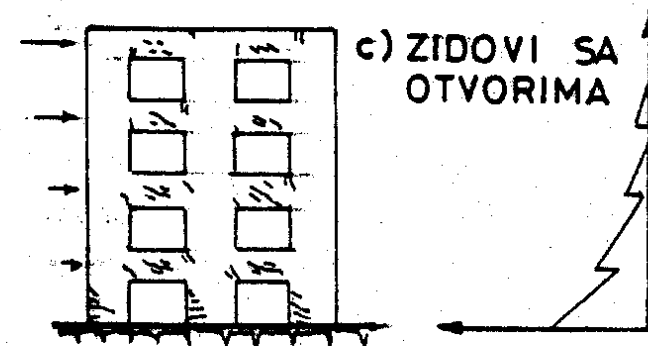
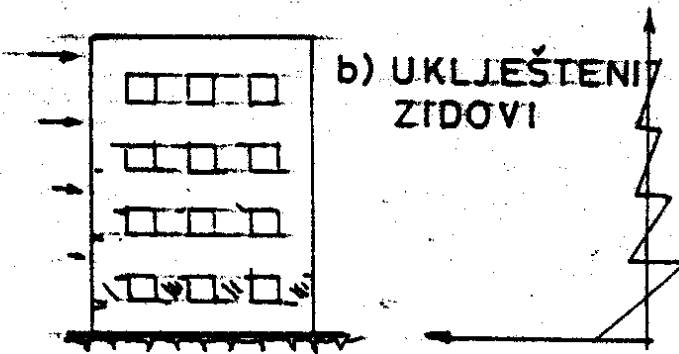
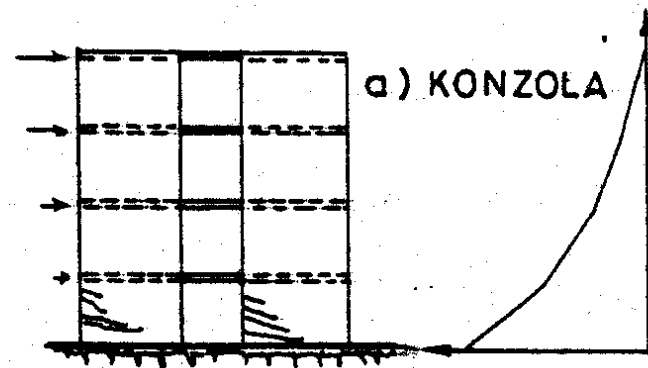


KONSTRUKCIJA PRI DEJSTVU SEIZMIČKIH UTICAJA



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

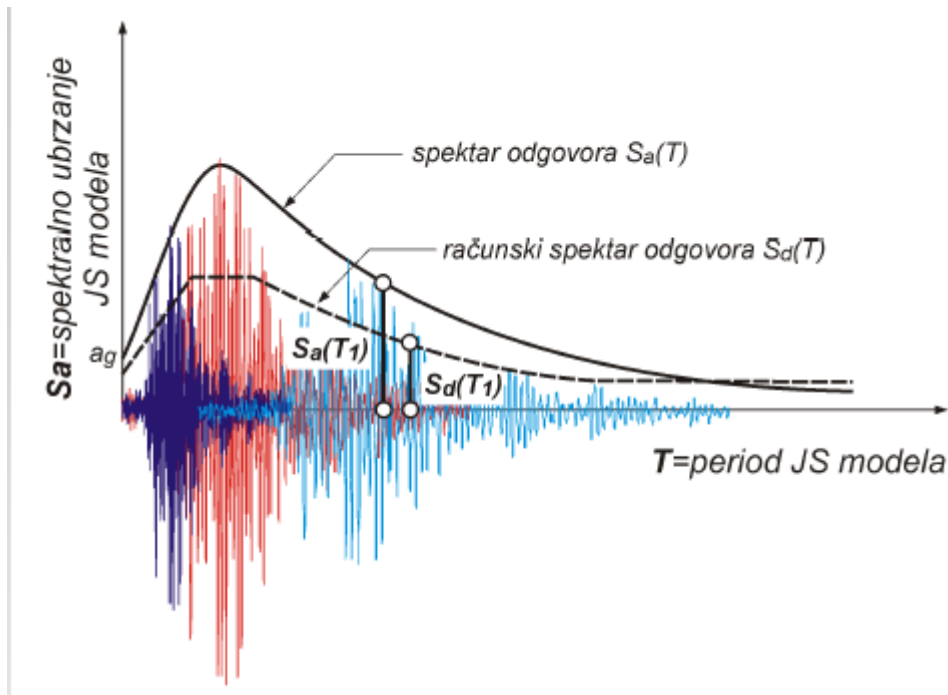
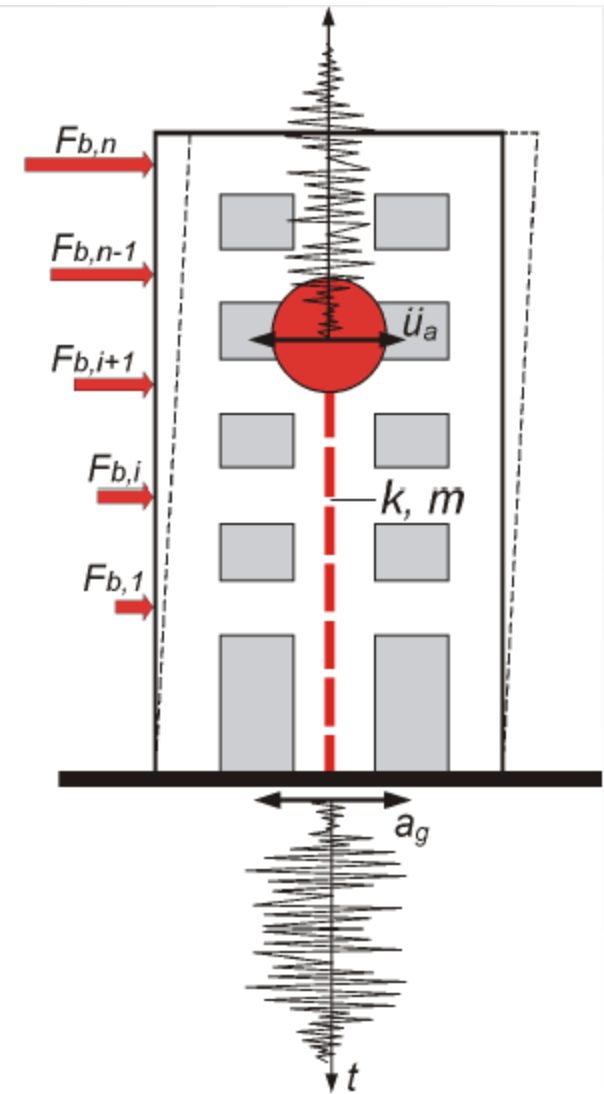
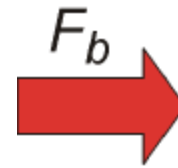
$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

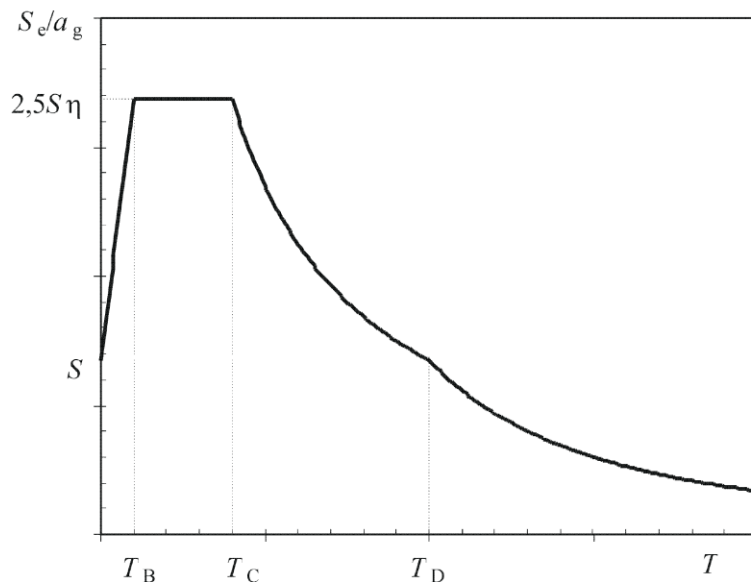
F_b - poprečna seizmička sila u bazi

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

m – cjelokupna masa zgrade

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





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

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

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

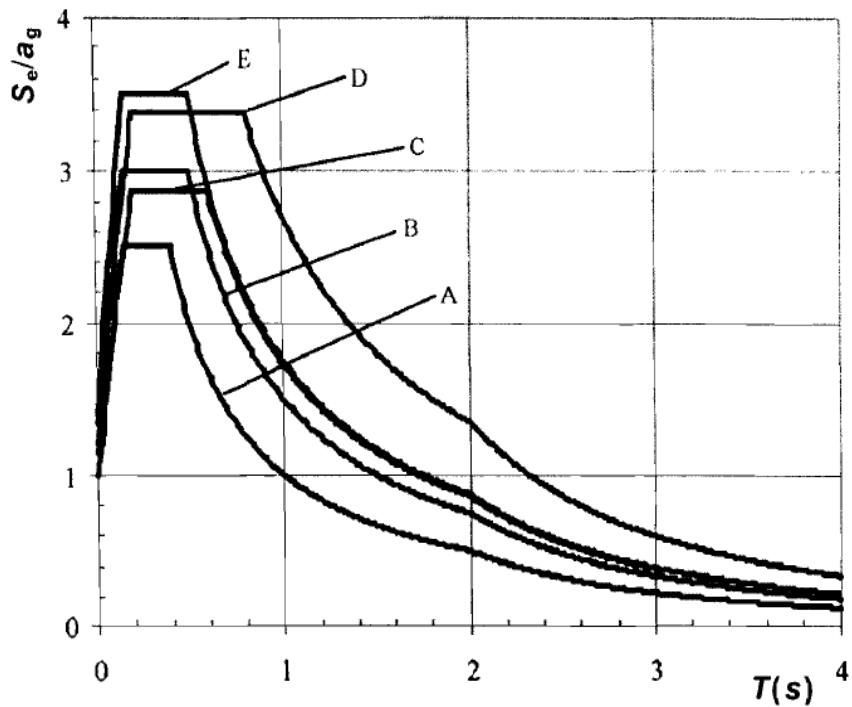
$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = a_g S \eta \times 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

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

- $S_e(T)$ 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
 η 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:

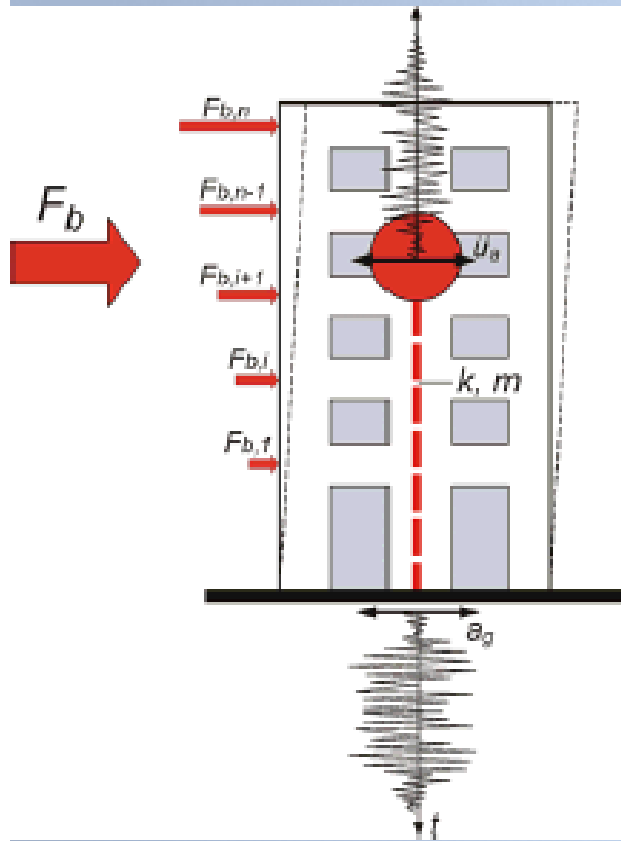
Vrijednosti faktora ponašanja q se redukuju za 20%, za zgrade neregularne u osnovi, ali ih ne treba uzimati manje od $q=1.5$.

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;
- λ 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 zgrade;
- 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

φ – 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 ($A=t \times L$)

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:

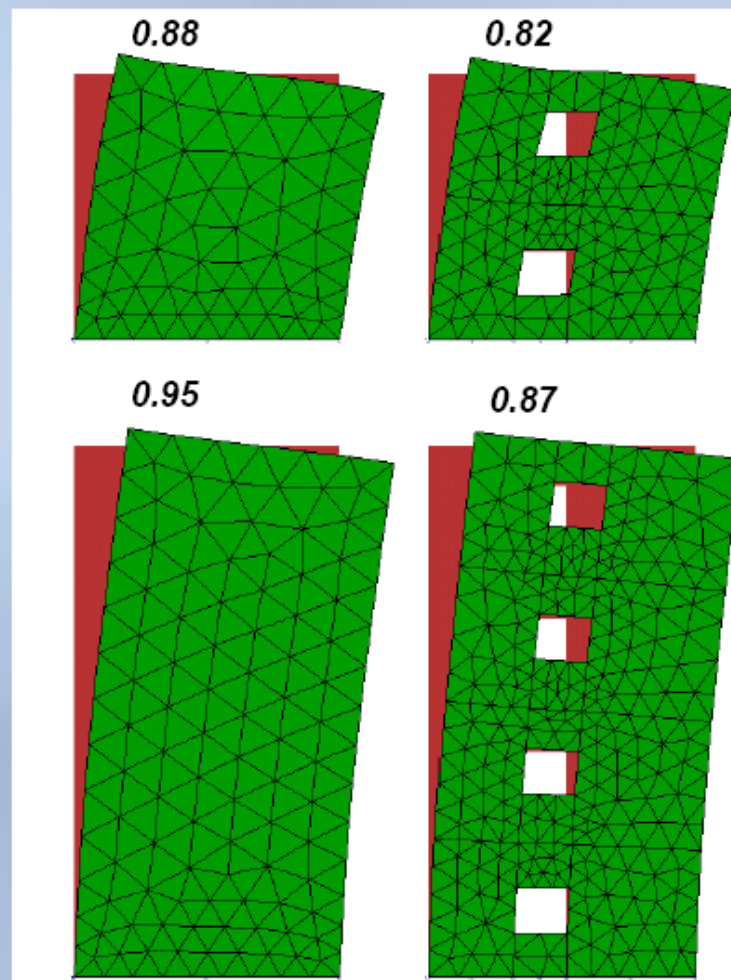
$$K_{e,otv.} = K_e \cdot k_l$$

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

$\sum L_i$ = 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

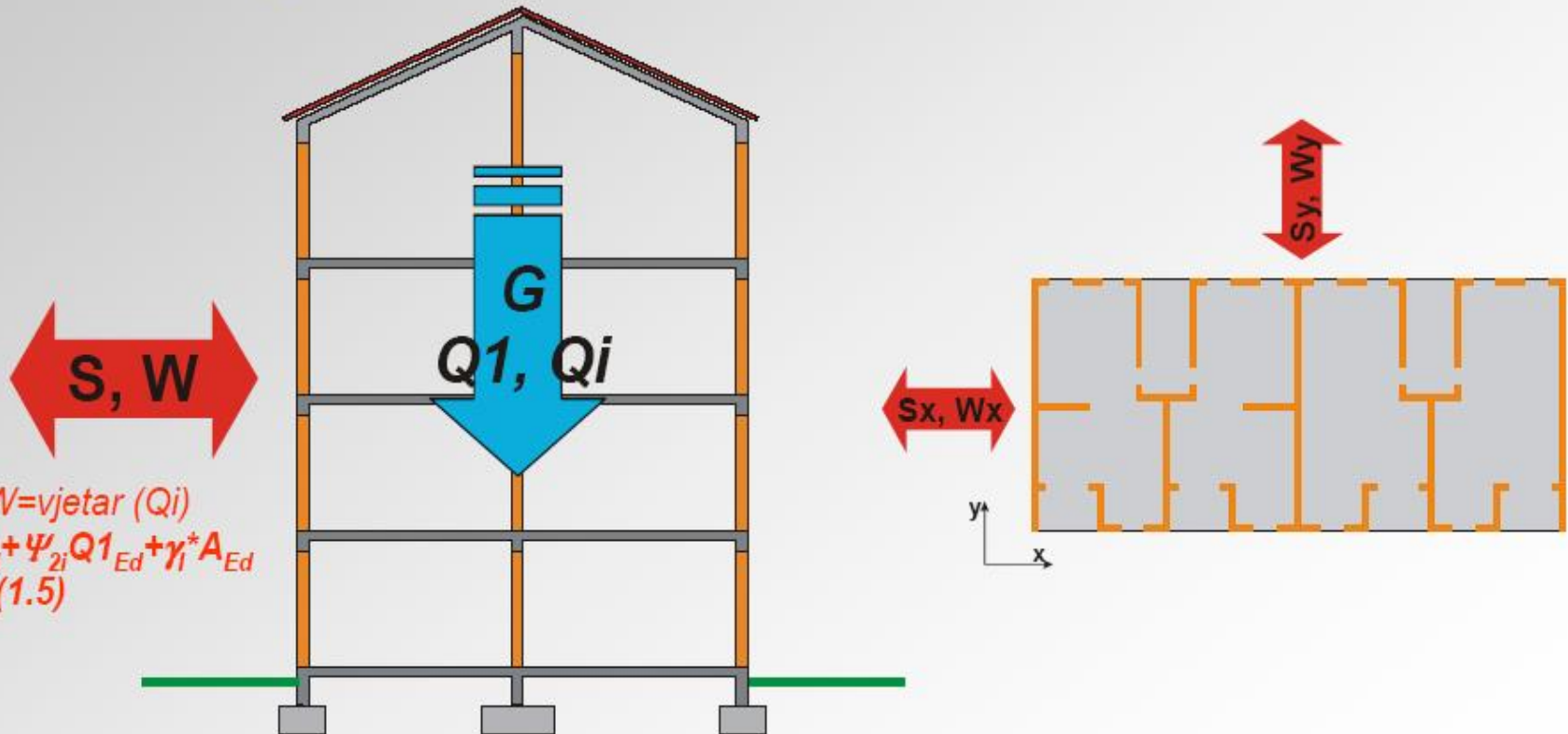
zidovi na kraju promatranog zida (l presjek, T presjek)

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

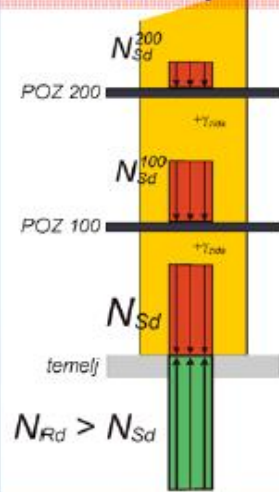
Slika iz prezentacije B. Trogrlića: "Projektiranje zidanih konstrukcija"

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)

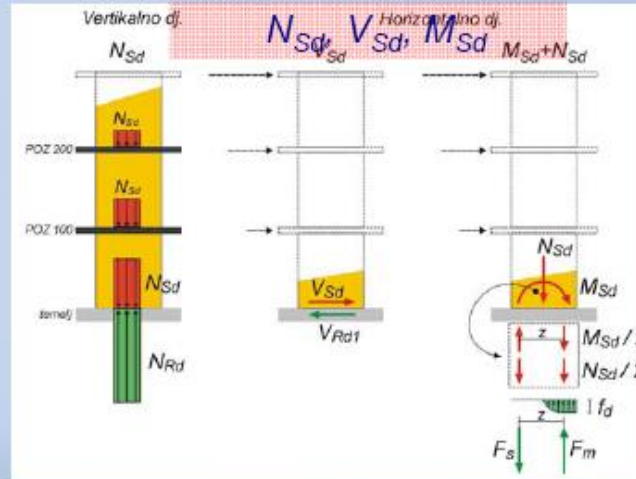
Vertikalno djelovanje



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

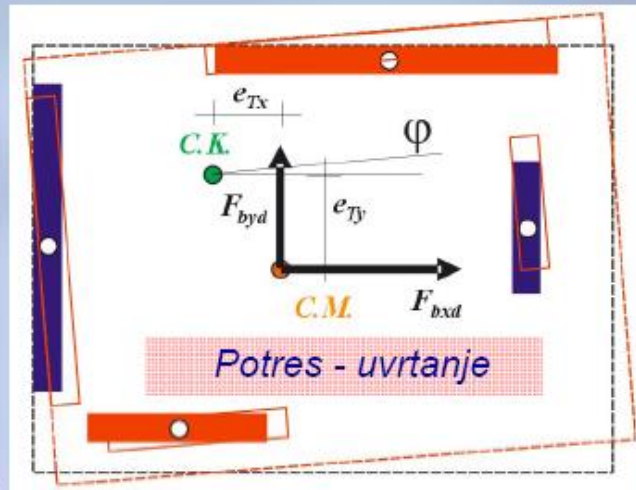
+

Projektiranje konstrukcija otpornih na potres (EN 1998-1)



Ubezjenje ($\alpha_0 \cdot S$)		$\leq 0.07 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.10 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.15 \text{ k} \cdot \text{g}$	$\leq 0.20 \text{ k} \cdot \text{g}$
vista zidova	broj etaža iznad ta	Minimalni zbroj površina poprečnog presjeka nosivih zidova u svakom smjeru, u postotku ukupne površine etaže ($p_{v, \rightarrow}$)			
Nearmirano zide	1	2.0%			
	2	2.0%			
	3	3.0%			
	4	5.0%			
Omeđeno zide	2	Potres			
	3				
	4				
	5				
Amirano zide	2			id.	
	3				
	4				
	5				id.

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



Modeli projektovanja zidanih konstrukcija

EC8 Pravila za zidane zgrade

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

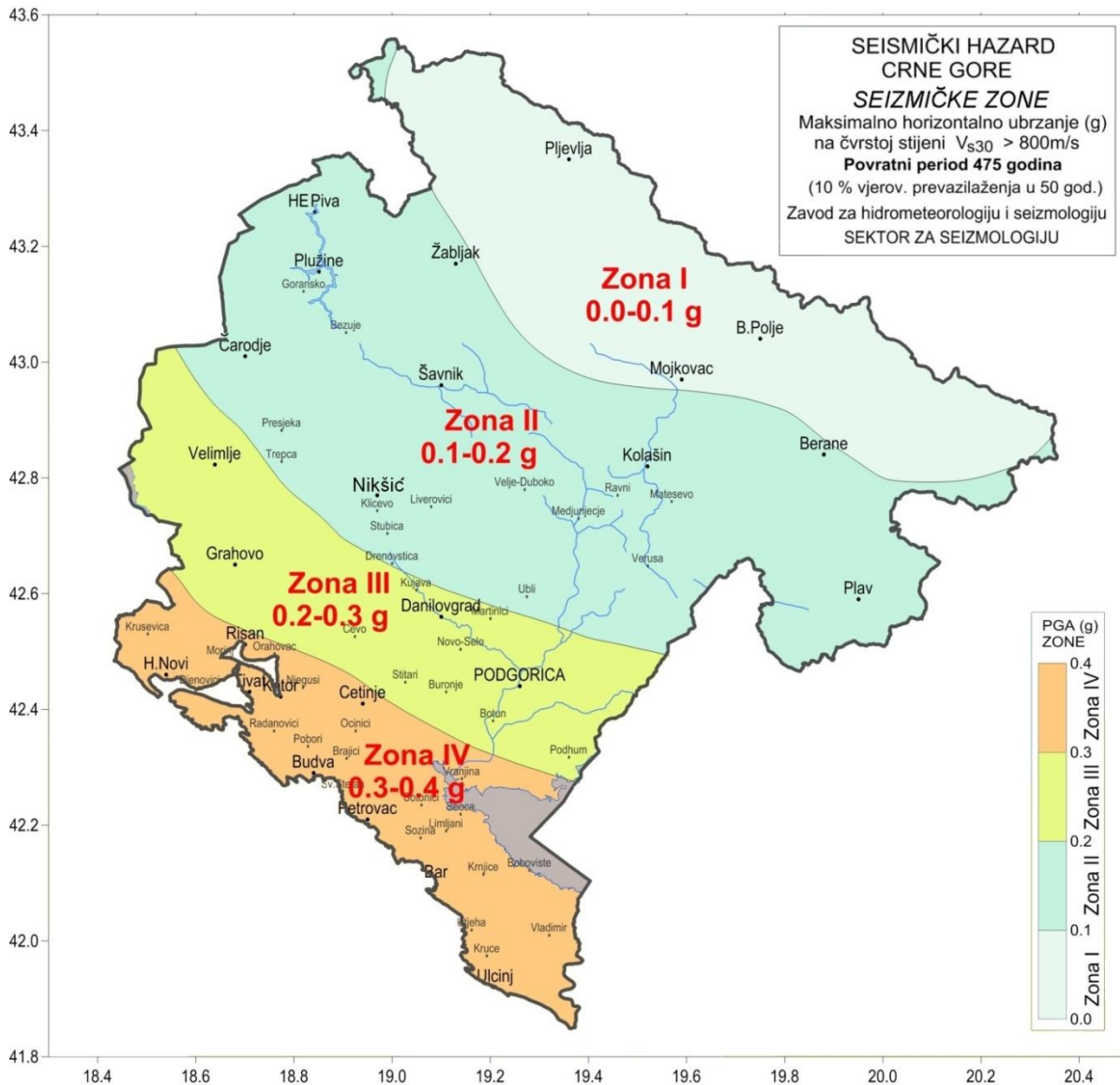
Elementi za zidanje moraju biti dovoljno robusni da bi se izbjegli lokalni krti lomovi. U NA propisano je da elementi za zidanje Grupe 1 i Grupe 2 zadovoljavaju svojstvo robusnosti. Za elemente iz Grupe 2 propisano je da zapremina vertikalnih šupljina ne treba da prelazi 45 % zapremine elementa za zidanje.

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 ²)	$f_{bh,min}$ (MPa = N/mm ²)
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 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.