- 3053.063	- 0.486	16572.154	0.000	3.237
40	64.261	13.758	- 3061.568	- 0.494	16572.530	0.000	0.414
41	65.691		- 3119.887	- 0.501	16571.712	0.000	0.591
42	67.121		- 3154.125	- 0.508	16572.574	0.000	0.838

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

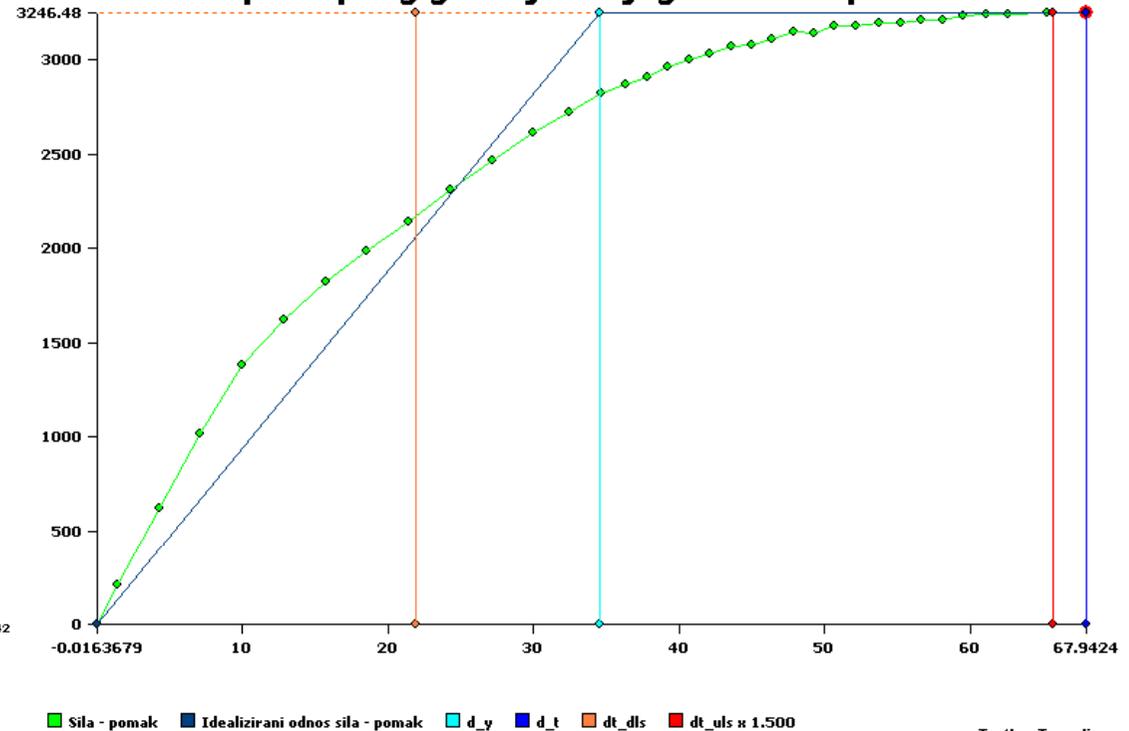
Primjer: zidana 5-etažna zgrada; Pregled rezultata proračuna: DOKAZ NOSIVOSTI ZA SMJER Y

Spektar odziva jednostupanjskog sustava prema norm. LD



Tvrtka: Trogrlic

Proračun postupnog guranja - dijagram sila - pomak



Tvrtka: Trogrlic

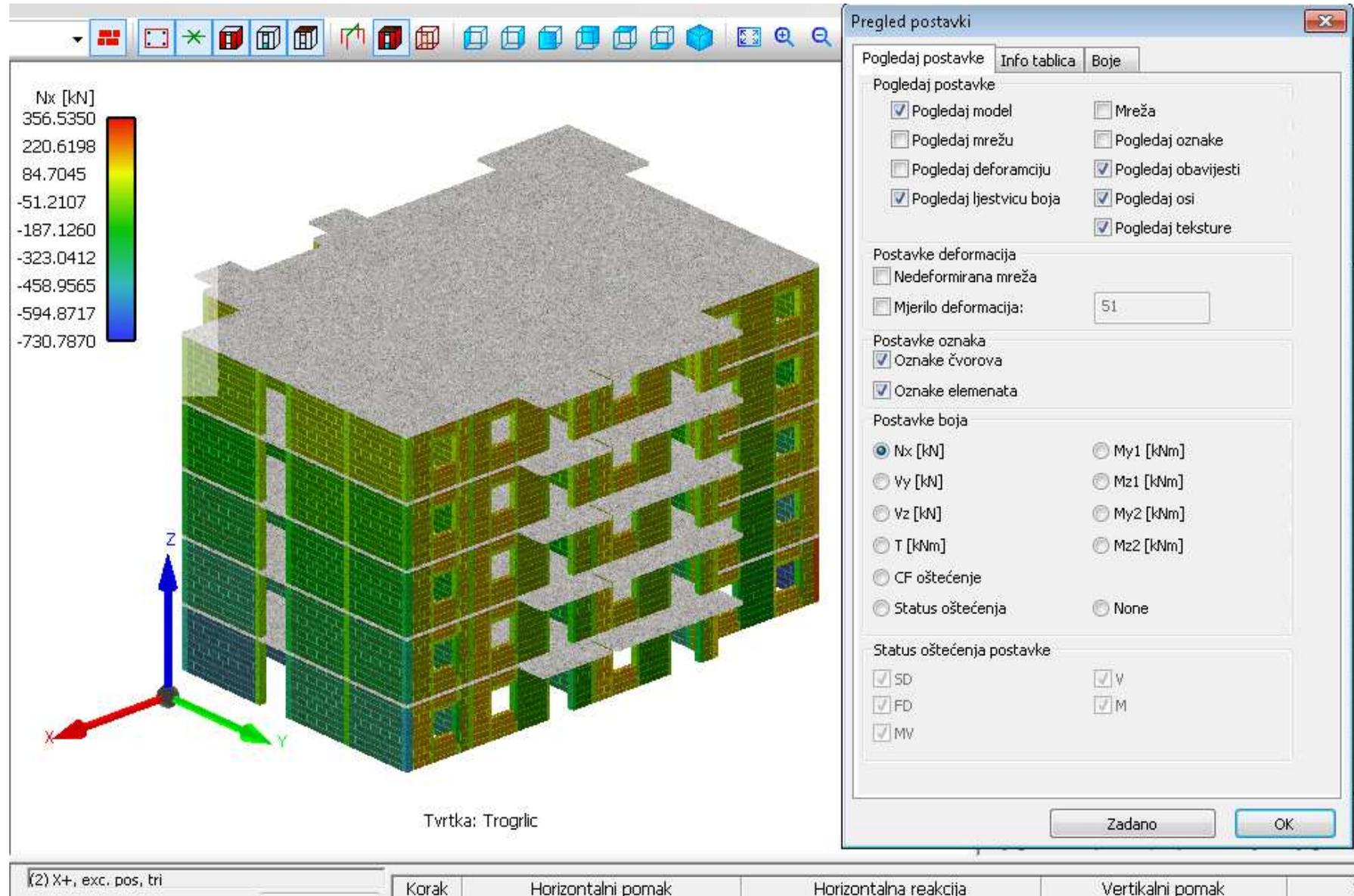
Dijagram sila - pomak | Kapacitet - ciljani dijagram | Se prema norm pomaku | Sile | Reakcije | Pomaci | Oštećenja komponenti

Korak	Horizontalni pomak [mm]	Horizontalna reakcija [kN]	Vertikalni pomak [mm]	Vertikalna reakcija [kN]	Rotacija	Max pogreška [%]
28	53.751	- 3186.772	- 0.434	16572.368	0.000	0.371
29	55.253	- 3187.638	- 0.439	16572.170	0.000	0.306
30	56.683	- 3203.280	- 0.444	16572.458	0.000	0.320
31	58.113	- 3207.006	- 0.449	16572.082	0.000	0.366
32	59.543	- 3227.656	- 0.454	16571.621	0.000	0.380
33	61.142	- 3236.263	- 0.460	16572.447	0.000	0.329
34	62.572	- 3233.570	- 0.466	16570.542	0.000	0.509
35	65.341	- 3239.166	- 0.477	16572.223	0.000	0.443
36	67.942	- 3246.482	- 0.488	16572.140	0.000	0.471

4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

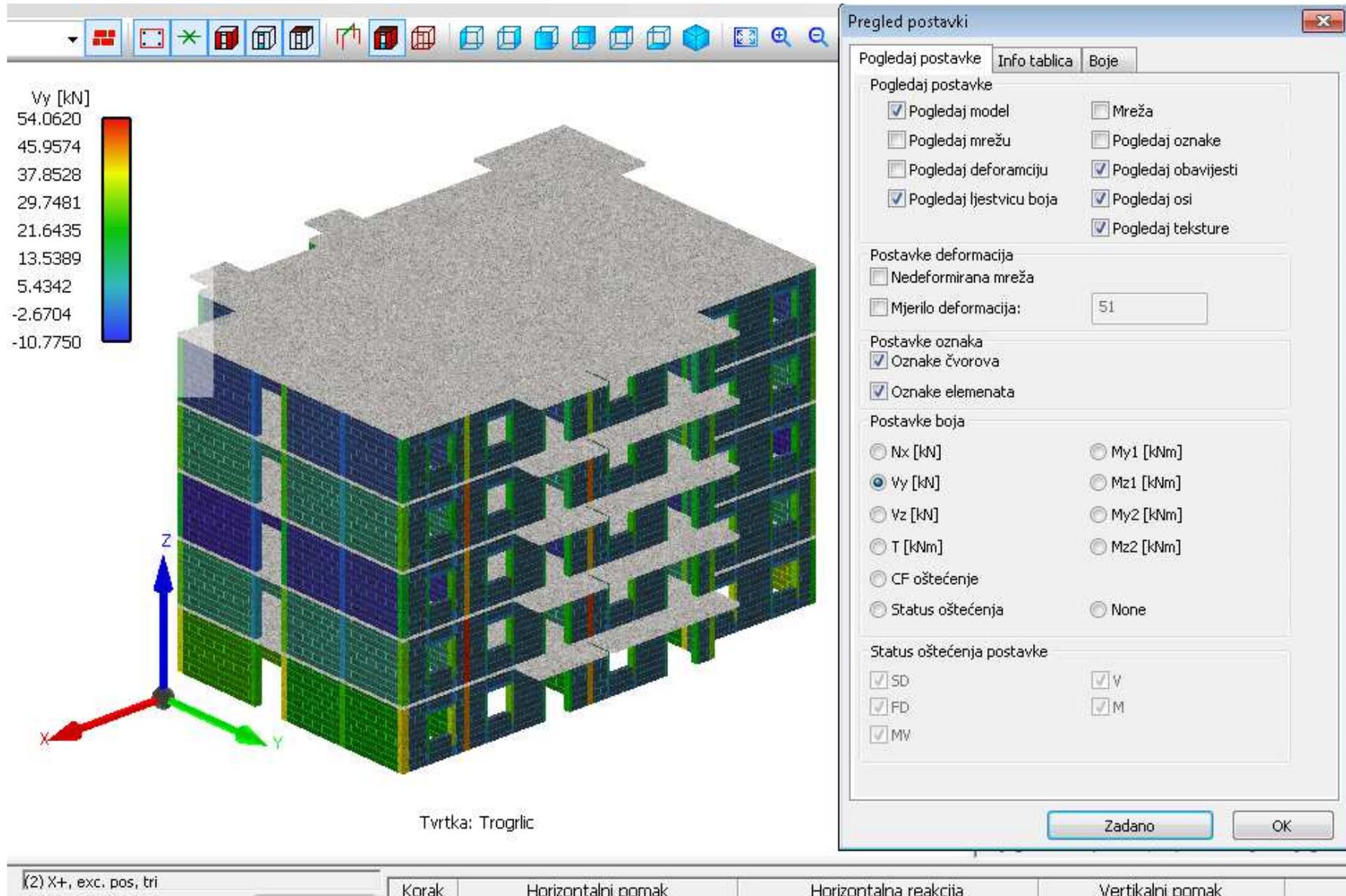
Primjer: zidana 5-etažna zgrada; Pregled rezultata proračuna: UZDUŽNE SILE - N



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

*Primjer: zidana 5-etažna zgrada; Pregled rezultata proračuna: **POPREČNE SILE Vy***



4. METODA NAGURAVANJA - AMQUAKE

Računalni program za proračun zidanih konstrukcija - AmQuake

*Primjer: zidana 5-etažna zgrada; Pregled rezultata proračuna: **STATUS OŠTEĆENJA***

STANJE OŠTEĆENJA:

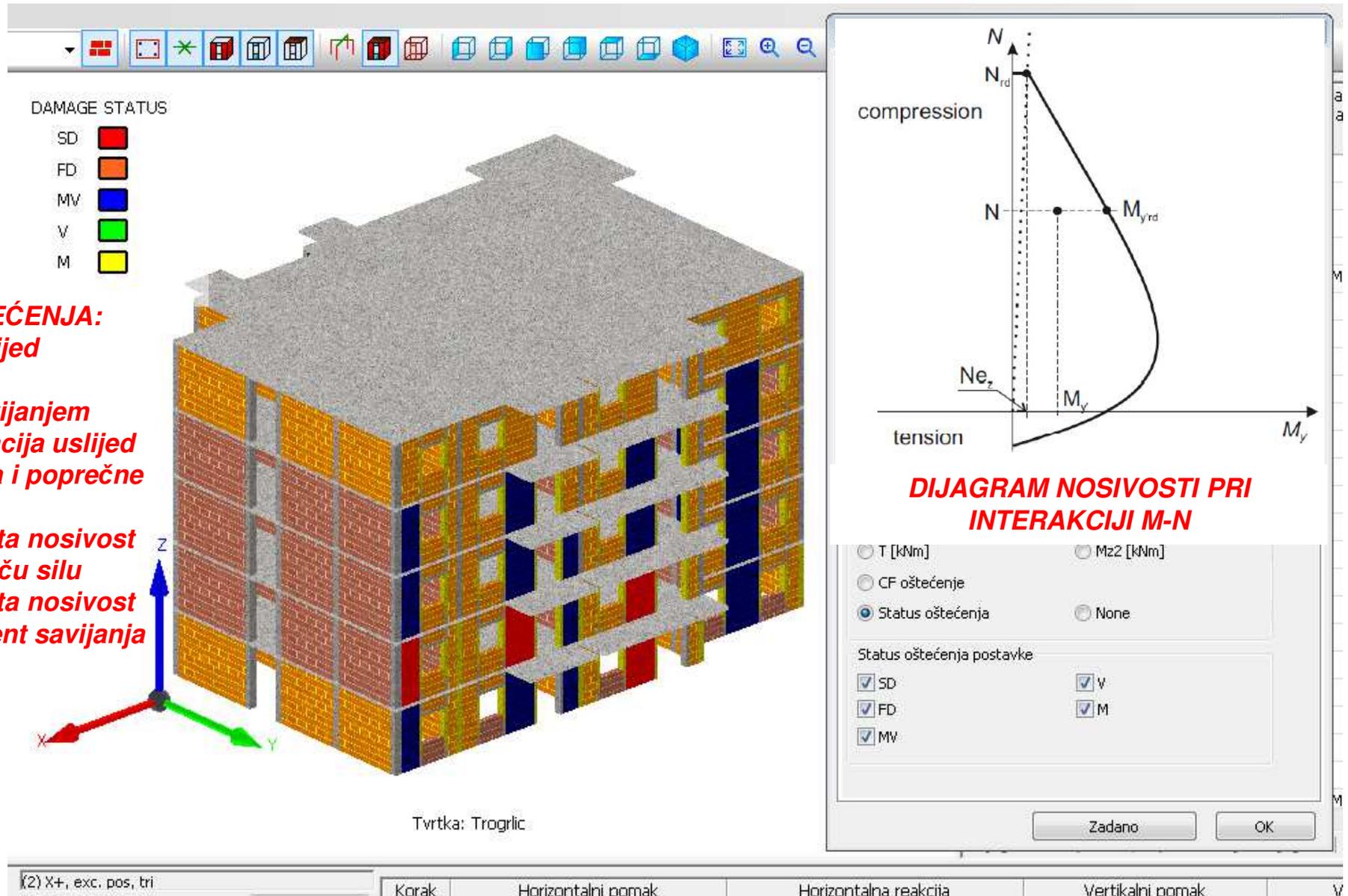
SD= slom uslijed posmika

FD= slom savijanjem

MV= plastifikacija uslijed momenta i poprečne sile

V= dosegnuta nosivost na popreču silu

M= dosegnuta nosivost na moment savijanja

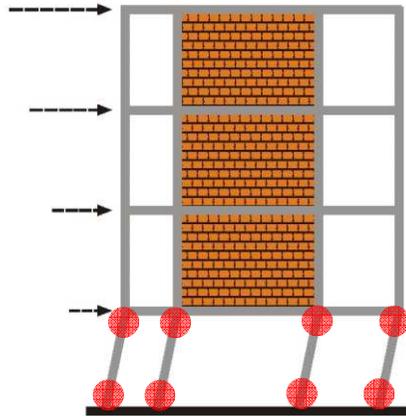


NEKA OPĆA NAČELA KOD PROJEKTIRANA ZIDANIH KONSTRUKCIJA OTPORNIH NA POTRES

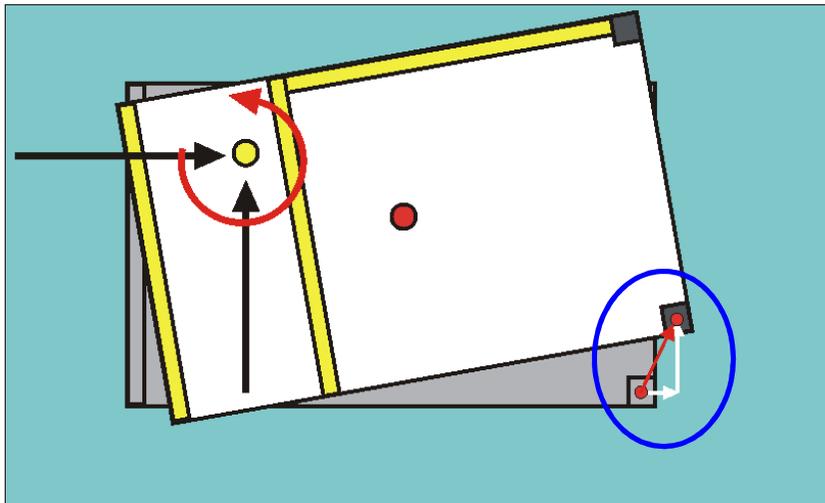
OPĆA NAČELA KOD PROJEKTIRANA ZIDANIH KONSTRUKCIJA OTPORNIH NA POTRES

Bez obzira na proračunske metode...

Fleksibilna prizemlja – poseban pozor
(postići dostatnu krutost i nosivost)

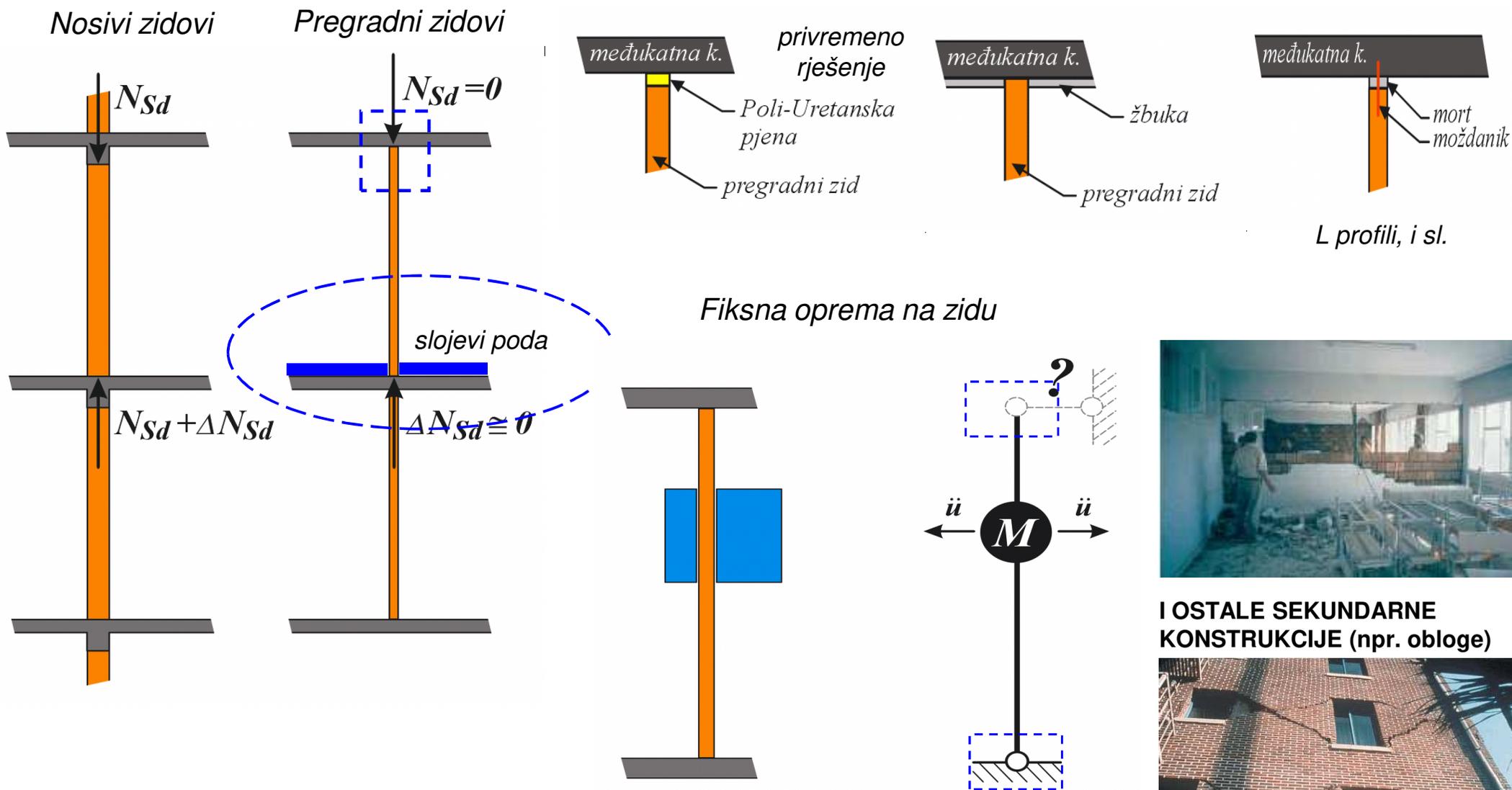


Nastojati umanjiti efekte uvrtnja...



OPĆA NAČELA KOD PROJEKTIRANA ZIDANIH KONSTRUKCIJA OTPORNIH NA POTRES

NE ZABORAVITI NA PREGRADNE ZIDOVE



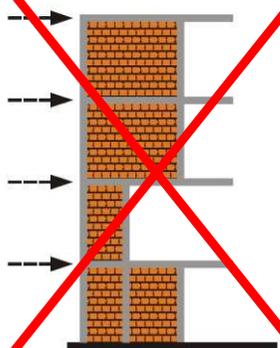
I OSTALE SEKUNDARNE KONSTRUKCIJE (npr. obloge)



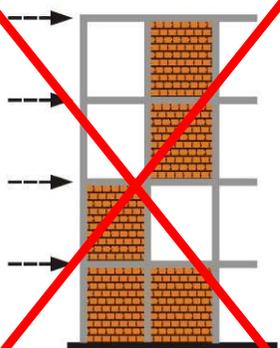
OPĆA NAČELA KOD PROJEKTIRANA ZIDANIH KONSTRUKCIJA OTPORNIH NA POTRES

Bez obzira na proračunske metode, u zidanim konstrukcijama izbjegavati:

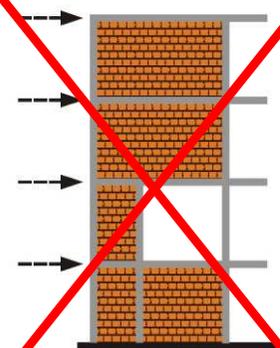
diskontinuitete
krutosti



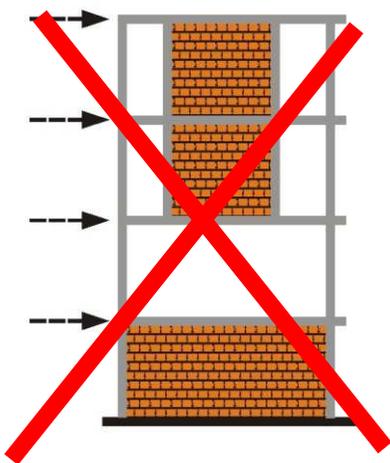
izmještanje
ukružujućih zidova



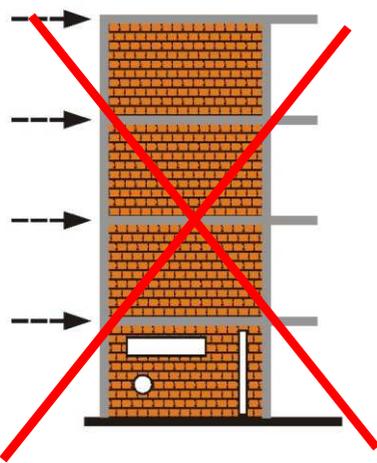
visokostjene
nosače



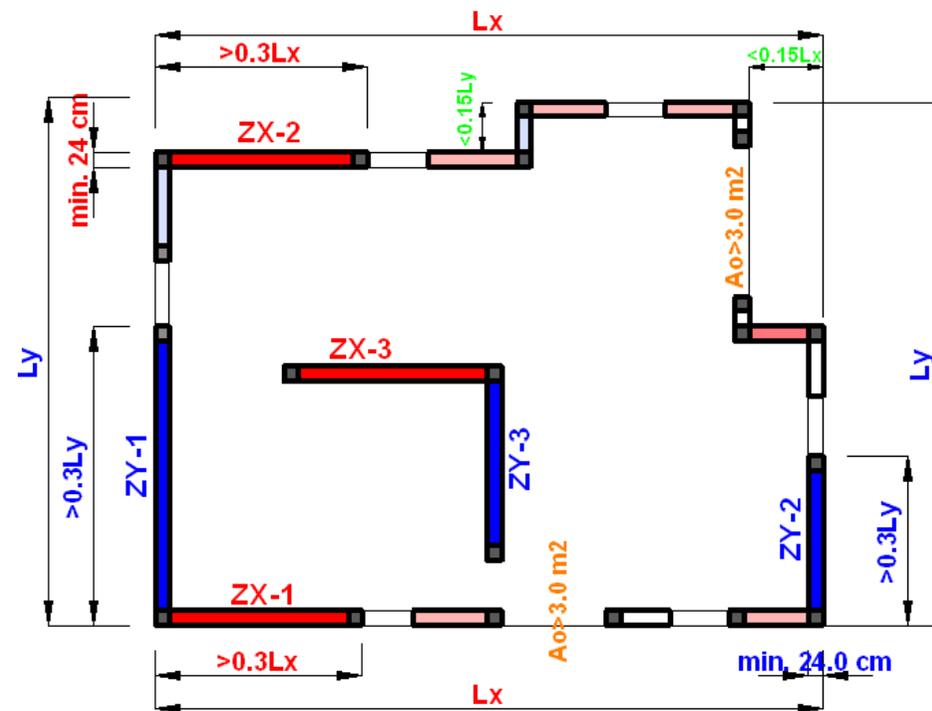
oslanjenje zidova na
savojno deformabilne
elemente



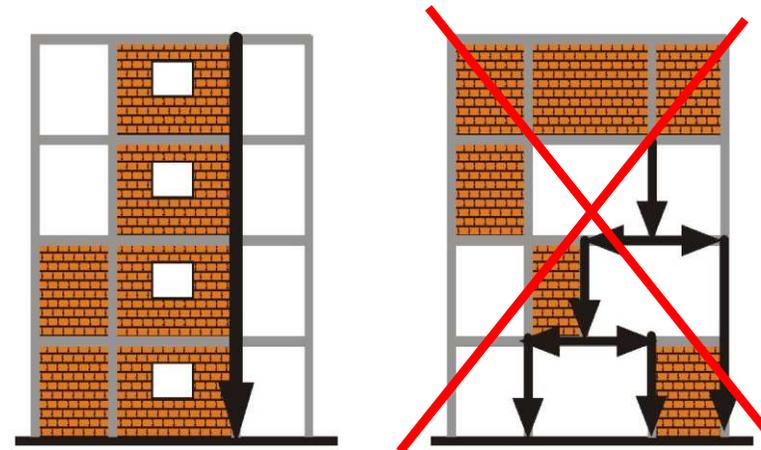
oslabljivanje nosivih
zidova vođenjem
instalacija



Nastojati postići pravilnost u horizontalnom smislu



Nastojati izravno i jasno 'voditi' vertikalne sile



LITERATURA

- [A1] AMQUAKE – Program za proračun zidanih konstrukcija, Cervenka Consulting Ltd., Prague, Czech Republic
- [A2] Aničić, D.; Fajfar, P.; Petrović, B.; Szavitz-Nossan A.; Tomažević, M.: ZEMLJOTRESNO INŽENJERSTVO – VISOKOGRADNJA, Građevinska knjiga, Beograd 1990.
- [C1] Anil K. Chopra; DYNAMIC OF STRUCTURES, 4th ed., Prentice Hall, 2012.
- [E1] EUROCODE 6. Design of masonry structures. Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures - EN 1996-3: 2006, CEN, Brussels
- [E2] EUROCODE 8 – Design of structures for earthquake resistance – EN 1998-1: 2004, CEN, Brussels, November 2004.
- [F1] Fajfar, P.: A NONLINEAR ANALYSIS METHOD FOR PERFORMANCE BASED SEISMIC DESIGN, Earthquake Spectra 16, No. 3, pp. 573-592, 2000.
- [F2] Fajfar, P.; Fischinger, M.; Isaković, T.: METODA PROCJENE SEIZMIČKOG PONAŠANJA ZGRADA I MOSTOVA, Građevinar 52 (2000) 11, 663-671
- [G1] Gazić, G., Sigmund, V.: Ciklična ispitivanja jednorasponskih slabih okvira sa zidanom ispunom, GRAĐEVINAR, 68 (2016) 8, pp. 617-633
- [G2] Teni M., Grubišić, M., Guljaš I., Simplified approaches for modeling infilled frames, e-GFOS, 2014(9), 70-88.
- [R1] Radnić, J.; Harapin, A.; Matešan, D.; Trogrlić, B.; Smilović, M.; Grgić, N.; Baloević, G.: NUMERIČKI MODEL ZA STATIČKI I DINAMIČKI PRORAČUN ZIDANIH KONSTRUKCIJA, Građevinar, 63 (2011); 529-546
- [R2] Radić, J. i suradnici: ZIDANE KONSTRUKCIJE 1, Priručnik, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.
- [S1] Sorić, Z.: ZIDANE KONSTRUKCIJE I, 2. prošireno izdanje, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2004.
- [T1] Tomažević, M.: EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN OF MASONRY BUILDINGS, Imperial College Press, London, 1999.
- [T2] Tomažević, M.: Potresno odporne zidane stavbe, Tehnis d.o.o., 2009.
- [T3] Tehnički propis za građevinske konstrukcije („Narodne novine" broj 17/17.)
- [T4] Trogrlić, B.; Mihanović, A: NELINEARNI MODEL PROSTORNIH KONSTRUKCIJA S PRIMJENOM NA POTRESNU OTPORNOST, Građevinar 63 (2011) 2; 111-124

Bilješke

Bilješke

Bilješke
