

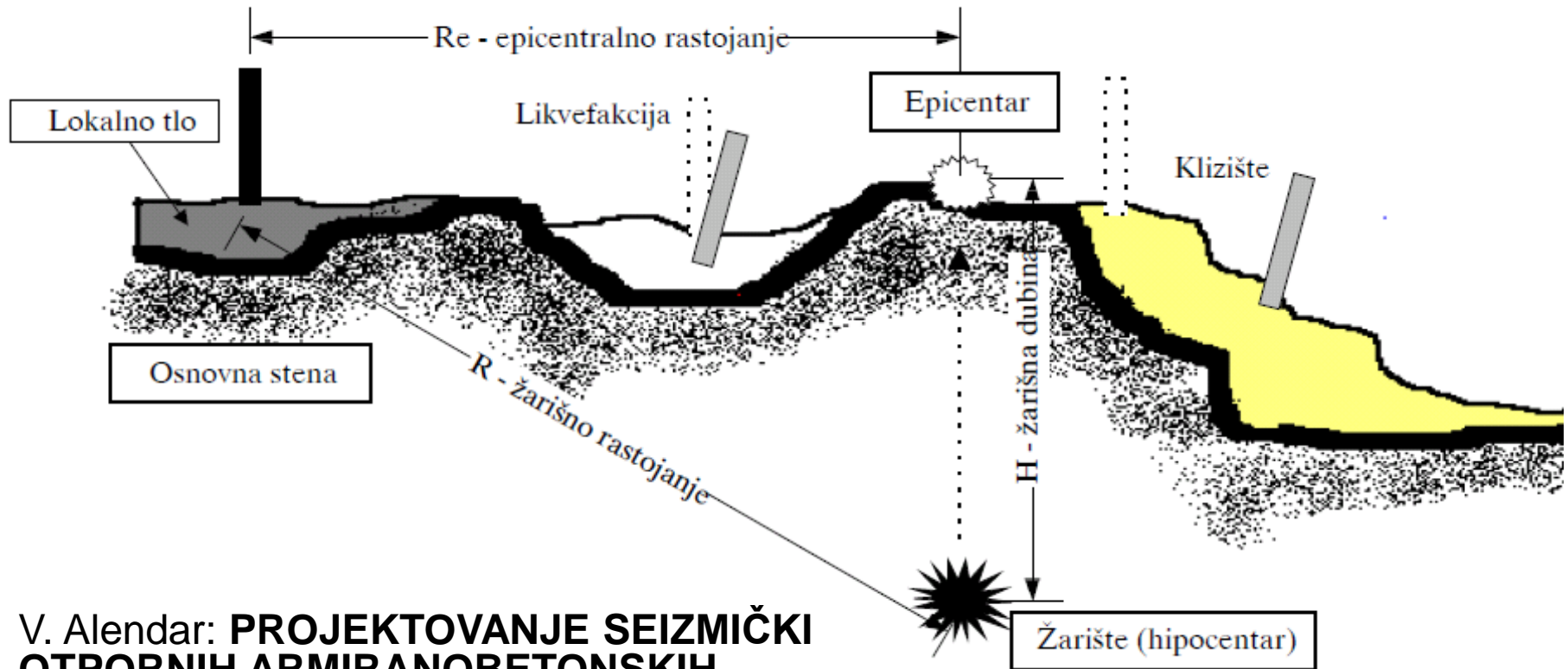
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 2

5

V.prof. dr Branko Milosavljević, dipl.građ.inž.

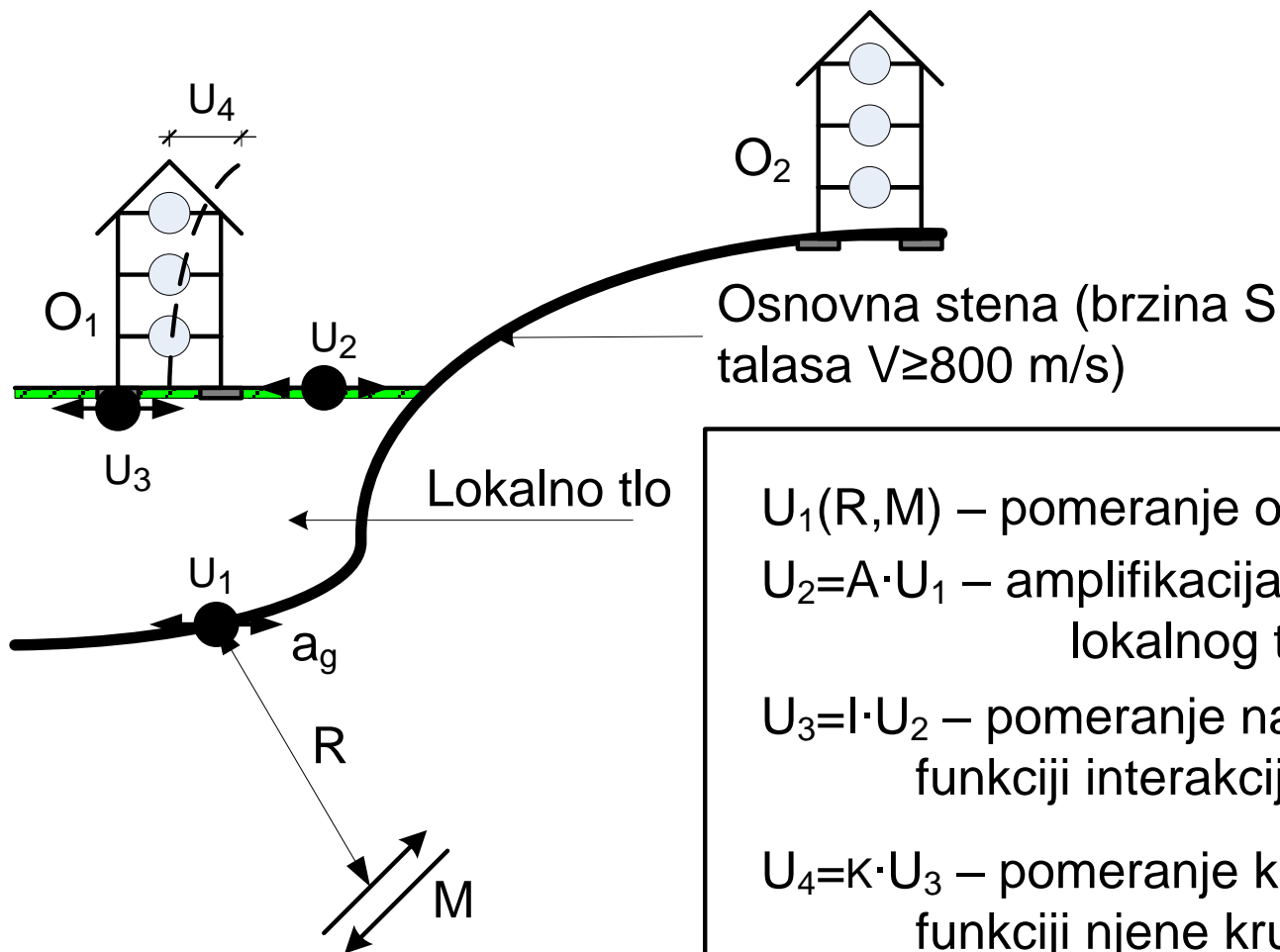


Prostorni opis zemljotresa



V. Alendar: **PROJEKTOVANJE SEIZMIČKI
OTPORNIH ARMIRANOBETONSKIH
KONSTRUKCIJA KROZ PRIMERE,**
materijal za vežbe u okviru kursa PGBK2,
Građevinski fakultet (IMK), Beograd,
novembar 2004.

Pomeranja objekta u funkciji nekih važnijih parametara



$U_1(R, M)$ – pomeranje osnovne stene

$U_2 = A \cdot U_1$ – amplifikacija pomeranja lokalnog tla

$U_3 = I \cdot U_2$ – pomeranje na nivou temelja u funkciji interakcije tlo-objekat (I)

$U_4 = K \cdot U_3$ – pomeranje konstrukcije u funkciji njene krutosti (K)

Karakteristike zemljotresa

1. Mera jačine zemljotresa (M)
2. Intenzitet zemljotresa (I)
3. Vremenski interval - povratni period zemljotresa (T_p)

1. **Magnituda** – mera energije koja se oslobađa (Rihter), izražena u jedinicama skale $5 < M < 9$ (Lisabon 1755.). M se zasniva na merenju amplituda pomeranja tla na različitim udaljenostima od epicentra.

$$\log_{10} E = 4.8 + 1.5M$$

2. **Intenzitet zemljotresa** se procenjuje na osnovu učinka na zemljinoj površini na: ljude, objekte, okolinu, životinje. Skala Medvedev-Sponhauer-Karnik – **MSK** (1964) sa 12 stepeni intenziteta
Kao korelacija se predpostavlja:

VII stepen $a_g \leq 0.1g$,

VIII stepen $a_g \leq 0.2g$,

IX stepen $a_g \leq 0.4g$.

Stepeni MSK-1964 skale

IV stepen, Umeren zemljotres

•Zemljotres osete mnogi ljudi u kućama, a na otvorenom prostoru samo poneki. Poneki se probudi, ali još nema panike. Oscilovanje tla podseća na podrhtavanje pri prolazu teško natovarenog vozila. Prozori zveckaju, vrata kloparaju, tavanične grede škripe i krckaju. Tečnost u otvorenim sudovima se pokreće. Nameštaj škripi. Obešeni predmeti se ljuljaju. Potres se se može osetiti u automobilu koji se ne kreće.

V stepen. Dosta jak zemljotres

•Ovaj zemljotres osete svi ljudi u kućama i mnogi na otvorenom prostoru. Mnogi se bude iz sna. Životinje se uznemiruju. Zgrade se potresaju iz temelja. Obešeni predmeti se jako klata. Slike na zidovima se pomeraju. U većini slučajeva časovnici sa klatnom se zaustavljaju. Pokretni predmeti se pomeraju. Nezatvoreni prozori i vrata se klata. Tečnosti iz zatvorenih sudova se prosipaju-

- Moguće su štete prvog stepena na pojedinim zgradama tipa A.
- Moguća je promena izdašnosti izvora.

VIII stepen. Štetan zemljotres

•Opsti strah i panika. Potres se jako oseća i u automobilu u pokretu. Grane na drveću mogu često da se lome.

Težak nameštaj se pomera a delimično i prevrće. Obešeni predmeti (lusteri) se delimično oštećuju.

•Većina zgrada tipa C trpi štete drugog stepena a pojedine i štete trećeg stepena. Mnoge zgrade tipa B zadobijaju štete trećeg stepena a pojedine štete četvrtog stepena. Mnoge zgrade tipa A imaju oštećenja četvrtog stepena a pojedine petog stepena. Izuzetno dolazi do loma cevovoda na spojevima. Statue i kameni spomenici se obrću oko postamenta a ponekad se i preturaju. Kamene ograde i vidovi se ruše.

•Dolazi do klizanja zemljišta na bokovima i usecima puteva. Pukotine u tlu mogu imati širinu do nekoliko santimetara. Voda u jezerima se muti. Mogu se javiti nova vrela. Presahli bunari se pune vodom a puni mogu da presuše. Izdašnost i nivoi voda se menjaju.

Zgrade tipa C
– od AB

Oštećenja III
stepena –
veće pukotine

Zgrade tipa C
– od AB

IX stepen. Ograničeno razoran zemljotres.

• Opšta panika. Životinje beže na sve strane. Velike štete na nameštaju

• Mnoge zgrade tipa C trpe oštećenja trećeg stepena a pojedine i oštećenja četvrtog stepena. Mnoge zgrade tipa B zadobijaju oštećenja četvrtog stepena a pojedine oštećenja petog stepena. Mnoge zgrade tipa A trpe štete petog stepena. Spomenici i stubovi padaju. Na rezervoarima se javljaju ozbiljna oštećenja. Podzemne cevi se delimično lome. U nekim slučajevima se krive železničke šine. Dolazi do oštećenja puteva.

Oštećenja IV
stepena –
delimično
rušenje

• Na podvodnim ravničarskim terenima voda izbija na površinu i izliva se. Sa vodom može biti izbačen i pesak i mulj. Pesak i mulj mogu biti izbačeni na površinu i bez vode. Pukotine u zemljištu mogu dostići širinu i do 10 cm. Česti su odroni velikih komada stena u brdskim ptedelima. Dolazi do aktiviranja mnogih klizišta. Javljaju se velike promene u režimu podzemnih voda.

Evropska makroseizmička skala EMS 98 (umesto MSK 1964)

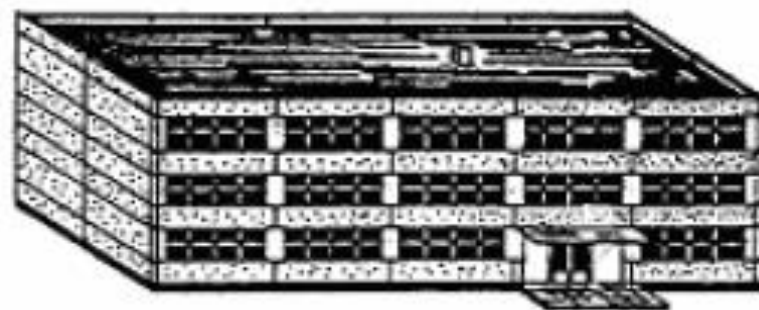
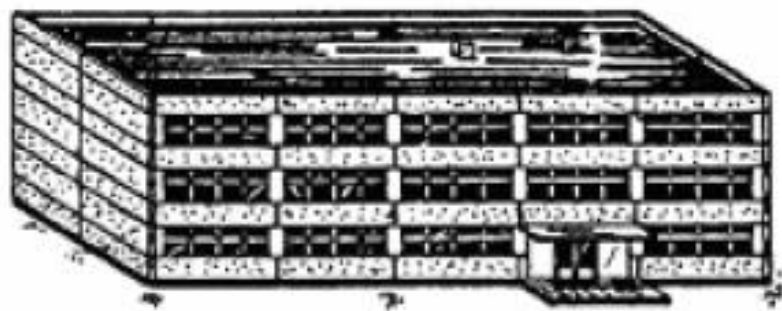
I	Ne osecaju ga ljudi, registruju ga samo seizmografi.
II	Reaguju samo vrlo osetljive osobe u stanju mirovanja.
III	Oseti ga vise ljudi u unutrašnjosti zgrada.
IV	U kucama ga oseti veci dio stanovnika, a na otvorenom samo pojedinci. Posude i prozori zveckaju. Pojedinci se bude iz sna.
V	Osete ga mnogi i na otvorenom prostoru. Predmeti koji slobodno vise, zanjisu se. Kod pojedinaca izaziva manju paniku.
VI	Osete ga sve osobe i beze iz kuca. Slike padaju sa zidova. Na slabije gradjenim zgradama nastaju prva oštećenja.
VII	Nastaju rušenja delova nameštaja u stanovima. Oštećenja se javljaju i na kvalitetnijim kućama; manje pukotine na zidovima. Ruše se delovi dimnjaka na kućama, padaju crepovi. Na slabijim objektima su moguća veća oštećenja.

Evropska makroseizmička skala EMS 98 (umesto MSK 1964)

VIII	Većina ljudi otežano ostaju na nogama. Javljaju se ošteđenja na 25% kuća, neke slabije se ruše. U vlažnom tlu i na padinama javljaju se manje pukotine.
IX	Opšta panika. Oko 50% kuća znatno je oštećeno, mnoge se ruše, a većina je neupotrebljiva za dalje stanovanje.
X	Teška oštećenja javljaju se na oko 75% objekata, a većina njih se ruši. U tlu nastaju pukotine širine do nekoliko centimetara; Sa padina se odronjavaju stene, stvaraju se velika klizišta u tlu.
XI	Ruše se sve zidane zgrade. U tlu nastaju široke pukotine iz kojih prodire voda sa peskom i muljem. Javljaju se veliki odroni.
XII	Nijedan veštački objekat ne može da opstatne. Tlo i reljef menjaju izgled, zarušavaju se jezera, dok reke menjaju svoja korita.

Klasifikacija stepena oštećenja na zgradama prema **European Macroseismic Scale** (1998.) – Pet stepena oštećenja

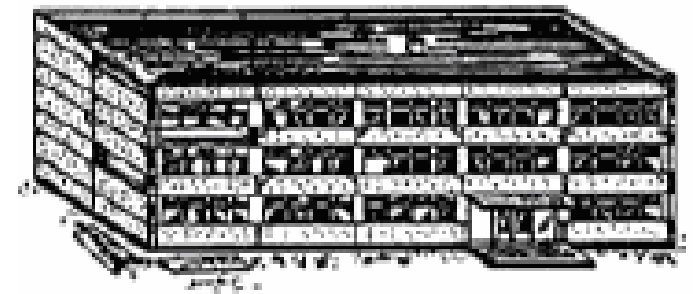
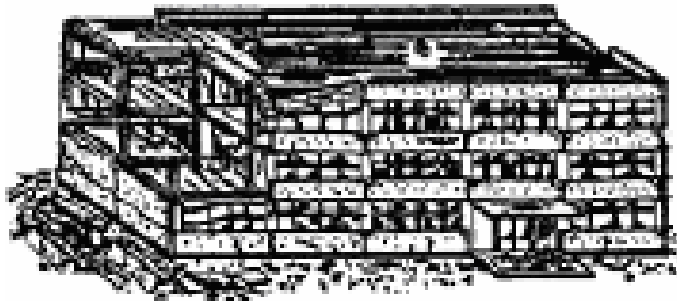
Степен 1.(DG1) Занемарљиво мало до једва осетно оштећење (без оштећења носеће конструкције);
«танке прлине у малтеру на оквирним елементима и преградним зидовима».



Степен 2. (DG2) Умерено оштећење (незнатно оштећење носеће конструкције, умерено оштећење неносеће конструкције);

«једва видљиве прлине на стубовима и гредама; опадање малтера на спојевима висећих зидних оквира; прлине на преградним зидовима; опадање малтера и кртих облога са неких делова зидова»

Степен 3.(DG3) Знатно до јако оштећење (умерено оштећење) носеће конструкције јако оштећење неносеће конструкције);
«пукотине на стубовима уз одвајање комада бетона; пукотине на гредима».

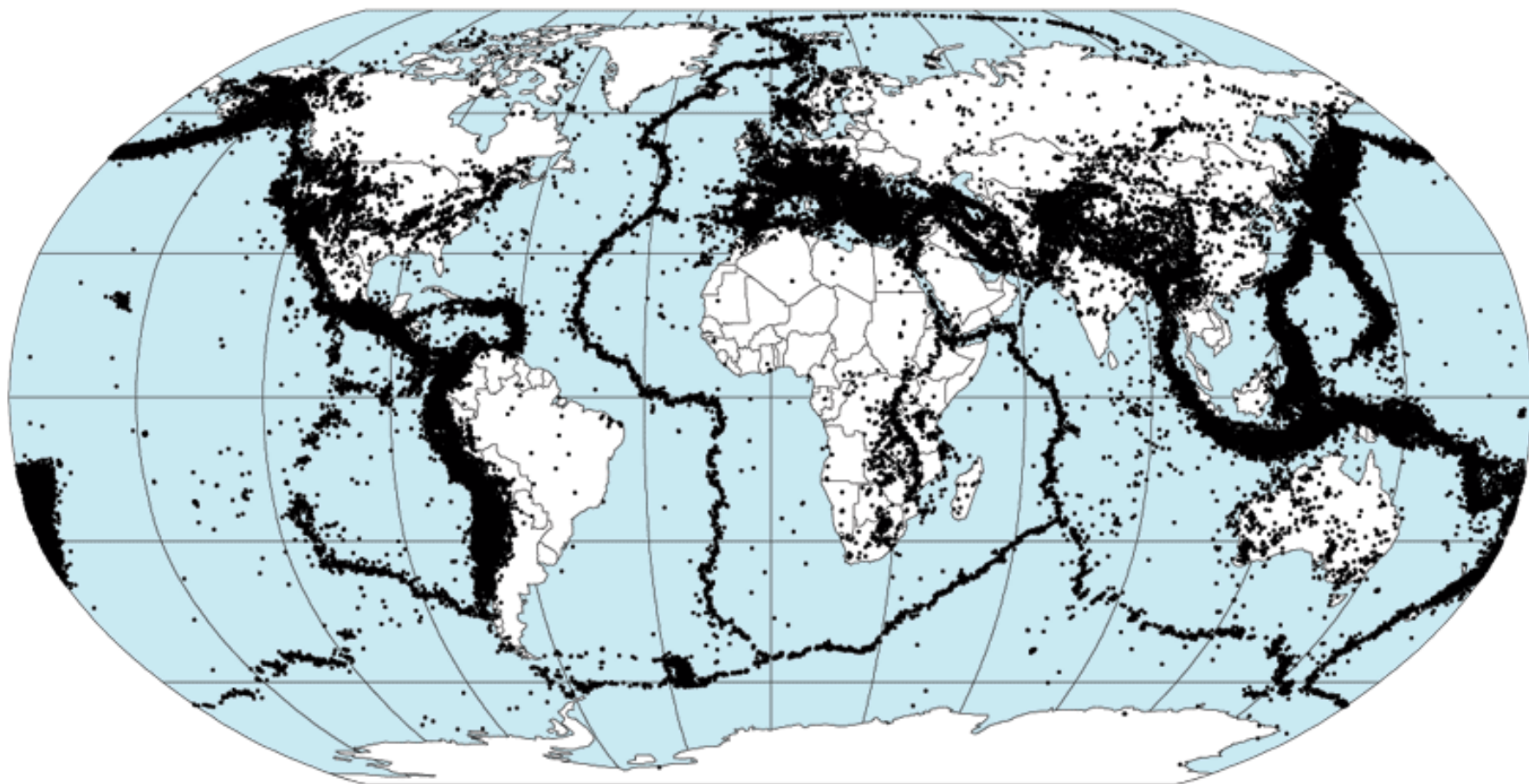


Степен 4. (DG4) Врло јако оштећење (јако оштећење носеће, врло јако оштећење неносеће конструкције);
«озбиљно оштећење на спојевима скелета зграде уз разарање бетона и огољивање арматуре; делимично рушење; искошавање стубова».



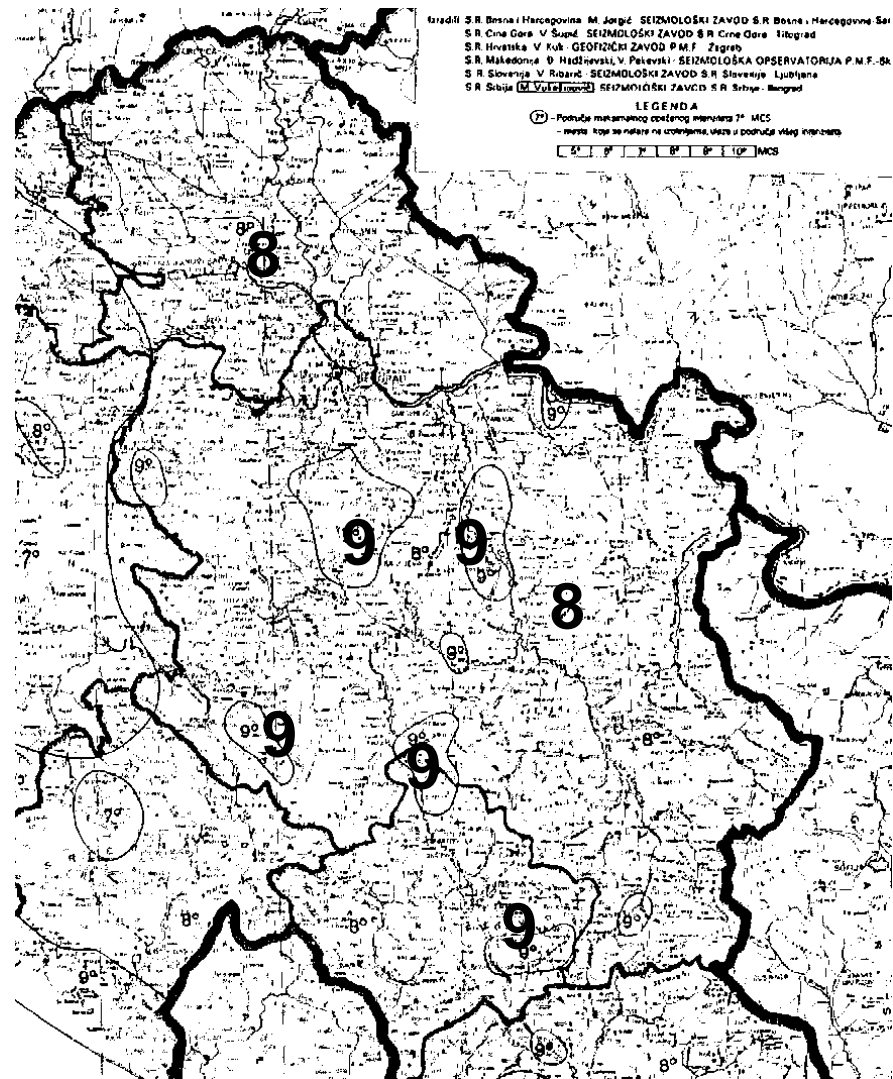
Степен 5. (DG5) Рушење (врло јако оштећење носеће конструкције);
«потпуно или скоро потпуно рушење».

Epicentri zabeleženih zemljotresa (II polovina 20 veka, preko 300 000 događaja)



3. Povratni period - prosečan vremenski interval između dva zemljotresa iste jačine M.

Stara seizmološka karta za povratni period 500 g.



Prema SRPS EN1998 (EC8):

U slučaju zemljotresa treba da su:

- Ljudski životi zaštićeni
- Oštećenja ograničena
- Objekti značajni za zaštitu ljudi u upotrebljivom stanju

Zahtev da se objekat ne sruši

Za uobičajene konstrukcije ovaj zahtev treba ispuniti za referentni zemljotres sa 10% verovatnoće prekoračenja u 50 godina ili sa **povratnim periodom od 475 godina**

Konstrukcija mora da bude projektovana i izvedena da izdrži projektni zemljotres bez lokalnog i globalnog rušenja

- kapacitet nosivosti i konstrukcijski integritet moraju biti sačuvani nakon prestanka dejstva zemljotresa.
- posle zemljotresa konstrukcija može biti ekonomski nepopravljiva ali bi trebala obezbediti sigurnu evakuaciju stanara pri dejstvu naknadnih udara

Ovi zahtevi se zadovoljavaju provjerom graničnog stanja nosivosti (ULS).

Zahtev ograničenja oštećenja

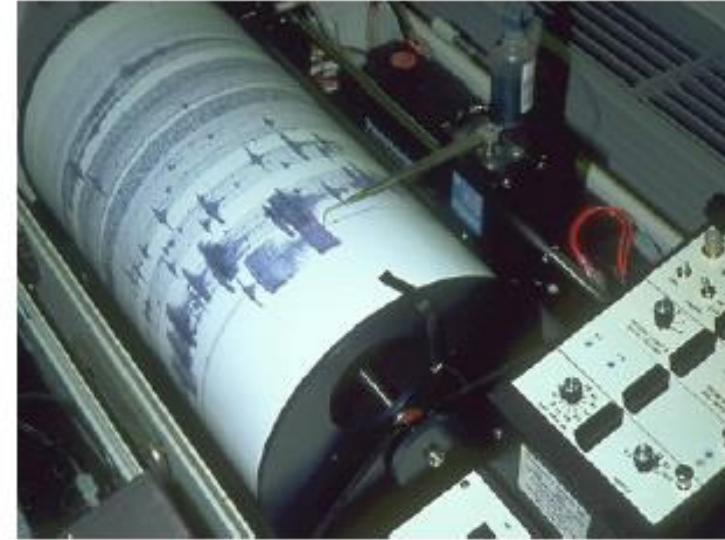
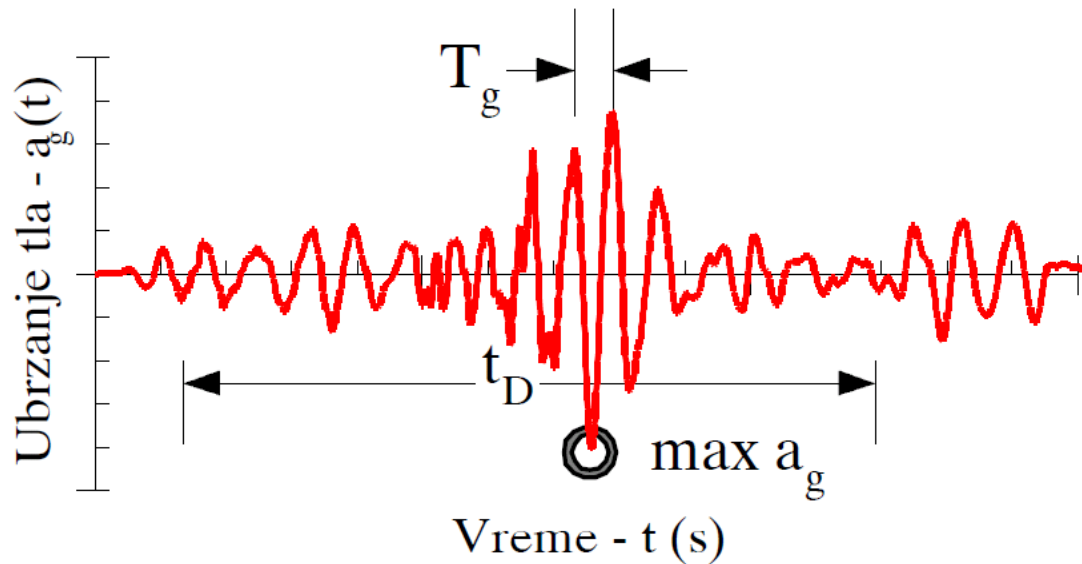
Za uobičajene konstrukcije ovaj zahtev treba ispuniti za referentni zemljotres sa 10% verovatnoće prekoračenja u 10 godina ili sa **povratnim periodom od 95 godina**

Konstrukcija mora biti projektovana i izvedena da izdrži seizmičko dejstvo sa većom vjerovatnoćom pojave od projektog seizmičkog dejstva bez značajnije pojave oštećenja

- Treba izbeći ograničenja u korišćenju
- Cena opravke ne bi trebala da bude previsoka u odnosu na cenu same konstrukcije.
- Konstrukcija bi trebalo da ima sačuvanu nosivost i krutost, bez trajnih oštećenja i bez potrebe za sanacijom. Popravka nekonstruktivnih oštećenja treba da budu ekonomski prihvatljiva

Ovi zahtevi se zadovoljavaju provjerom graničnog stanja upotrebljivosti (SLS).

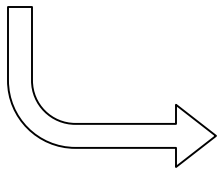
Zapisi ubrzanja tla tokom zemljotresa - akcelerogrami



a_g – maksimalno registrovano ubrzanje tla

T_g – predominantni period oscilovanja

t_D – trajanje jakog dela zemljotresa

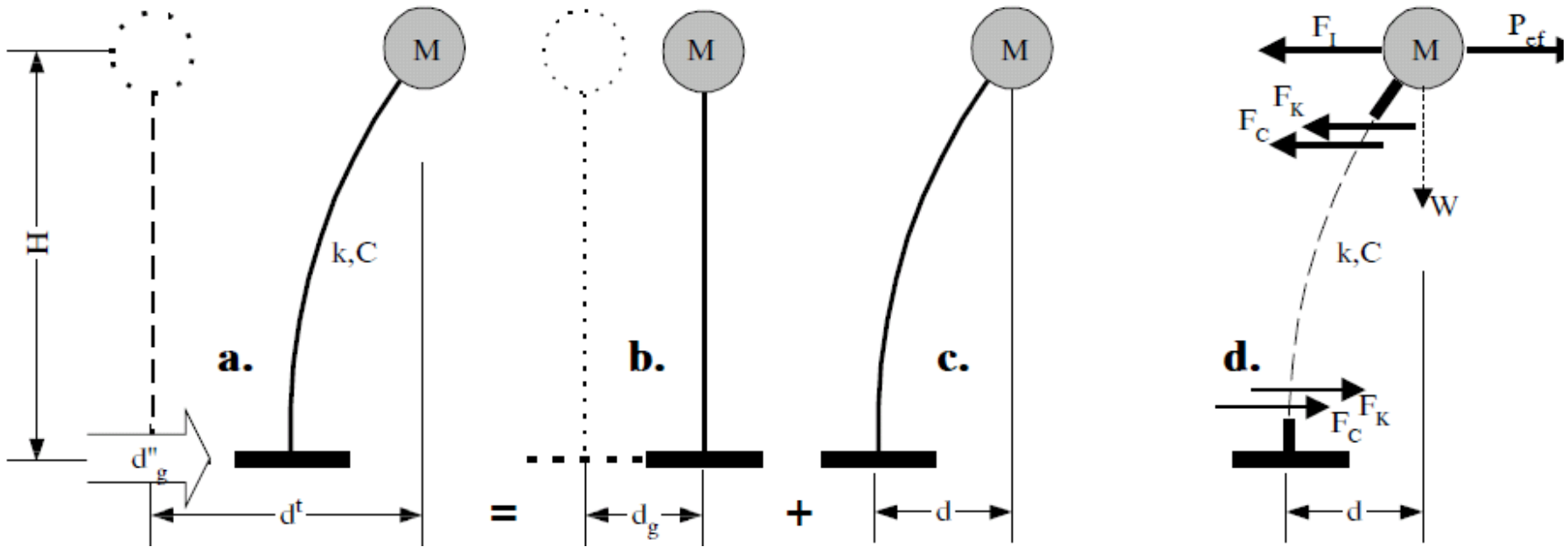


Analitičkim putem – integracijom:

v_g – zapis promene brzine tla

d_g – zapis pomeranja tla

Osnovni parametri dinamičkog modela

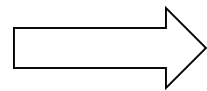


$$F_i = md''$$

$$F_c = cd'$$

$$F_k = kd$$

$$P_{ef} = md''_g$$



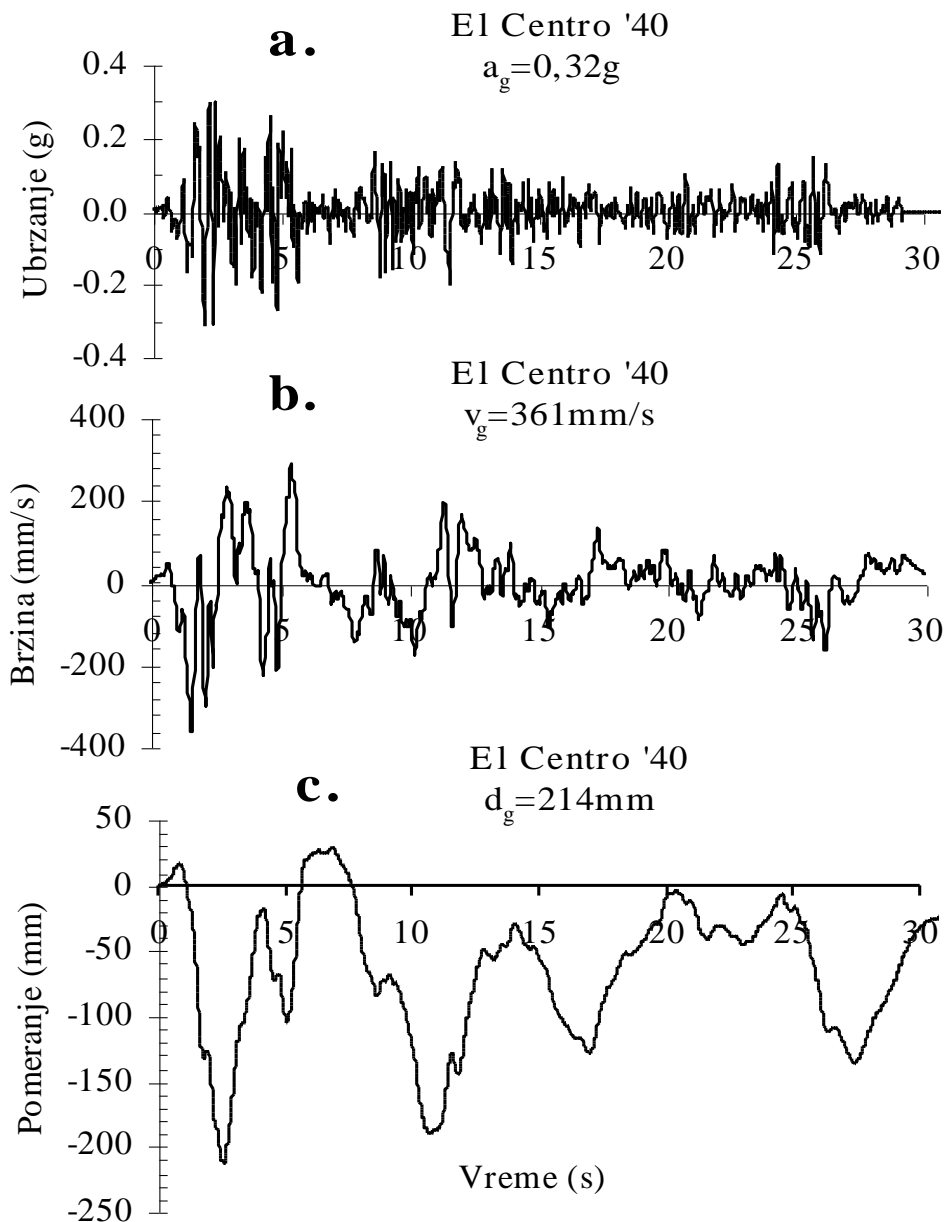
$$md'' + cd' + kd = -md''_g$$

$$d''_{(t)} + 2 \cdot \zeta \cdot \omega \cdot d'_{(t)} + \omega^2 \cdot d_{(t)} = -d''_{g(t)}$$

$$\omega = \sqrt{k/m} - \text{kružna frekvencija}$$

$$\xi = c/2m\omega - \text{koeficijent prigušenja}$$

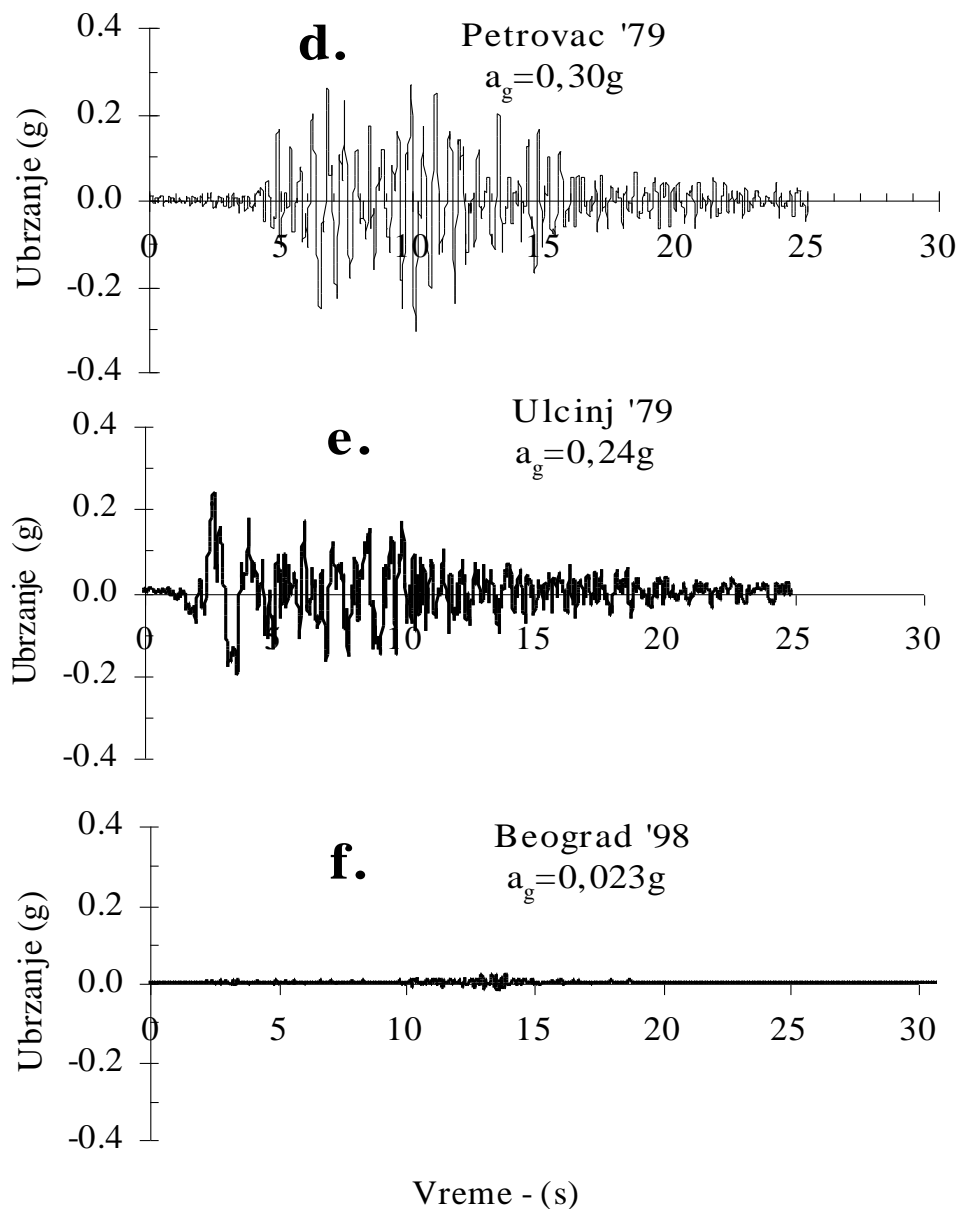
Zapisi ubrzanja tla tokom zemljotresa - akcelerogrami



Zapisi zemljotresa:

a) El Centro (zemljotres Imperial Walley, California, 1940., komponenta EW, $M=6,6$),

b-c) El Centro - brzina i pomeranje tla,



Zapisi zemljotresa:

d) Petrovac (Crna Gora 1979., komponenta EW, $M=7,0$),

e) Ulcinj (Crna Gora 1979., komponenta EW, $M=7,0$),

f) Beograd (Mionica 29.09.1998., komponenta EW, $M=5,6$, epicentralno rastojanje $R_e=74$ km, dubina žarišta $H=16$ km). Zapis "Beograd" registrovan je na sarmatskim krečnjacima ("lokalno tlo"), na stanici Tašmajdan Republičkog seizmološkog zavoda u Beogradu

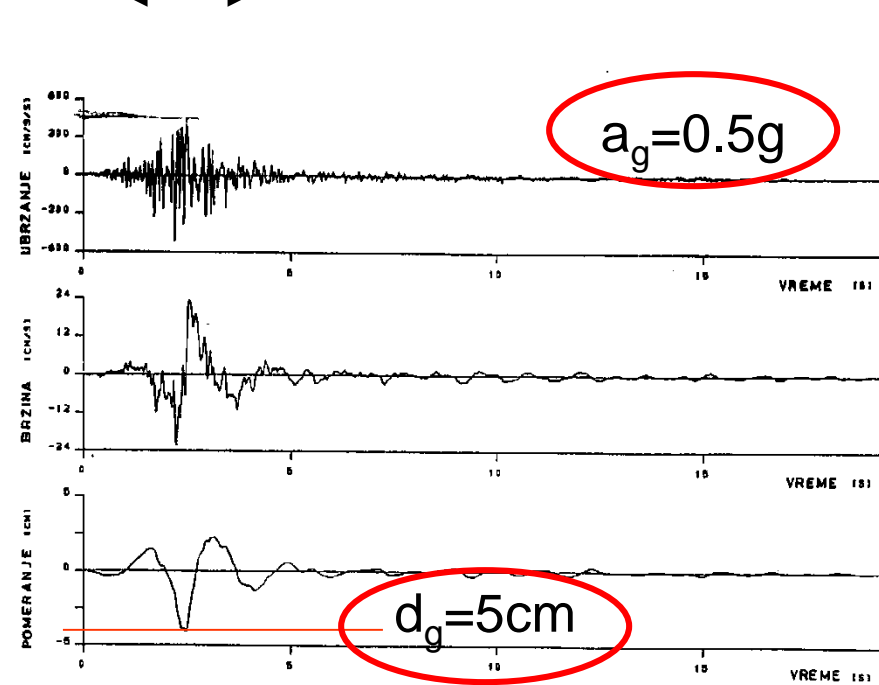
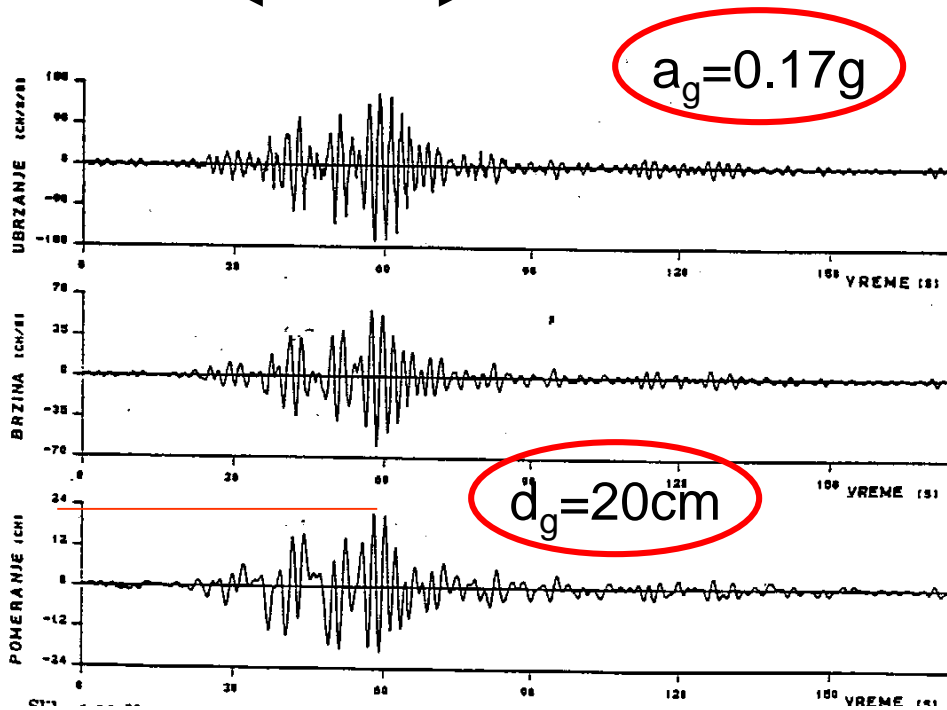
Honshu Japan 2011 - $M=9.0$

Mexico City – 1985 M 8.0 MI IX

Banja Luka – 1981 M 5.7 MI VIII

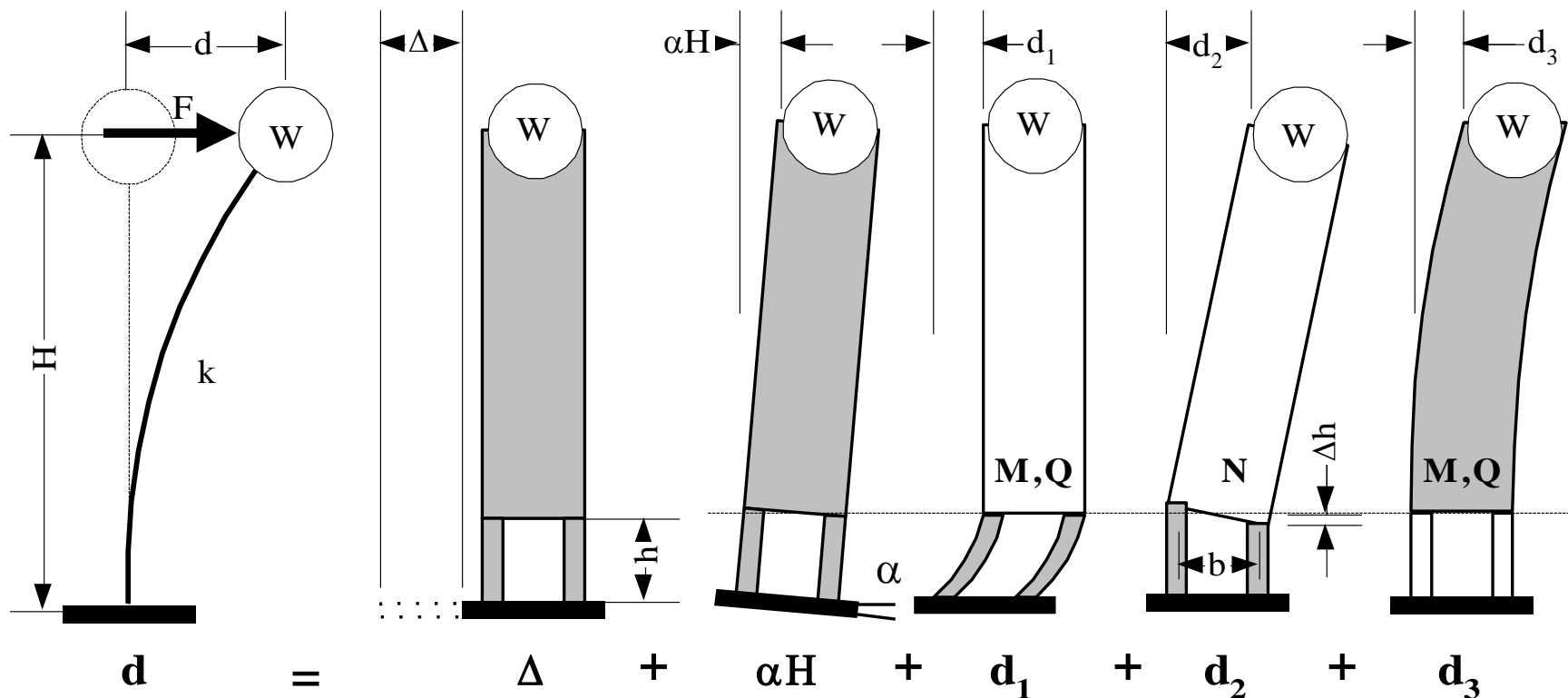
$t_D = 40 \text{ s}$

$t_D = 3 \text{ s}$



Pri dejstvu spoljne *statičke* sile F , horizontalno pomerenje d mase u opštem slučaju posledica je više komponenti pomerenja: pomerenja Δ usled klizanja temelja, pomerenja αH usled rotacije temelja za ugao α , pomerenja d_1 i d_3 usled deformacija savijanja i smicanja i pomerenja d_2 usled aksijalnog opterećenja pojedinih delova konstrukcije

$$d = \Delta + \alpha H + d_1 + d_2 + d_3 = dF = F/k$$

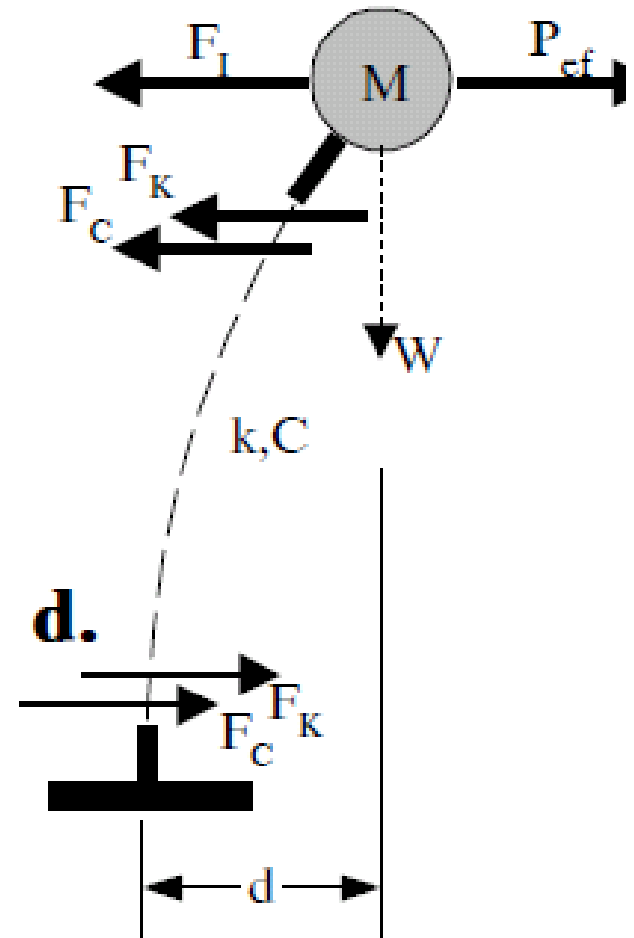


Odgovor konstrukcije na kretanje tla sa promenljivim ubrzanjem $d''_g(t)$
 - rešenja problema *relativnog kretanja* mase konstrukcije sa *nepomerljivim temeljom*, opterećene *efektivnom dinamičkom silom* u centru mase $P_{ef} = -md''_g$

U svakom trenutku vremena t vlada ravnoteža između:

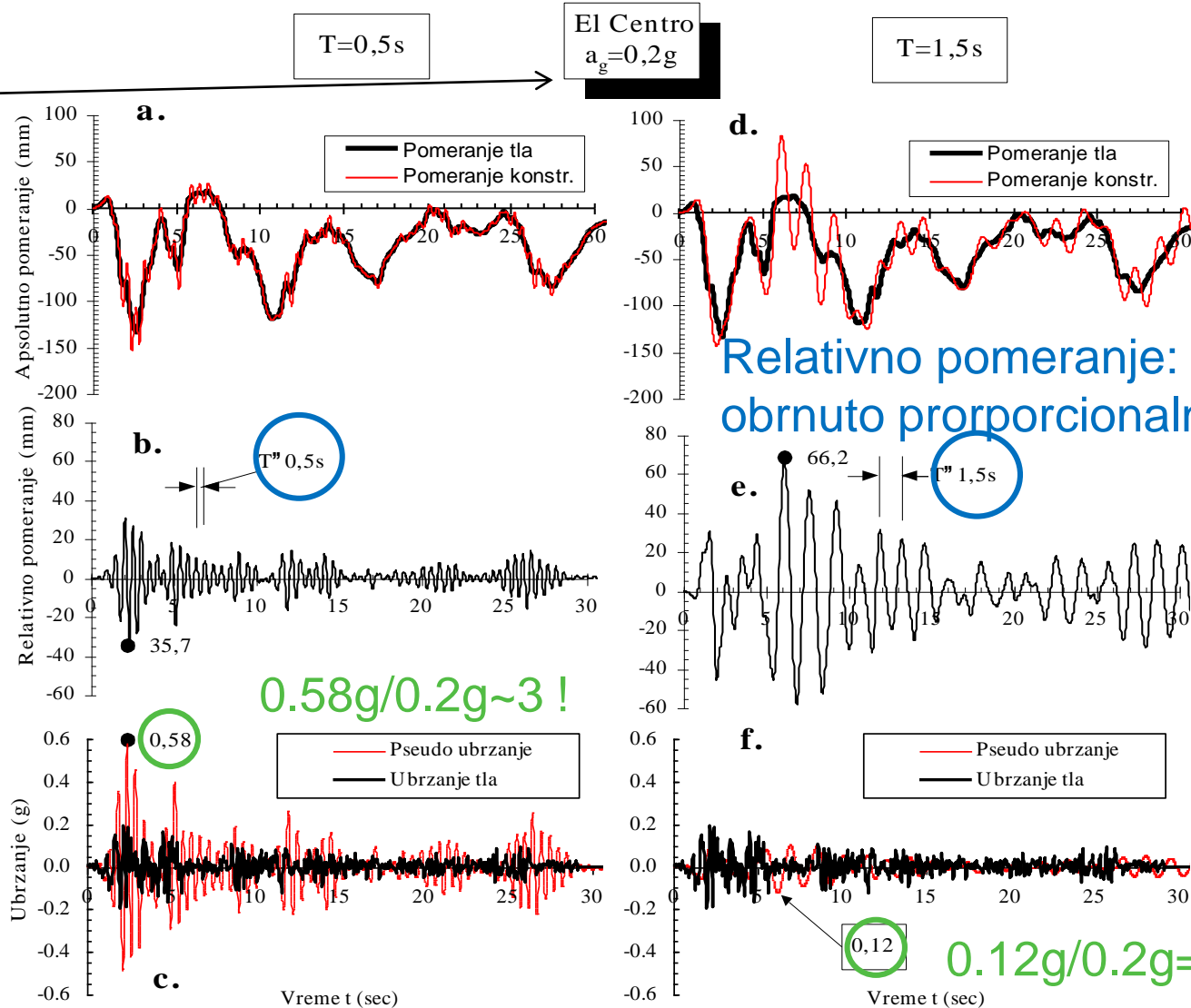
rezultante horizontalnog "spoljnog opterećenja" - zbir *efektivne* P_{ef} i *inercijalne sile* $F_I = md''$ usled relativnog ubrzanja, i

unutrašnjih sila konstrukcije, *otpora* elastične konstrukcije pomeranjima $F_K = kd$, i *sili prigušenja* kretanja $F_C = cd'$, gde je c - *viskozno prigušenja* a d' - *relativna brzina* kretanja,



Odgovor elastične konstrukcije na zapis zemljotresa

Primer 1



Relativno pomeranje:
obrnuto proporcionalno krutosti

$0.58g/0.2g \sim 3!$

$0.12g/0.2g = 0.6!$

Rel. Ubrzanje: proporcionalno krutosti

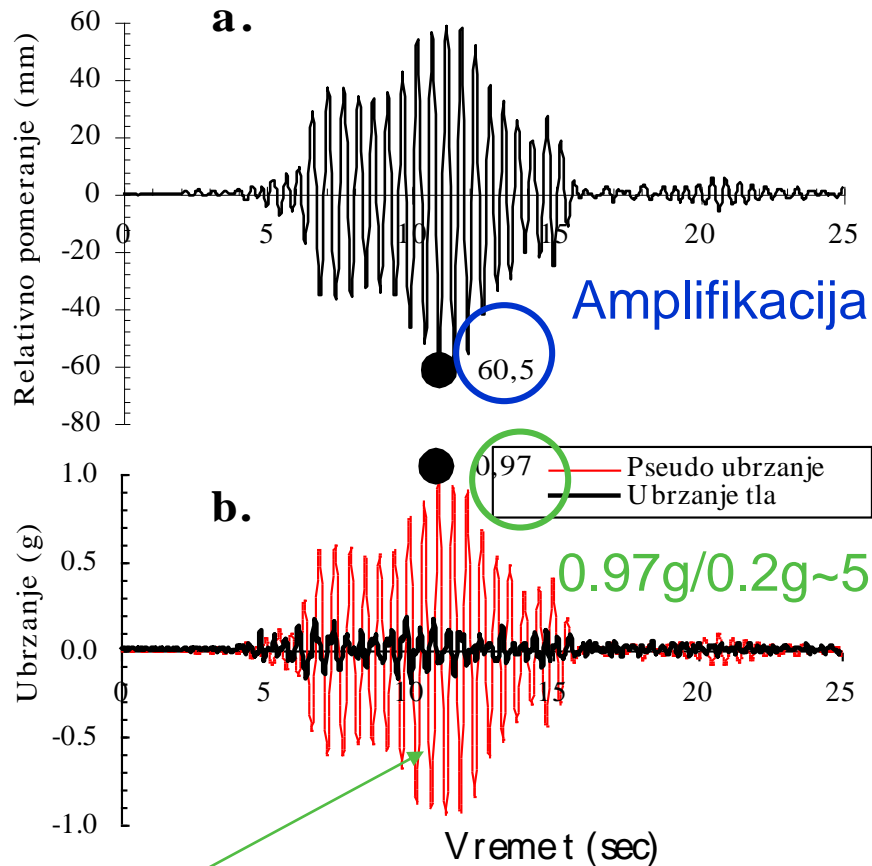
Odgovor elastične konstrukcije na zapis zemljotresa

$T=0,5$ s

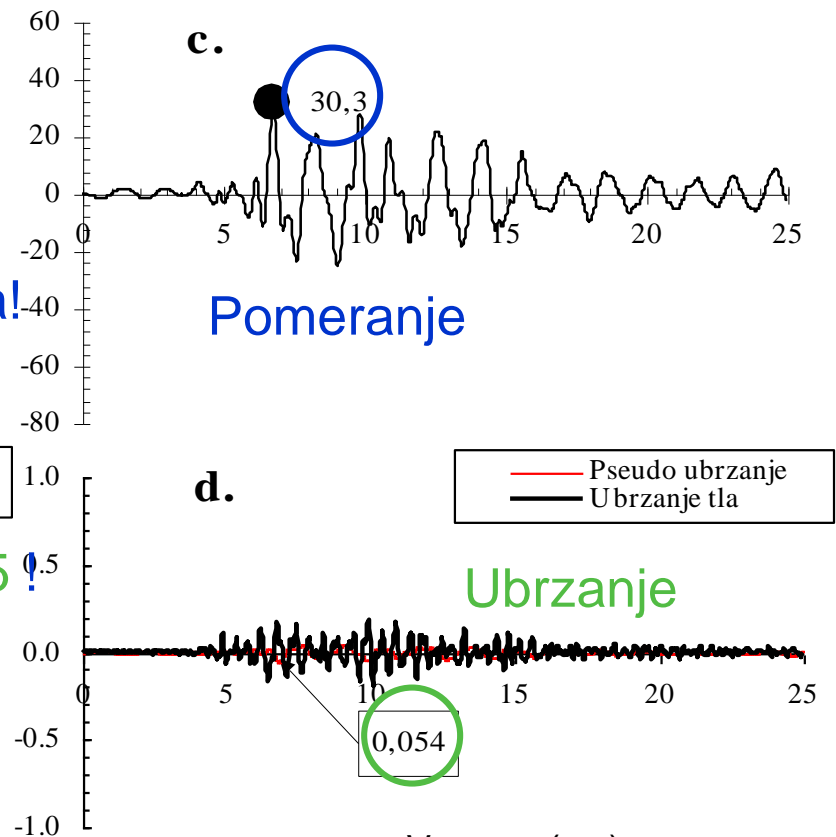
Petrovac
 $a_g=0,2g$

$T=1,5$ s

Primer 2



Rušenje krutih kamenih zgrada!



Kruća konstrukcija – amplifikacija i ubrzanja i pomeranja

Odgovor elastične konstrukcije na zapis zemljotresa

Zaključak:

Za odgovor konstrukcije nije važno samo maksimalno ubrzanje tla.

Odgovor konstrukcije zavisi i od:

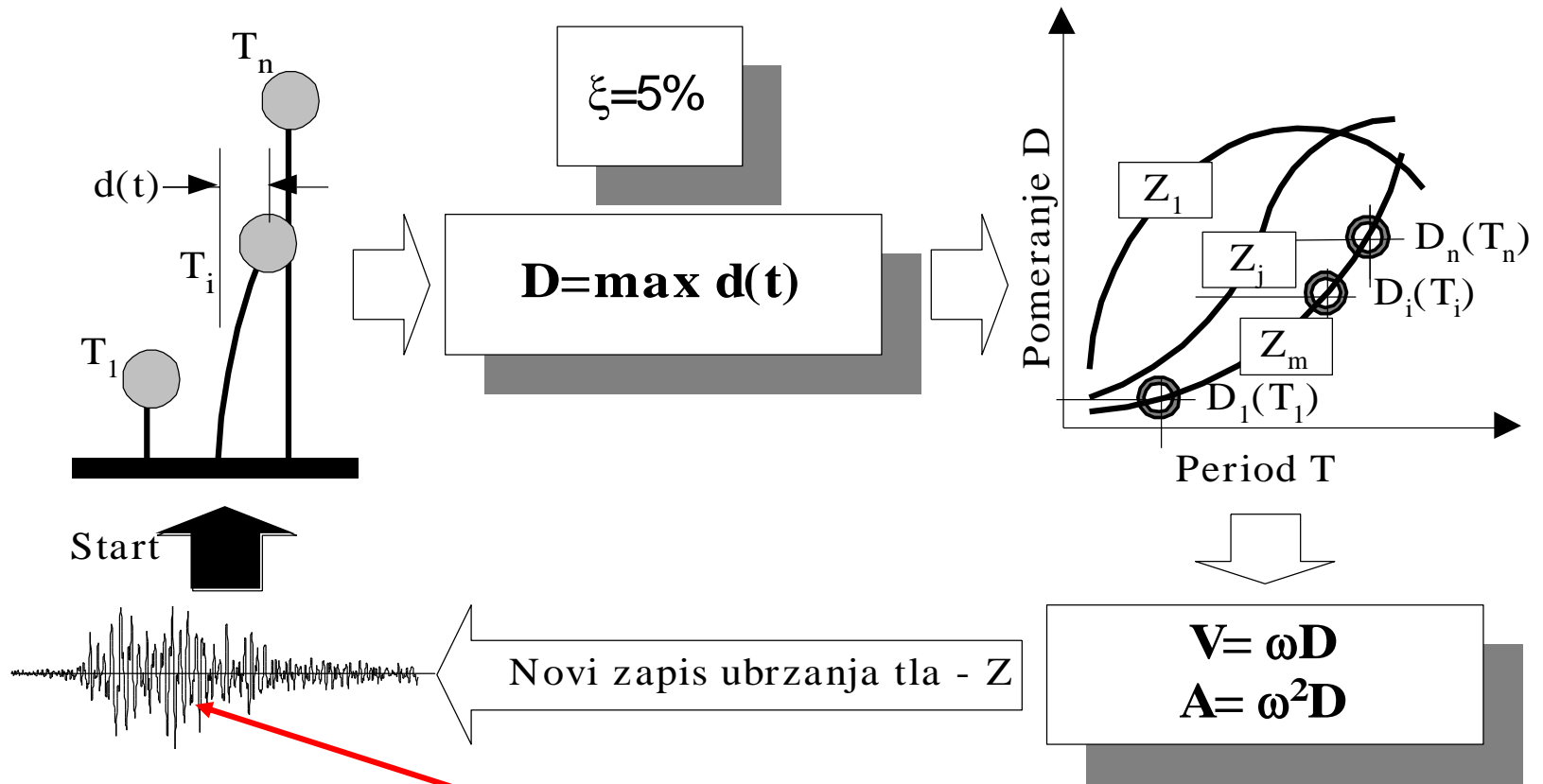
- predominantnog perioda oscilacija tla T_g
- frekventnih karakteristika zemljotresa (tok promene ubrzanja u vremenu)
- period sopstvenih oscilacija konstrukcije

Na osnovu jednačine kretanja sistema sa jednom masom

$$d''_{(t)} + 2 \cdot \zeta \cdot \omega \cdot d'_{(t)} + \omega^2 \cdot d_{(t)} = -d''_{g(t)}$$

- i primenom nekog poznatog akceleroograma sa već dogođenog zemljotresa, metodom dinamičke analize moguća je analiza konstrukcije na dejstvo tog zemljotresa.
- Međutim, svaki dosadašnji zemljotres je bio različit od svih ostalih, a svaki budući biće različit od svih prethodnih.
- Sve u vezi zemljotresa je neizvesno → teorija slučajnih procesa, matematičke statistike i teorije haosa.
- Iz tog razloga primenjuju se SPEKTRI ODGOVORA koji predstavljaju maksimalan odgovor sistema sa jednim stepenom slobode u funkciji sopstvene periode oscilovanja konstrukcije (T) i stepena prigušenja (ζ).

Elastični spektri odgovora

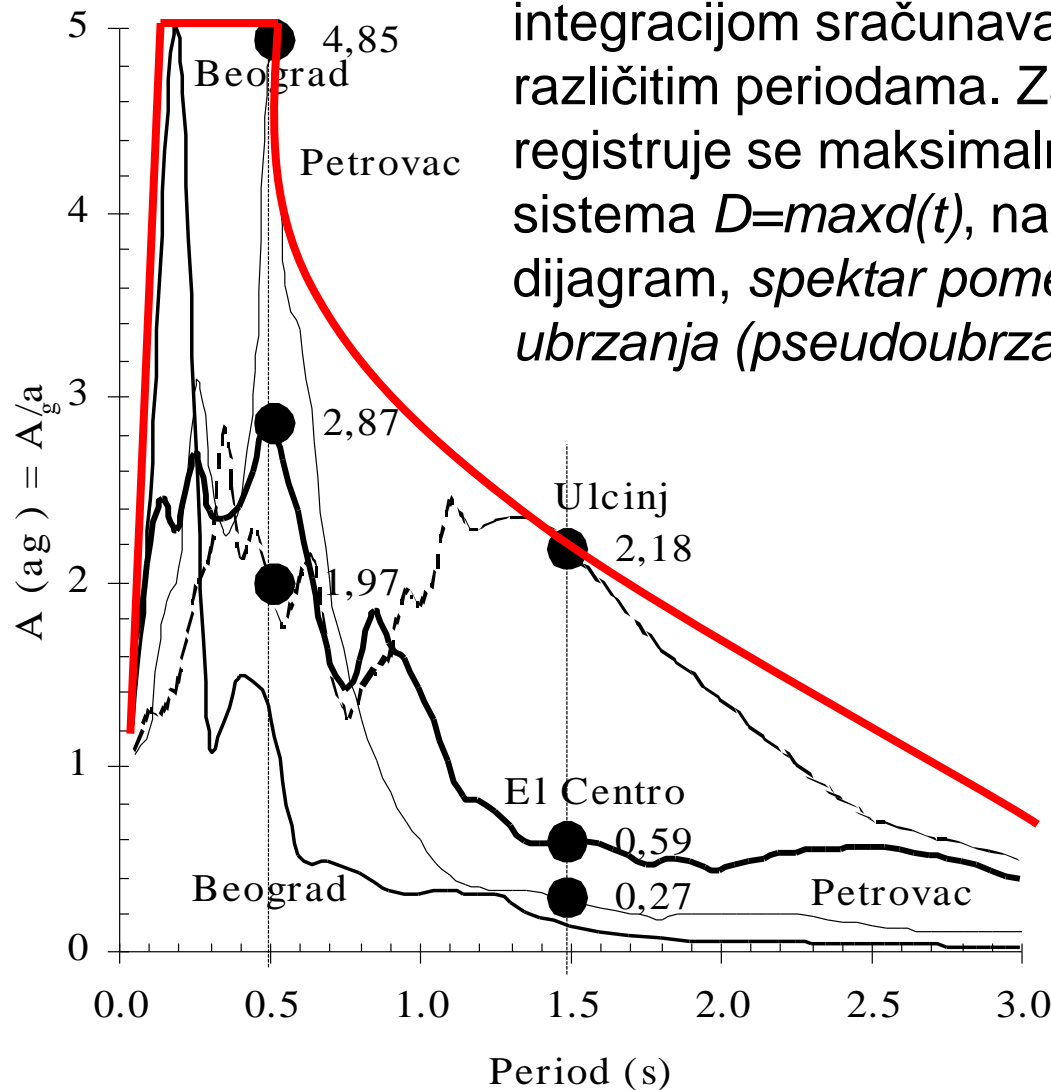


$$d''_{(t)} + 2 \cdot \zeta \cdot \omega \cdot d'_{(t)} + \omega^2 \cdot d_{(t)} = -d''_{g(t)}$$

Elastičan spektar odgovora

- elastični spektri odgovora mogu biti dati po: pomeranju, brzini, ubrzanju, energiji...
- služe kao osnovni način prikazivanja zemljotresa jer su lakši za primenu,
- spektralne linije dobijene numeričkim rešavanjem jednačine kretanja su skup izlomljenih linija → anvelopa
- anvelopa predstavlja verovatnu krivu maksimalnih apsolutnih ubrzanja sistema (pomeranja, brzina,...)
- ovako dobijeni spektar opisuje elastični odgovor sistema
- kada se vrednosti spektra podele sa najvećim ubrzanjem tla (a_g), onda je spektar normiran prema najvećem ubrzanju tla.

Za izabrani zapis zemljotresa numeričkom integracijom sračunava se odgovor konstrukcija sa različitim periodama. Za svaku od perioda T_i , registruje se maksimalno sračunato pomeranje sistema $D = \max d(t)$, na osnovu čega se formira dijagram, *spektar pomeranja*, a zatim *brzina i ubrzanja* (*pseudoubrzanja* $A = w^2 D$)..



Postupak se ponavlja sa novim zapisima ubrzanja tla čime se dobija familija spektra odgovora, koji se obično *normalizuju* ili na ubrzanje zemljine teže g , ili na maksimalno očekivano ubrzanje tla a_g .

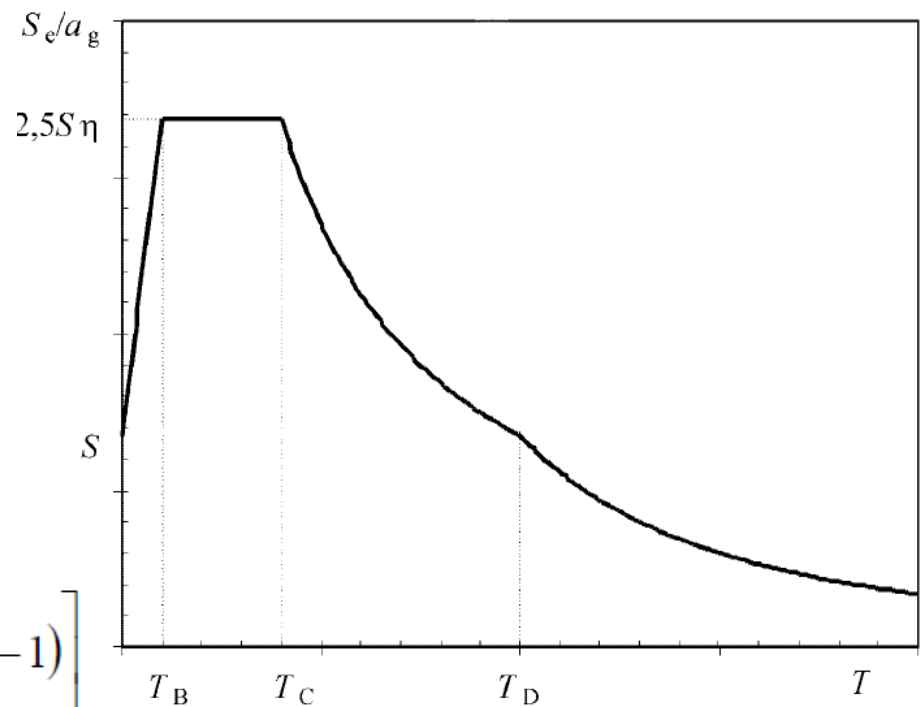
Anvelopa familija krivih → **spektralna kriva**

Faktor značaja – SRPS EN1998

Nivoi pouzdanosti sa kojima se ispunjavaju osnovni zahtevi zavise od klasa značaja konstrukcija kojima su pridružene vrednosti faktora značaja γ_I . Za pojedine klase značaja projektno seizmičko opterećenje se dobija množenjem referentnog seizmičkog dejstva sa odgovarajućim faktorom značaja.

Klase značaja	Opis - namena zgrada	Faktor značaja zgrade, γ_I
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost, npr. poljoprivredne zgrade i sl.	0.8
II	Obične zgrade koje ne pripadaju drugim razredima	1.0
II	Zgrade čija je zemljotresna otpornost važna zbog posledica vezanih uz rušenje, npr. škole, dvorane, kulturne institucije, itd	1.2
IV	Zgrade čija je celovitost neposredno nakon zemljotresa životno važna za zaštitu ljudi, npr. bolnice, vatrogasne stanice, električne stanice, itd	1.4

Horizontalna elastična spektralna kriva SRPS EN1998



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

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

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

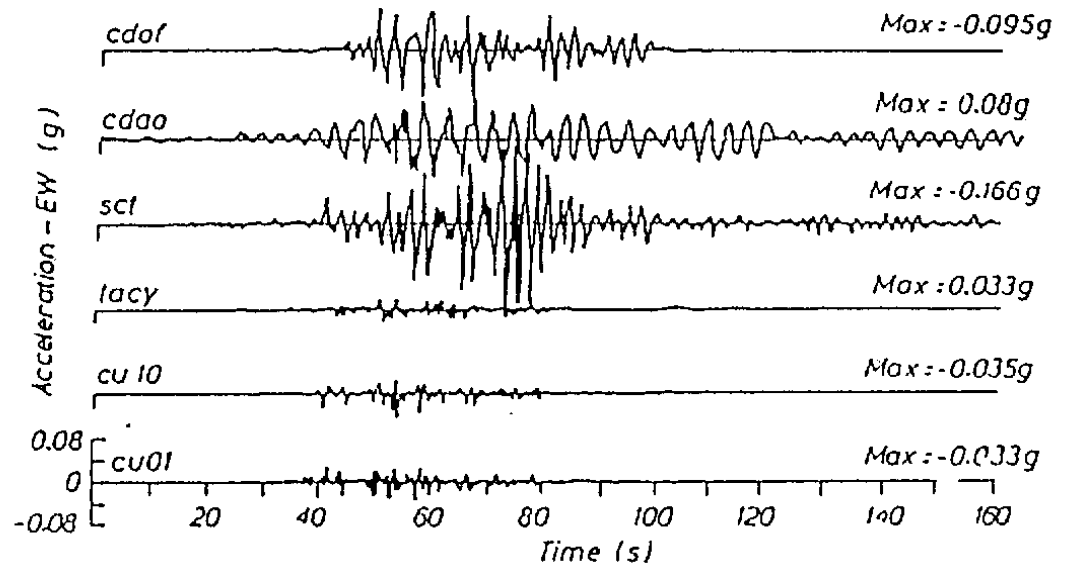
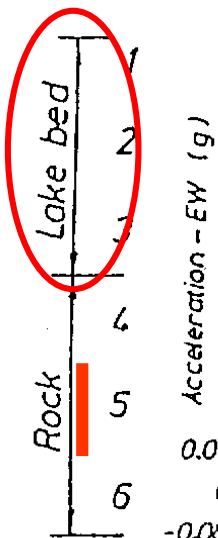
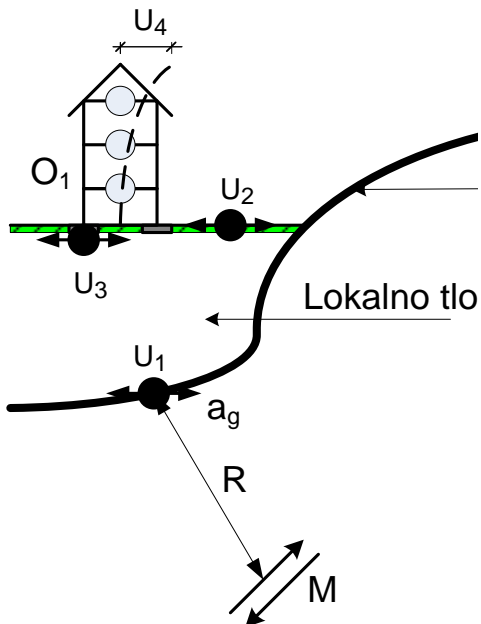
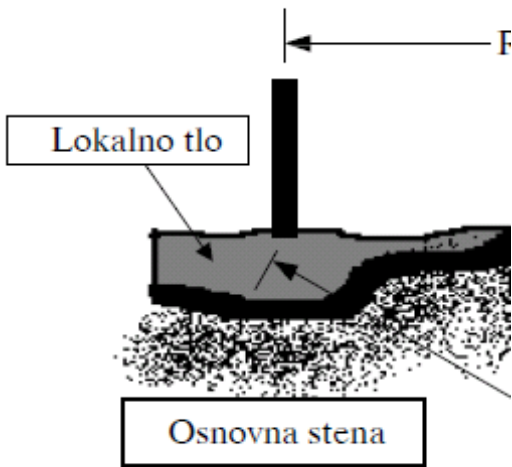
$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

a_g – ubrzanje tla na osnovnoj steni $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$

S – faktor amplifikacije (tla iznad osnovne stene)

$\eta = 1$ (kada je prigušenje 5%)

Uticaj krutosti lokalnog tla

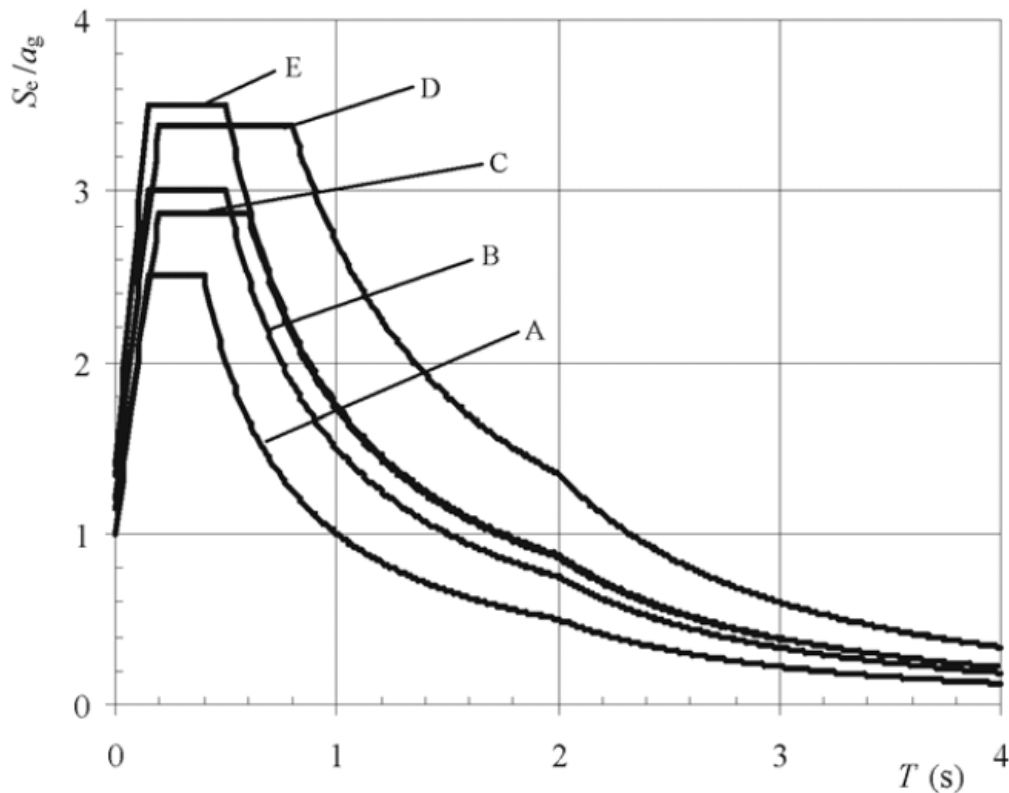


Klasifikacija tla - SRPS EN1998

Tip tla	Opis geološkog profila	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udarci/ 30cm)	c_u (kPa)
A	Stena ili slična geološka formacija, uključujući i najviše 5 m slabijeg materijala na površini	> 800	-	-
B	Depoziti veoma zbijenog peska, šljunka ili veoma krute gline, najmanje nekoliko desetina metara debljine, koje karakteriše postepeno povećanje mehaničkih karakteristika sa dubinom	360-800	> 50	> 250
C	Duboki depoziti zbijenog ili srednje zbijenog peska, šljunka ili krute gline sa debljinom od nekoliko desetina metara do više stotina metara	180 - 360	15 - 50	70 – 250
D	Depoziti slabo do srednje zbijenih nekohezivnih tla (sa ili bez mekih kohezivnih proslojeva) ili predominantno mekih do čvstih kohezivnih tla	< 180	< 15	< 70

Tip tla	Opis geološkog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udarci/ 30cm)	c_u (kPa)
E	Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijalnog sloja sa vrednostima v_s kao za tip C ili D i debljine između 5 i 20 metara, ispod kojeg se nalazi krući materijal sa $v_s > 800$ m/s			
S1	Depoziti koji se sastoje ili sadrže najmanje 10 m debeo sloj mekih glina/mulja sa visokim vrijednostima indeksa plastičnosti ($PI > 40$) i visokim sadržajem vode	< 100 (indikativno)		10 - 20
S2	Depoziti tečnih tla osetljivih glina, ili bilo koji drugi profil tla koji nije uključen u tipove A – E i S1			

$$v_{s,30} = 30 / \sum (h_i / v_i) \quad \text{u gornjih 30m tla}$$



Oblik elastičnog spektra prema SRPS EN1998 u funkciji vrste tla (tlo tipa A je osnovna stena)

Tip zemljotresa:

tip 1 $M \leq 5.5$

tip 2 $M > 5.5$

Tip 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

B) DINAMIČKI ODGOVOR KONSTRUKCIJE NA OSNOVU NEZAVISNIH ODGOVORA ZA SVAKI POJEDINAČNI OBLIK OSCILOVANJA. ZATIM, OVI ODGOVORI SE MEĐUSOBNO KOMBINUJU NA IZABRANI NAČIN. (KORISTI SE ČINJENICA DA JE SAMO NEKOLIKO NAJNIŽIH TONOVA OSCILOVANJA ZNAČAJNO ZA PRORAČUN STATIČKIH UTICAJA)

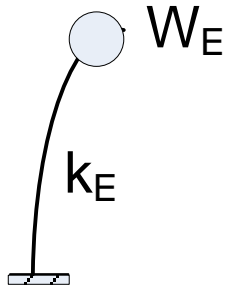
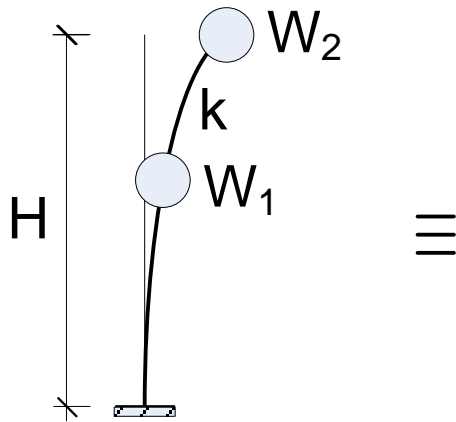
A) PRETPOSTAVKA: UKUPNA MASA SISTEMA OSCILUJE SAMO U I (OSNOVNOM) TONU

- KORISTI SE SPEKTAR ODGOVORA
- PODRAZUMEVA SE DA JE PONAŠANJE **MDOF** SISTEMA MOGUĆE OPISATI PREKO *EKVIVALENTNOG SDOF* SISTEMA

MDOF

SDOF

$$W_E = \sum W_i \quad (1)$$



$$k_E = k \quad (2)$$

$$T_E = T_{MDOF} \quad (3)$$

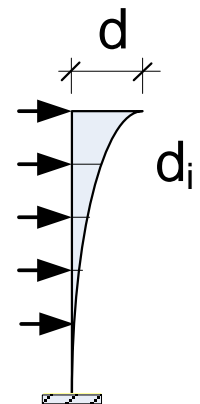
AKO SU (1) I (3) ZADOVOLJENI \Rightarrow OBA SISTEMA IMAJU JEDNAKO PSEUDO UBRZANJE $A(a_g)$ PA I SEZMIČKU

SILU
$$\mathbf{S} = m \cdot \mathbf{a}_g \cdot \mathbf{A}(a_g) = \frac{W_E}{g} \mathbf{a}_g \cdot \mathbf{A}(a_g)$$

\Rightarrow RASPODELA UKUPNE SEIZMIČKE SILE PO VISINI OBJEKTA ODGOVARA POMERANJU U I TONU:

$$\frac{S_i}{\sum_j S_j} = \frac{m_i \cdot d_i}{\sum_j m_j \cdot d_j}$$

$$\Rightarrow S_i = S \frac{m_i \cdot d_i}{\sum_j m_j \cdot d_j}$$



PRIBLIŽNO ODREĐIVANJE PERIODA OSCILOVANJA ZGRADA:

a) EMPIRIJSKI

AB RAMOVI: $T_1 = 0,061 \cdot H^{0,75}$ $H = \dots [m]$

AB ZIDOVI: $T_1 = 0,09 \cdot H/(L)^{1/2}$

ILI: $T_1 = (0,06 \div 0,09) \cdot n$

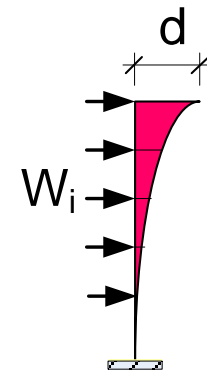
n - BROJ SPRATOVA

L - DUŽINA OBJEKTA U PRAVCU ZEMLJOTRESA

b) UPROŠĆEN REJLIJEV METOD:

$T_1 = 2 \cdot (d)^{1/2}$ $d \rightarrow [m]$

W_i – gravitaciono opterećenje koje deluje horizontalno

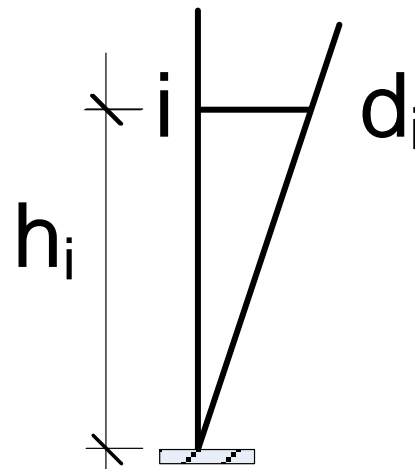


UPROŠĆENJE:

OSNOVNA FORMA OSCILOVANJA U OBLIKU TROUGLA

(LINEARNA):

$$s_i = s \frac{h_i \cdot W_i}{\sum_j h_j \cdot W_j}$$



KORISTEĆI SPEKTAR ODGOVORA:
UKUPNA SEIZMIČKA SILA JE:

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}_d(T_1) \cdot \mathbf{W}$$

$S_d(T_1)$ - ORDINATA PROJEKTOG SPEKTRA

T_1 - OSNOVNI PERIOD OSCILOVANJA
(PRVI TON)
Najčešće ($T_{1x} \neq T_{1y}$)

W - UKUPNA TEŽINA OBJEKTA