



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



# SPECIAL MOBILITY STRAND

## OSNOVE PRISTUPA U ASEIZMIČKOM PROJEKTOVANJU

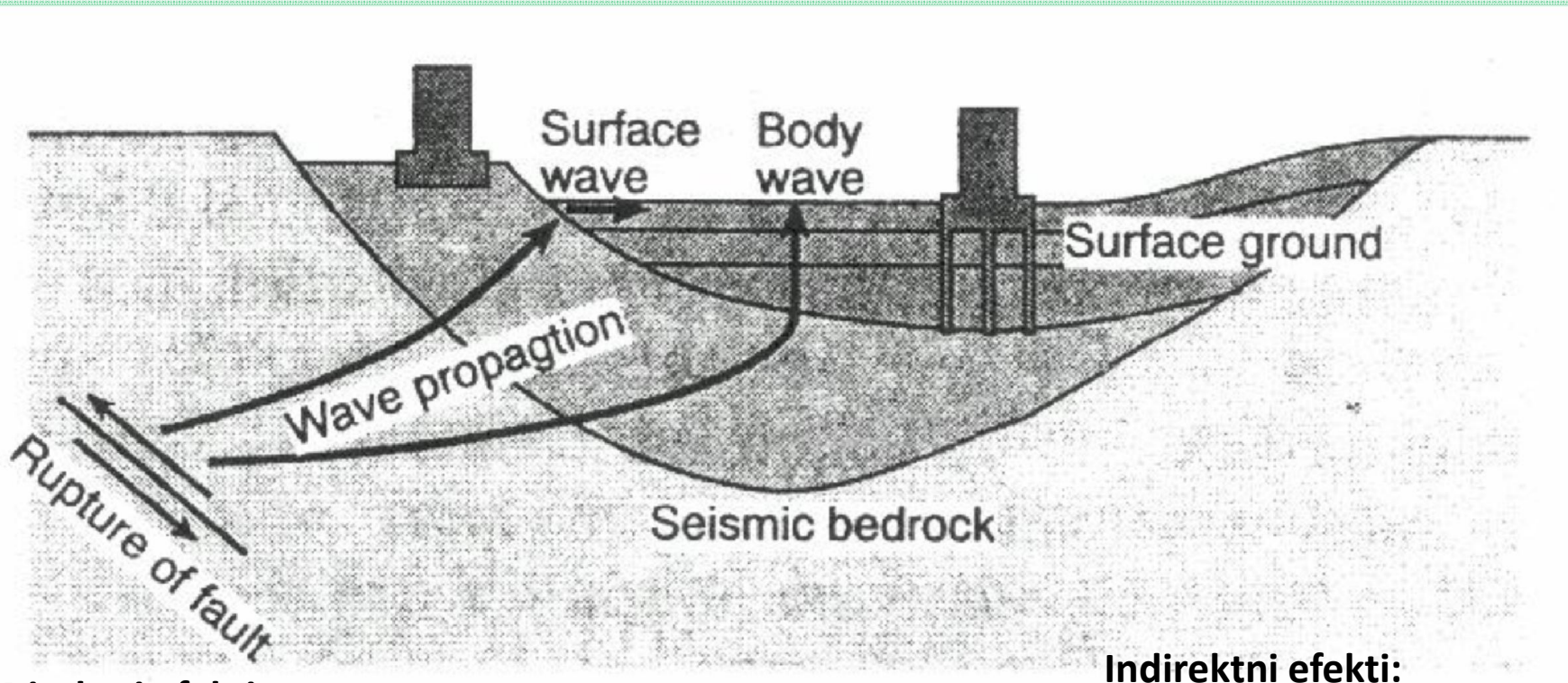
*Prof. dr Mato Uljarević*

*Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banja Luci*

*The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.*

Potres je endogeni proces do kojeg dolazi uslijed pomicanja tektonskih ploča, a posljedica je podrhtavanje Zemljine kore zbog oslobađanja velike količine energije.

Gibanje na površini terena je posljedica prolaska i modifikacija talasa od izvora (rasjed) kroz slojeve stijena i tla do površine terena



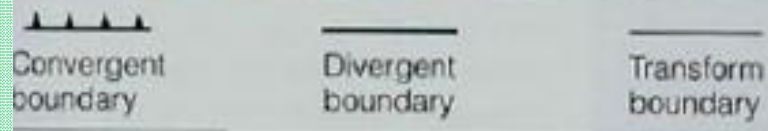
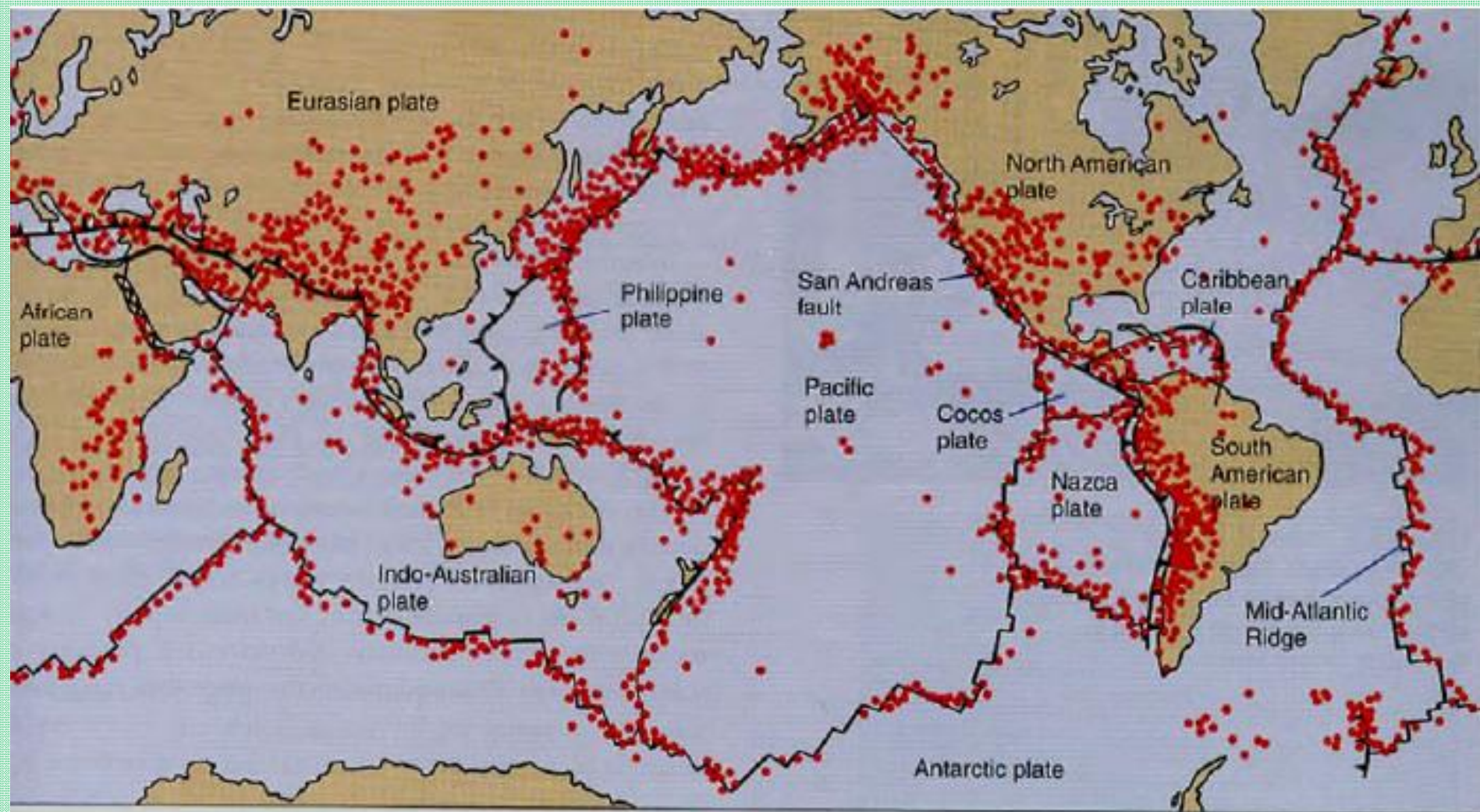
#### Direktni efekti:

- Prolom zemljišta i/ili nestabilnost uslijed proloma
- Vibracije koje se sa geo-podloge prenose na objekat

#### Indirektni efekti:

- Cunami
- Sejše,
- Klizišta
- Poplave
- Požari

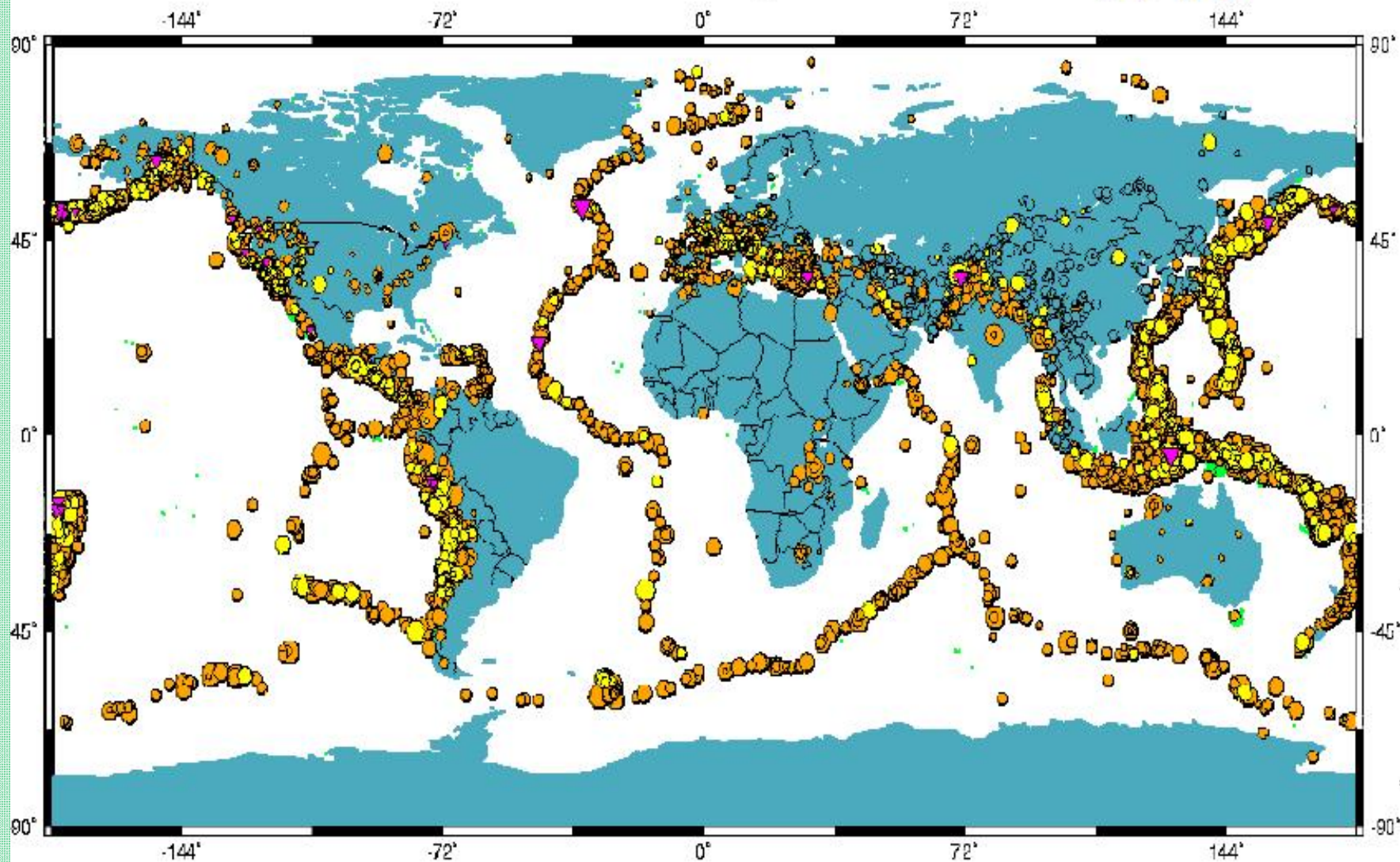






Period: 20.02.1997.-20.02.1998. god.

Magnituda: <4 4-5 5-6 >6

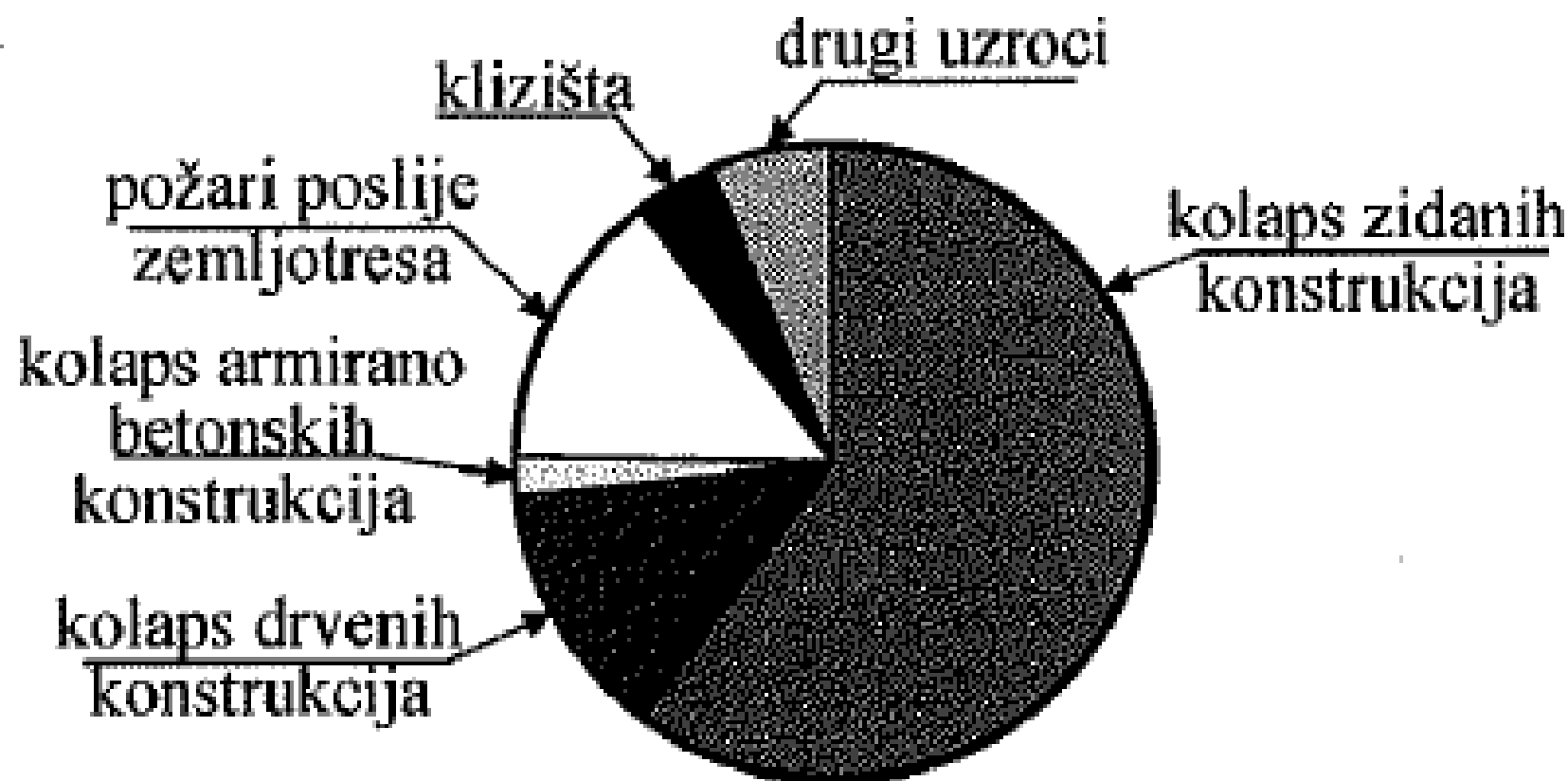


Distribucija jačih zemljotresa dogođenih tokom jednogodišnjeg perioda na Zemlji.

## Uzroci ljudskih žrtava pri dejstvu zemljotresa

Period: 1900 -1949

795.000 poginulih





## Uzroci ljudskih žrtava pri dejstvu zemljotresa

Period: 1950 -1999

700.000 poginulih



### Najznačajniji zemljotresi u 21. vijeku

Lokacija	Zemlja (Oblast)	Datum	Magnituda	Broj poginulih
Bam	Iran	26.12.2003.	6.6	43 000
Sumatra-Adaman	Indijski okean	26.12.2004.	9.1-9.3	230 000
Kashmir	Pakistan	08.10.2005.	7.8	86 000
Sichuan	Kina	12.05.2008.	8.0	69 197
Haiti	Haiti	12.01.2010.	7.0	316 000
Gujarat	Indija	26.01.2011.	6.6	19 727
Tohoku	Japan	11.03.2011.	9.0	18 400

**Dali zemljotresi ubijaju ili ... ???**



## Eskalacija svjetske populacije u novije vrijeme



Progresivni rast broja i dimenzija naselja i gradova u cijelom svijetu

- Seizmički hazard se ne mijenja (nema saznanja da se tlo ispod nas smiruje)
- Povećani broj stanovnika i izgrađenost sredina povećava seizmički rizik
- Statistika pokazuje da su brzina implementacije naučnih saznanja u praksu, kao i mjere koje preduzimamo na zaštiti od zemljotresa, realno manje od brzine rasta seizmičkog rizika



## Bitno različiti standardi projektovanja i građenja objekata u pojedinim zemljama

Broj poginulih od dogođenih zemljotresa:

Lokacija	Oblast/Zemlja	Godina	Magnituda	Broj poginulih ljudi
Loma Prieta	Kalifornija-SAD	1989.	6.9	≈60
Agadir	Maroko	1960.	5.9	14.000
Pri Landers	Kalifornija-SAD	1992.	7.3	1
Kašmir	Pakistan	2005.	7.8	86.000
Indijski okean		2004.	9.1-9.3	230.000

### Loša pripremljenost

Primjer: Nepostojanje plana urgentnog odgovora i pripremljenosti može se navesti katastrofni zemljotres u Indijskom okeanu od 26.12.2004. god., kada je uslijed cunamija izgubljeno 230.000 ljudskih života u pretežno siromašnim zemljama tog regiona.

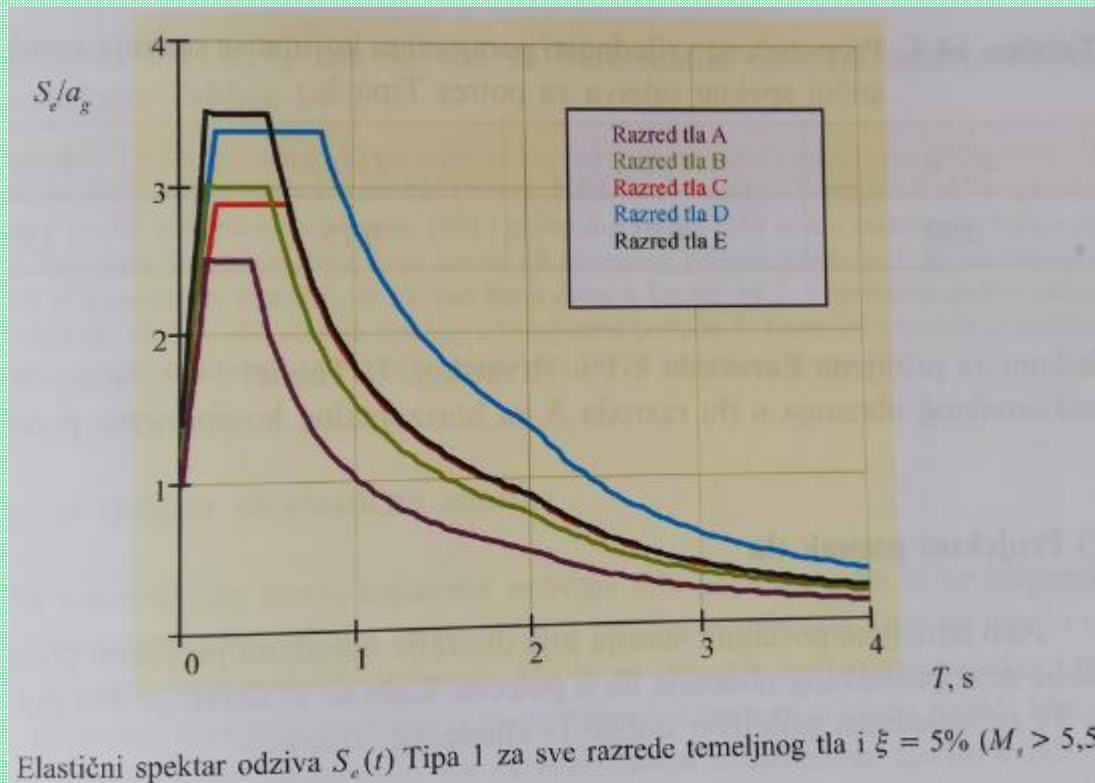
Postojanje sistema detekcije i praćenja cunamija, kao i sistema upozoravanja u tom području je moglo značajno ublažiti ovu katastrofu.

## Uticaj vrste temeljnog tla na vrijednosti seizmičkog opterećenja

### Razredi temeljnog tla

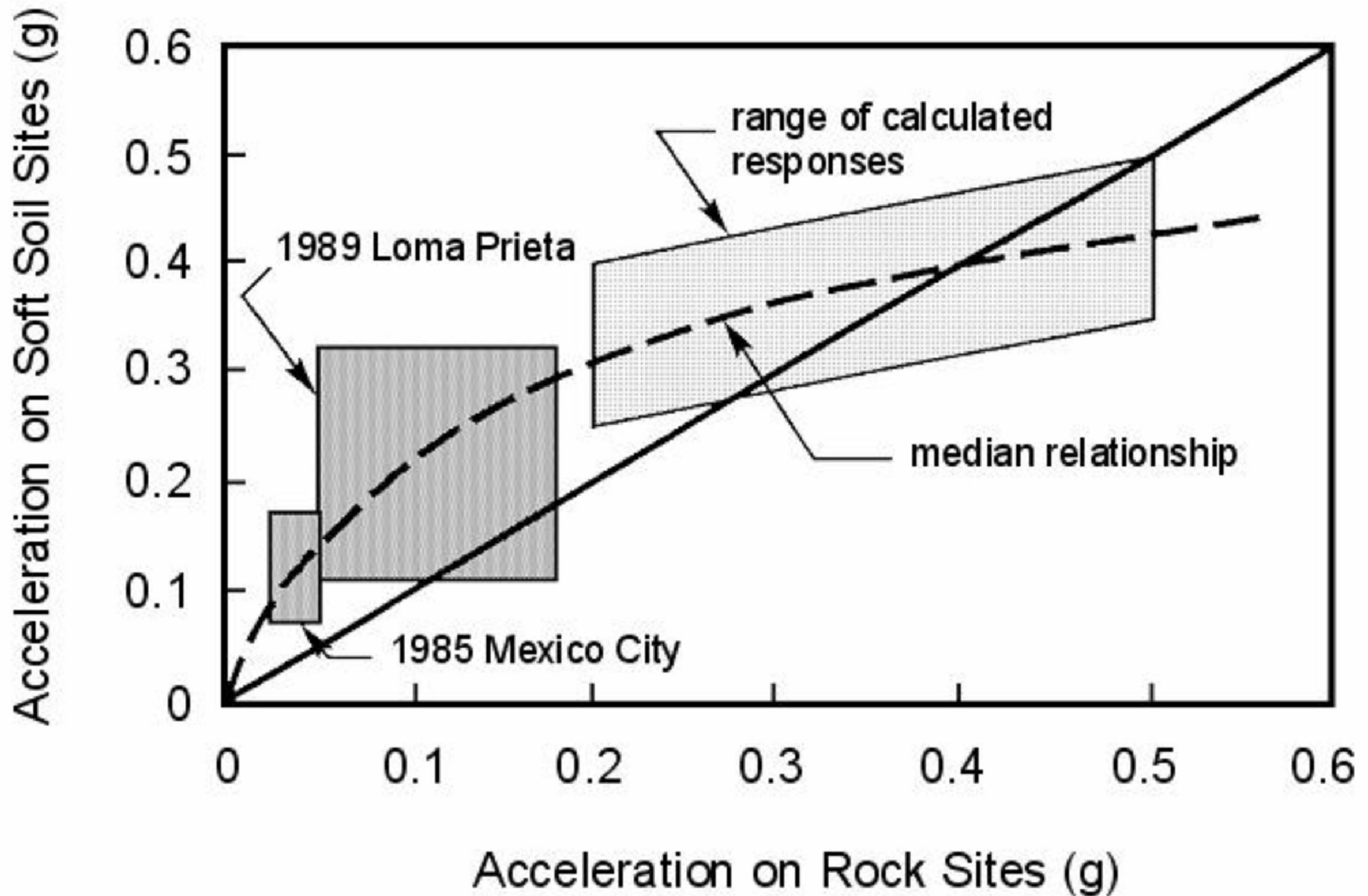
Razred tla	Opis tla	$v_{s,30}$ (m/s)
A	Stijena ili druga geološka formacija slična stijeni, uzimajući u obzir najviše 5 metara slabijeg materijala na površini	>800
B	Depoziti vrlo zbijenog pijeska, šljunka ili tvrde gline, najmanje dubine nekoliko desetina metara, s postupnim povećanjem mehaničkih karakteristika tih materijala s dubinom	360-800
C	Duboki depoziti zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili tvrde gline debljine od nekoliko desetina do više stotina metara	180-360
D	Depoziti nekoherentnog tla (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili prevladavajuća meka do tvrda koherentna tla	<180
E	Profil tla čine površinske aluvijalne naslage sa vrijednostima $v_s$ kao u slučaju tla <b>C</b> ili <b>D</b> , čije su debljine između 5 i 20 metara, a nalaze se iznad krutog materijala s vrijednostima $v_s > 800$ m/s	





- Za važnije građevine ili za nepovoljna temeljna tla (tipovi D, E) potrebna su detaljnija geotehnička i geofizička istraživanja
- Za uspostavu seizmičkog profila potrebni su podaci o dubljim slojevima tla – do stijene ili tla tipa **A**
- Dubina od **30m** u EC8 je kompromisno određena dubina uticaja. Za dublje aluvijalne naslage preporučljivo barem jedna bušotina od **50m** ili do tvrde podloge – **kombinovana geotehnička i geofizička istraživanja**



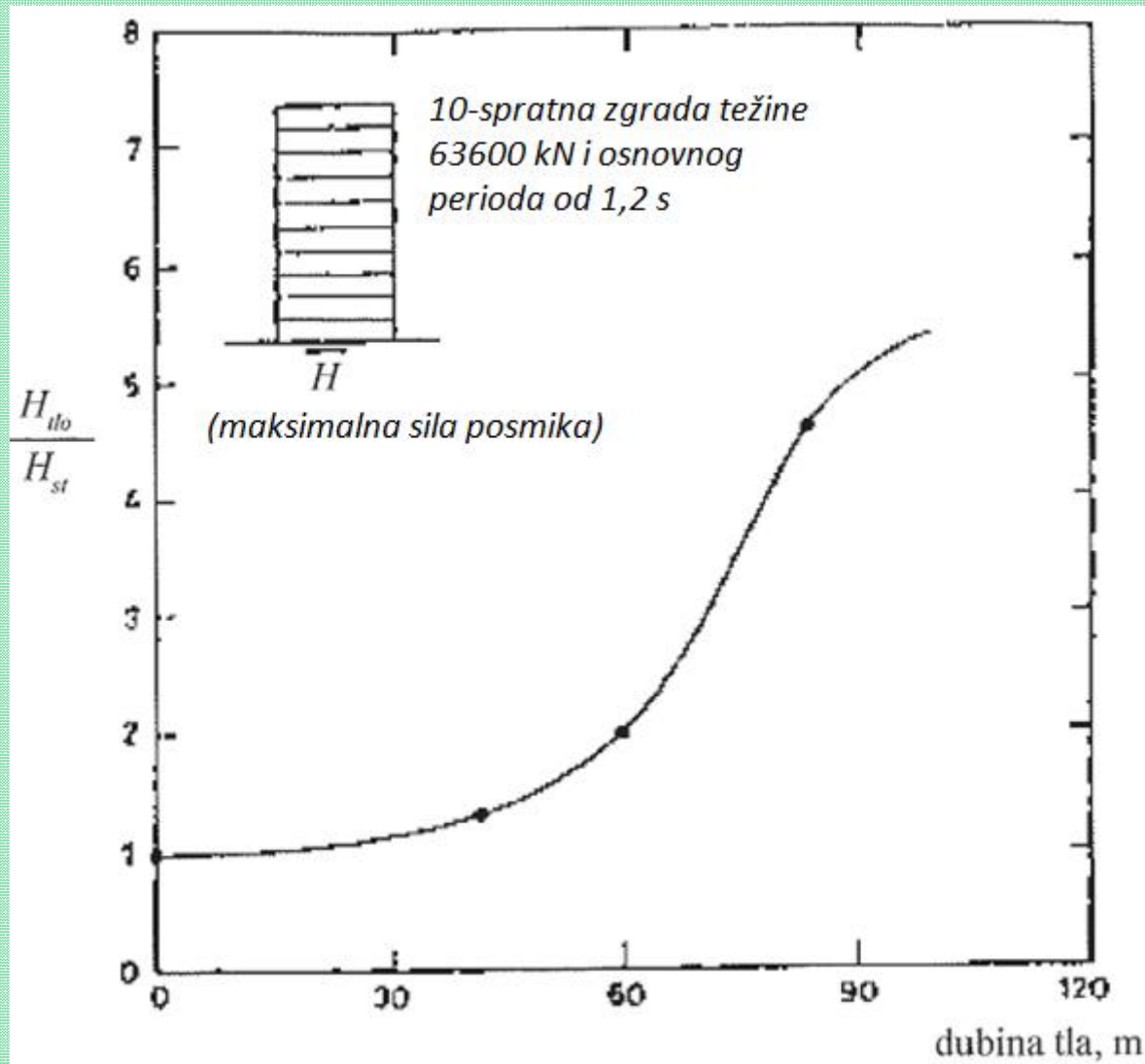


Za mekša tla :

Amplifikacija samo pri manjim seizmičkim ubrzanjima podloge

Pri većim ubrzanjima problem postaju znatni pomaci

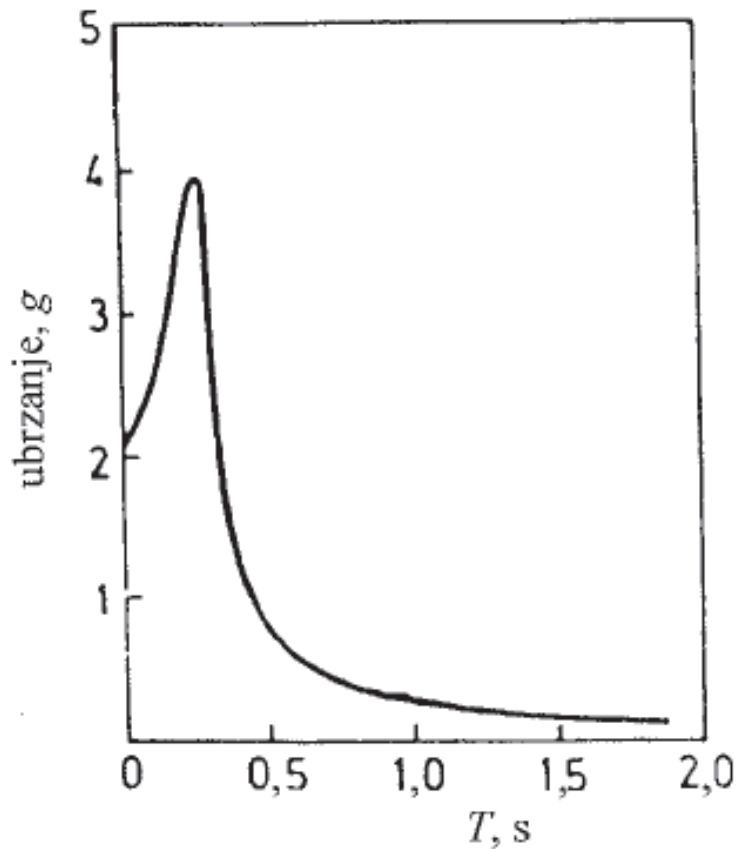




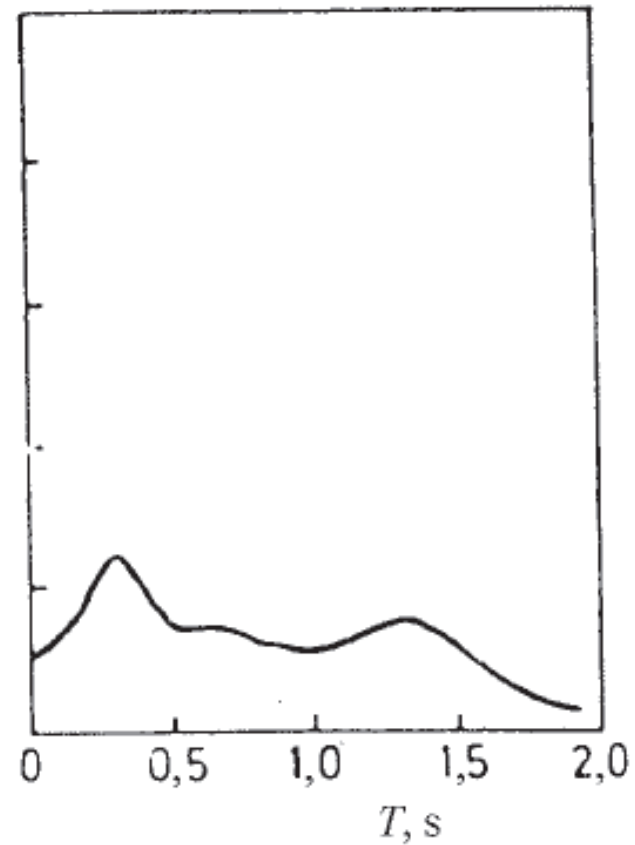
Najvažniji parametar u utvrđivanju vlastitog perioda tla je njegova **dubina iznad osnovne stijene**.

*Uticaj dubine tla na maksimalnu vrijednost ukupne smičuće sile u nivou temelja za zgradu, prema skici, pri potresu u San Fernandu, Kalifornija (Seed)*

a) osnovna stijena



b)



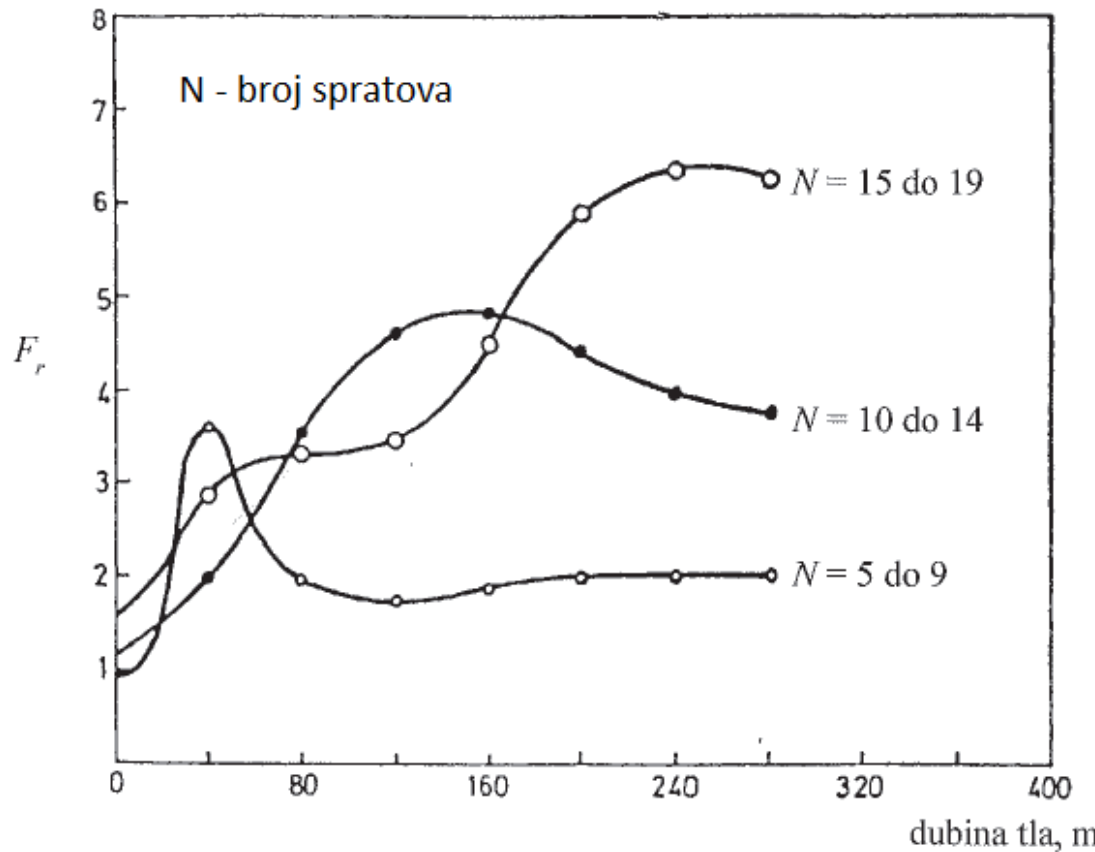
Usporedni prikaz vrijednosti ubrzanja za građevinu temeljenu na stijeni(a) i na tlu određene debljine, kada se vrijednosti ubrzanja za periode između 1.0 s i 1.5 s povećavaju nekoliko puta (b).



Indeks moguće oštećenosti konstrukcije:

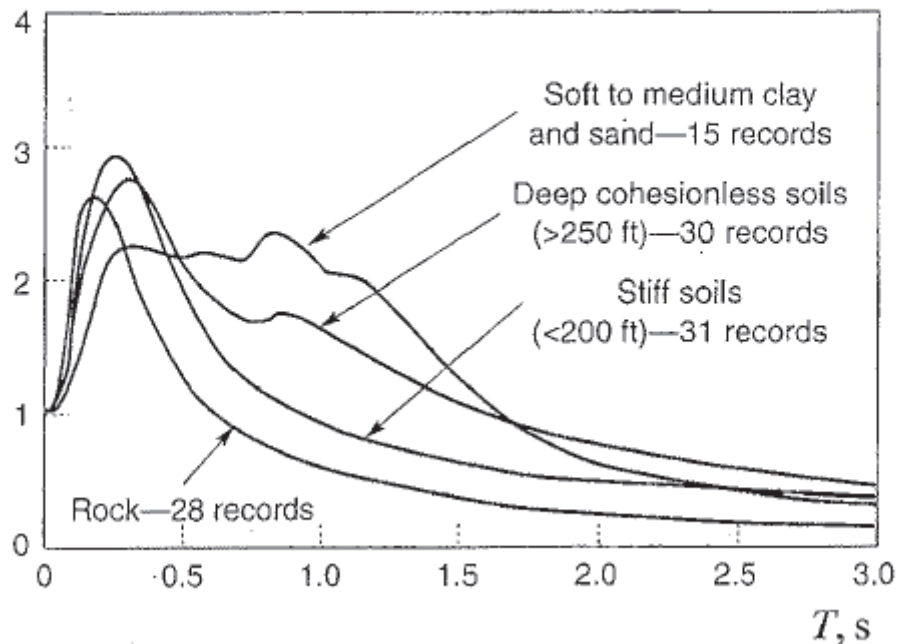
$$F_r = \frac{(B.S.)_{\max} T}{W \cdot C}$$

**T** – osnovni peiod građevine  
**W** – težina građevine  
**C** – koeficijent projektlog bočnog opterećenja



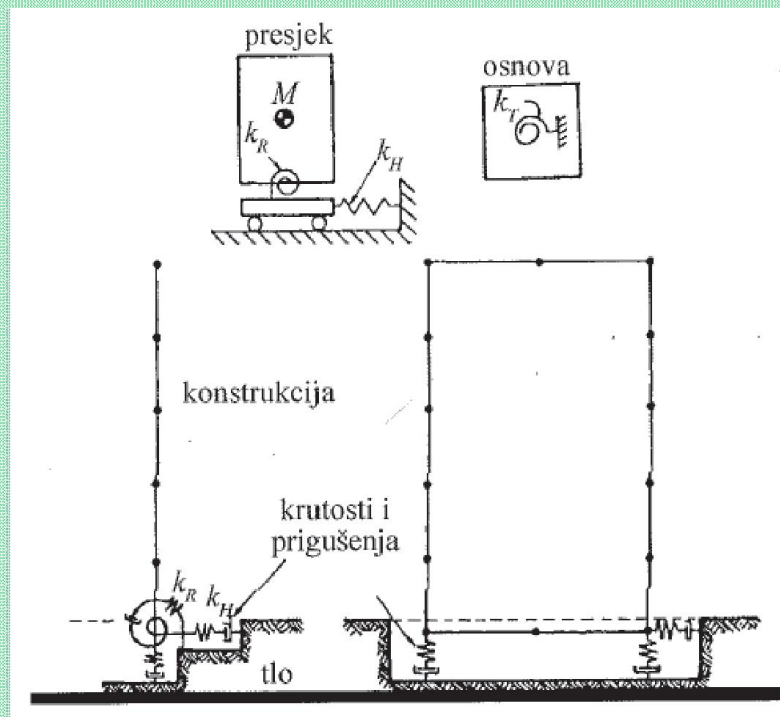
Caracas, 1967. M=6.3  
35 milja zapadno od Caracasa  
U Caracasu srušene (u potpunosti) 4  
zgrade visine 10-12 spratova, preko  
200 poginulih

spektralno ubrzanje  
maksimalno ubrzanje tla



Prosječni normalizirani spektri odziva za razne vrste tla,  $\xi = 5\%$

$$T_1^2 = T_S^2 + T_R^2 + T_H^2 + T_T^2$$



$T_1$  – osnovni vlastiti period vibracija konstrukcije na deformabilnoj podlozi

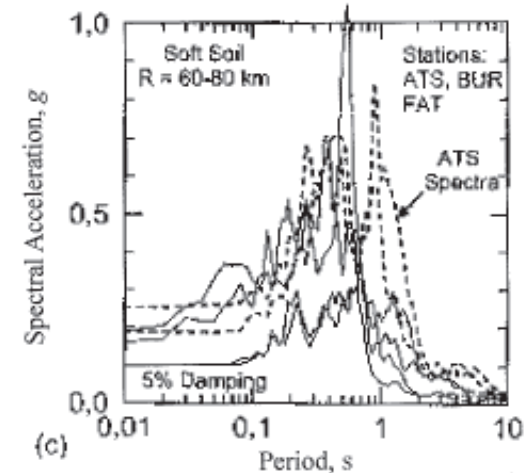
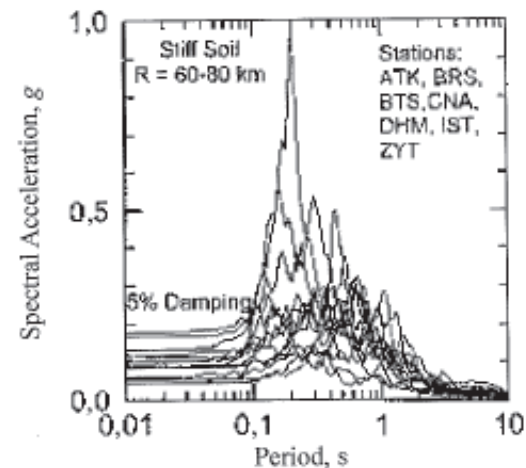
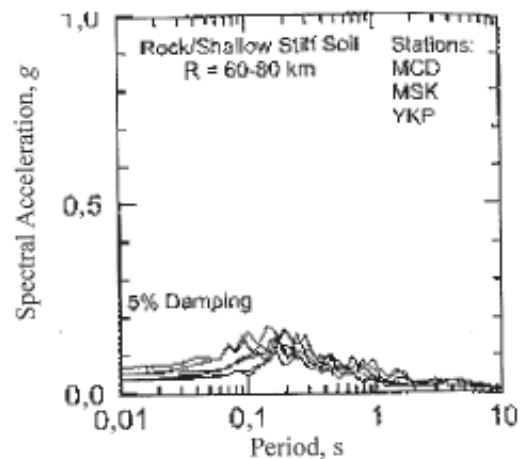
$T_S$  – osnovni vlastiti period vibracija konstrukcije na krutoj podlozi

$T_R$  – karakterističan period deformabilnosti tla u vertikalnoj ravni (**Rocking**)

$T_H$  – karakteristični period deformabilnosti tla u horizontalnom pravcu (**Horizontal**)

$T_T$  – karakteristični period torzijske deformabilnosti tla u horizontalnoj ravni (**Torsional**)





Spektri odziva tla u potresu Izmit (Kocaeli), Turska 1999 dobiveni na:

- (a) Stjenovitoj podlozi
- (b) Kvalitetnom krutom tlu
- (c) Mekom tlu



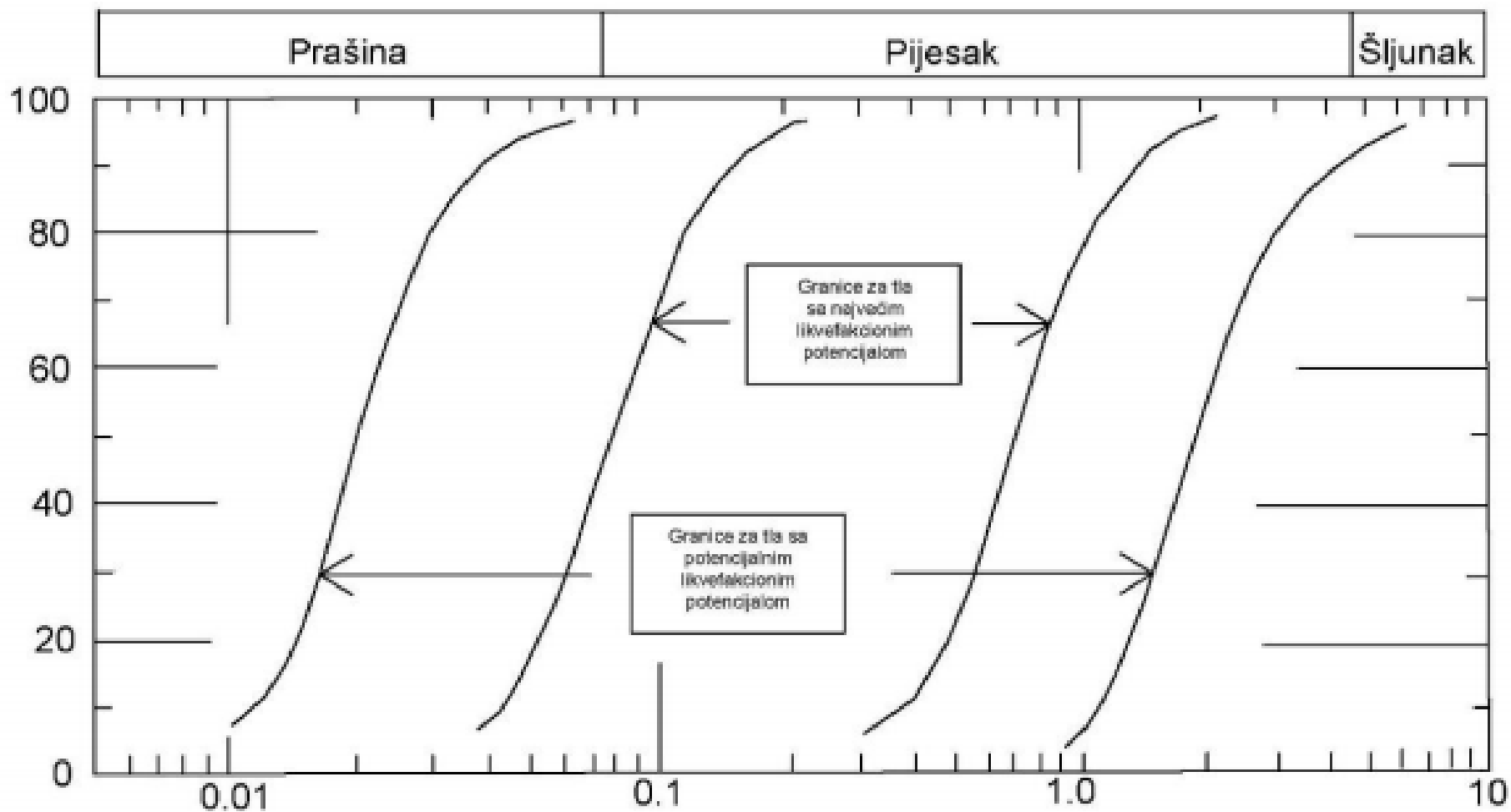
Da li su ovolika urušavanja rezultat zastarjelih propisa primijenjenih u projektovanju građevina koje su se urušile (nije se obuhvatio uticaj temeljnog tla na veličinu seizmičkog djelovanja)?



## Ocjena likvefakcijskog potencijala



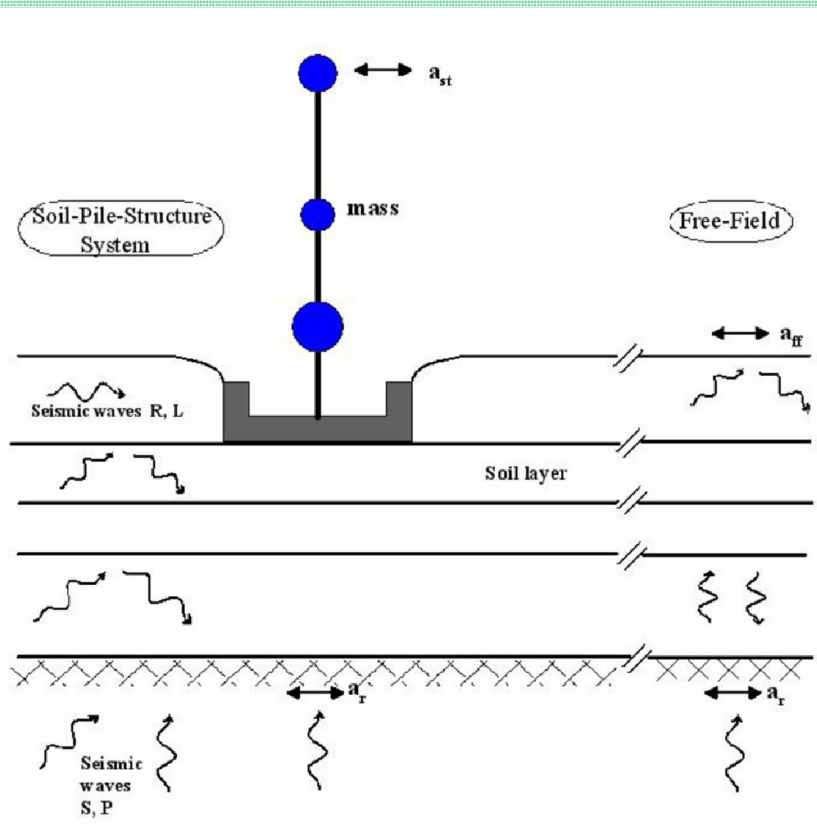




*Likvefacioni potencijal tla (Tsuchida, 1970)*

## Međudjelovanje (interakcija tlo-konstrukcija)

- Za većinu građevina djeluje povoljno, pa se ne uzima u obzir
- Treba je uzeti u obzir (potencijalno nepovoljna) za:
  - konstrukcije gdje se uzimaju u obzir efekti 2 reda,
  - masivne ili duboke temeljne konstrukcije (stubovi mostova, offshore kesoni, silosi),
  - uske visoke konstrukcije (dimnjaci, tornjevi),
  - konstrukcije na vrlo mekom tlu sa  $v_s < 100$  m/s



- Slojevi tla daleko od konstrukcije podvrgnuti su seizmičkoj pobudi koju čine razni nadolazeći talasi: P,S,R,L

- Seizmički pomaci tla prisiljavaju na pomake ukopani temelj, i posljedično gornju konstrukciju. Pomaci temelja razlikuju se od pomaka tla (razlika krutosti temelja i tla) – **kinematska interakcija**

- Pomaci temelja izazivaju vibracije gornje konstrukcije; razvijaju se inercijalne sile i momenti koji se prenose na osnovicu – temelje i okolno tlo-**inercijalna interakcija**



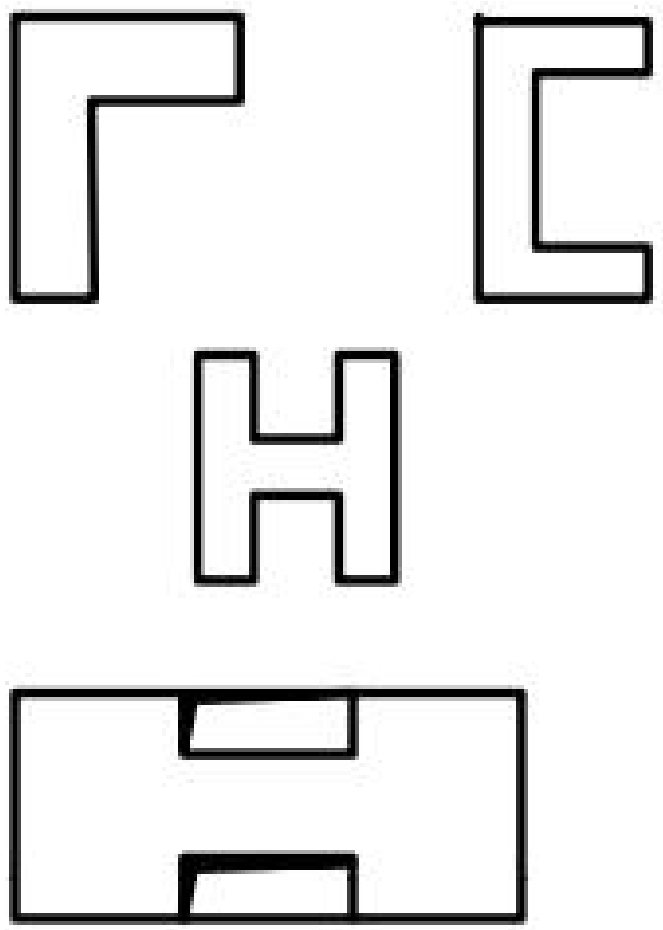
Efekti kinematske interakcije se zanemaruju (osim kod šipova) kad se istovremeno pojave sljedeći uslovi:

- Temeljno tlo je tipa D, ili E (meke gline ili likvefabilna tla)
- Područje umjerene ili visoke seizmičnosti-  $a > 0.1 g$
- Važnost građevine III ili IV

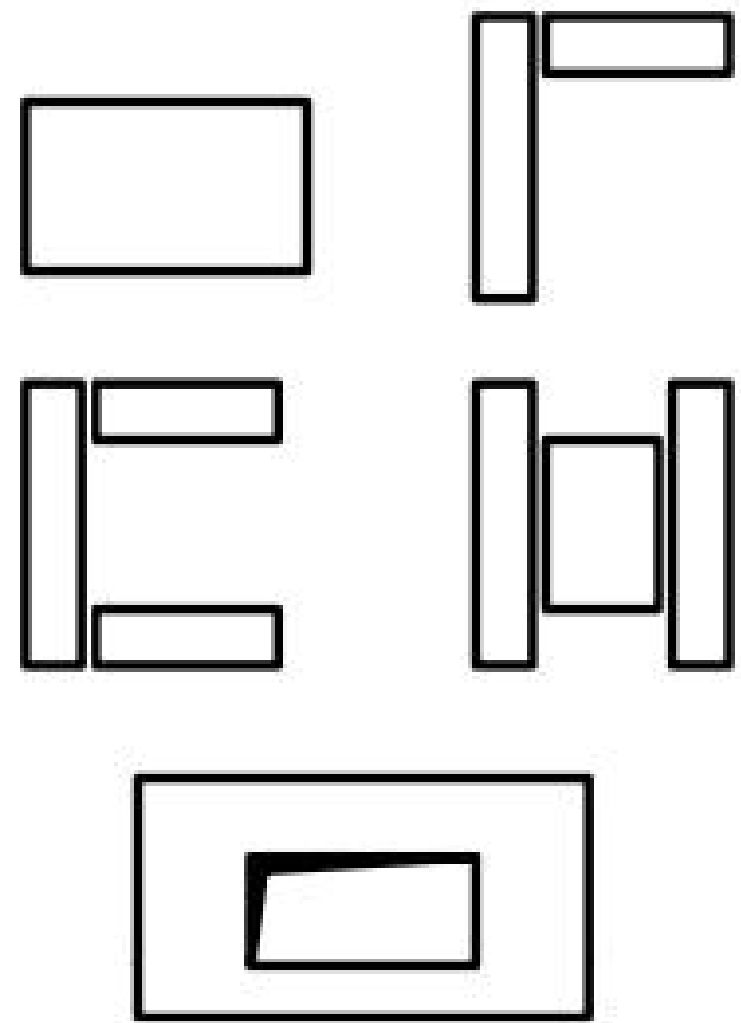
**VAŽNO JE ISTAĆI DA LOŠE KONCIPIRANOJ (OBLIKOVANOJ) KONSTRUKCIJI NIJEDAN INŽENJER KONSTRUKTER NE MOŽE OBEZBIJEDITI NJENO ZADOVOLJAVAJUĆE SIGURNOSNO PONAŠANJE PRI ZEMLJOTRESU!**

PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – HORIZONTALNA KONFIGURACIJA

Nepovoljno

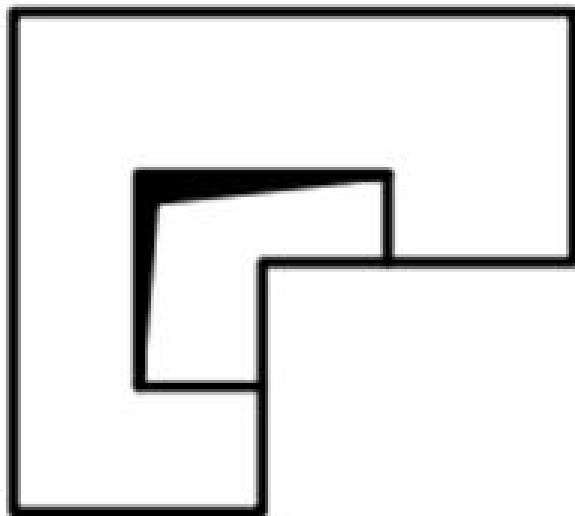


Povoljnije

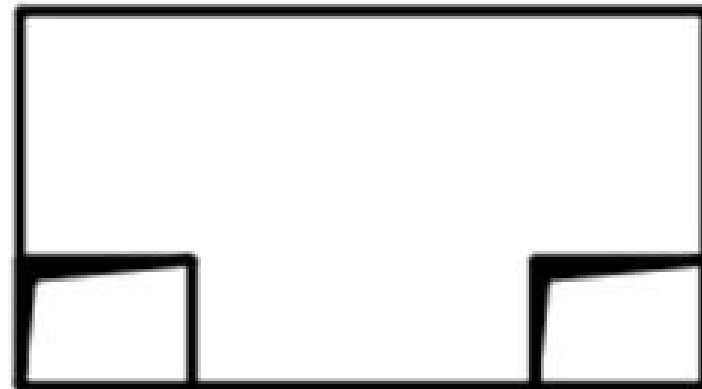
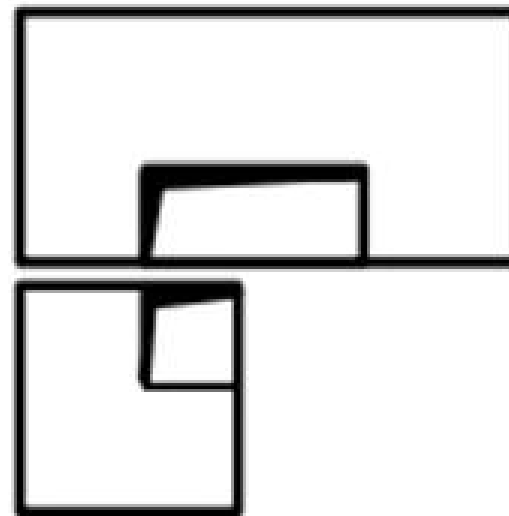




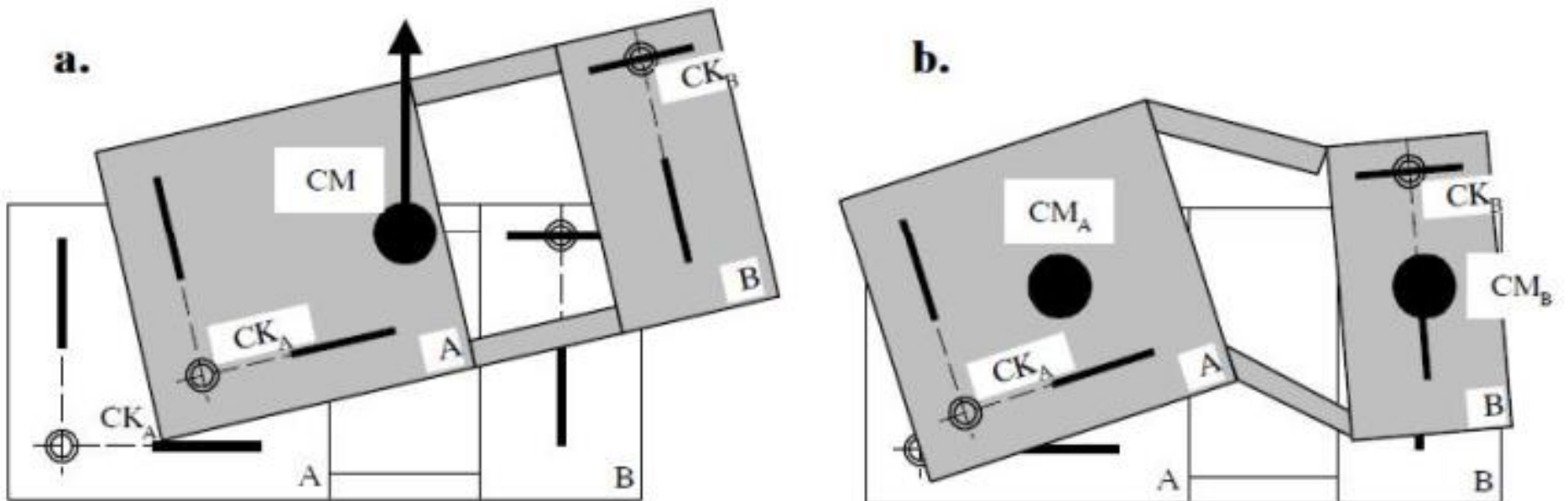
Nepovoljno



Povoljnije

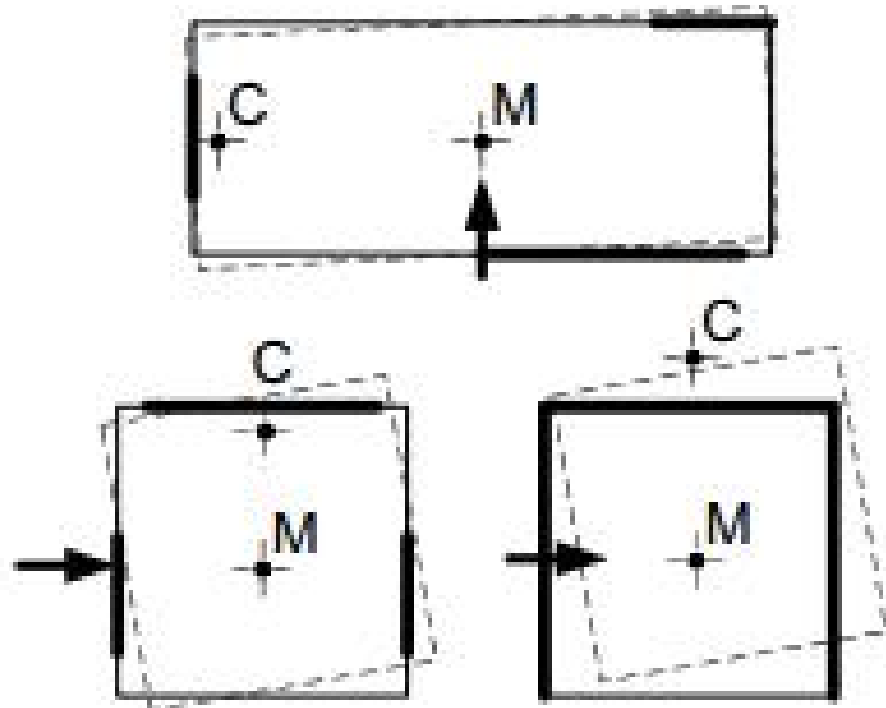


## Krutost tavanica

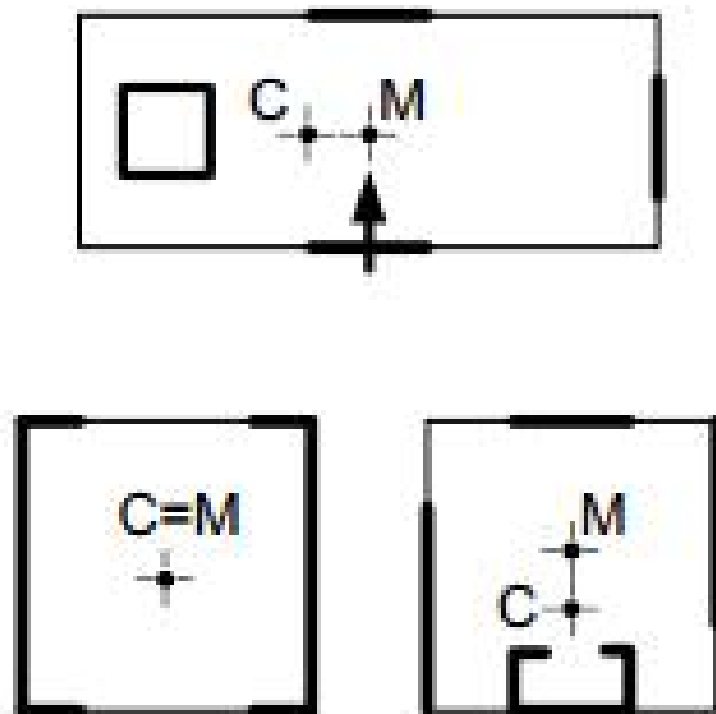




## Nepovoljno



## Povoljnije



# PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – VERTIKALNA KONFIGURACIJA

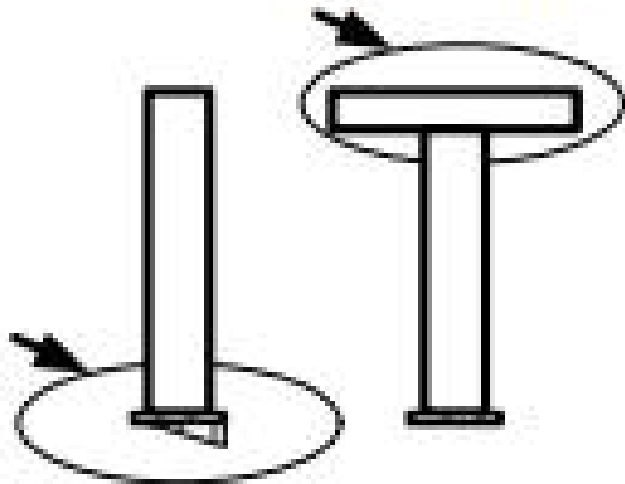
Sa aspekta usvajanja vertikalne konfiguracije, potrebno je razmotriti (uvažiti) slijedeće:

- Globalni oblik i vitkost,
- Dozvoljena visina objekta,
- Konzolni ispusti,
- Ujednačen i kontinualan transfer seizmičkih sila,
- Fleksibilni (slabi) sprat,
- Diskontinuiteti vertikalnih elemenata,
- Sažimanje osnove po visini (setback),
- Kratki stubovi,
- Premošćavanje zgrada,
- Uslovi vertikalne regularnosti po EC-8

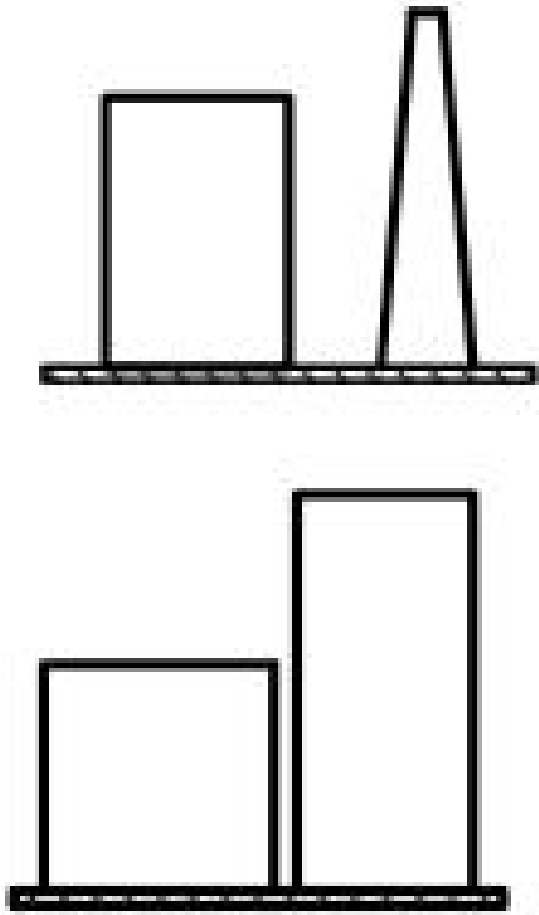


PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – VERTIKALNA KONFIGURACIJA

Nepovoljno

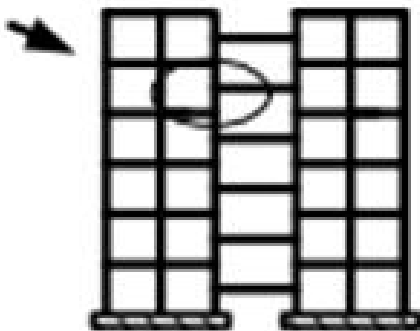
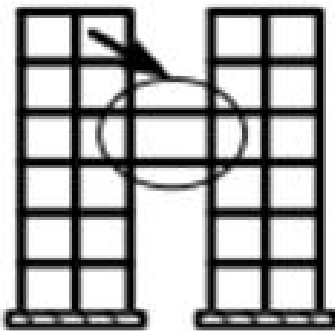
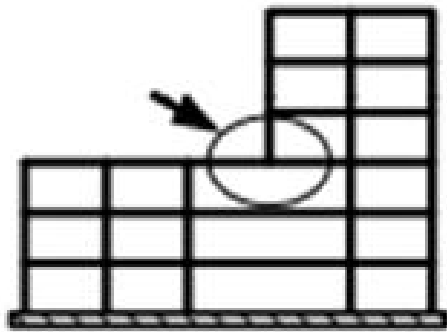


Povoljnije

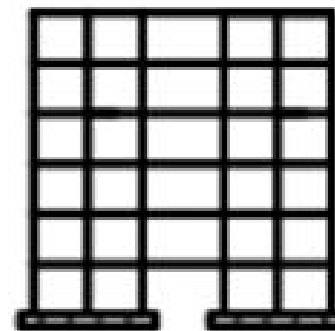
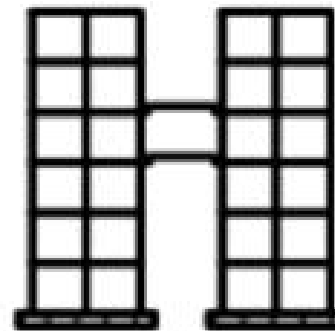
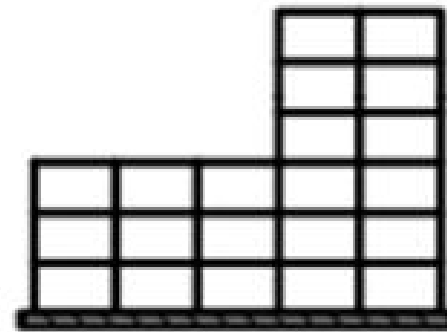


# PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – VERTIKALNA KONFIGURACIJA

Nepovoljno



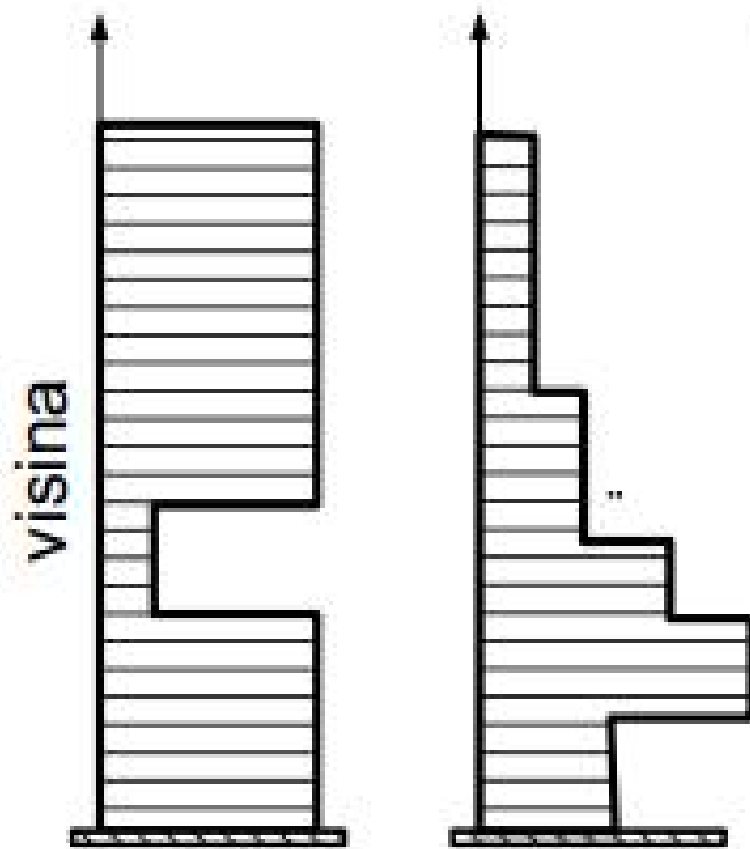
Povoljnije





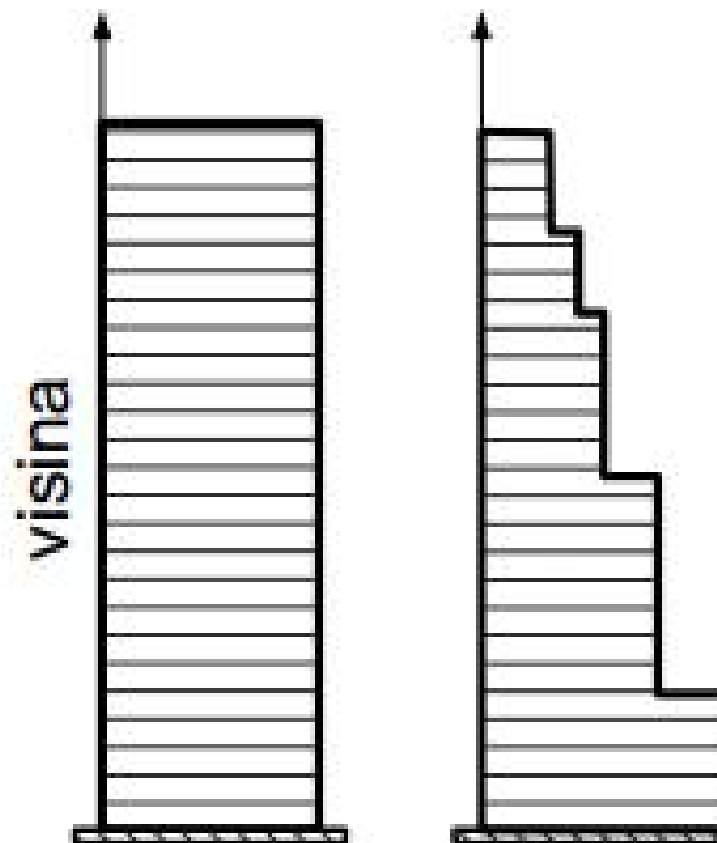
# PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – VERTIKALNA KONFIGURACIJA

## Nepovoljno



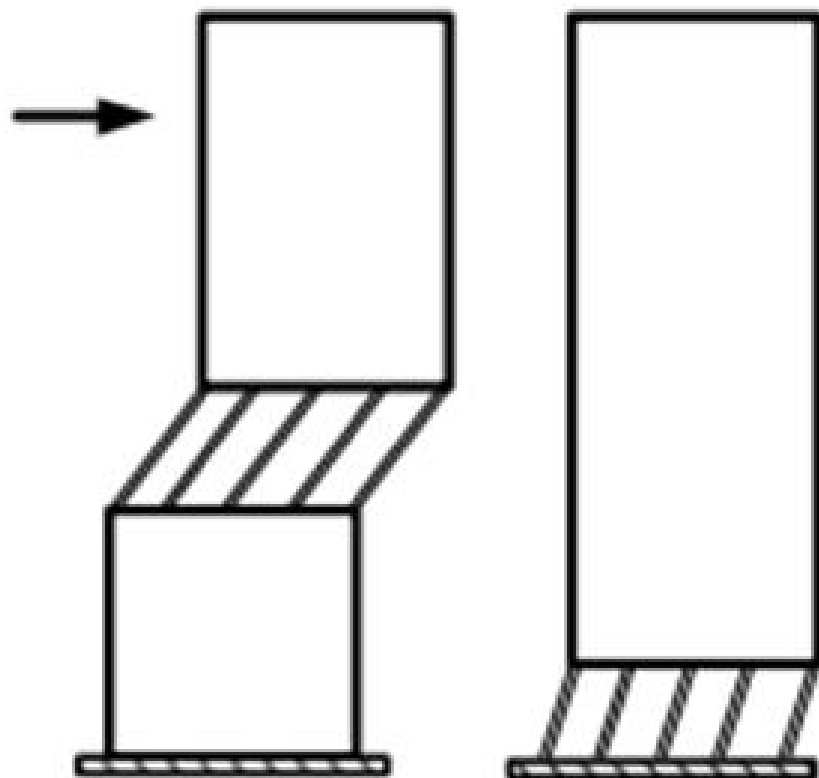
krutost

## Povoljnije



krutost

## Nepovoljno



«fleksioni»  
sprat

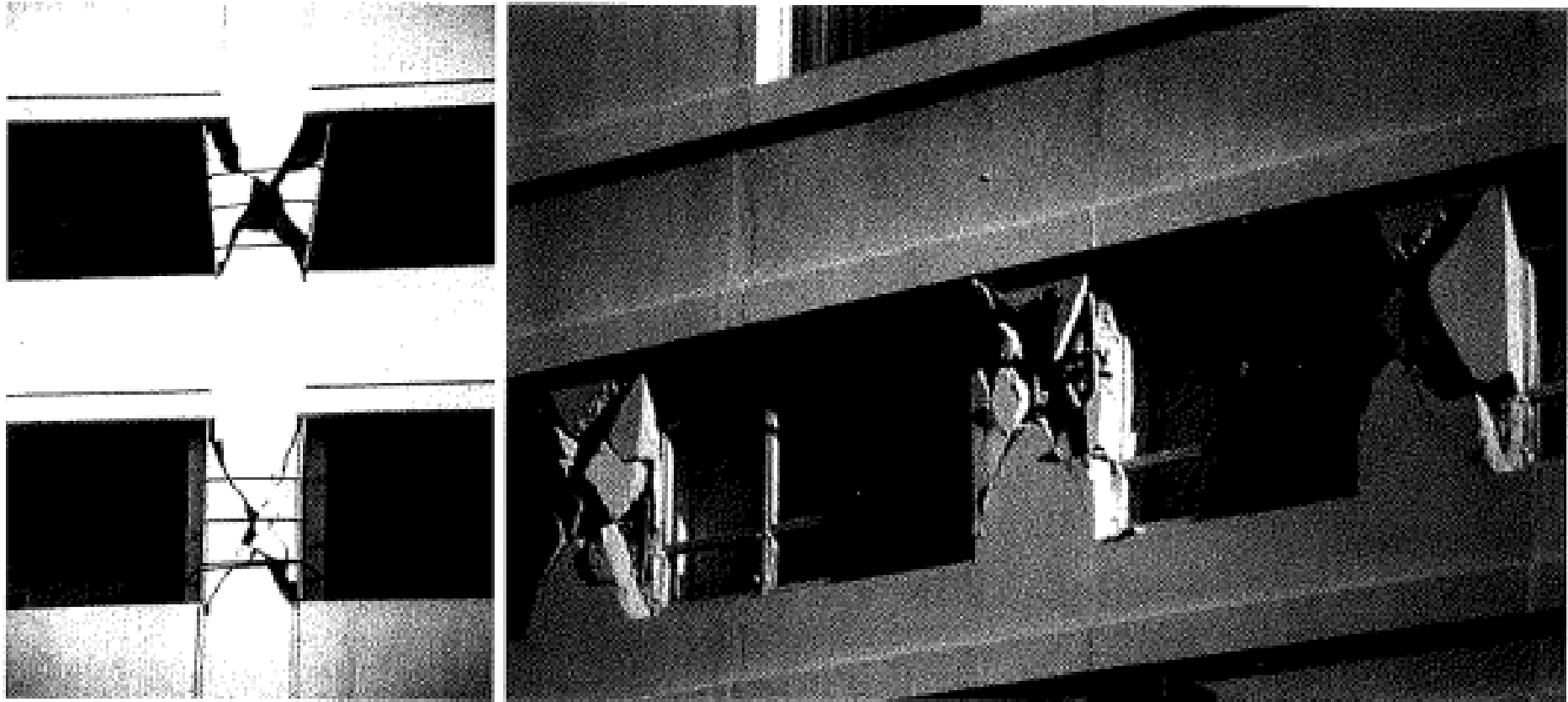
## Povoljnije



kontinualna  
deformacija



## PRINCIPI OBLIKOVANJA ZGRADA – VERTIKALNA KONFIGURACIJA



Dijagonalne prsline i lom usled smicanja kod kratkih stubova  
(Northridge, California, 1994)

Sprovođenje zaštite od zemljotresa je zbog njegove multidisciplinarnosti veoma kompleksan proces koji bi podrazumijevao:

- Utvrđivanje seizmičkog hazarda,
- Poznavanje savremenih dostignuća na polju zemljotresnog inženjerstva i njihovu primjenu prilikom prostornog i urbanističkog projektovanja, kao i pri seizmičkom projektovanju građenju i održavanju izvedenih odnosno postojećih objekata
- Adekvatnu pripremljenost,
- Organizovano upravljanje u vanrednim prilikama, uključujući i oporavak nakon zemljotresa.

S druge strane , motivisanje društva da sprovede razne mjere zaštite od zemljotresa nije lako:

***„Stvaranje klime u društvu o neophodnosti prevencije nije jednostavno. Dok troškovi prevencije moraju biti plaćeni u sadašnjosti, korist leži u daljoj budućnosti. Šta više, korist nije opipljiva i realna; ona se ogleda prije svega u veličini katastrofalnih posljedica koje se nisu desile“*** Kofi Annan, Generalni sekretar UN,1999



U vezi opšte ugroženosti zemljotresima u svijetu mogu se donijeti slijedeći generalni zaključci:

- Ekonomski gubici se povećavaju sa vremenom
- Nema značajnijeg ukupnog progressa u zaštiti ljudskih života,
- Razvijene zemlje prave progres u zaštiti ljudskih života, ali ne i u smanjenju ekonomskih gubitaka
- Kod zemalja u razvoju nema progressa ni u zaštiti ljudskih života, ni u smanjenju ekonomskih gubitaka

**Dali zemljotresi ubijaju ili ... ???**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



**HVALA ZA PAŽNJU**

**Knowledge FOr Resilient soCiEty**



