



# SEIZMIČKI HAZARD

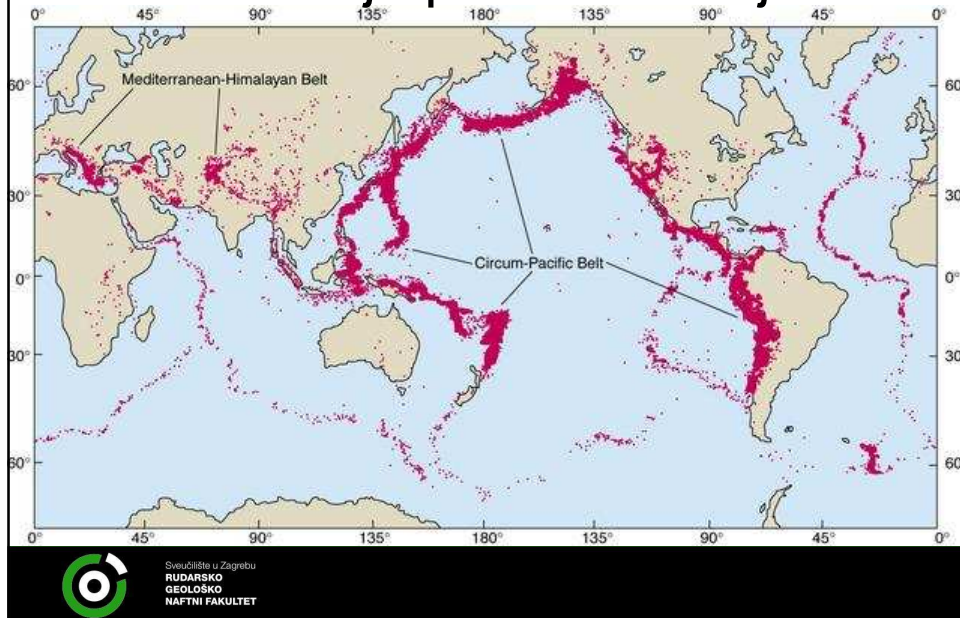
POTRESI

## Uvod

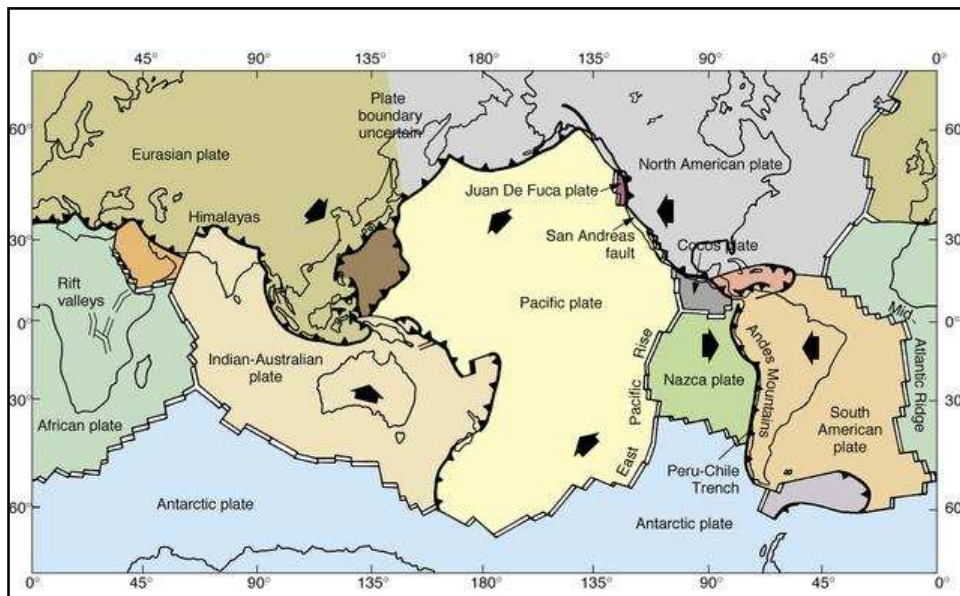
- Potresima prouzročeni procesi predstavljaju opasnost za inženjerske radove u određenim dijelovima svijeta



# Distribucija potresa u svijetu

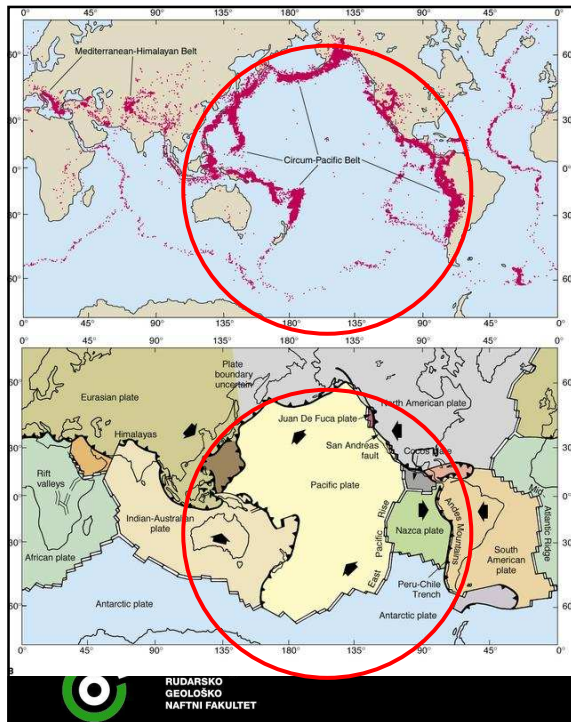


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



granice ploča određene zahvaljujući potresima

Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



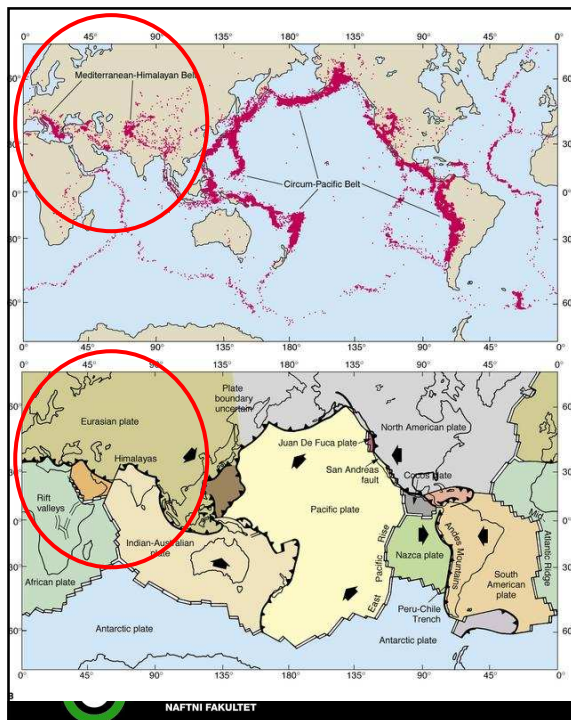
najveća koncentracija potresa u CIRKUM-PACIFIČKOM POJASU:

80% plitkih potresa

90% srednjih potresa

100% dubokih potresa

RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

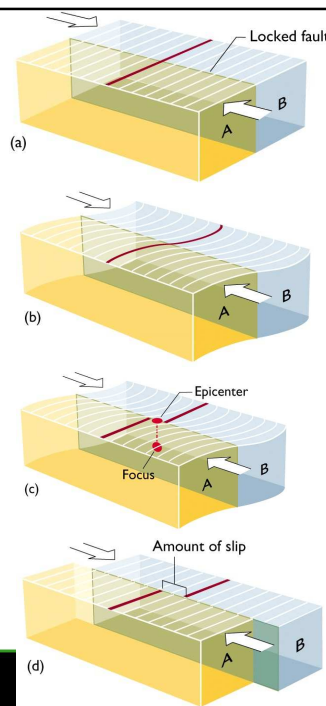


velika koncentracija potresa u MEDITERANSKO-HIMALAJSKOM POJASU:

NAFTNI FAKULTET

# Što je potres?

Podrhtavanje ili potresanje zemlje prouzročeno naglim oslobađanjem energije pohranjene u stijenkama ispod zemljine površine

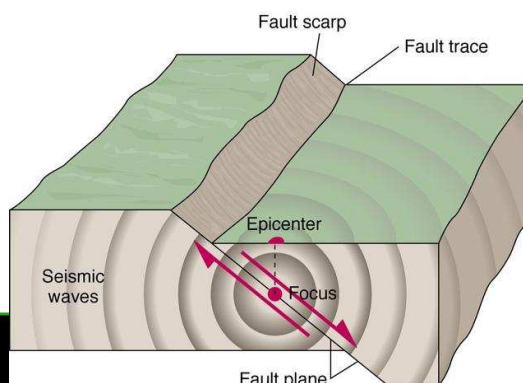


- **seizmički valovi**= valovi energije koji nastaju prilikom potresa (oni uzrokuju potresanje tla)

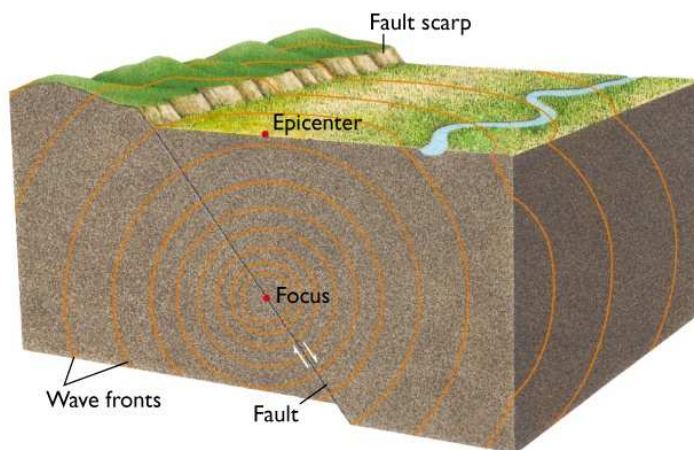
- **hipocentar (fokus) potresa**  
= ishodišna točka seizmičkih valova u ispod površine zemlje (točka inicijalnog sloma i pokreta po rasjedu);

- slom započinje u fokusu i širi se po rasjednoj plohi

- **epicentar** = točka na zemljinoj površini iznad fokusa



## Od fokusa potresa radijalno se šire seizmički valovi



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Seizmički valovi

2 tipa valova koji nastaju za vrijeme potresa:

- **glavni valovi** = seizmički valovi koji putuju kroz zemljinu unutrašnjost, šire se iz fokusa u svim smjerovima
- **površinski valovi** = seizmički valovi koji putuju po površini, šire se iz epicentra

2 tipa glavnih valova:

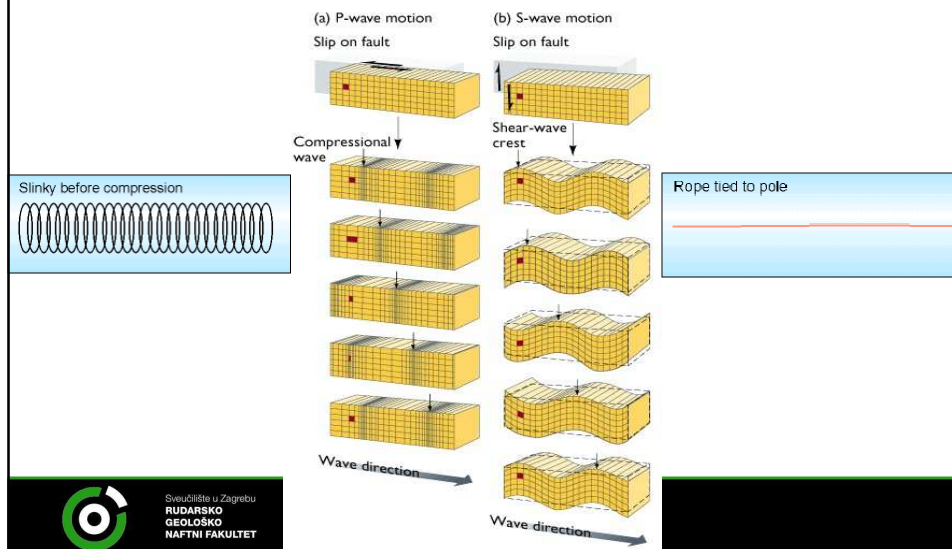
- **P valovi** (kompresijski) 6–8 km/s. Paralelni smjeru kretanja; tkđ. se nazivaju primarni valovi. Slični zvučnim valovima.
- **S valovi** (smičući) 4–5 km/s. Okomiti na smjer kretanja; tkđ. se nazivaju sekundarni valovi. Rezultat posmične čvrstoće materijala. Ne prolaze kroz tekućinu.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

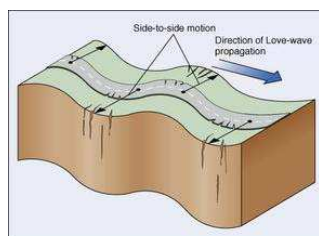


## Usporedba kretanja P-valova i S-valova

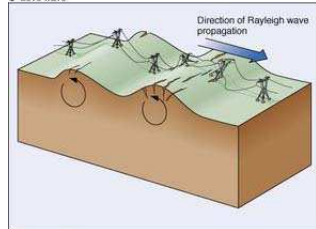


- 2 tipa POVRŠINSKIH VALOVA (sporiji, ali uzrokuju oštećenja zbog gibanja tla):
- **LOVE-ovi valovi** – poput S valova, ali bez vertikalnog pomaka; pomak je u horizontalnoj ravnini, s lijeve na desnu stranu
- horizontalni pomak presijeca temelje zgrada;
- ne šire se kroz vodu, tako da ih se ne može osjetiti na vodi
- **RAYLEIGH-ovi valovi** – poput oceanskih valova, kretanje površine elipsastom putanjom
- mogu biti iznimno destruktivni zbog većeg pokretanja tla i zbog dugotrajnog vremena prolaska

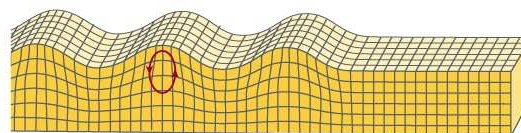
## Dva tipa površinskih valova



C Love wave

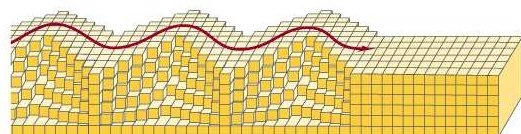


D Rayleigh wave



Wave direction →

(a)



Wave direction →

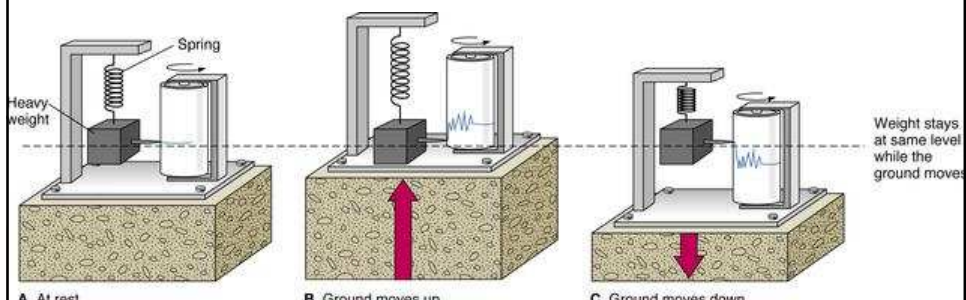
(b)



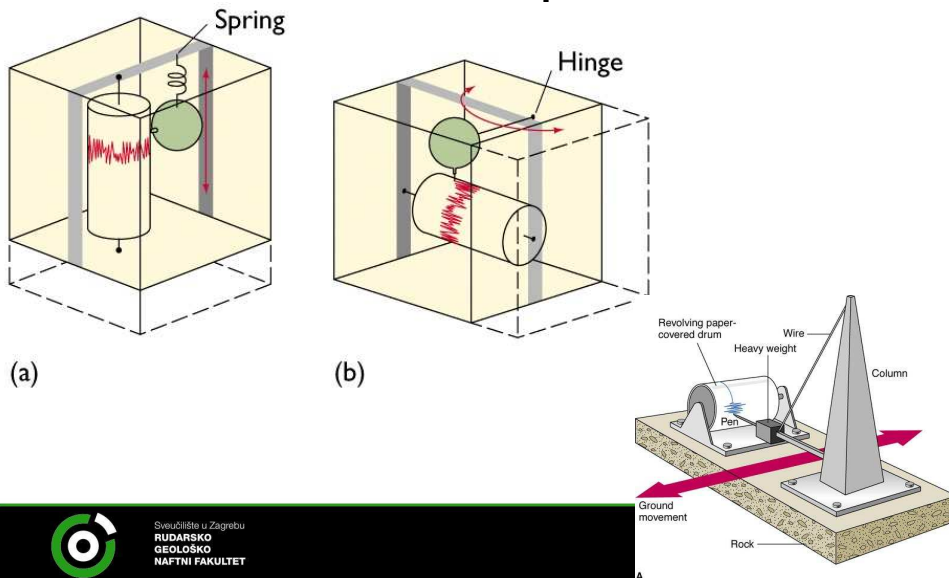
Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Lociranje i mjerenje potresa

- **seizmometar** = instrument za detektiranje seizmičkih valova
- **seizmograf** = uređaj koji zapisuje pokretanje detektirano seizmometrom; zapis vibracija tla je **seizmogram**



# Seizmografi zapisuju vertikalne ili horizontalne pomake

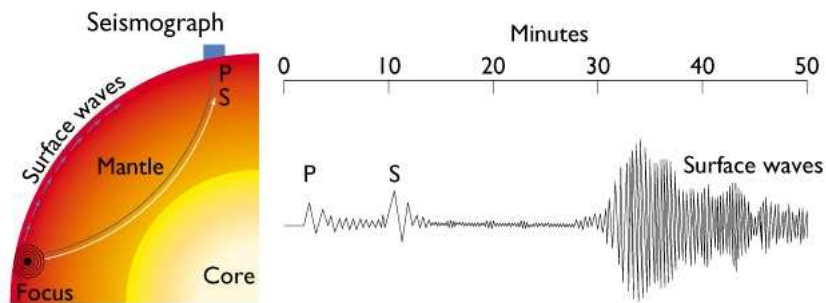


## Suvremeni seizmograf

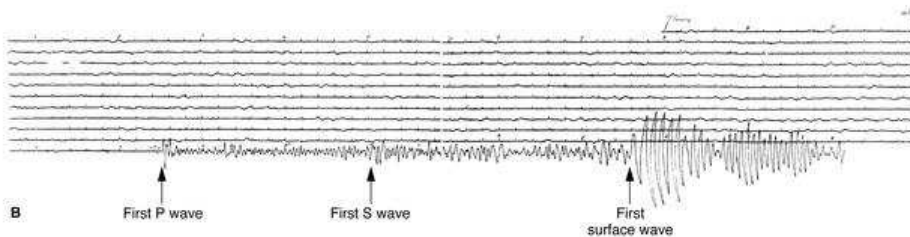




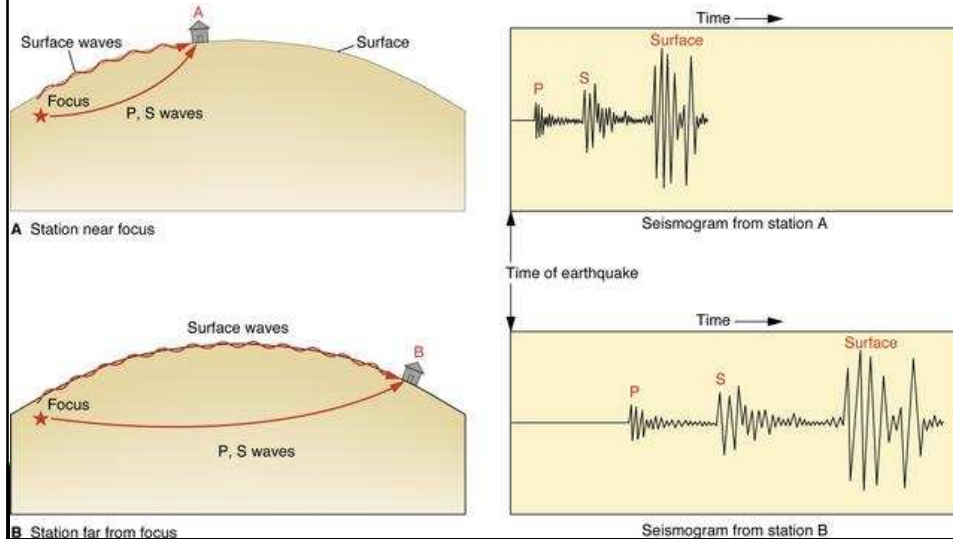
## Zapis seizmografa za tri tipa seizmičkih valova



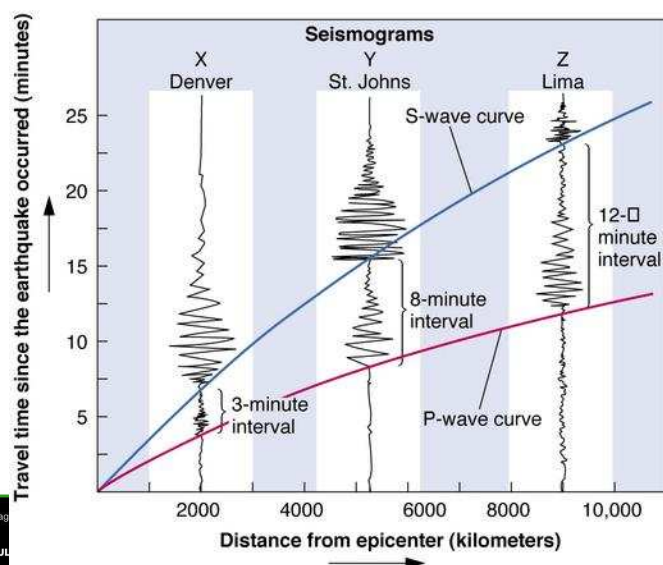
Seizmogram **potresa iz 1967., Taiwan, magnituda 6.2**, registiran u Kaliforniji, 6300 milja udaljenoj; prikazani prvi nailasci P, S i površinskih valova



## Određivanje mjesta nastanka potresa - na osnovi intervala između nailaska P i S valova:

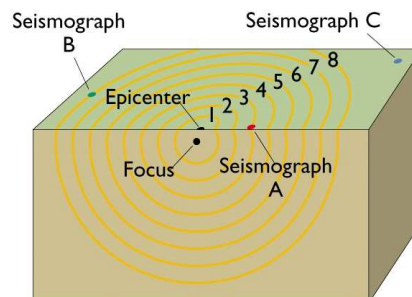


Na temelju intervala P i S valova moguće je odrediti samo radijus udaljenosti lokacije potresa!!! Zato trebaju zapisi više stanica



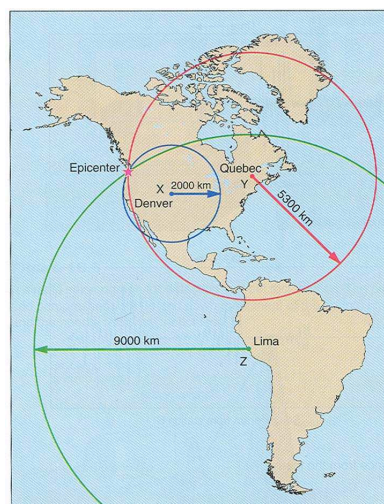
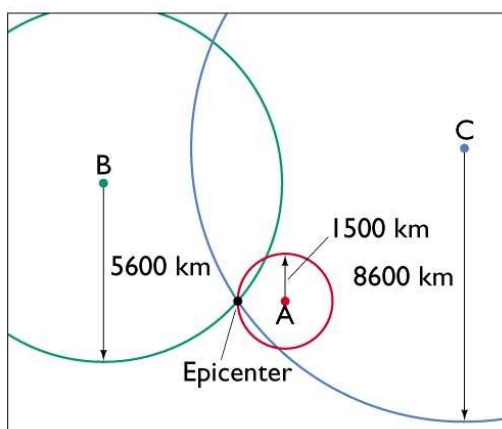
## Lociranje epicentra

- Razlika između vremena nailaska P i S valova je funkcija udaljenosti od epicentra.
- Potrebne 3 stanice da bi se mogla odrediti pozicija epicentra



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET**

## Određivanje lokacije epicentra



**Figure 16.10**

Locating an earthquake. The distance from each of three stations (Denver, Quebec, and Lima) is determined from seismograms and the travel-time curves shown in figure 16.9. Each distance is used for the radius of a circle about the station. The location of the earthquake is just offshore of Vancouver, British Columbia, where the three circles intersect.



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET**

# Seizmologija

- istražuje širenje mehaničke energije koja se može osloboditi potresima ili eksplozijama u Zemlji.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# Mjerenje potresa

## 1. Gibanje tla na površini

- 1964 Alaska earthquake displaced some parts of the seafloor by ~ 15 m.
- 1906 San Francisco earthquake moved the ground ~2.55 m

## 2. Veličinu područja zahvaćenog pomacima

- Alaska — 70,000 sq. miles

## 3. Trajanje potresa

- do nekoliko desetaka sekundi

## 4. Intenzitet potresa

- na temelju opažanja ljudi

## 5. Magnituda potresa

- na temelju oslobođene energije



GPS za praćenje pomaka



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# Intenzitet potresa

Jačina potresa mjeri se na 2 načina:

## **1. Kolika i kakva šteta je prouzročena potresom?**

- intenzitet potresa = mjera učinka potresa na ljude i objekte
- *modificirana Mercalli-jeva ljestvica*
- rimski brojevi I-XII (viši broj, veća šteta)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## **Modificirana Merkalijeva ljestvica intenziteta**

- I Not felt
- II Felt only by persons at rest
- III–IV Felt by persons indoors only
- V–VI Felt by all; some damage to plaster, chimneys
- VII People run outdoors, damage to poorly built structures
- VIII Well-built structures slightly damaged; poorly built structures suffer major damage
- IX Buildings shifted off foundations
- X Some well-built structures destroyed
- XI Few masonry structures remain standing; bridges destroyed
- XII Damage total; waves seen on ground; objects thrown into air



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

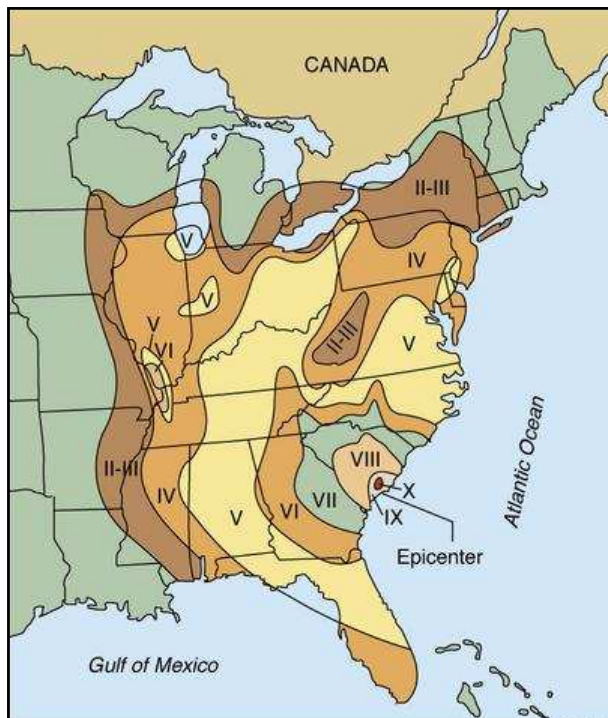


**Table 16.1** Modified Mercalli Intensity Scale of 1931 (Abridged)

<p>I. Not felt except by a very few under especially favorable circumstances.</p> <p>II. Felt only by a few persons at rest, especially on upper floors of buildings. Delicately suspended objects may swing.</p> <p>III. Felt quite noticeably indoors, especially on upper floors of buildings, but many people do not recognize it as an earthquake. Standing motor cars may rock slightly. Vibration like passing of truck. Duration estimated.</p> <p>IV. During the day felt indoors by many, outdoors by few. At night some awakened. Dishes, windows, doors disturbed; walls made cracking sound. Sensation like heavy truck striking building. Standing motor cars rocked noticeably.</p> <p>V. Felt by nearly everyone; many awakened. Some dishes, windows, etc., broken; a few instances of cracked plaster; unstable objects overturned. Disturbance of trees, poles, and other tall objects sometimes noticed. Pendulum clocks may stop.</p> <p>VI. Felt by all; many frightened and run outdoors. Some heavy furniture moved; a few instances of fallen plaster or damaged chimneys. Damage slight.</p> <p>VII. Everybody runs outdoors. Damage <i>negligible</i> in buildings of good design and construction; <i>slight</i> to moderate in well-built ordinary structures; <i>considerable</i> in poorly built or badly designed structures; some chimneys broken. Noticed by persons driving motor cars.</p>	<p>VIII. Damage <i>slight</i> in specially designed structures; <i>considerable</i> in ordinary substantial buildings with partial collapse; <i>great</i> in poorly built structures. Panel walls thrown out of frame structures. Fall of chimneys, factory stacks, columns, monuments, walls. Heavy furniture overturned. Sand and mud ejected in small amounts. Changes in well water. Persons driving motor cars disturbed.</p> <p>IX. Damage <i>considerable</i> in specially designed structures; well-designed frame structures thrown out of plumb; <i>great</i> in substantial buildings, with partial collapse. Buildings shifted off foundations. Ground cracked conspicuously. Underground pipes broken.</p> <p>X. Some well-built wooden structures destroyed; most masonry and frame structures destroyed with foundations; ground badly cracked. Rails bent. Considerable landslides from river banks and steep slopes. Shifted sand and mud. Water splashed (slopped) over banks.</p> <p>XI. Few, if any, (masonry) structures remain standing. Bridges destroyed. Broad fissures in ground. Underground pipe lines completely out of service. Earth slumps and land slips in soft ground. Rails bent greatly.</p> <p>XII. Damage total. Waves seen on ground surface. Lines of sight and level distorted. Objects thrown upward into the air.</p>
--	---



RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



•intenziteti potresa iz 1866. iz J. Caroline

•smanjenje intenziteta s udaljavanjem od epicentra;

•razlike u intenzitetu zbog različite vrste tla

# Magnituda potresa

## 2. Kolika količina energije je oslobođena potresom?

- magnituda = mjera energije oslobođene tijekom potresa
- mjerenje visine (amplitude) krivulje na seizmogramu
- Richterova ljestvica (ili Gutenberg Richterova ljestvica) – kvantitativna ljestvica magnituda (količina energije zabilježena 100 km od epicentra);
- najveća izmjerena magnituda 9.5



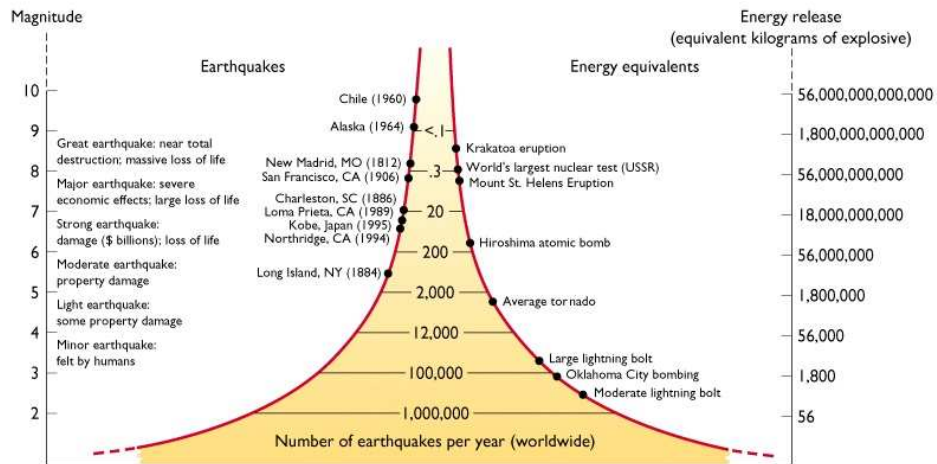
Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Maximum Amplitude of Ground Shaking Determines Richter Magnitude



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# Richter Magnitude Versus Energy



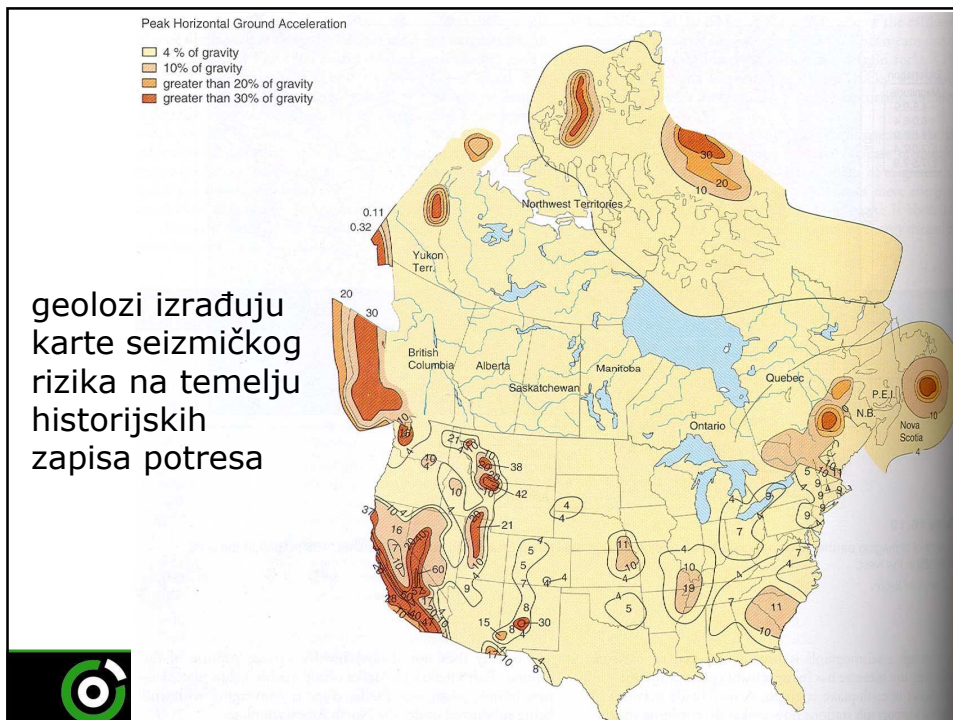
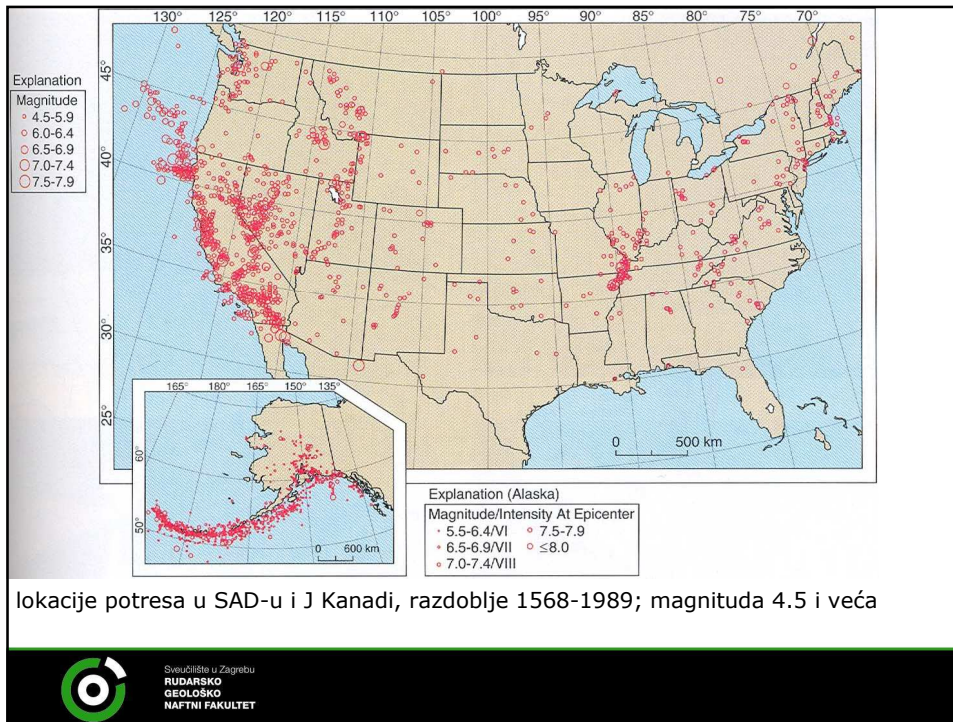
Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET**

Magnituda po Richteru	br/god. u svijetu
2 jedva se osjeća	>100.000
4.5 srednje štete	nekoliko tisuća
7 'glavni'	16-18
8 'veliki'	1-2
Ljudi ne osjećaju potrese magnitude manje od M=2	



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET**





## 4 tipa procesa induciranih potresima

1. **Raspucavanje površine tla** = permanentni pomak tla i stvaranje pukotina duž tragova rasjeda na površini; pomak ispod zgrada 2-5 cm može imati katastrofični učinak  
“*Earthquakes don't kill people, buildings kill people.*”
2. **Potresanje tla** = podrhtavanje tla prouzročeno potresom; uzrokuje štete na velikom području; jedan od učinaka koji je najteže kvantificirati i predvidjeti
3. **Slom tla** = prouzročen je akceleracijom tla (eng. *ground acceleration*), a uzrokuje: potrese, raspucavanje, usijedanje i diferencijalno slijeganje
3. **Tsunami**= veliki morski valovi koji nastaju naglim pokretima morskog dna uslijed podmorskih potresa; dosežu brzine 500–800 km/hr u otvorenom oceanu, a visoku su samo ~ 1m, ali postaju veći u plićoj vodi



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Procesi inducirani potresom

- značajno utječu na sigurno projektiranje građevina
- predmet istraživanja inženjerske geologije u smislu definiranja razina hazarda



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## **Raspucavanje površine tla**

*(eng. surface rupture)*

- ograničeno na uske zone duž aktivnih rasjeda;
- mogu se i ne moraju javiti za vrijeme potresa;
- što je rasjed postojaniji, veća je vjerojatnost raspucavanja po njemu

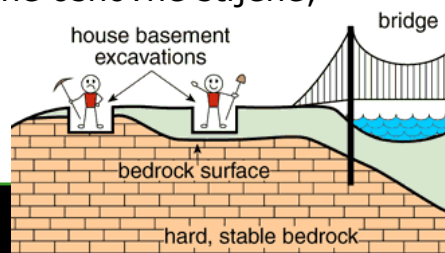


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## **Potresanje tla**

*(eng. ground shaking)*

- stupanj štete je promjenjiv ovisno o valnim duljinama i trajanju potresanja, značajkama materijala kroz koji valovi prolaze i značajkama građevina;
- isti potres može imati i do nekoliko puta veći učinak na lokacijama izgrađenim od debelih, vodom saturiranih tala, nego na lokacijama izgrađenim od kompetentne osnovne stijene;
- osnovni period zgrada približno je jednak broju katova



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Potresanje tla - rezonancija ili amplifikacija

- nastaje kada zgrada i temeljno tlo imaju sličan osnovni period;
- zgrade različitih osnovnih perioda će se različito ljuljati, što je problematično ukoliko su blizu jedna druge, jer se mogu međusobno oštetiti;



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Slom tla - klizišta

- padine stabilne u statičkim uvjetima mogu postati nestabilne uslijed dinamičkog opterećenja (uslijed dodatnog naprezanja prouzročenog gibanjem);
- osobito osjetljive su: padine izgrađene od nekonsolidiranih mekih sedimenata ili površinske naslage na strmim padinama, padine izgrađene od stijene s brojnim otvorenim diskontinuitetima;
- *potres magnitude oko 6.0 u blizini Mammoth Lakes (Kalifornija) u maju 1980.: inicirano nekoliko stotina odrona i klizišta u stijenama u okolini Sierra Nevada*



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Slom tla - likvefakcija

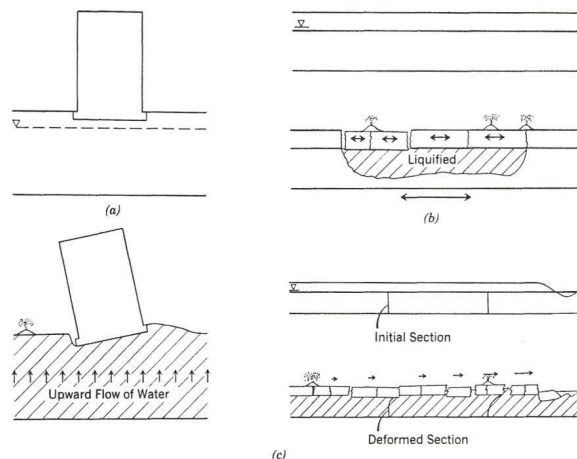
- pokreti tla uzrokuju prijelaz rahlih, vodom saturiranih zrnatih materijala u tekuće stanje;
- ova pojava je posljedica cikličkih naprezanja uslijed opetovanih seizmičkih valova koje uzrokuje porast pornih pritisaka. Brzi porast pornih pritisaka smanjuje efektivno naprezanje tla do 0, a to je stanje u kojemu tlo ima najmanji otpor na naprezanja. Stoga nosivost tla postaje premala za postojeće opterećenje zgrade, a zgrade tonu u likvefirani materijal, što uzrokuje prevrtanje i popratna oštećenja.
- diferencijalno slijeganje uslijed likvefakcije također je vrlo opasno za zgrade
- likvefirano tlo može teći čak i na padinama malog nagiba



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Likvefakcija

- iznenadni gubitak čvrstoće vodom saturiranog sedimenta; pojava odvajanja čvrstih čestica i vode koja nastaje prilikom potresanja vodom saturiranog tla/sedimenta; posljedica tonjenja zgrada



**Figure 9.11** Diagram of three types of damaging effects of liquefaction. (a) soil able to bear weight of building prior to an earthquake (above) fills as liquefaction weakens the soil and reduces support (below). (b) Normally solid soil (above) can crack, oscillate, and form sand boils and volcanos owing to liquefaction of soil below the water table (below). (c) Liquefaction within a soil on a low slope (above) can cause movement, called lateral spreading (below). (From Youd, 1984)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

**Table 9.4 Examples of Structures Most Likely to Be Affected by Different Types of Liquefaction Effects**

Types of Structural Instability	Structures Most Often Affected
Loss of foundation-bearing capacity Slope instability slides	Buried and surface structures Structures built on or at the base of the slope Dam embankments and foundations
Movement of liquefied soil adjacent to topographic depressions	Bridge piers Railway lines Highways Utility lines
Lateral spreading on horizontal ground	Structures, especially those with slabs on grade Utility lines Highways Railways
Excess structural buoyancy caused by high subsurface pore pressure Formation of sinkholes from sand blows	Buried tanks Utility poles Structures built on grade
Increase of lateral stress in liquefied soil	Retaining walls Port structures

Source: From National Research Council, 1985a.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Ostale posljedice potresa

- **Vatra**
- **Poplave**  
Slom brana; promjene tokova rijeka/potoka



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# METODE PROCJENE SEIZMIČKOG HAZARDA

- procjena na temelju distribucije potresa u vremenu i prostoru



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## POTRESOM INICIRANI PROCESI - PROCJENA OPASNOSTI



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



# Earthquake prediction

Long term—imprecise (can be done)

Short term—precise (very difficult)

We can't stop earthquakes, so we have to be prepared for them.



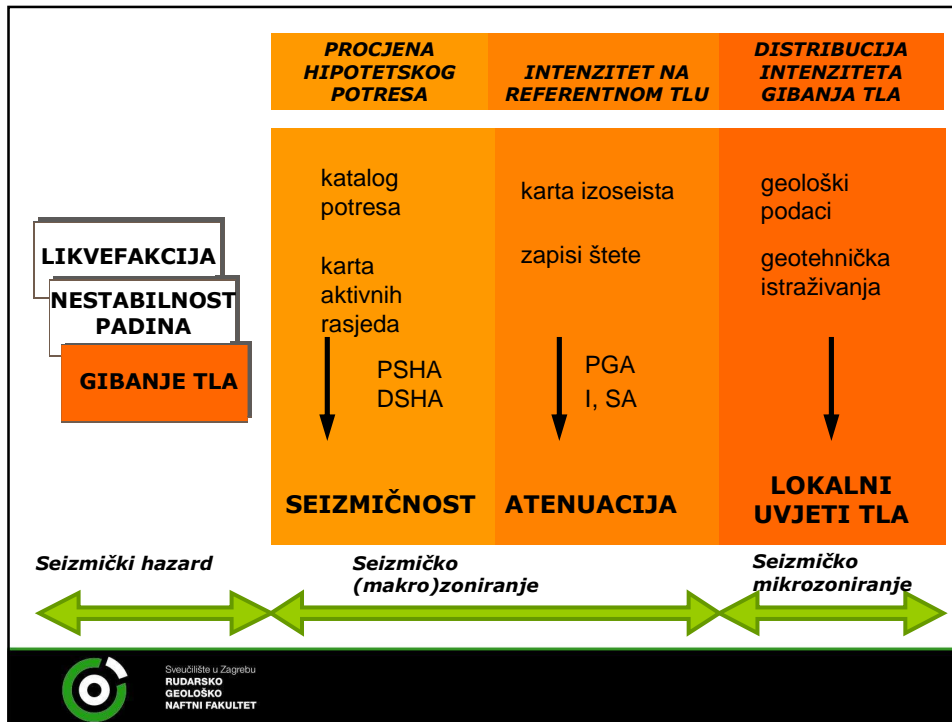
Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# Procjena

- ovisi o tome koji od procesa se procjenjuje i o tome u koju svrhu (na koju vrstu objekta može utjecati)
- više pristupa i razne metode
- procjene rade: seizmolozi, seizmotektoničari, inženjerski geolozi, geotehničari



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## Regionalna i lokalna seizmičnost

- ...može se istraživati na temelju seizmoloških i geoloških podataka.
- Seizmološki podaci prikupljaju se iz kataloga instrumentalno zabilježenih potresa i povijesnih potresa (u hrvatskom katalogu potresa- dijele se na: povijesne- do 1908 i instrumentalno zabilježene potrese od 1908 do danas).
- Geološki podaci prikupljaju se iz karata aktivnih rasjeda, koje su dostupne za većinu područja.
- Postoje dva pristupa procjeni seizmičnosti: deterministički (DSHA- Deterministic Seismic Hazard Analysis) i probabilistički (PSHA- Probabilistic Seismic Hazard Analysis).

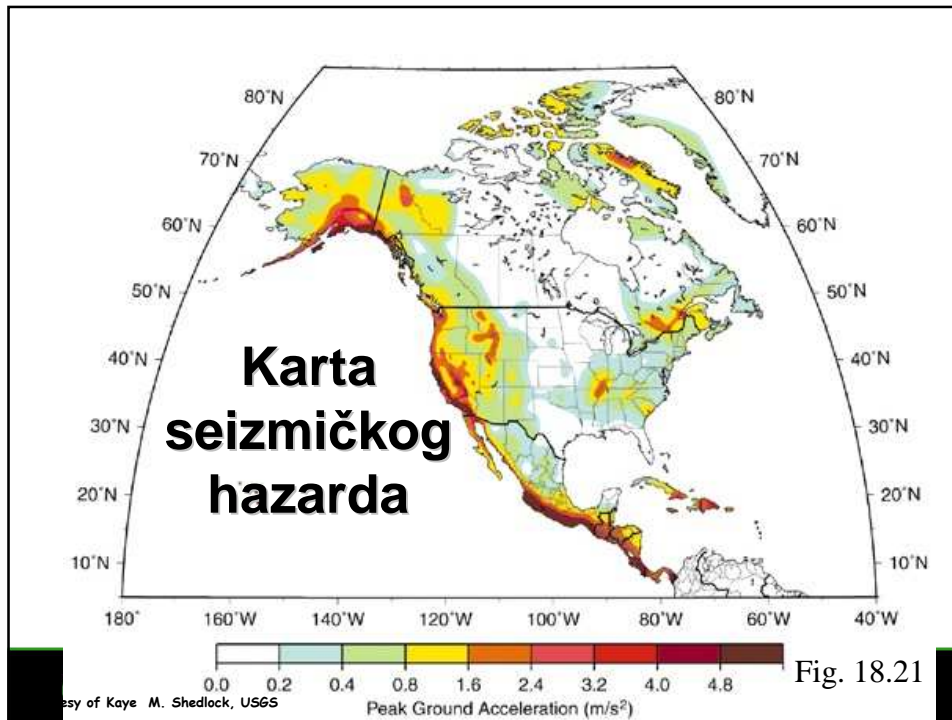


## New Housing Built Along the 1906 Trace of the San Andreas Fault

## Atenuacija

- Atenuacija intenziteta gibanja tla (tj. žestina kojom se potres osjeća lokalno, odnosno oslabljuje u odnosu na izvor) igra važnu ulogu u procjeni seizmičnosti.
- Atenuacijski odnosi predstavljaju empirijske izraze koji se mogu temeljiti na: seizmičkom intenzitetu (različitih skala: IMM, IJMA); PGA; PGV i dr.
- Izrazi atenuacije temeljeni na seizmičkom intenzitetu, izvode se na temelju izoseista povijesnih potresa. Instrumentalno izmjereni intenziteti kao što su vršno ubrzanje i brzina, puno su pouzdanije mjerilo žestine jačih potresa nego skale seizmičkog intenziteta.
- Moderni atenuacijski odnosi obično daju prirodni logaritam parametra (PGA ili SA) kao funkciju magnituda i udaljenosti.





## Lokalni uvjeti tla

- Lokalni uvjeti tla smatraju se najvažnijim faktorom u zoniranju gibanja tla.
- Pristupi procjeni utjecaja lokalnih uvjeta tla ovisni su o stupnju zoniranja, tj mjerilu kartiranja.

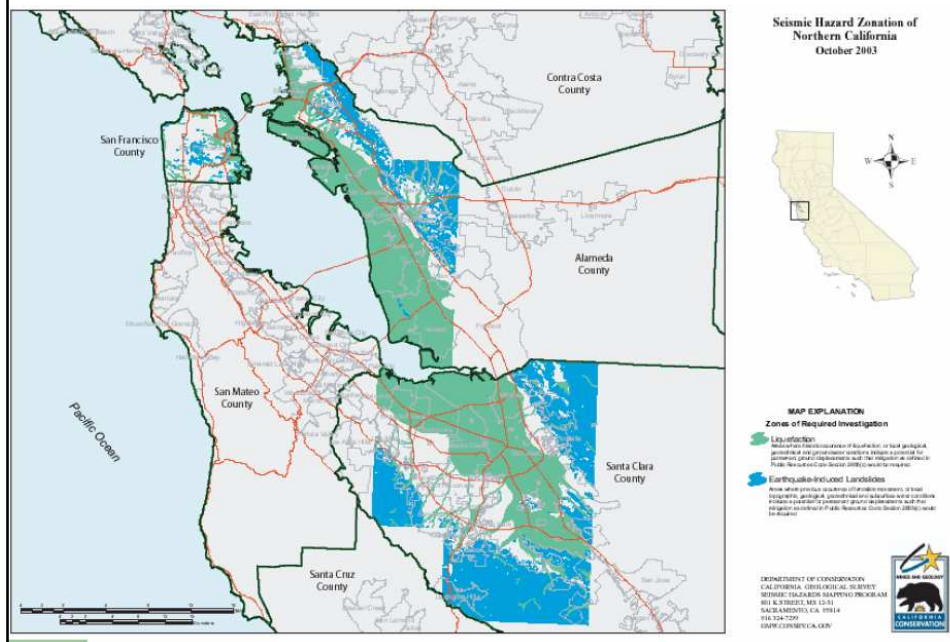


- **Seizmički hazard** predstavlja vjerojatnost pojave potresa i seizmički induciranih geoloških procesa (gibanje tla, likvefakcija, klizanje).
- **Seizmičko zoniranje (makrozoniranje)** podrazumijeva izdvajanje zona koje su homogene po seizmološkim i geološkim svojstvima, te opis značajki svake od zona pridruženjem dinamičkih parametara (vršno horizontalno ubrzanje - PGA, brzina - PGV ili spektralno ubrzanje- SA) sa specifičnom vjerojatnošću pojavljivanja. Kao takvo, seizmičko zoniranje predstavlja prvi korak za sve daljnje procjene seizmičkog hazarda.
- Kartiranje seizmičkog hazarda koje uključuje i lokalne utjecaje tla naziva se **seizmičko mikrozoniranje**
- **Mjerila** karata hazarda – različita, ovisno o kvaliteti i kvantiteti podataka



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## California, USA



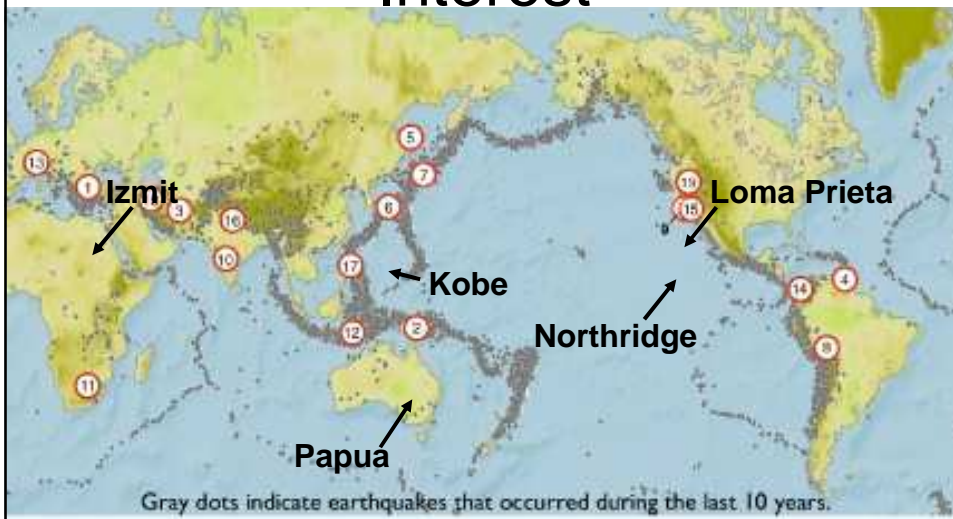


<http://earthquake.usgs.gov/learning/teachers.php>



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Recent Earthquakes of Special Interest



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

Event	Magnitude	Geologic Changes	Destruction
① <b>Izmit, Turkey</b> August 1999	7.4	Seventh in a series since 1939; migrating westward along the strike-slip North Anatolian fault; maximum right-lateral displacement of 5 m	15,000 killed, thousands missing
② <b>Papua New Guinea</b> July 1998	7.0	Tsunami as high as 7 m	3000 killed, several villages destroyed
③ <b>Northern Iran</b> May–June 1997	7.3	Landslides; rare sequence of large earthquakes	1567 killed, 2300 injured, 50,000 homeless, extensive damage
④ <b>Windward Islands</b> April 1997	6.7	One of the largest known earthquakes in or near Trinidad and Tobago	None reported
⑤ <b>Sakhalin Island</b> May 1995	7.5	None noted	1989 killed, 750 injured
⑥ <b>Kobe, Japan</b> January 1995	6.8	Surface faulting for 9 km with horizontal displacement of 1.2 to 1.5 m; soil liquefaction	5502 killed, 36,896 injured, 310,000 homeless, severe damage
⑦ <b>Kuril Islands</b> October 1994	8.3	Tsunami as high as 346 cm	10 killed or missing, extensive damage throughout islands
⑧ <b>Northern Bolivia</b> June 1994	8.2	At 637 km depth, the largest deep earthquake; first earthquake from this part of South America to have been felt in North America including Canada	Several people killed
⑨ <b>Northridge, CA</b> January 1994	6.8	A maximum uplift of 15 cm occurred in Santa Susana Mountains; many rock slides; ground cracks; soil liquefaction	60 killed, 7000 injured, 20,000 homeless, severe damage
⑩ <b>Southern India</b> September 1993	6.3	Large intraplate earthquake	9748 killed, 30,000 injured, extreme devastation
⑪ <b>Republic of South Africa</b> May 1993	3.8	Event related to mine collapse	Several people killed
⑫ <b>Flores region</b> December 1992	7.5	Tsunami run-up of 300 m with wave heights of 25 m on Flores; landslides; ground cracks	2200 killed or missing

Tab

⑬ <b>Switzerland</b> November 1992	3.7	Accidental explosion of a munitions cavern	6 killed
⑭ <b>Northern Colombia</b> October 1992	7.3	Explosion of a mud volcano; landslides; soil liquefaction; small island emerged from the Caribbean Sea off San Juan de Uraba	10 killed, 65 injured, 1500 homeless
⑮ <b>Landers, CA</b> June 1992	7.6	Surface faulting along a 70-km segment with as much as 5.5 m of horizontal displacement and 1.8 m of vertical displacement	1 killed, 400 injured, substantial damage
⑯ <b>Northern India</b> October 1991	7.0	Two events 1.6 s apart; landslides; 30-m-deep crack	2000 killed, 1800 injured, 18,000 buildings destroyed
⑰ <b>Luzon, Philippines</b> July 1990	7.8	Landslides; soil liquefaction; surface faulting	1621 killed, 3000 injured, severe damage
⑱ <b>Western Iran</b> June 1990	7.7	Landslides	40,000–50,000 killed, 60,000 injured, 400,000+ homeless, extensive damage
⑲ <b>Loma Prieta, CA</b> October 1989	7.1	Maximum intensity in parts of Oakland and San Francisco; landslides; soil liquefaction; small tsunami at Monterey	60 killed, 3757 injured; U.S.\$5.6 billion in damage

SOURCE: After IRIS Consortium: [www.iris.edu](http://www.iris.edu)



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
 GEOLŠKO  
 NAFTNI FAKULTET**