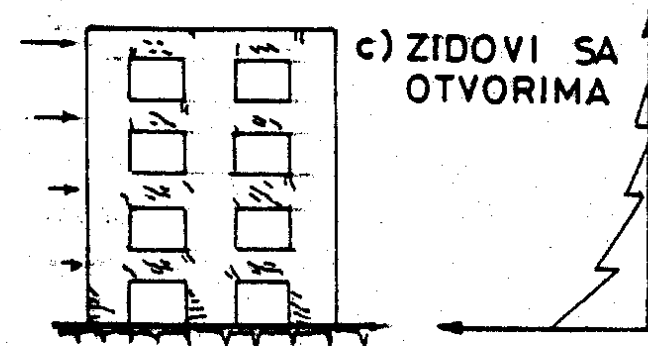
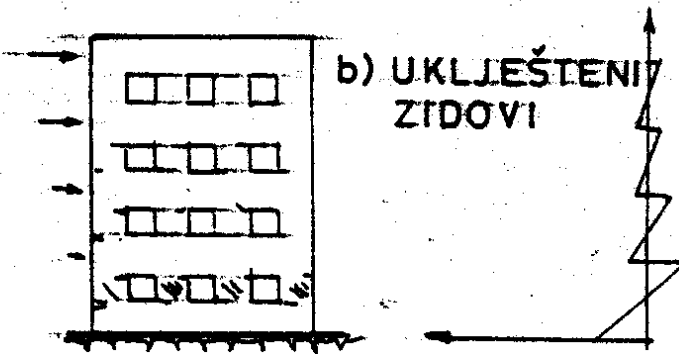
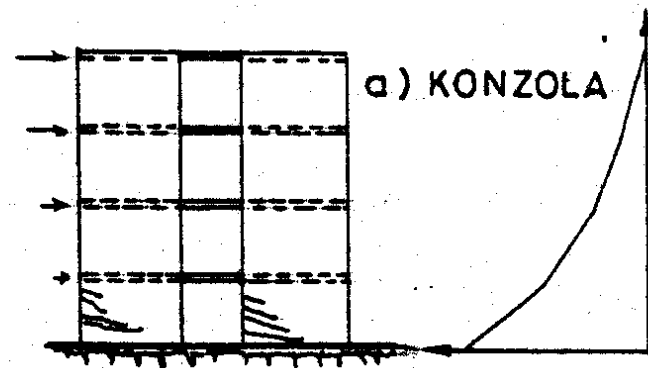


# KONSTRUKCIJA PRI DEJSTVU SEIZMIČKIH UTICAJA



Konzolni model konstrukcije:

a) konzolni zidovi povezani tavanicama krutim u svojoj ravni

b)  $h_z/l_z < 1.5 \rightarrow$  dominantno je smicanje zidova, raspodjela sila prema smičućim površinama:

$$\Sigma_i = \Sigma A_{si} / \Sigma A_{si}$$

c)  $h_z/l_z \geq 1.5 \rightarrow$  dominantno je savijanje zidova raspodjela sila prema krutostima zidova na savijanje:

$$\Sigma_i = \Sigma k_i / \Sigma k_i$$

Slika 5.9 Raspored momenata savijanja po-visini konstrukcija od zidova

## Dejstvo zemljotresa

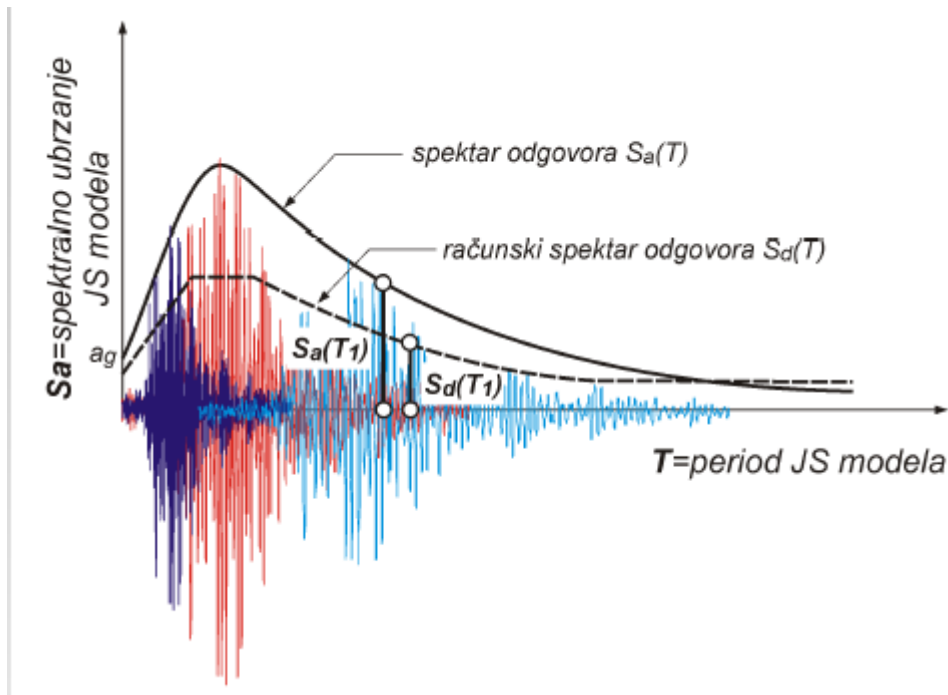
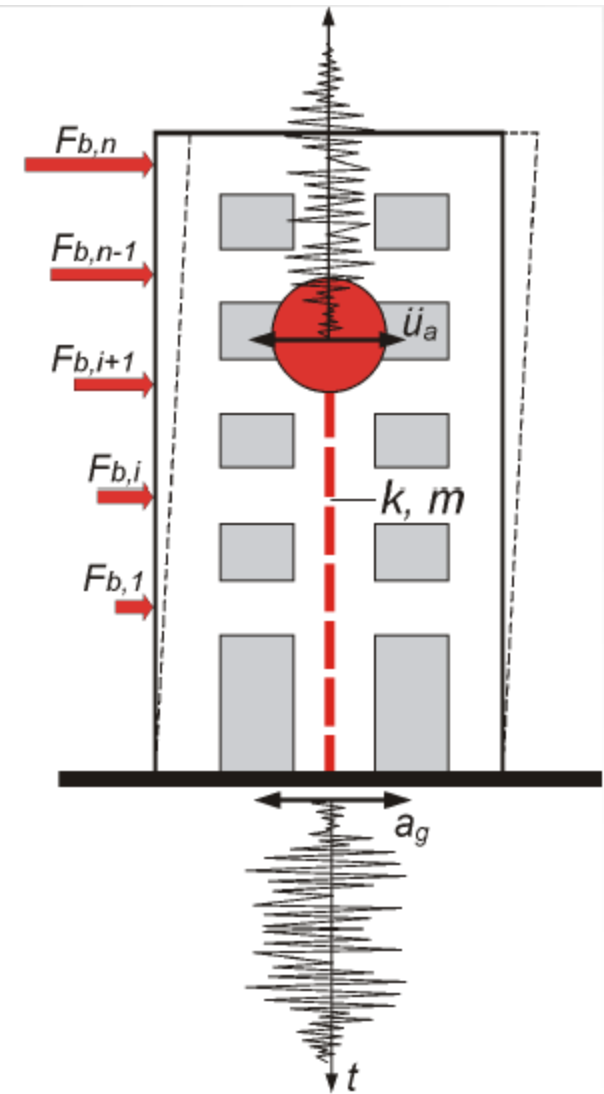
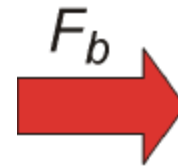
$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

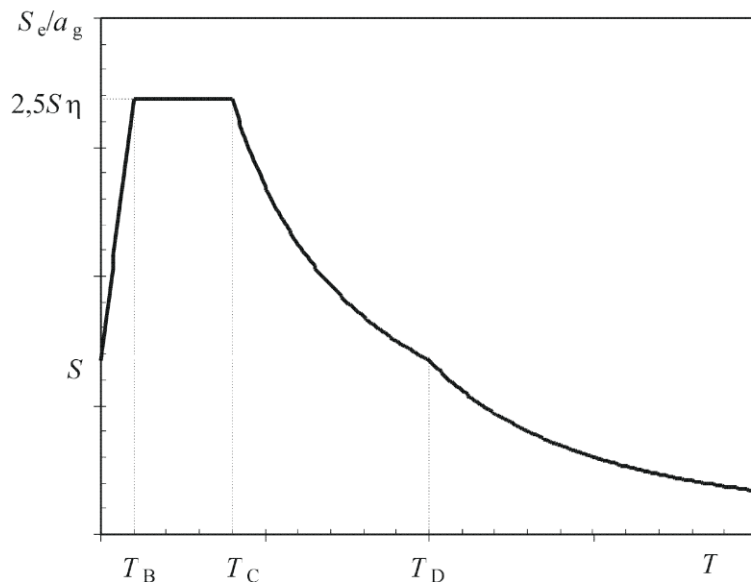
$F_b$  - poprečna seizmička sila u bazi

$S_d(T_1)$  – odzinata projektnog spektra odgovora za sopstvenu periodu oscilovanja konstrukcije  $T_1$

$m$  – cjelokupna masa zgrade

$\lambda$  – faktor korekcije koji uzima u obzir da je efektivna modalna masa prvog (osnovnog) oblika je manja u prosjeku 15% od cjelokupne mase zgrade





$$S_d(T) = S_e / q$$

$$0 \leq T \leq T_B: S_e(T) = a_g S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \times 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5$$

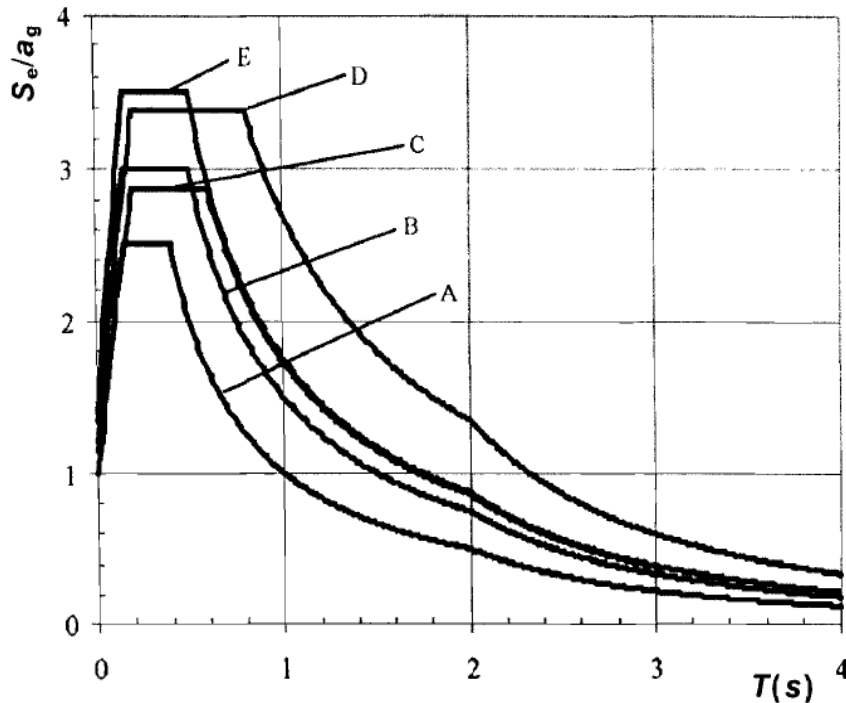
$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ s}: S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5 \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

- $S_e(T)$  elastični spektar odgovora  
 $T$  period vibracija linearnog sistema s jednim stepenom slobode  
 $a_g$  projektno ubrzanje tla za tlo tipa A ( $a_g = \gamma_I a_{gR}$ )  
 $T_B$  donja granica perioda u oblasti sa konstantnim spektralnim ubrzanjem  
 $T_C$  gornja granica perioda u oblasti sa konstantnim spektralnim ubrzanjem  
 $T_D$  vrijednost perioda koja definiše početak oblasti spektra sa konstantnim odgovorom pomjeranja u spektru  
 $S$  faktor tla  
 $\eta$  faktor korekcije prigušenja sa referentnom vrijednošću  $\eta = 1$  za viskozno prigušenje od 5 %, vidjeti (3) ovog člana

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

Kategorija tla	$S$	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0



Preporučeni tip 1 elastičnog spektra  
 (za magnitudu zemljotresa veću od 5,5)  
 odgovora za kategorije tla od A do E  
 (5% prigušenje)

Pri dejstvu snažnih zemljotresa na konstrukciji se pojavljuju prsline i ona prelazi u nelinearno područje rada. Da ne bi vršili sofisticiranu nelinearnu dinamičku analizu, može se nelinearno ponašanje i disipacija energije uzeti u proračun sprovođenjem jednostavne linearno elastične analize, ali sada uzimajući u obzir redukovani spektar odgovora tj. proračunski spekar odgovora  $S_d(T_1)$ . On se određuje uvođenjem faktora ponašanja “q” tj. faktora smanjenja (redukcije) sila.

Način građenja	Faktor ponašanja $q$
Nearmirani zidovi u skladu sa MEST EN 1998-1:2015	2,0
Zidovi sa serklažima	2,5
Armirani zidovi	2,5

*Napomena:*

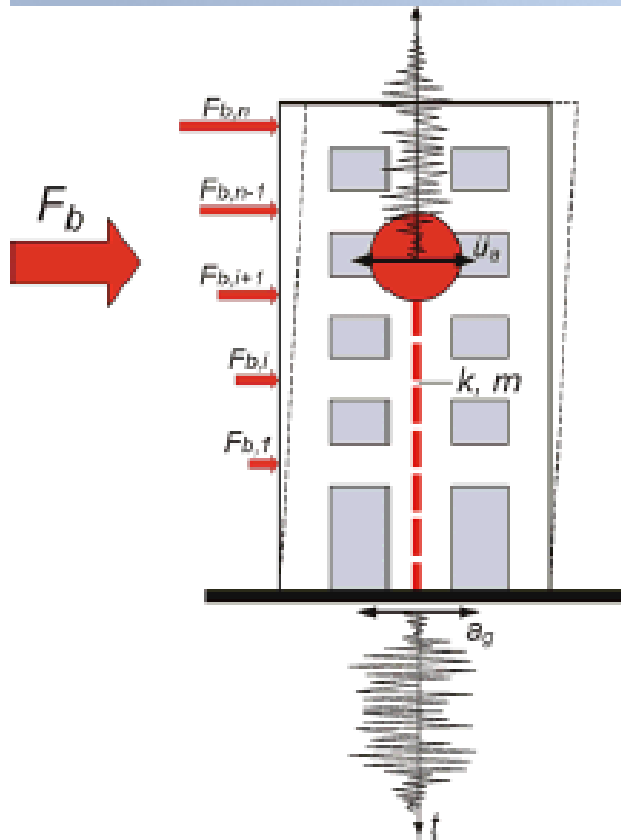
*Vrijednosti faktora ponašanja  $q$  se redukuju za 20%, za zgrade neregularne u osnovi, ali ih ne treba uzimati manje od  $q=1.5$ .*

## METOD EKVIVALENTNIH BOČNIH SILA

### Pojednostavljeni modalni proračun

(za jednostavne zgrade – dominira 1. mod)

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$



- $S_d(T_1)$  je ordinata projektnog spektra za period  $T_1$ ;
- $m$  je ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad vrha krutog podruma;
- $\lambda$  korekcionni faktor  $\lambda=0.85$  ako je  $T_1 < 2T_c$  i zgrada ima više od dva sprata. U ostalim slučajevima  $\lambda=1.0$ .
- U zgradama sa visinom do 40 m  $T_1 = C_t H^{3/4}$
- Za zgrade sa zidanim smičućim zidovima

$$C_t = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} \quad A_c = \sum_{i=1}^n \left[ A_i \left( 0.2 + \frac{L_{wi}}{H} \right)^2 \right]$$

Gdje je:

- $A_c$  totalna efektivna površina smičućih zidova prvog sprata zgrade u  $m^2$ .
- $A_i$  efektivna površina smičućeg zida u posmatranom pravcu  $i$  sprata zgarde;
- $L_{wi}$  dužina smičućeg zida  $i$  u pravcu koji je paralelan dejstvu seizmičkih sila u  $m$ ;
- $H$  je ukupna visina zgrade u metrima, od temelja.

Izvršena je distribucija ukupne seizmičke sile po spratovima u skladu sa:

$$F_i = F_{Bx} \cdot \frac{M_i \cdot z_i}{\sum M_i \cdot z_i}$$

## ODREĐIVANJE UKUPNE MASE (TEŽINE) OBJEKTA

Ukupna masa objekta iznad temelja ili iznad krutog podruma se proračunava :

$$Q = \Sigma G_{k,j} + \Sigma \psi_{E,i} \cdot P_{k,i} \quad \text{gdje je}$$

$G_{k,j}$  – stalno opterećenje

$P_{k,i}$  – korisno opterećenje

$\psi_{E,i}$  – koeficijent kombinacije koji uzima u obzir vjerovatnoću da opterećenja  $P_{k,i}$  nisu prisutna na cijeloj konstrukciji tokom zemljotresa

Koeficijent kombinacije se izračunava prema izrazu:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i} \quad \text{gdje je}$$

$\psi_{2,i}$  – koeficijent kombinovanja za kvazi-stalne vrijednosti promjenljivog opterećenja

$\varphi$  – parametar koji ima vrijednost

**$\varphi=1,0$**  za poslednji sprat  **$n$**

**$\varphi=0,50$**  za ostale spratove  **$n=1 \div (n-1)$**

Preporučena vrijednost koeficijenta  $\psi_{2,i}$  za kategoriju zgrada A i B (prostorije za domaćinstvo i stanovanje, kancelarijske prostorije) iznosi **0,30**.

Početna krutost zida bez otvora:

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

$E$  = modul elastičnosti:  $1000f_k$  ili  $4700\sqrt{f_k}$

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

$t$  = debljina zida

$h$  = svjetla visina zida

$L$  = duljina zida

$A$  = površina zida ( $A=t \times L$ )

$\alpha$  = 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:

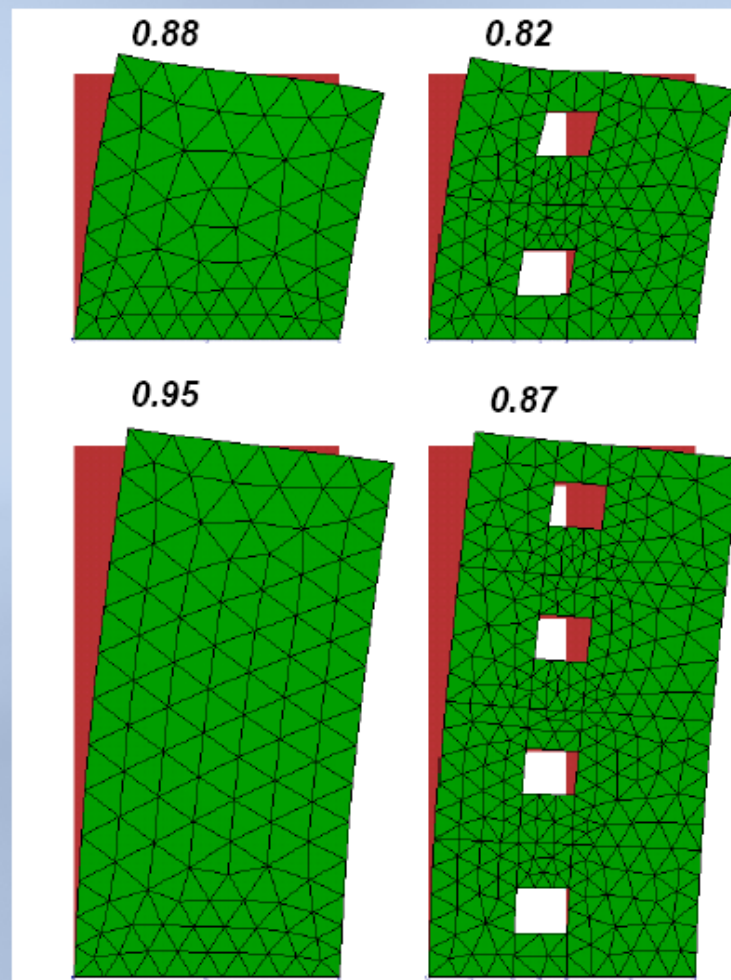
$$K_{e,otv.} = K_e \cdot k_l$$

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

$\sum L_i$  = 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 (l presjek, T presjek)

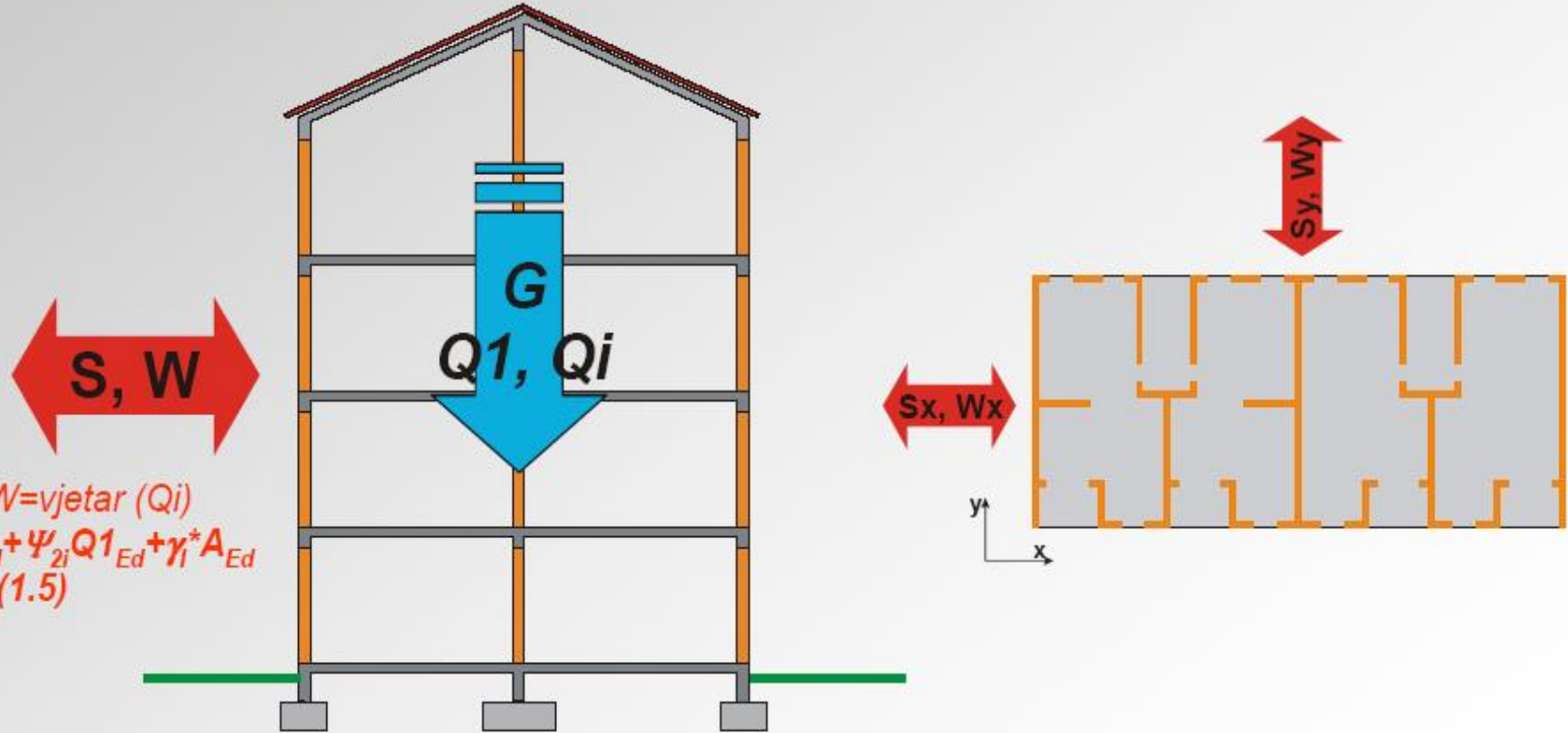
Spratne sile se na zidove raspoređuju u zavisnosti od krutosti zidova pravca u kojem sila djeluje.

Slika iz prezentacije B. Trogrlića: "Projektiranje zidanih konstrukcija"



## Osnovna djelovanja: Vertikalna i horizontalna

$G$ =vlastita težina, stalni teret  
 $Q1$ =promjenjivo djelovanje-vodeće  
 $Qi$ =ostala promjenjiva djelovanja  
 $N_{Sd}=1.35N_G+1.5N_Q$   
 $\gamma_M=1.7-3.0$  (2.2)



$S$ =potres;  $W$ =vjetar ( $Qi$ )  
 $E_{Sd}=1.0G_{Ed}+\psi_{2i}Q1_{Ed}+\gamma^*A_{Ed}$   
 $\gamma_M=1.2-2.0$  (1.5)

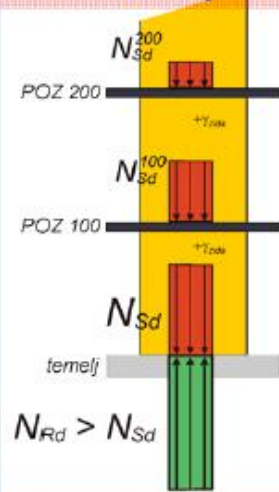
*Vertikalna i horizontalna dejstva i računске vrijednosti uticaja usljed dejstava*

*Slika iz prezentacije B. Trogrlića: "Projektiranje zidanih konstrukcija"*

**Model 0: Pojednostavljeni proračunski postupci (EN 1996-3) ili (dodatak A, do 3 kata)**

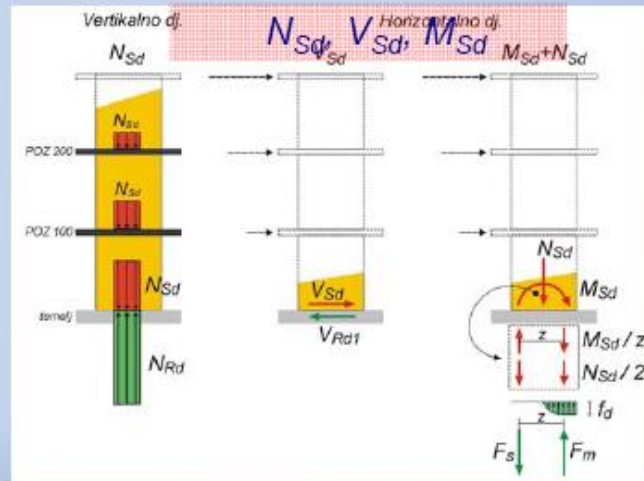
**Pravila za "jednostavne zidane zgrade" (EN 1998-1-3, točka 9.7)**

**Vertikalno djelovanje**



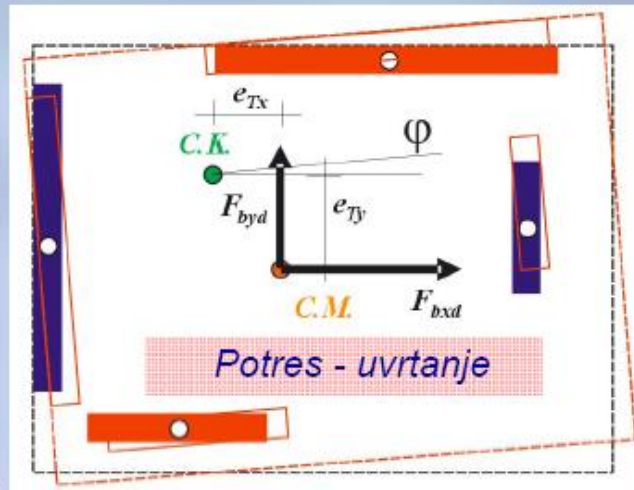
**Model 1: Projektiranje zidanih konstrukcija (EN 1996-1-1)**

**Projektiranje konstrukcija otpornih na potres (EN 1998-1)**



Ubezjenje ( $\mu_0 \cdot S$ )		$\leq 0.07 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.10 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.15 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.20 \text{ k} \cdot \text{g}$
vista zidova	broj etaža iznad ta	Minimalni zbroj površina poprečnog presjeka nosivih zidova u svakom smjeru, u postotku ukupne površine etaže ( $\mu_{v, \rightarrow}$ )			
Nearmirano zide	1	2.0%			
	2	2.0%			
	3	3.0%			
	4	5.0%			
Omeđeno zide	2	<b>Potres</b>			
	3				
	4				
	5				
Armirano zide	2			id.	
	3			id.	
	4			id.	
	5			id.	id.

Za slučaj kocka je 70% promatranih zidova duljinih od 2 m;  $k=1+(l_0-2)/4 < 2$  maće;  $k=1.0$



*Modeli projektovanja zidanih konstrukcija*

## EC8 Pravila za zidane zgrade

Odnose se na zgrade od nearmiranih zidanih zidova, zidova sa serklažima i armiranih zidanih zidova.

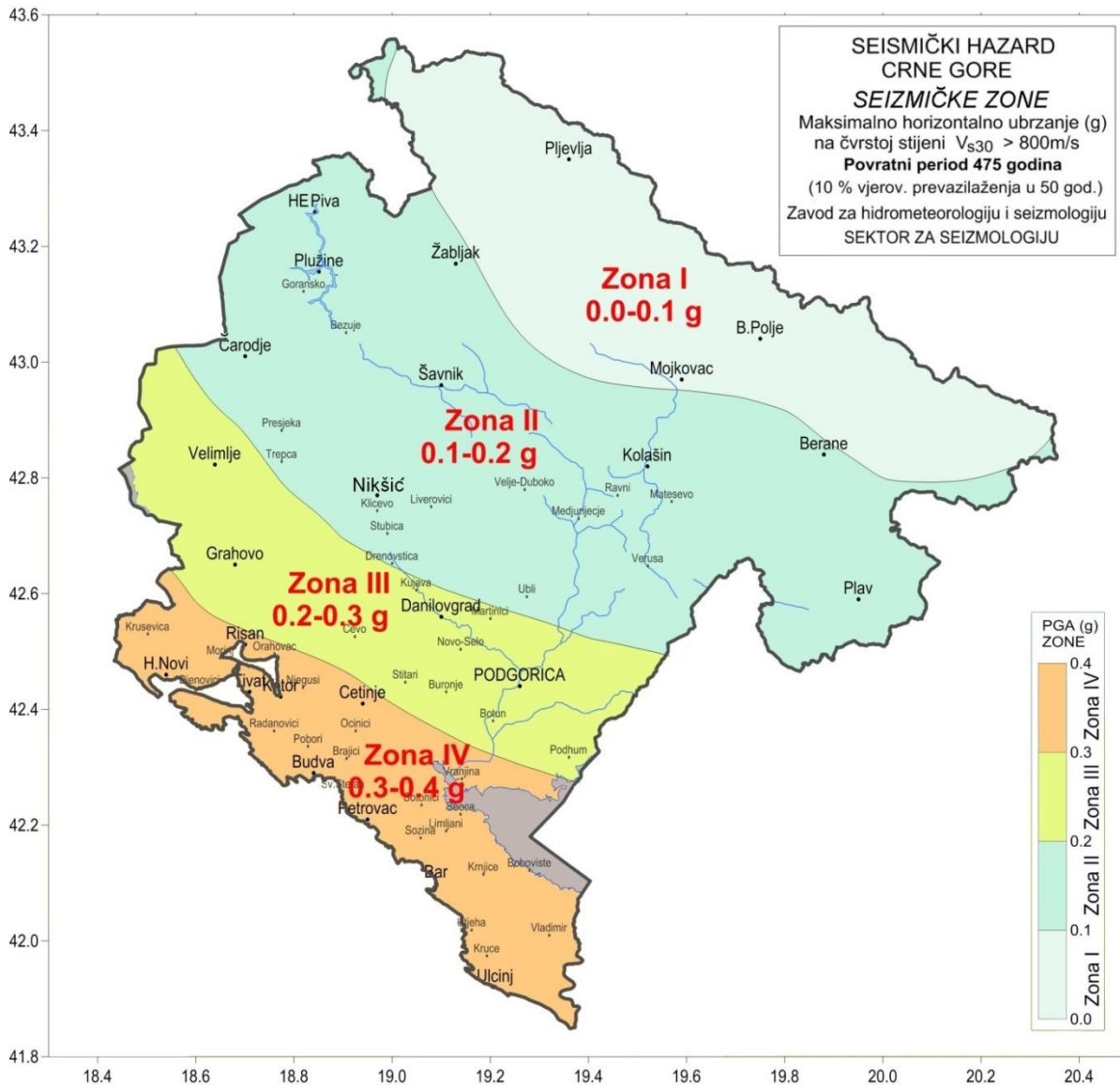
Elementi za zidanje moraju biti dovoljno robusni da bi se izbjegli lokalni krti lomovi. U NA propisano je da elementi za zidanje Grupe 1 i Grupe 2 zadovoljavaju svojstvo robusnosti. Za elemente iz Grupe 2 propisano je da zapremina vertikalnih šupljina ne treba da prelazi 45 % zapremine elementa za zidanje.

Minimalne vrijednosti **normalizovane čvrstoće na pritisak elementa za zidanje** upravno na površinu spojnice  $f_{b,min}$  i paralelno površini spojnice  $f_{bh,min}$ , određene u skladu sa standardom EN 772-1, i date su u tabeli 2.2 u zavisnosti od seizmičke zone (slika C.3 u dodatku C).

Seizmička zona	$f_{b,min}$ (MPa = N/mm <sup>2</sup> )	$f_{bh,min}$ (MPa = N/mm <sup>2</sup> )
Zona I	5,0	-
Zona II	5,0	1,0
Zone III i IV	10,0	2,0

### Minimalna čvrstoća maltera u zidanim zgradama

Primjenjuju se preporučene vrijednosti za minimalne čvrstoće maltera na pritisak. Za nearmirane zidane konstrukcije i konstrukcije sa vertikalnim serklažima minimalna čvrstoća maltera na pritisak iznosi  $f_{m,min} = 5\text{MPa}$ , a za armirane zidane konstrukcije iznosi  $f_{m,min} = 10\text{MPa}$ .



Seizmička zona	Interval ubrzanja (u djelovima gravitacionog ubrzanja Zemlje $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )
Zona I	$\leq 0,10g$
Zona II	0,11g - 0,20g
Zona III	0,21g – 0,30g
Zona IV	0,31g - 0,40g

**Karta seizmičkih zona teritorije Crne Gore**

U standardu EN 1998-1 definisane su tri klase spojnica:

- a)Spojnice potpuno ispunjene malterom;
- b)Nepopunjene spojnice;
- c)Spojnice sa mehaničkim spajanjem elementa za zidanje

Nacionalnim aneksom propisano je sljedeće:

- Spojnice potpuno popunjene malterom, klase a) su dopuštene.
- Spojnice u vidu džepova koji su popunjeni malterom čija je širina 50% ili više, smatraju se potpuno popunjenim.
- Malterske spojnice nepopunjene malterom, klase b) nisu dopuštene;
- Nepopunjene spojnice sa mehaničkim spajanjem elemenata za zidanje, klase c), su dopuštene samo ako su njihova nosivost i upotrebljivost dokazane ispitivanjem.

Takođe u NA nije dozvoljeno da nearmirane zidane konstrukcije budu projektovane samo u skladu sa standardom EN 1996-1-1.

**Nearmirani zidovi ne smiju biti primijenjeni ako je horizontalno ubrzanje tla veće od 0.2g.**

## Geometrijski zahtjevi za nosive zidane zidove / *masonry shear walls*

- (1)P Zidane zgrade se moraju sastojati od tavanica i zidova povezanih u dva ortogonalna horizontalna pravca i u vertikalnom pravcu.
- (2)P Spoj između tavanica i zidova mora se adekvatno obezbijediti čeličnim sponama ili armiranobetonskim horizontalnim serklažima.
- (3) Može se koristiti bilo koji tip tavanica ako su ispunjeni opšti zahtjevi za kontinuitet i efektivno djelovanje dijafragme.
- (4)P Smičući zidovi se moraju postaviti u najmanje dva ortogonalna pravca.
- (5) Smičući zidovi treba da ispune određene geometrijske zahtjeve:
  - a) efektivna debljina zidova,  $t_{ef}$ , ne smije biti manja od minimalne  $t_{ef,min}$ ;
  - b) odnos  $h_{ef}/t_{ef}$  efektivne visine zida prema njegovoj efektivnoj debljini, ne smije prelaziti maksimalnu vrijednost,  $(h_{ef}/t_{ef})_{max}$
  - c) odnos dužine zida,  $l$ , i većeg, čistog otvora  $h$ , pored zida, ne smije biti manji od minimalne vrijednosti,  $(l/h)_{min}$ .

## ***Geometrijski zahtjevi za nosive zidane zidove***

Tip zida	$t_{ef,min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(l/h)_{min}$
Nearmirani zidovi, sa elementima od prirodnog kamena	350	9	0,5
Nearmirani zidovi, sa bilo kojim drugim tipom elementa za zidanje	240	12	0,4
Zidovi sa serklažima	240	15	0,3
Armirani zidovi	190	15	Bez ograničenja



# DOKAZ SIGURNOSTI

Dokaz sigurnosti pri dejstvu zemljotresa i proračunska otpornost konstruktivnih elemenata, nije obavezan za objekte kategorije I (zgrade sa manjim značajem za sigurnost ljudi, npr. poljoprivredni objekti) i objekte kategorije II (obične zgrade), koji zadovoljavaju kriterijume za jednostavne zgrade.

Kriterijumi za jednostavne zidane zgrade su:

1) Zadovoljena je minimalna površina zidova, postavljenih u dva ortogonalna pravca data u tabeli za elemente minimalne čvrstoće na pritisak od  $5 \text{ N/mm}^2$ . Za zgrade kod kojih je najmanje 70% razmatranih smičućih zidova duže od 2m,  $k=1+(l_{sv}-2)/4 \leq 2$ , gdje je  $l_{sv}$  prosječna dužina smičućih zidova pravca. U drugim slučajevima uzima se da je  $k=1,0$ ;

Tabela 9.3: *Dozvoljeni broj spratova iznad tla i minimalne površine smičućih zidova za "jednostavne zidane zgrade"*

Ubrzanje na lokaciji $a_g \cdot S$		$\leq 0,07 k \cdot g$	$\leq 0,10 k \cdot g$	$\leq 0,15 k \cdot g$	$\leq 0,20 k \cdot g$
Način građenja	Broj spratova (n)**	Minimalna površina smičućih zidova za svaki pravac, kao procenat $p_{A,min}$ od ukupne površine sprata			
Nearmirani zidovi	1	2,0%	2,0%	3,5%	n/a*
	2	2,0%	2,5%	5,0%	n/a*
	3	3,0%	5,0%	n/a*	n/a*
	4	5,0%	n/a*	n/a*	n/a*
Zidovi sa serklažima	2	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%
	3	2,0%	3,0%	4,0%	n/a*
	4	4,0%	5,0%	n/a*	n/a*
	5	6,0%	n/a*	n/a*	n/a*
Armirani zidovi	2	2,0%	2,0%	2,0%	3,5%
	3	2,0%	2,0%	3,0%	5,0%
	4	3,0%	4,0%	5,0%	n/a*
	5	4,0%	5,0%	n/a*	n/a*

\* n/a znači "nije dozvoljeno".

\*\* Tavanski prostor iznad punih spratova nije uključen u dozvoljeni broj spratova.



## 2) Konfiguracija zgrada:

- a) u osnovi je približno pravougaona;
- b) odnos duže i kraće strane nije manji od 0.25;
- c) Površina projekcije odstupanja od pravougaonog oblika je manja od 15%.

## 3) Smičući zidovi treba da zadovolje sljedeće uslove:

- a) smičući zidovi postavljeni u dva ortogonalna pravca gotovo su simetrični;
- b) najmanje dva paralelna zida su postavljena u dva ortogonalna pravca, a dužina svakog zida veća je od 30% dužine zgrade u pravcu pružanja zidova;
- c) rastojanje između ovih zidova je već od 75% dužine zgrade u drugom pravcu;
- d) smičući zidovi prihvataju najmanje 75% vertikalnog opterećenja;
- e) smičući zidovi moraju se pružati kontinualno od vrha do dna zgrade.

4) Kod nearmiranih zidanih objekata zidovi u jednom pravcu se povezuju zidovima iz ortogonalnog pravca na maksimalnom rastojanju od 7m.