

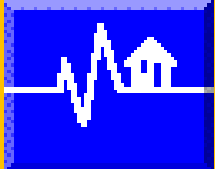
İNŞAAT FAKÜLTESİ

İnşaat Müh. Bölümü

Mühendislik Jeolojisi

Konu:

Litosferik
Hareketler
ve
deprem

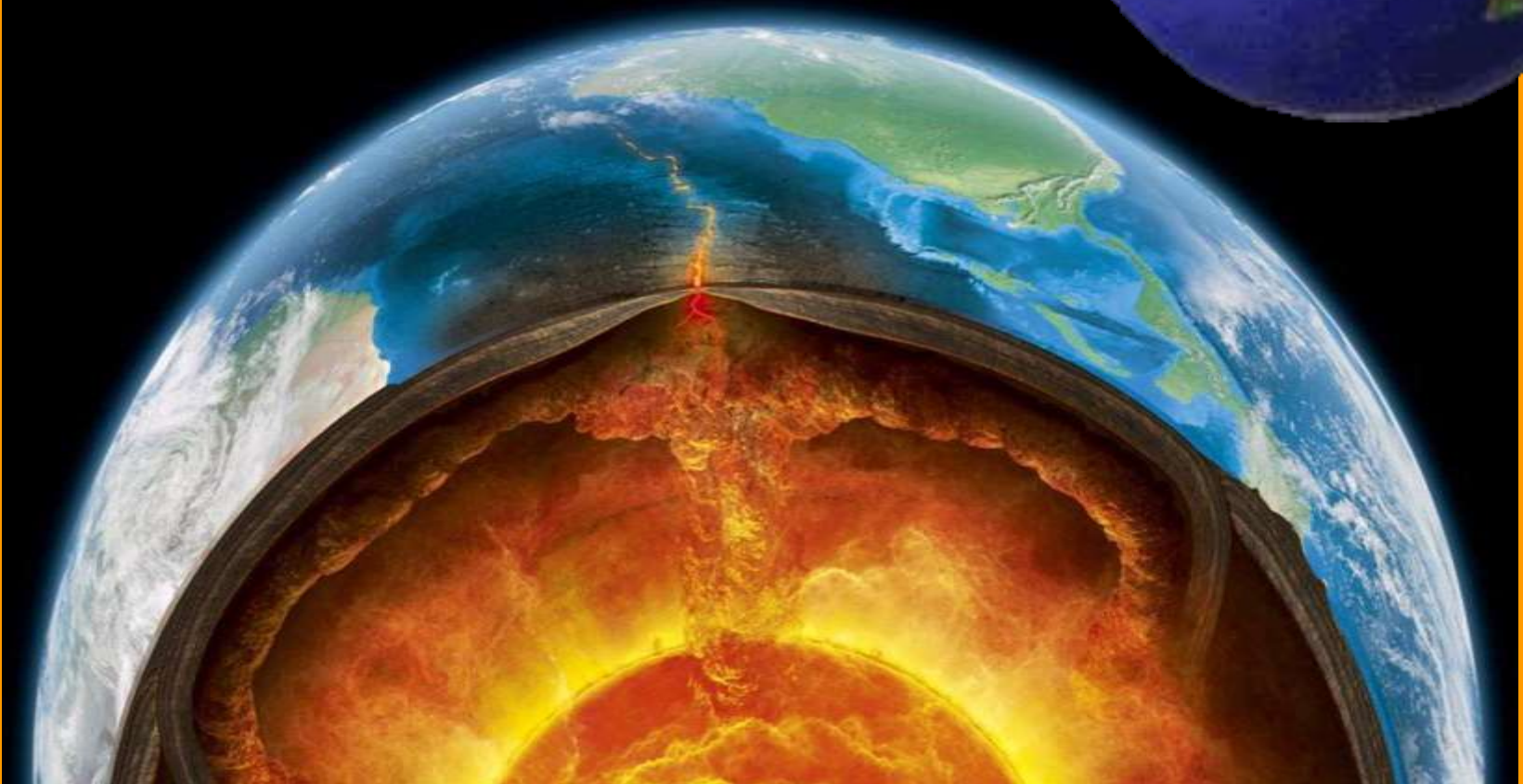


Prof. Dr. Şükrü ERSOY

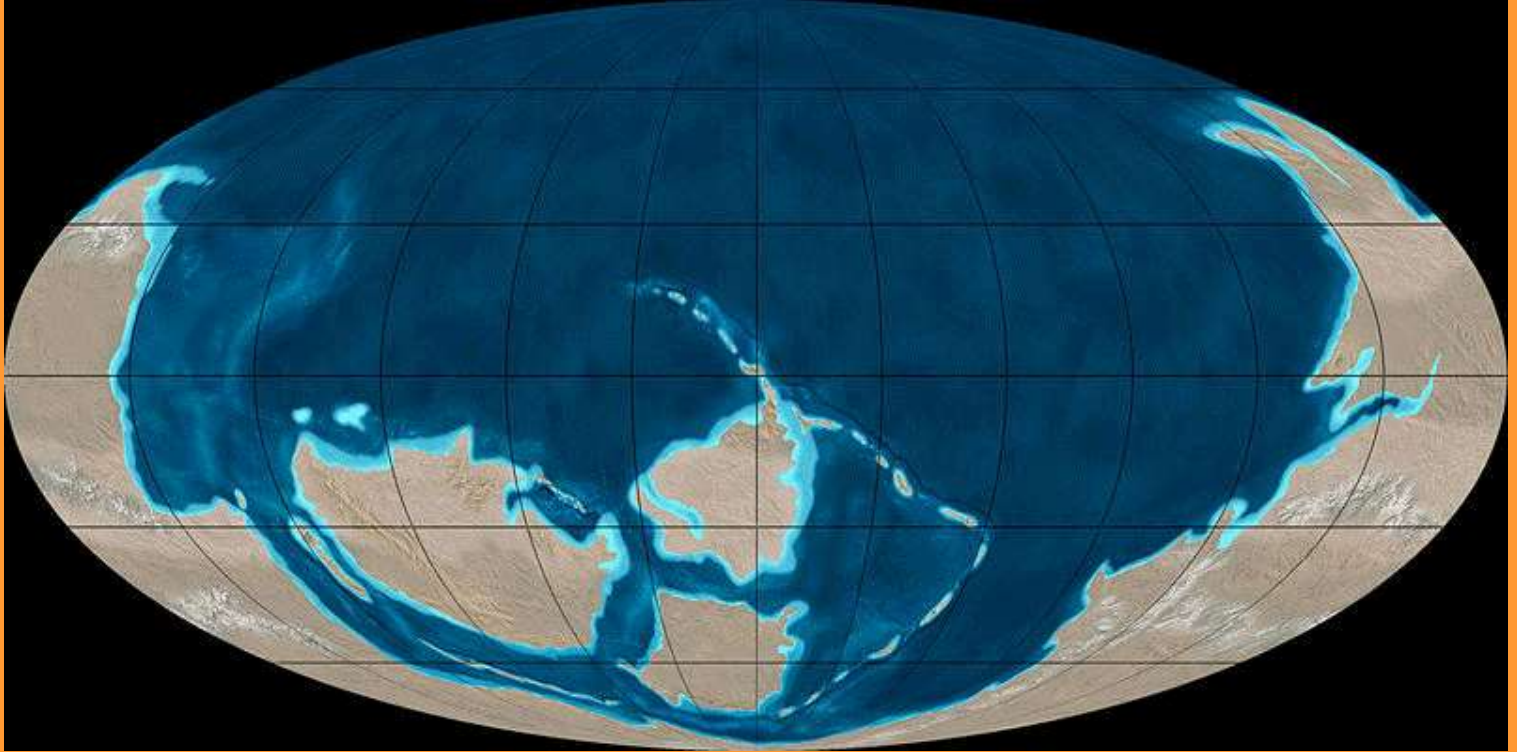
KONU BAŞLIKLARI

- Litosfer (taşküre) hareketleri
- Aktif Tektonik, Küresel Tektonik
- Kuvvet, Stres ve Yamulma
- Deprem nedir?
- Deprem dalgaları
- Depremlerle ilgili tanımlar
- Depremin etkileri

Yerin iç yapısı ve deprem

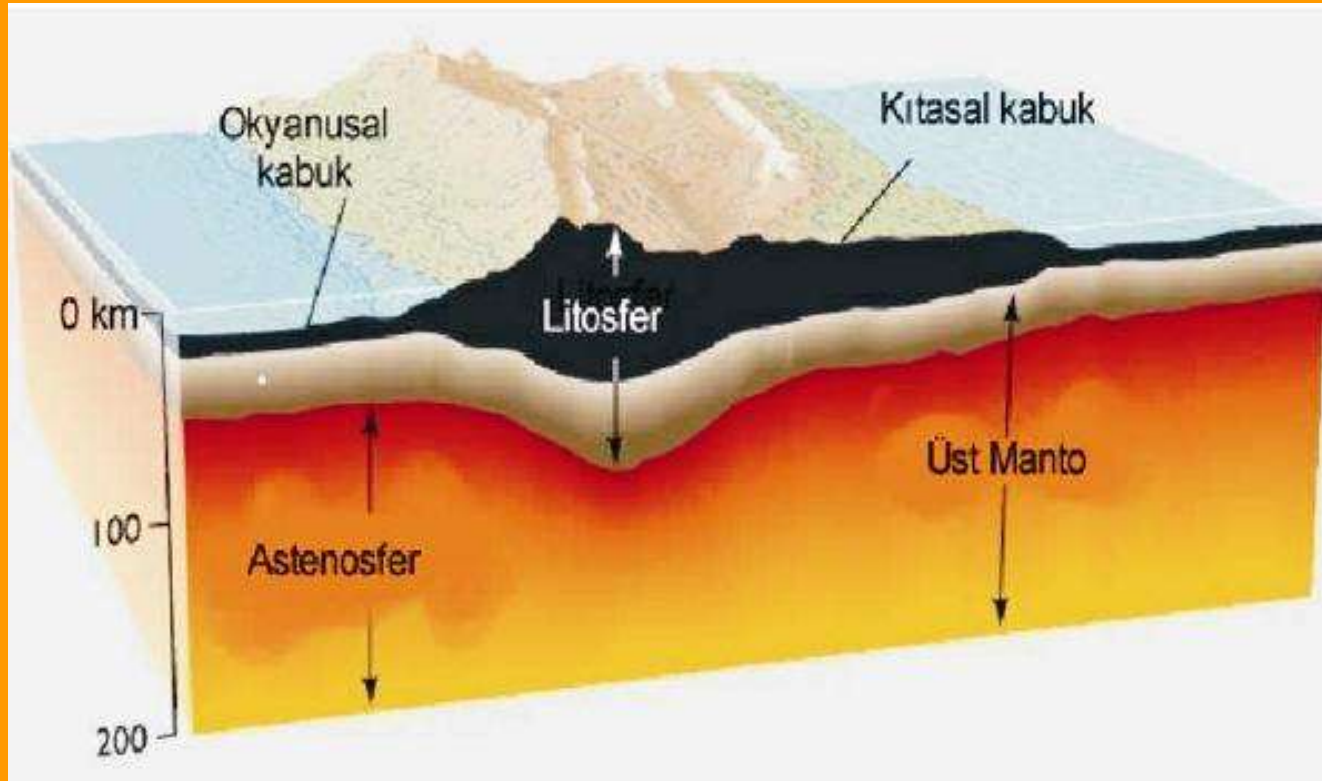


Yerin içindeki enerjiden
kaynaklı olarak kıtalar hareket
eder



Kıtaların hareketi çoğunlukla
gözle göremeyecek kadar yavaştır.

Litosferdeki hareketler çoğunlukla gözle göremeyecek kadar yavaştır. Bu hareketler dağları ve kıtaları oluşturur. Biz bunlara orojenik ve epirojenik hareketler diyoruz





DEPREM litosfer hızlı hareket ederse meydana gelir.

DEPREM, katı ya da rijit litosfer bloklarının kırılmaları ve kaymaları sonucu açığa çıkan elastik deformasyon enerjisinin deprem dalgaları şeklinde titreşmesidir

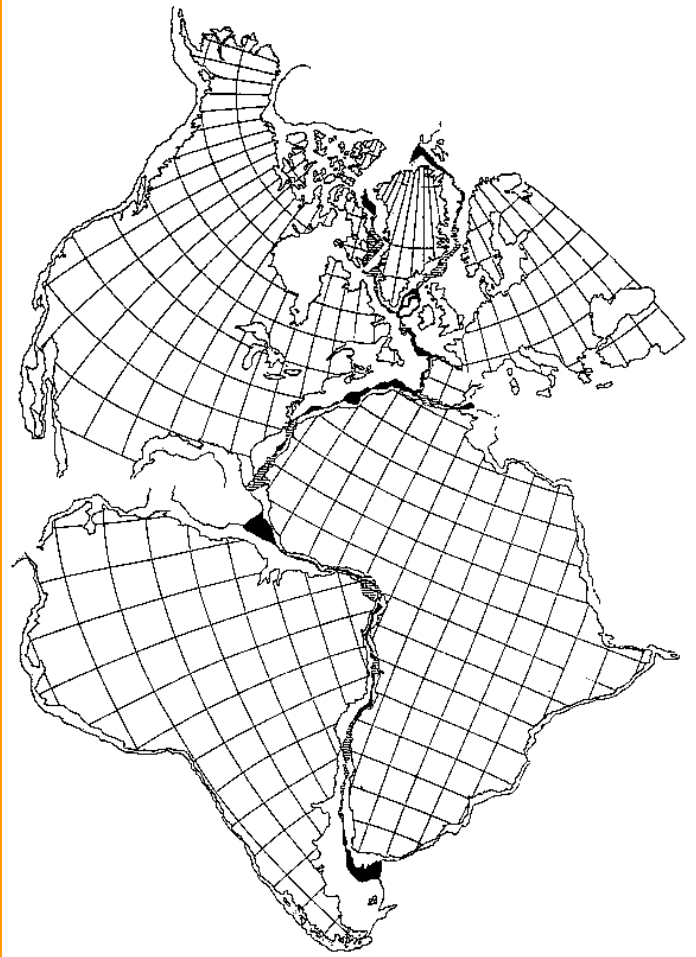
AKTİF TEKTONİK

İnsan topluluklarını içeren bir zaman ölçeğinde, yer kabuğu deformasyonlarını oluşturan tektonik işlemleri araştırır.

Geniş anlamda kıtaları oluşturan arazi şekillerinin ve yapıların zaman içindeki evrimini ifade eder.

Aktif tektoniğin uğraştığı zaman dilimi birkaç milyon yıldır.

KÜRESEL TEKTONİK



Okyanusal havzalar,
kıtalar ve dağlar
gibi yer şekilleri
üreten ve yer
kabuğunu deforme
eden yer içi
kuvvetlerin
oluşturduğu
işlemlere denir

KUVVETLER

- Çökel kayaçlar başlangıçta yatay olarak çökelir
- Kuvvetlere maruz kalırsa eğikleşir, faylanır ya da kıvrımlanır
- Kayaçlar gerilmelere (stres) maruz kalırsa deformasyona uğrar
- Bu gerilmeler yerin içindeki büyük kuvvetlerden doğar

KUVVET (FORCE)

Kuvvet itme ya da çekme hareketidir. Bir cisme uygulandığında ona ivme kazandırır. Vektöryel bir uzunluktur. Büyüklüğü ve doğrultu yönüyle tarif edilir. Birimi Newton (N) dur.

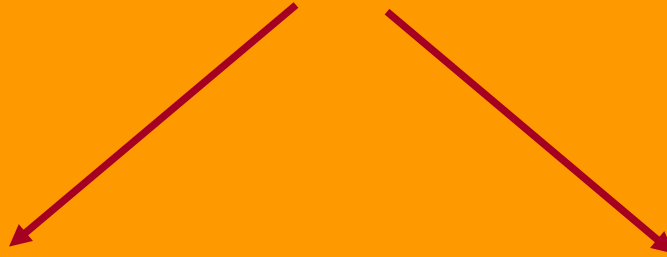
$$(F = m \cdot g)$$

Burada;

m = kütle (kg) ,

g = yer çekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

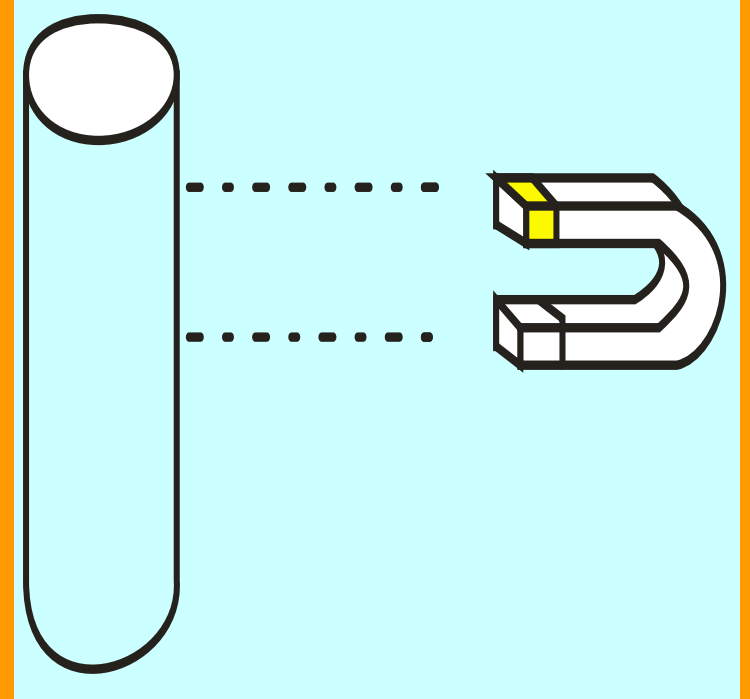
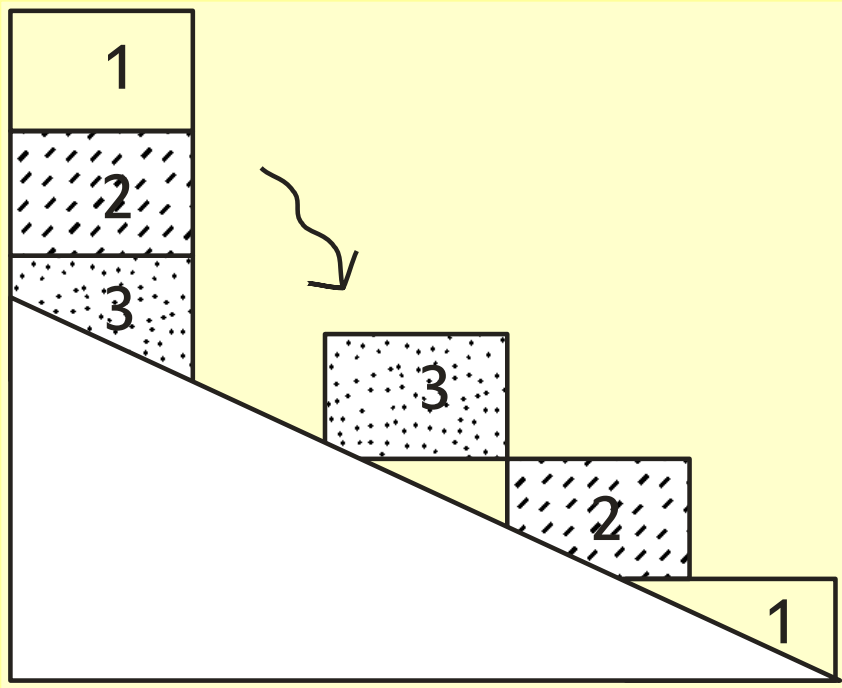
İki Farklı Kuvvet vardır



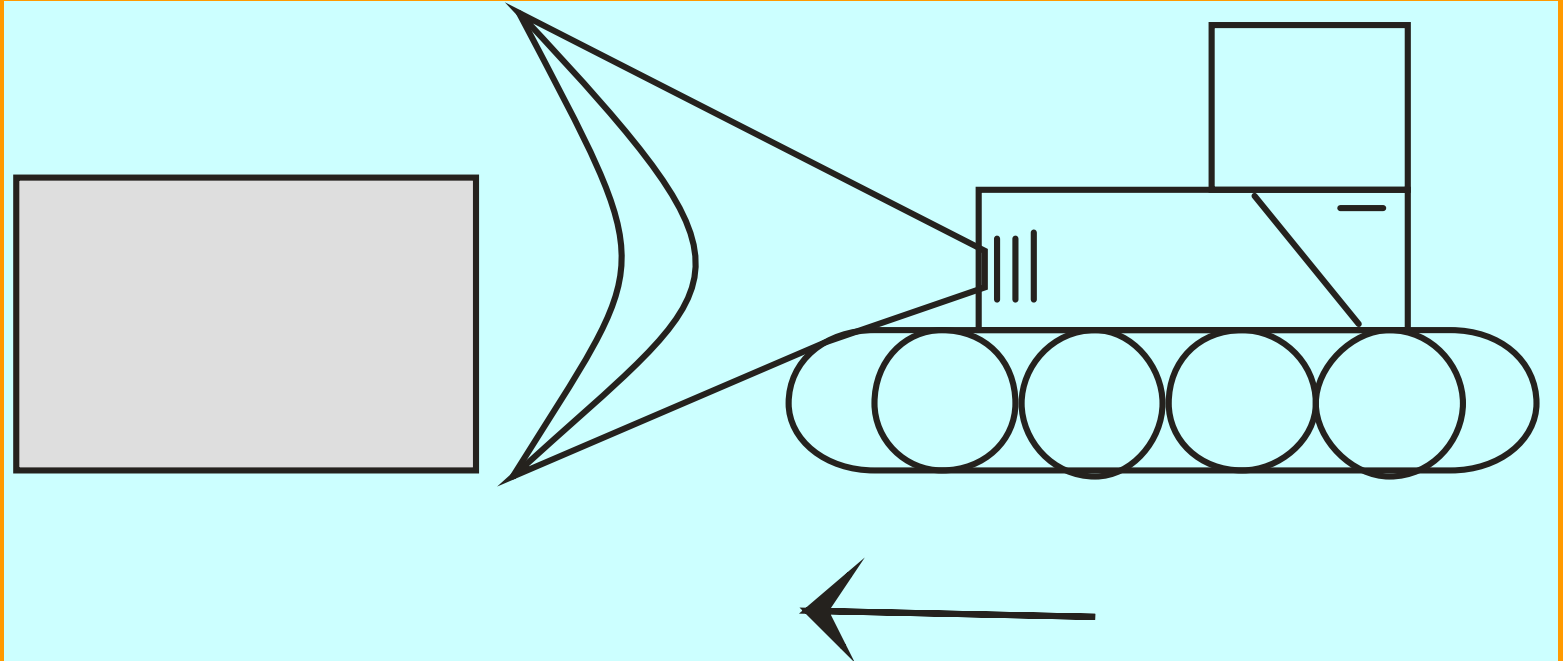
**Cisim
Kuvveti**

**Yüzey
Kuvveti**

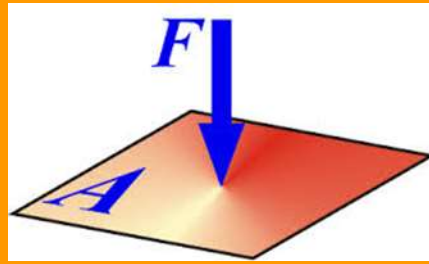
Cisim Kuvvetleri bir cismi belli uzaklıktan etkileyen kuvvetlerdir. Kuvvetin gücü etkileyen maddenin miktarına bağlıdır. *Sözgelimi*, *yerçekimi* ya da *magnetizma* gibi



Yüzey kuvveti, çekme ve itme kuvveti olarak bilinir.Çünkü değme yüzeylerinde etkin olurlar



STRES



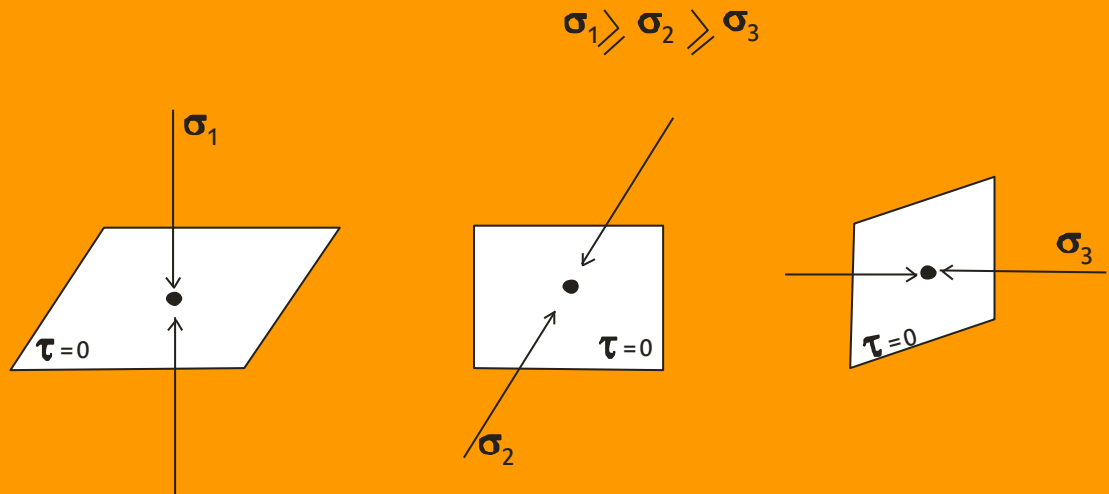
Belli bir düzlem üzerinde birim alana uygulanan kuvvet olarak gösterilir.

Birimi megapaskal-MPA **normal(σ)** ve **makaslama (τ) stresi** olarak ikiye ayrılır

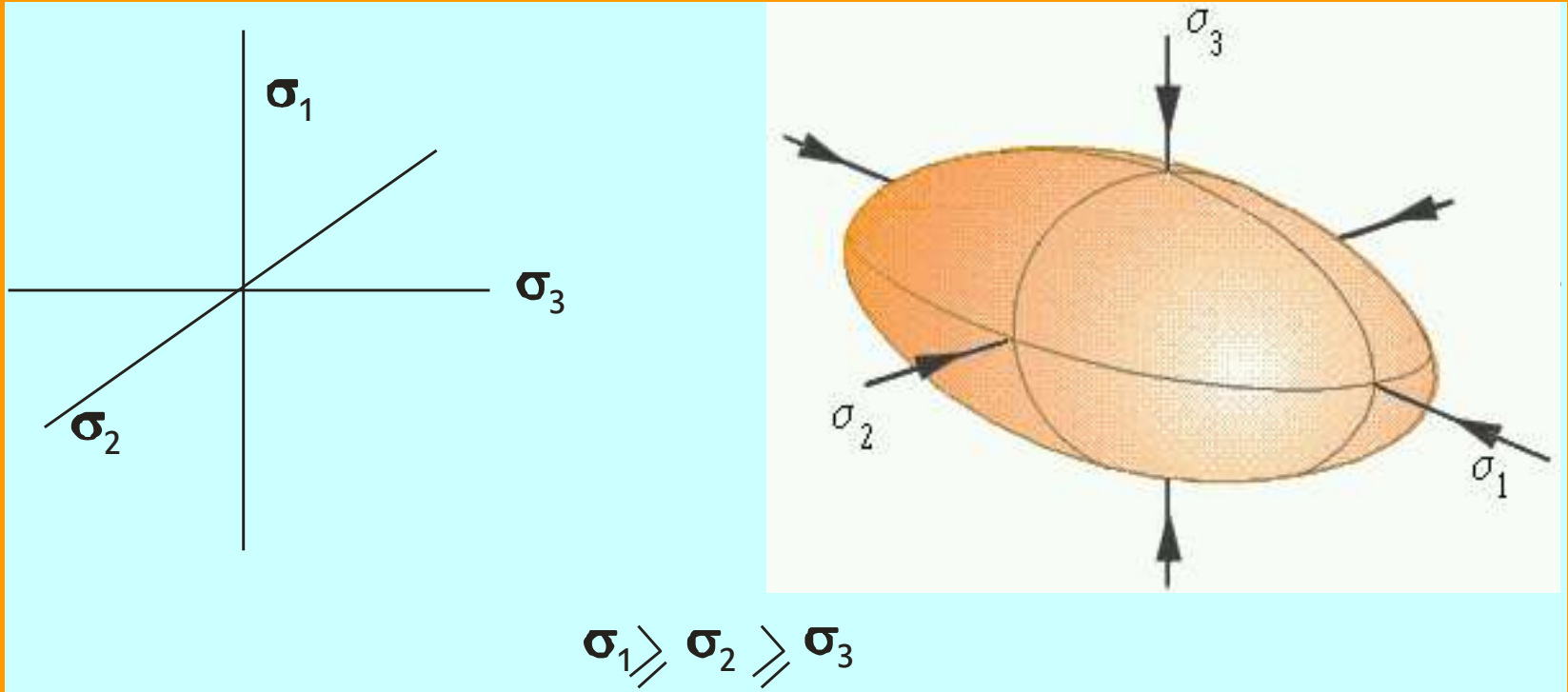
$$\sigma_n = F_n / A$$

$$\tau = F_{SH} / A$$

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$$



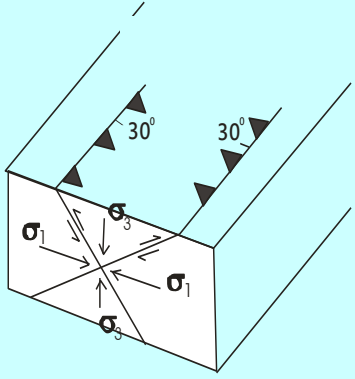
Asıl Stresler Birbirine Diktir



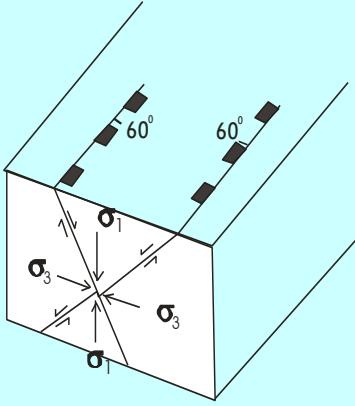
ASIL STRESLER

GENEL STRES BİRİMLERİ

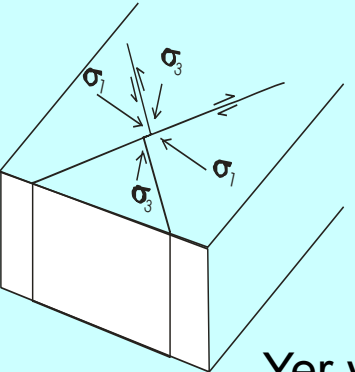
	bar	Kbar	Pa	Mpa	kg/cm ²	psi
1 bar	1	10^{-3}	10^5	10^{-1}	0,981	14,5
1 kbar	10^3	1	10^8	10^2		
1Pa = 1N/m²	10^{-5}	10^{-8}	1	10^{-6}		
1 Mpa	10	10^{-2}	10^6	1		
1 kg/cm²	1,097				1	
1 psi	0,069					1



A- Ters Atımlı Faylar



B- Normal Atımlı Faylar

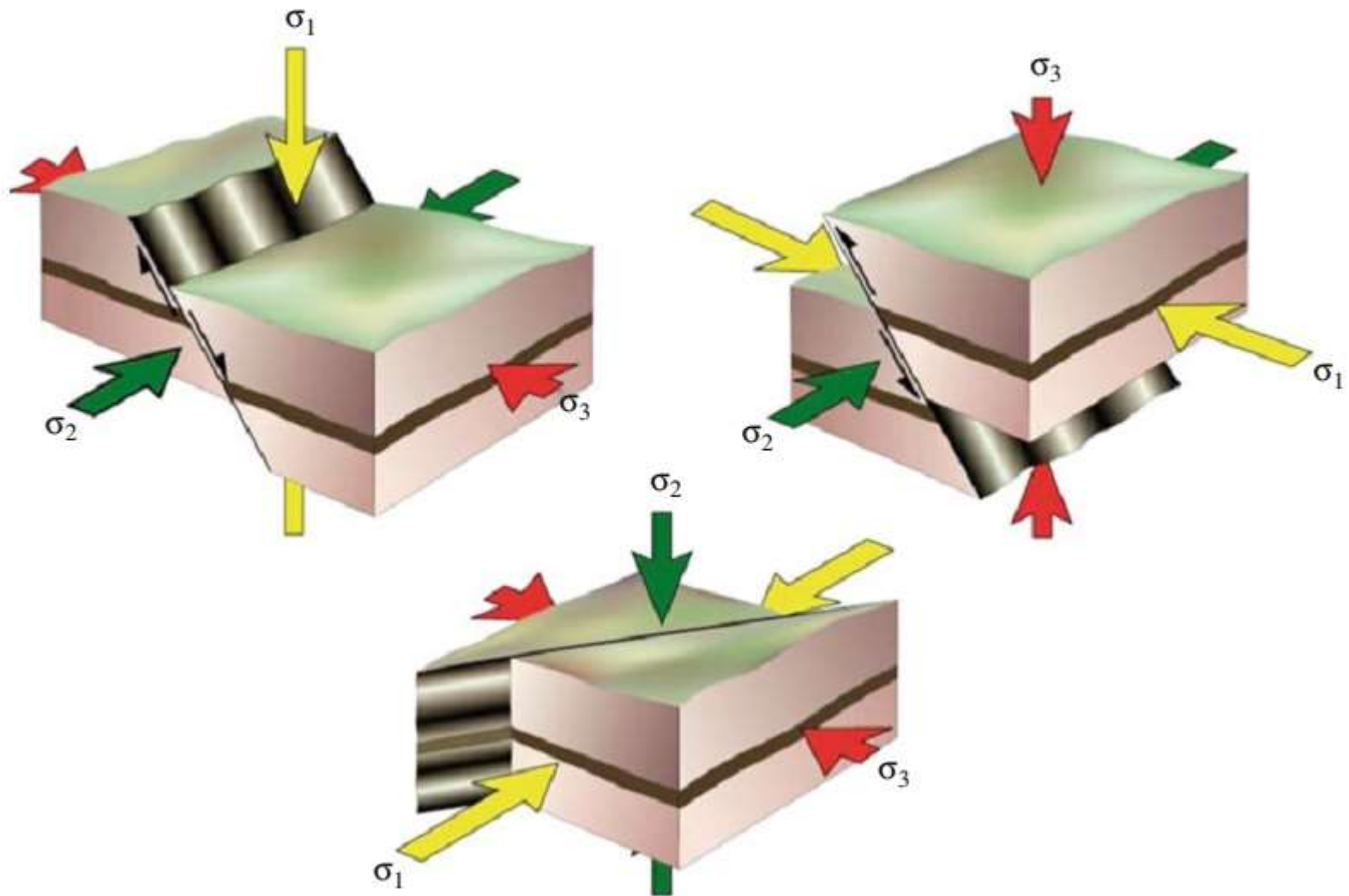


C- Yanal Atımlı Faylar

Yer yüzeyi asıl stres düzlemidir.
Makaslama streslerinin rolü yoktur

Yer kabuğundaki
asıl streslerin
olasılı
duruşlarına göre
Anderson Fay
sınıflaması

Asıl Stresler (Gerilmeler)

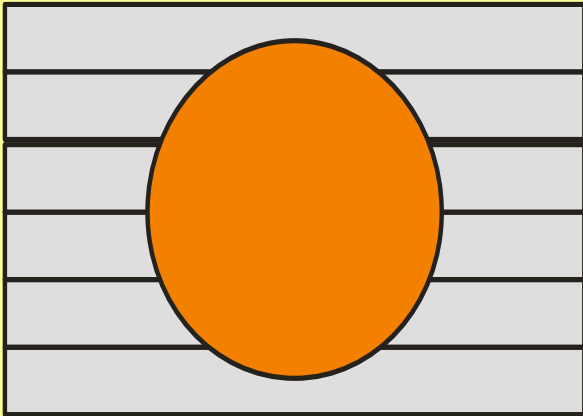


$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$$

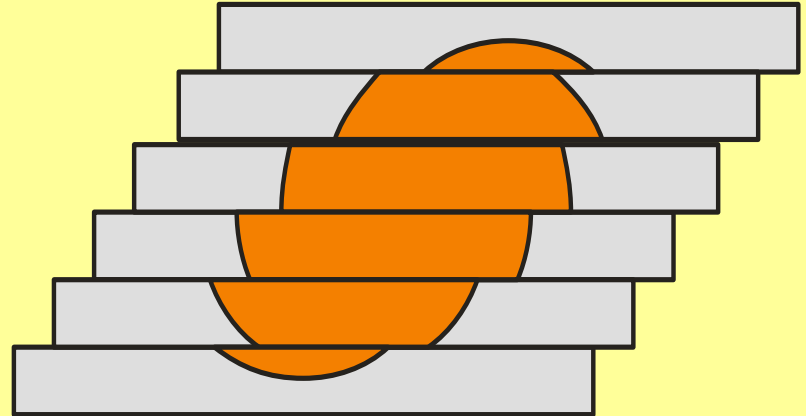
Yamulma (Strain)

Stres sonucu oluşan kopma ya da uzunluk ve hacimde meydana gelen değişimdir. Bir kitledeki noktaların pozisyonunun değişmesine **öteleme (displacement)** ve bunun sonucu meydana gelen şekil değişikliğine yamulma ya da **deformasyon? (strain)** denir.

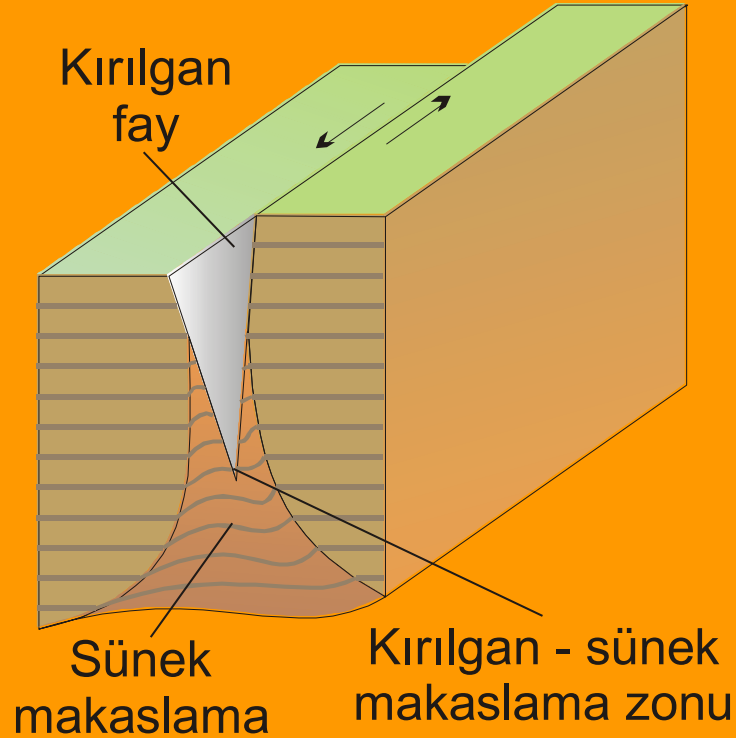
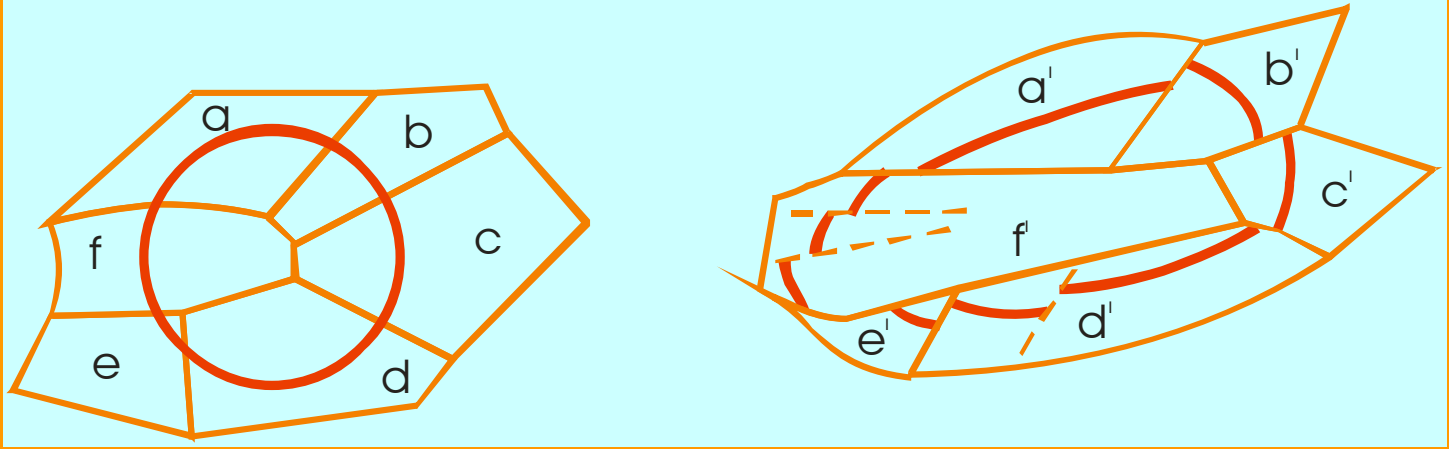
A

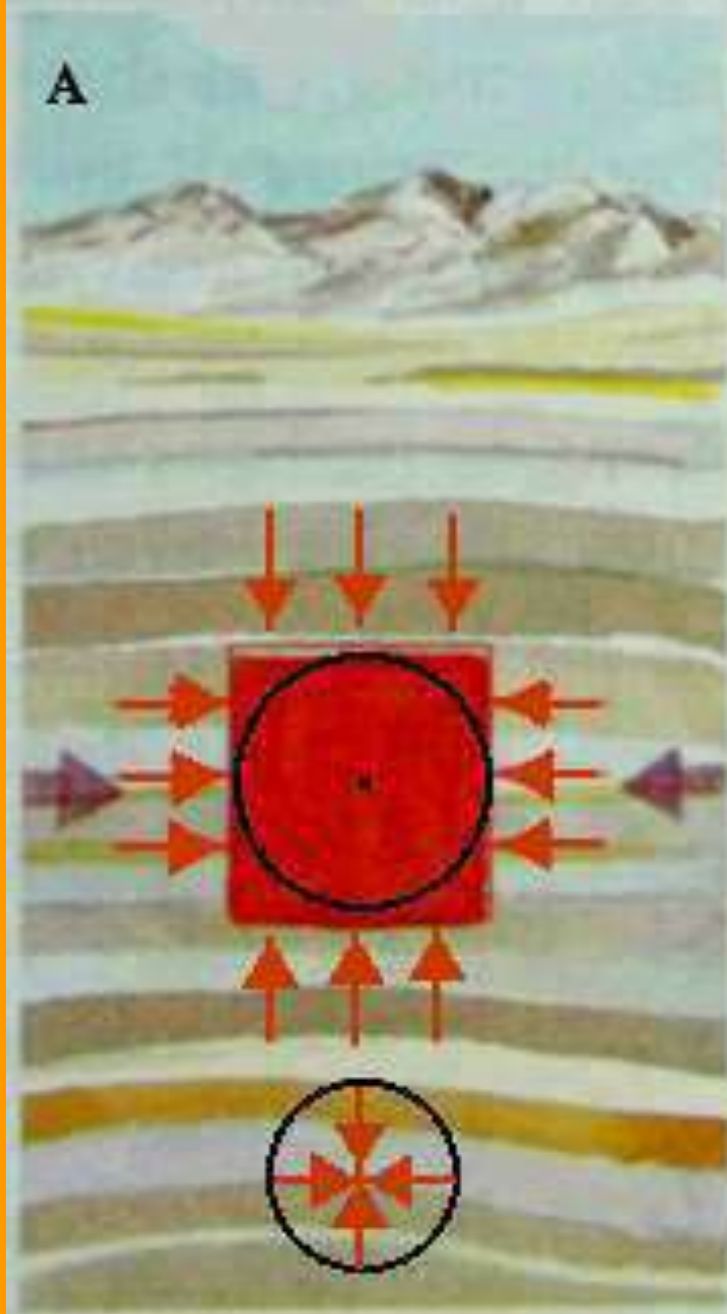


B



Yamulma (Strain)



A**B**

Yer Kabuğunun Kırılması Ve Faylar



Bingöl



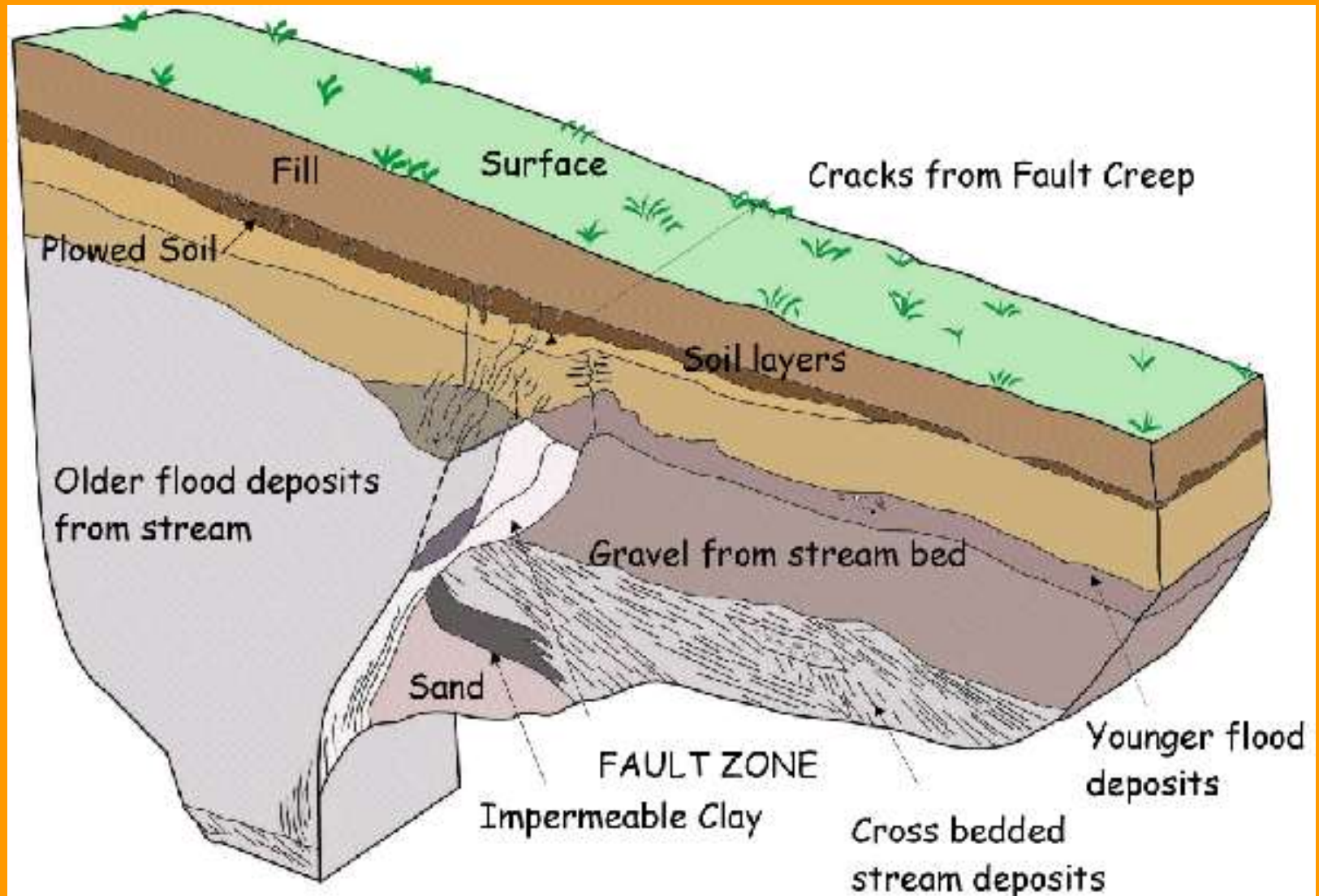
Efes

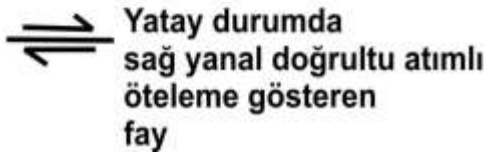
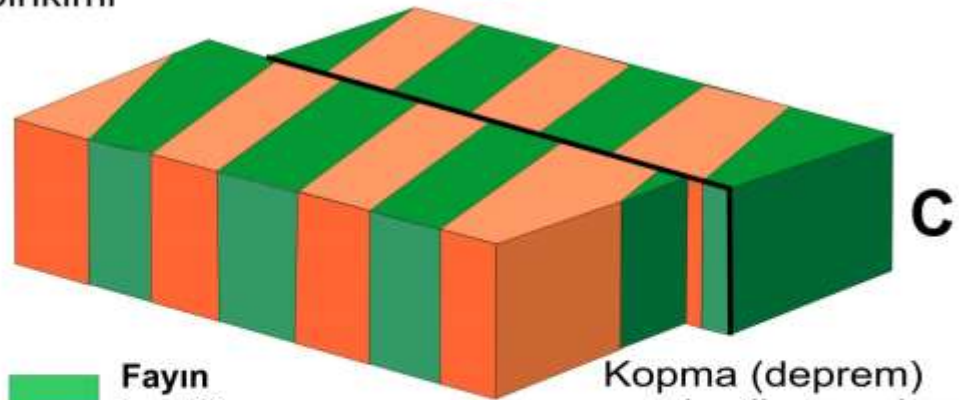
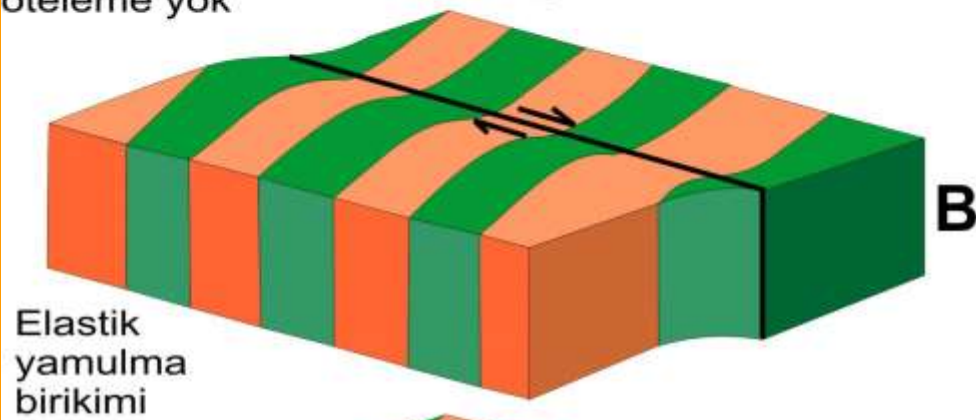
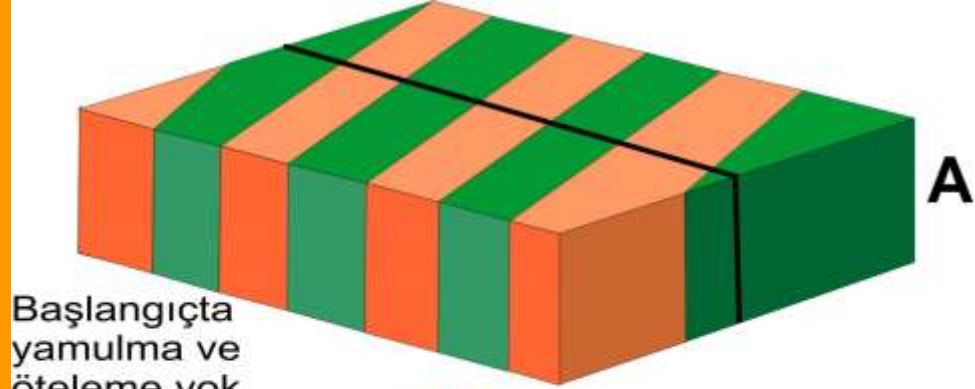


11

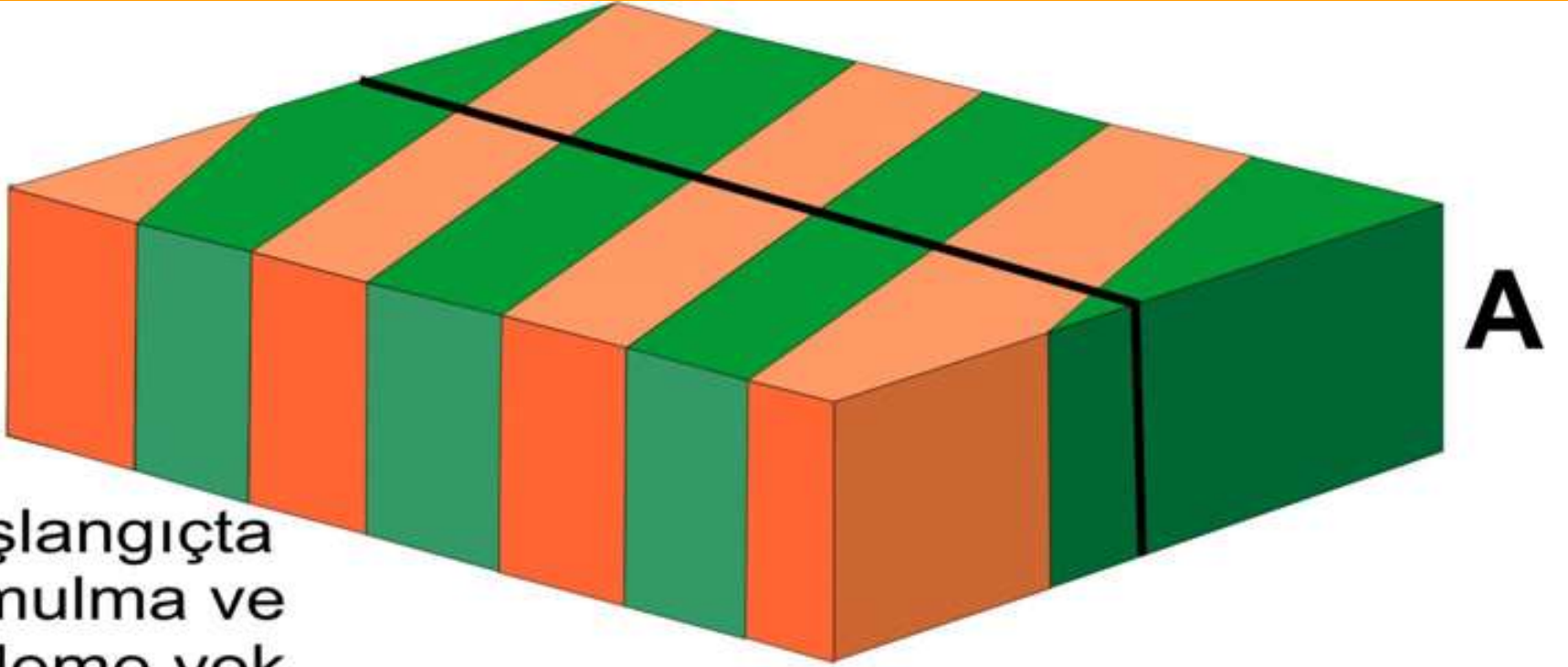
Datça

Krip

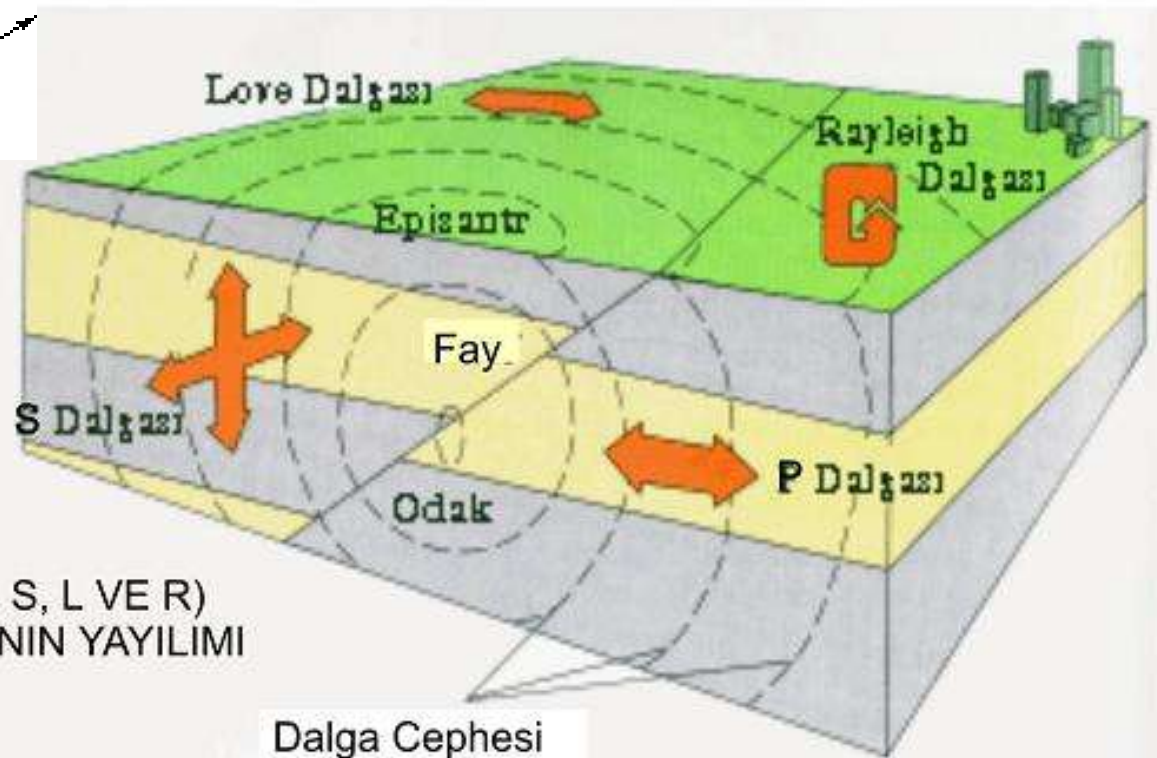
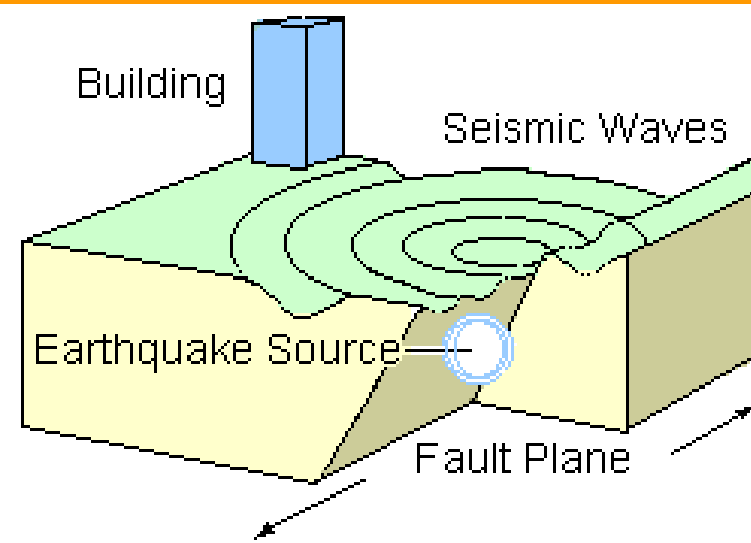




Başlangıçta
yamulma ve
öteleme yok

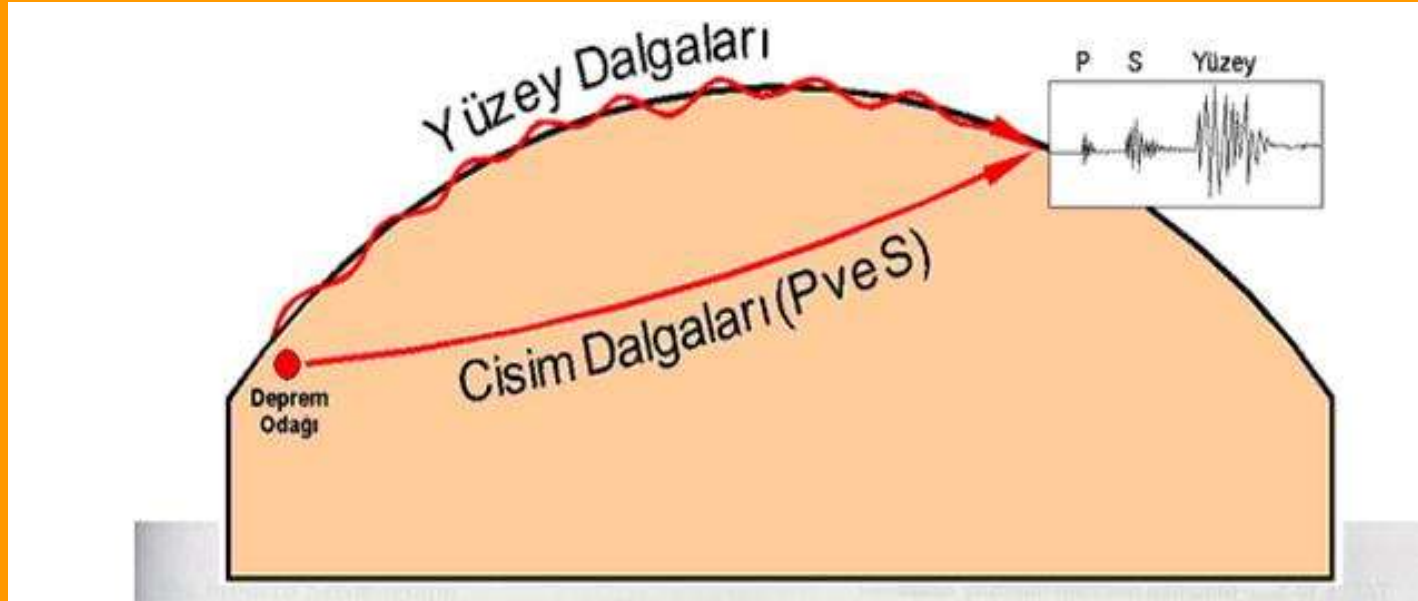


Deprem Odağı Ve Merkez Üssü



DEPREM (P, S, L VE R)
DALGALARININ YAYILIMI

Sismik Dalgalar



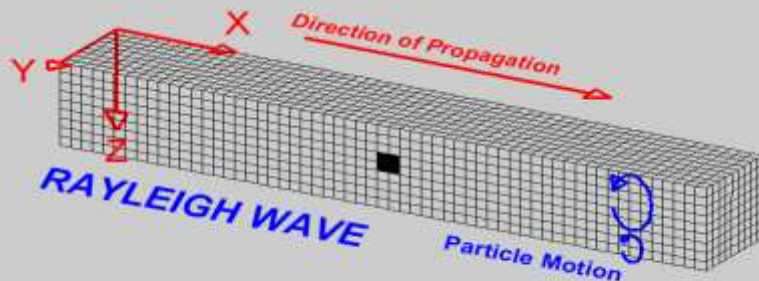
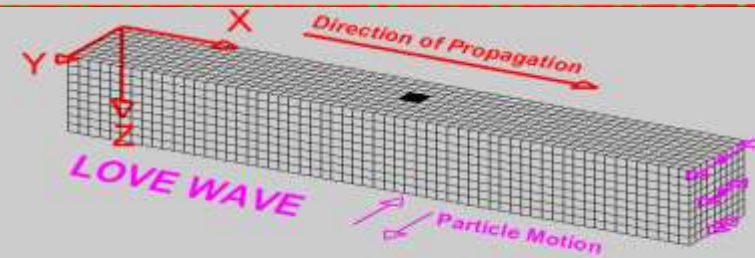
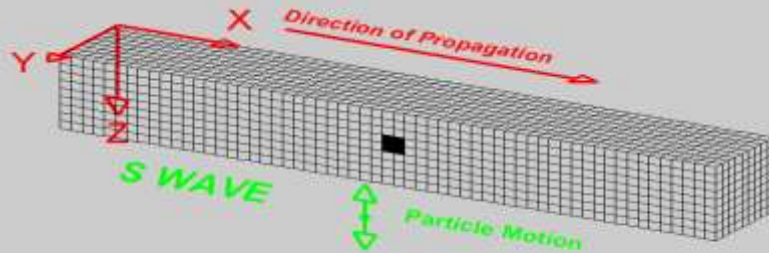
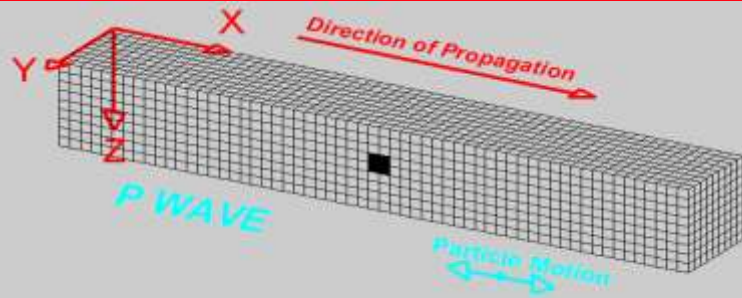
Cisim Dalgaları (P ve S dalgaları)

Frekansları 5- 20 Hz (Hertz)

Yüzey Dalgaları (L Dalgaları)

Frekansları 1 Hz'den küçüktür

Periyot değerleri ise $F=1/T$ den bulunur

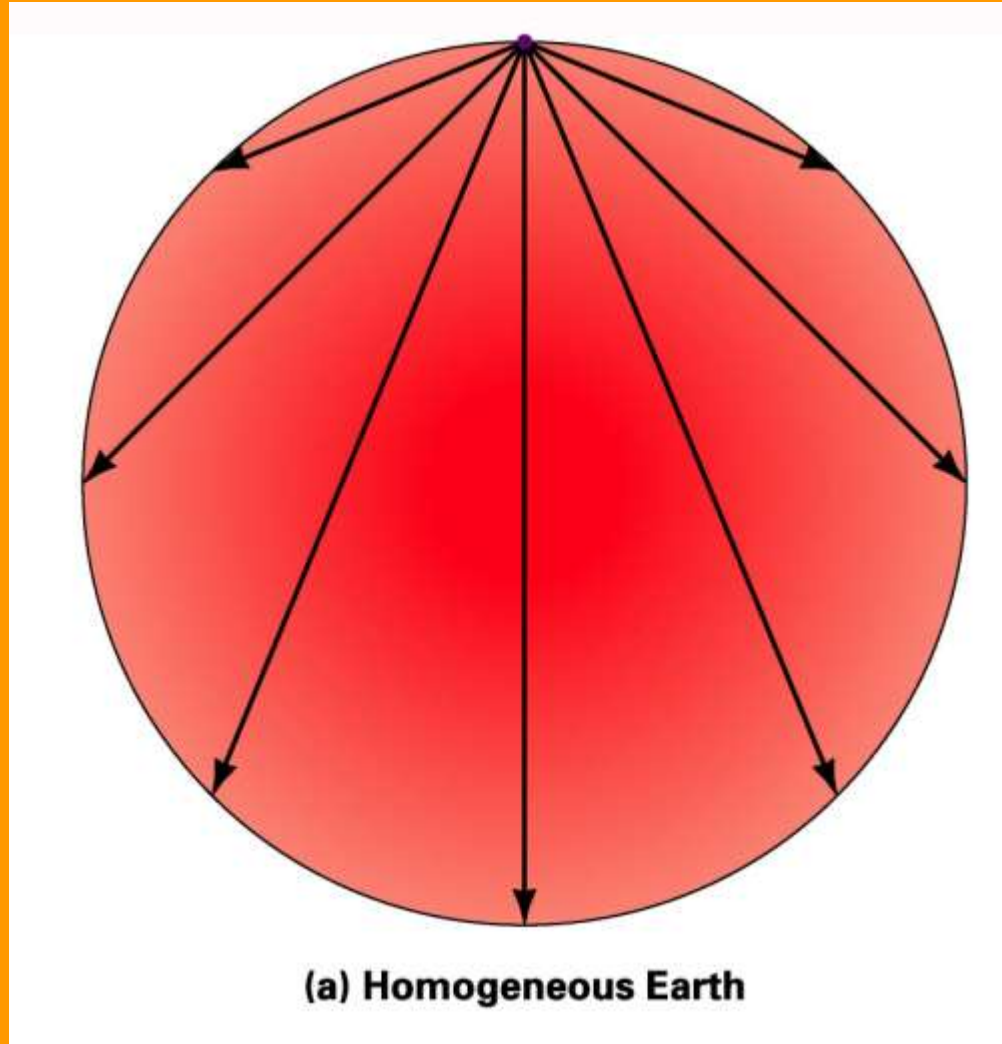


P-Dalgaları, birincil
boyuna=dilatasyon=
kompresyon dalgaları
Hızı 6-7 km /sn

S-Dalgaları=İkincil=
Makaslama=kayma=Enine
dalgalardır. 3.5-4 km/sn
hızındadır

L-Dalgaları
Uzun = Boyuna dalgalardır
Dalga uzunluğu 30-40 km
Hızları S-Dalga hızının
Yüzde 92 si kadardır

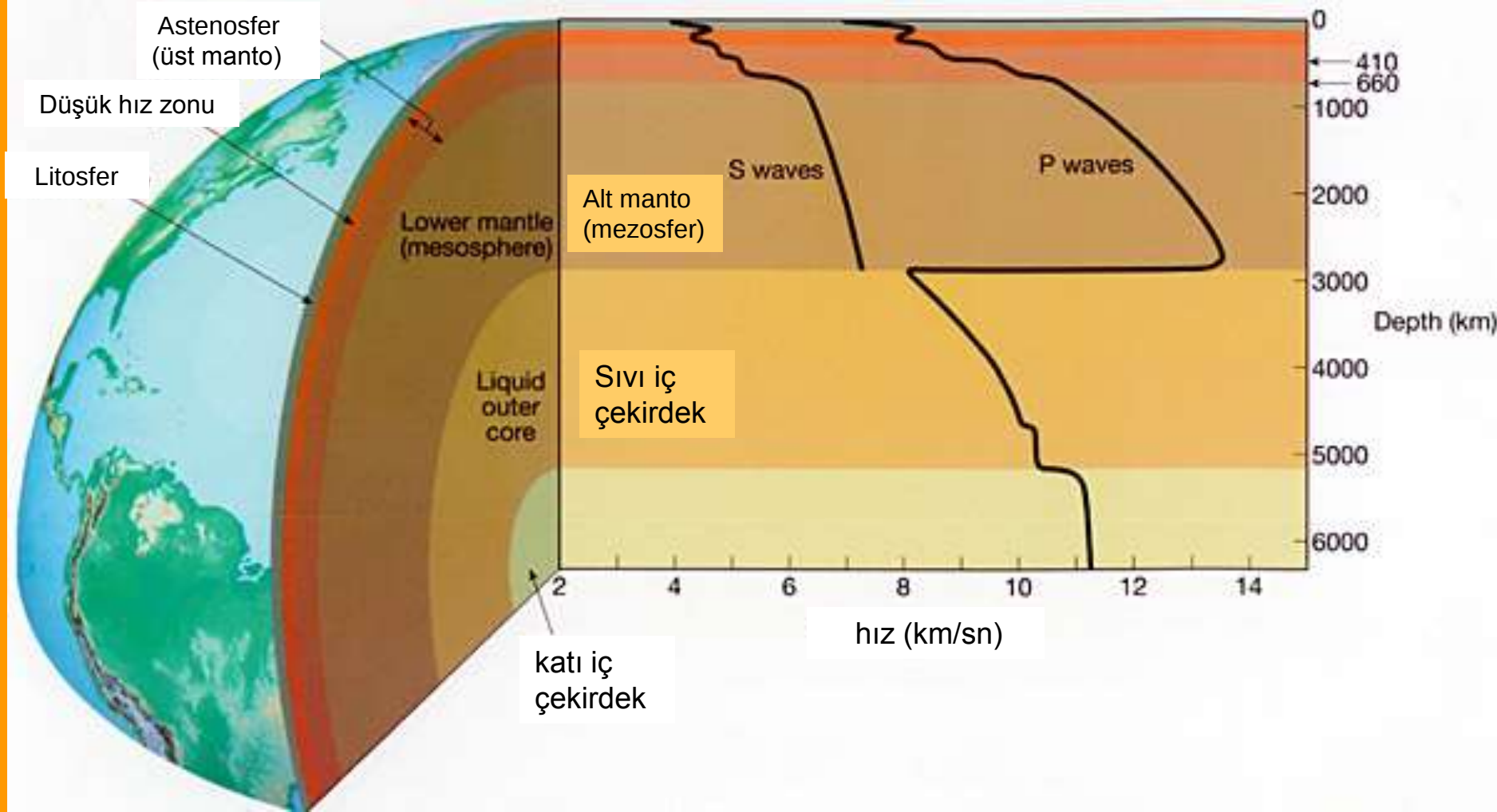
Yerkürenin homojen yapıya sahip olması durumu



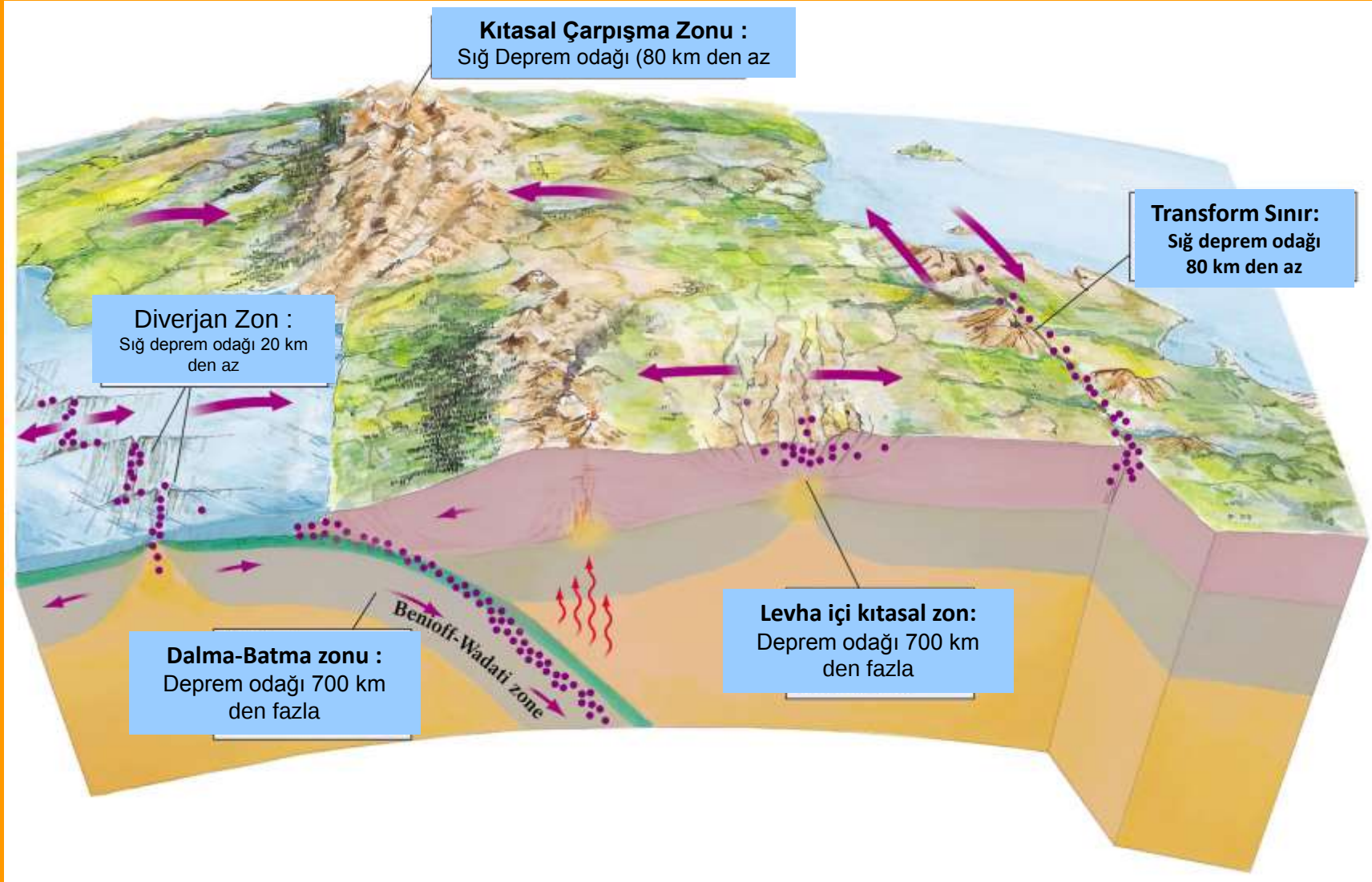
Sismik dalgaların özellikleri

1. Hız kayacın yoğunluğuna ve elastikliğine bağlıdır. Dalgalar yoğun ve rijit materyallerde hızlı; daha az yoğun ve plastik olanlarda daha yavaş ilerler.
2. Dalga hızı, derinde kayaçların yoğun olması nedeniyle derinlerde artar.
3. P-dalgaları katı ve sıvı materyaller içinde dolaşır.
4. S-dalgaları sıvılardan geçemez.
5. P-dalgaları, S-dalgalarından daha hızlı dolaşır.
6. Sismik dalgalar bir materyalden diğerine geçerken dalganın geçtiği yolda yön değiştirir. Bükülür ya da kırılır.

Sismik yapı

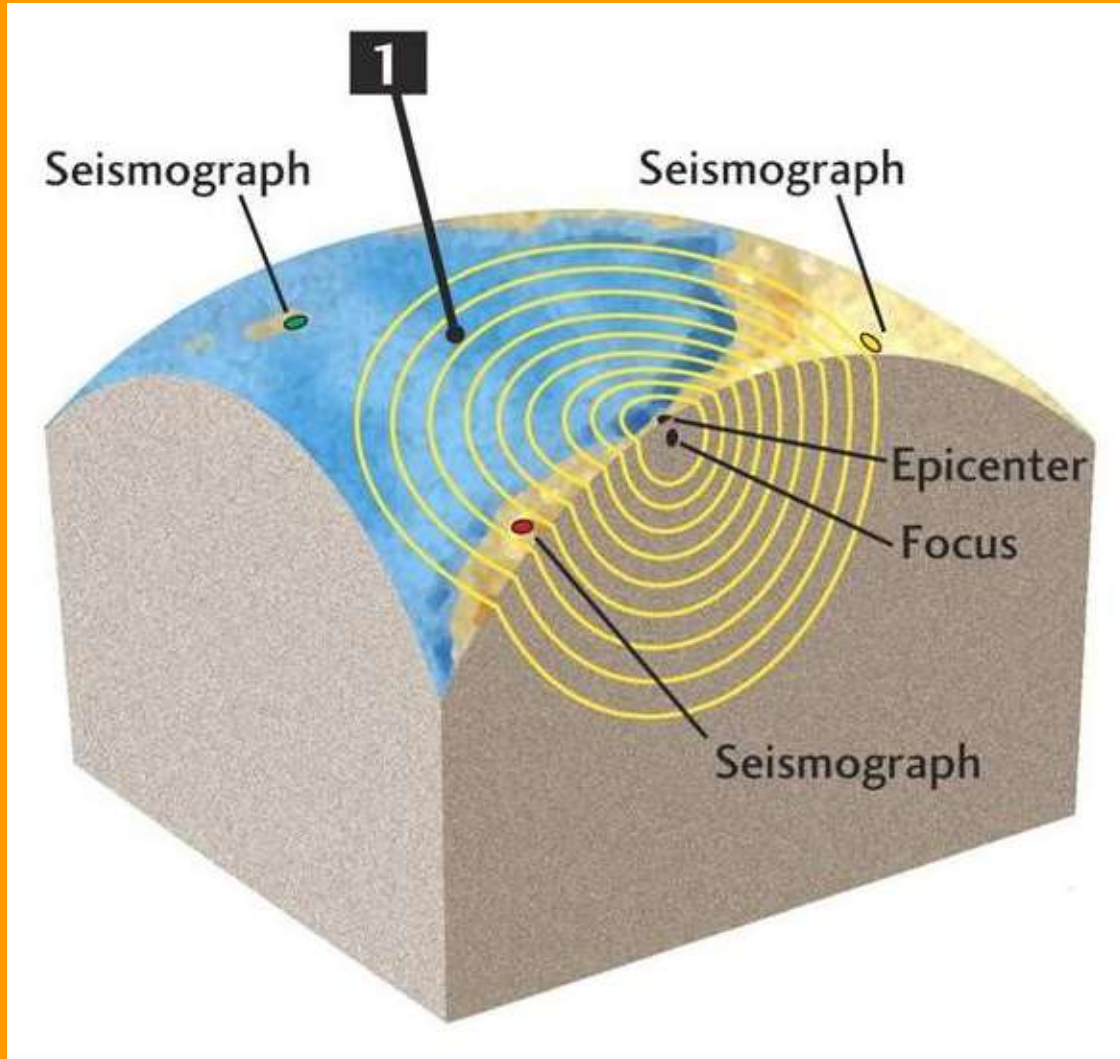


Deprem derinliği



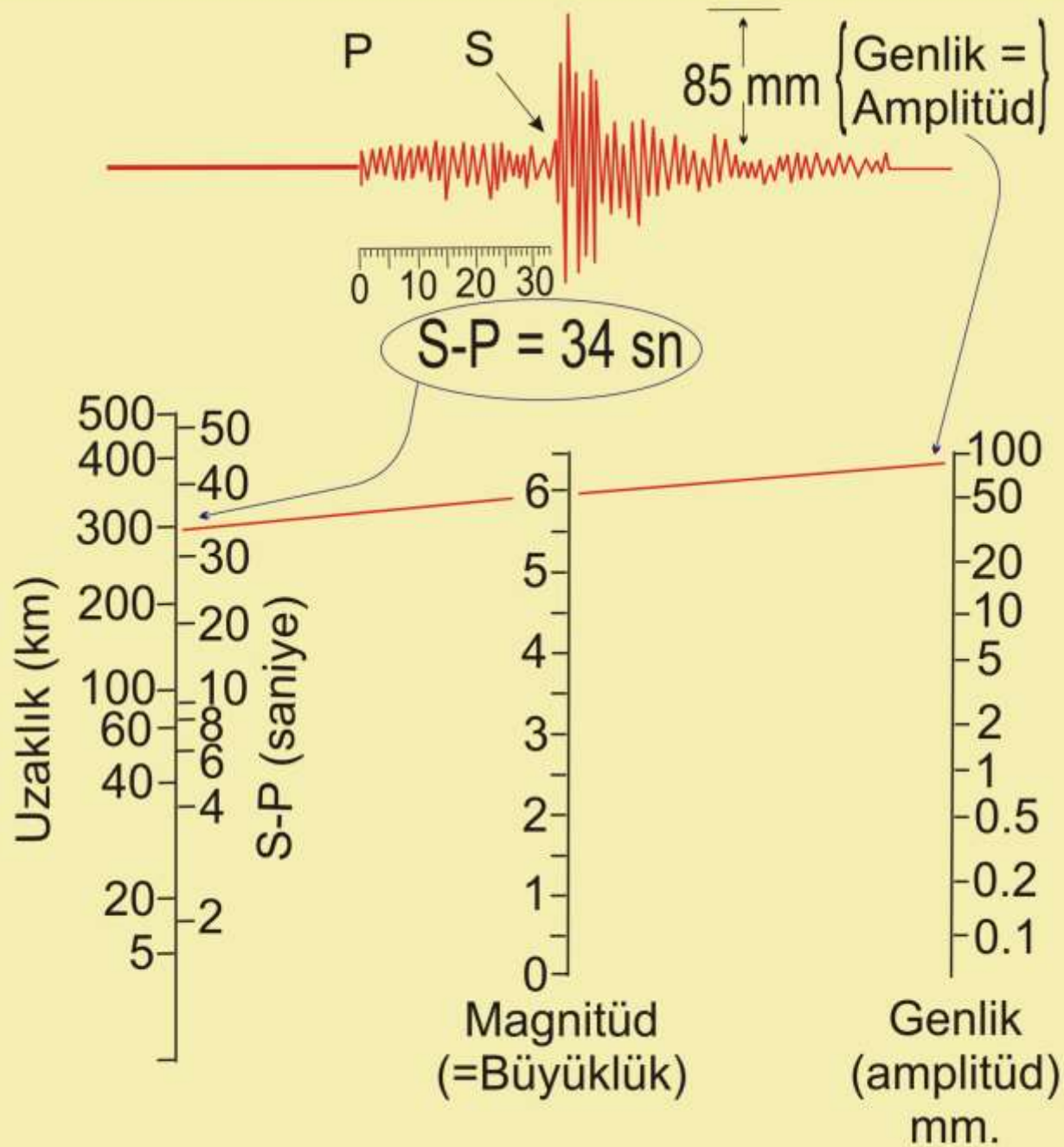
Deprem Odağı (Hypocenter) ve Merkez Üssü (Epicenter)

Deprem merkez üssü nasıl bulunur?



Depremin merkez üssü nasıl bulunur?

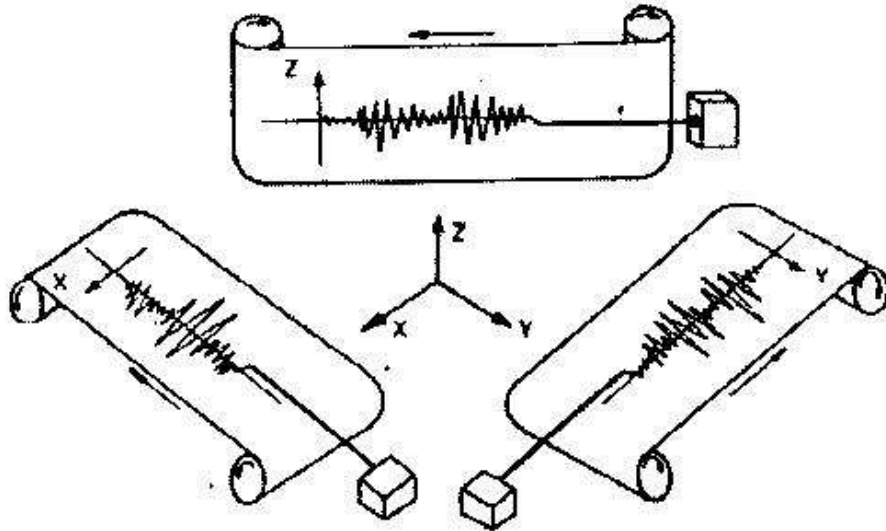




Deprem sırasında yer hareketlerinin özellikleri

- Yeryüzü sürekli titreşim yapar. Normal titreşimler insanlar tarafından hissedilmez. Bunlara **mikrotremör** adı verilir. İnsanların hissedeceği en küçük ivme 0.001 gal değerindedir. Depremin ivmesi 0.2 gal'e çıkarsa ayakta durmakta güçlük çekeriz. İvme ölçen aletler (**akselograf**) yerçekimi ivmesinin 0.3 gal ivme değerine kadar olanları kayıt yaparlar.

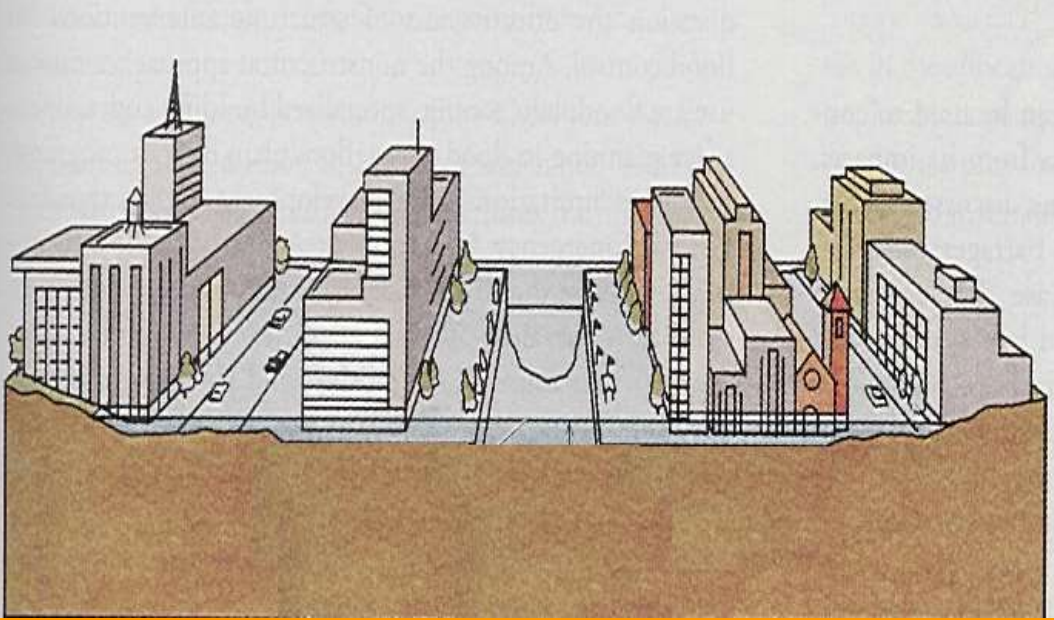
Deprem sırasında yer hareketlerinin özellikleri



Deprem hareketinin biri düşey (z), ikisi de yatay (x, y) olmak üzere üç bileşenleri vardır. Birbirine dik bu üç bileşenin yatay olanları biri K-G, diğeri ie D-B yöndedir. Depremin yatay bileşimleri yapılara gelecek dinamik yükler

açısından düşey bileşiminden daha önemlidir. Yapılar bu ivme değerlerine göre inşa edilmelidir. Yapının hareket etme zamanı ile yerin hareket etme uyumlu değilse, yapı rezonans etkisiyle yıkılabilir. Depremle oluşan yerin titreşimiyle **SİSMOLOJİ**, yapı ile titreşim arasındaki etkileşimi **YAPI DİNAMİĞİ** Bilim Dalı ile **DEPREM MÜHENDİSLİĞİ** ilgilenir. Depremin yapı için gerekli parametreleri maksimum genlik, süre ve frekans özellikleridir.

Zeminin deprem dalga genliğini arttırması "SİSMİK BÜYÜTME"



Deprem dalgası zemin yüzeyinde dalga periyodunun $T=4H/V_s$ değerine eşit olmasıyla ile aşırı şekilde büyür. T =zemin hakim periyodu, H =yüzey dalgasının derinliği, V_s = tabakadan geçen kayma (makaslama) dalgasının hızıdır.

$T=T_0$ yaklaştıkça yükseltgenme büyür ve rezonans artar T =yapının periyodu, T_0 = zeminin periyodudur. Yapıdaki hasar en büyük yer ivmesi ile frekans ve depremin süresine bağlıdır. Yumuşak ya da sulu zeminlerde ivme büyütmesi çok fazladır.

Yapıların doğal periyotları

- Her bir yapı kendi doğal periyoduna (ve frekansına) sahiptir

Yapının Yüksekliği	tipik doğal P periyot	Doğal Frekans
2 kat	0.2 saniye	5 cycles/sn
5 kat	0.5 saniye	?
10 kat	1.0 saniye	?
20 kat	2.0 saniye	?
30 kat	3.0 saniye	?

salınım
azalır

Temel Fizik kuralı

- Newton'un İkinci yasası

$$F = m.a$$

m = yapının kütlesi

a = yerin ivmesi

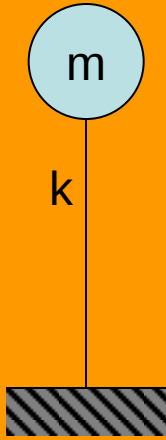


← - - - - - →
Yer ivmesi

Animasyon
www.exploratorium.edu/faultline/engineering/engineering5.html

İdeal Yapı Modeli

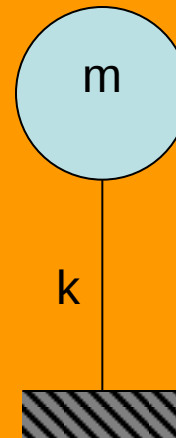
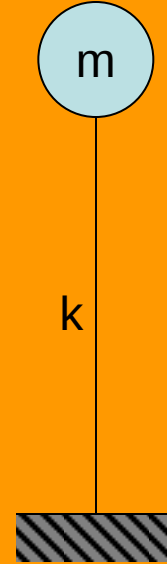
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



Daha küçük (k)

Yapı periyodu artar

Daha büyük (m)

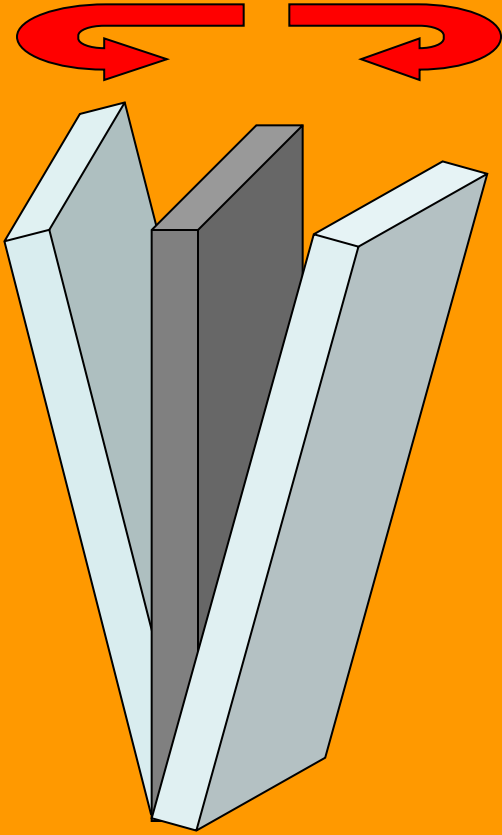


Yapının Doğal Titreşim Periyodu :

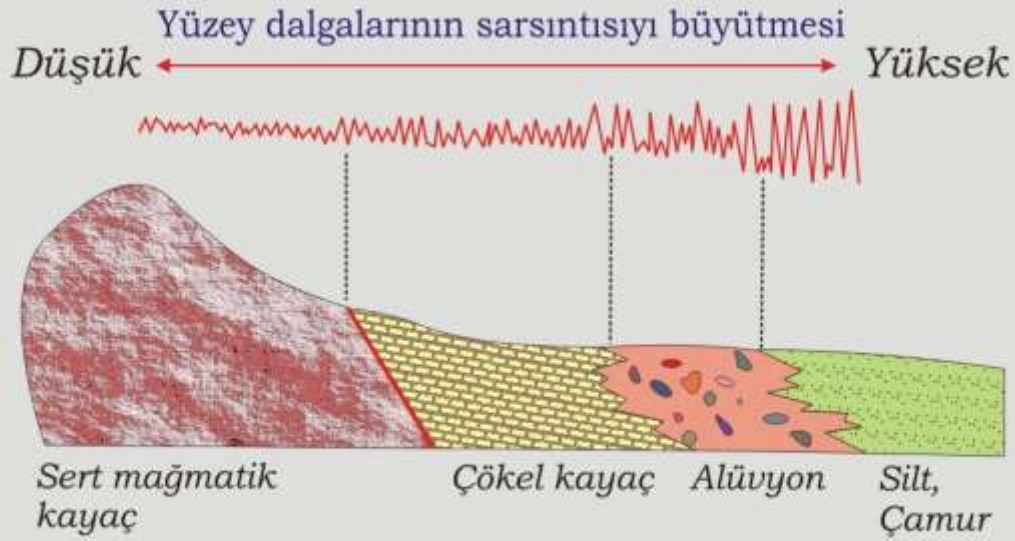
Rijitliği ile kütlesi yapının periyodunu karakterize eder. Yapının bir salınımı devri için geçen süredir. Bir kütlenin zamana bağlı hareketi a ivmesiyle

oluşur. $F = m \times a$ dinamik kuvvet doğar.

İvme, yerin titreşiminden oluşur ve yapıların doğal periyoduna bağlı olarak değişir. Yapı periyodu yapıya gelen yükün büyümesiyle artar. Rijitlik azaldıkça ya da kütle arttıkça yapı periyodu da artar. Yapı rijitliğinin değişmesi ve özellikle depremlerle olan değişmeler, yapının doğal titreşim periyodunu etkiler. Yapı doğal periyodu zemin titreşim periyoduna ne kadar yakın olursa hasar o kadar fazla olur. Yapı hasarlarını azaltmak için yapının periyodunu yerin periyodundan farklı tutmak gerekir.



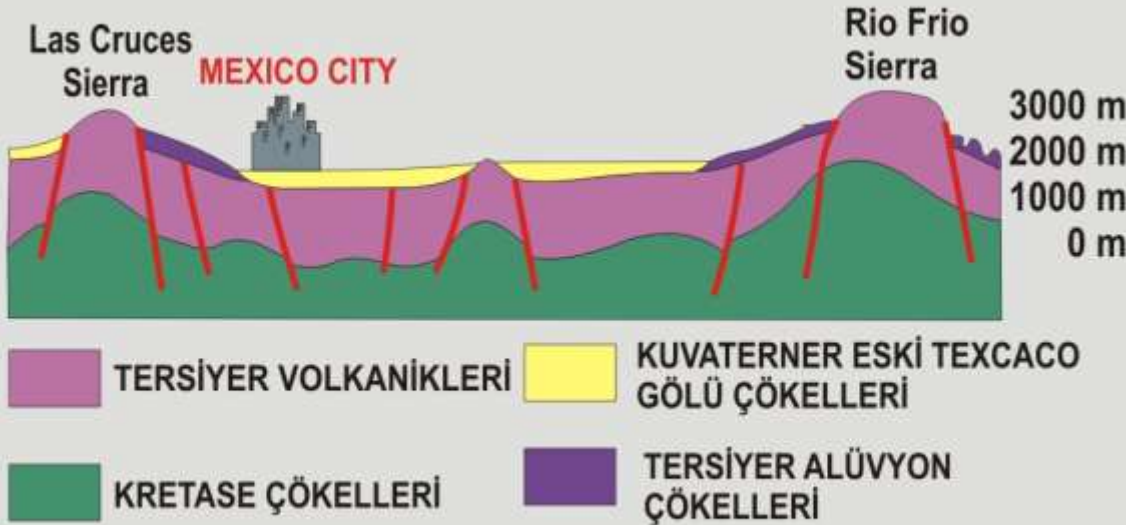
ÇOK KATLI YAPI



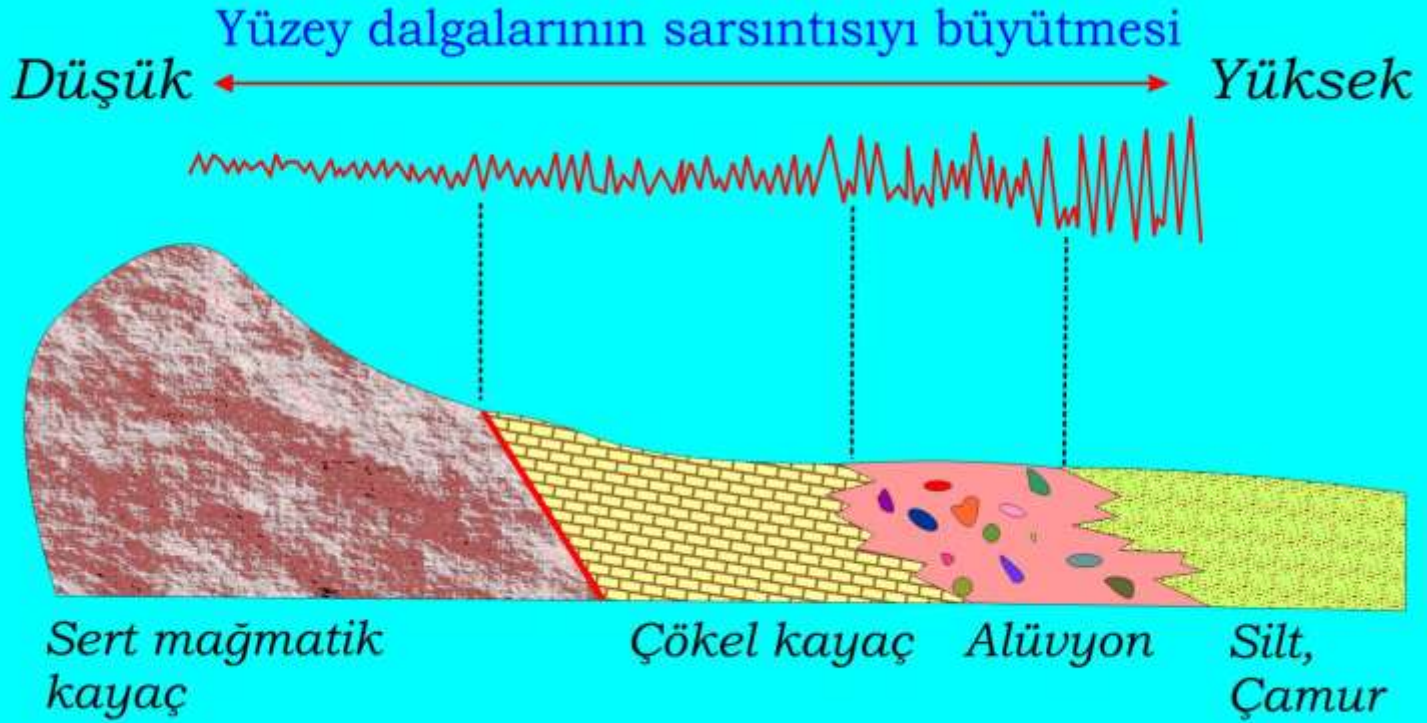
Mexico City Depremi 1985 M = 8.1

*Depremin merkez üssü
Şehrin 300 km uzağında
ve okyanus içinde*

*Şehir bir bölgesindeki
6 ile 16 kat araları
Büyük hasar gördü*



NEDEN?



Cisim Dalgaları (P ve S dalgaları)

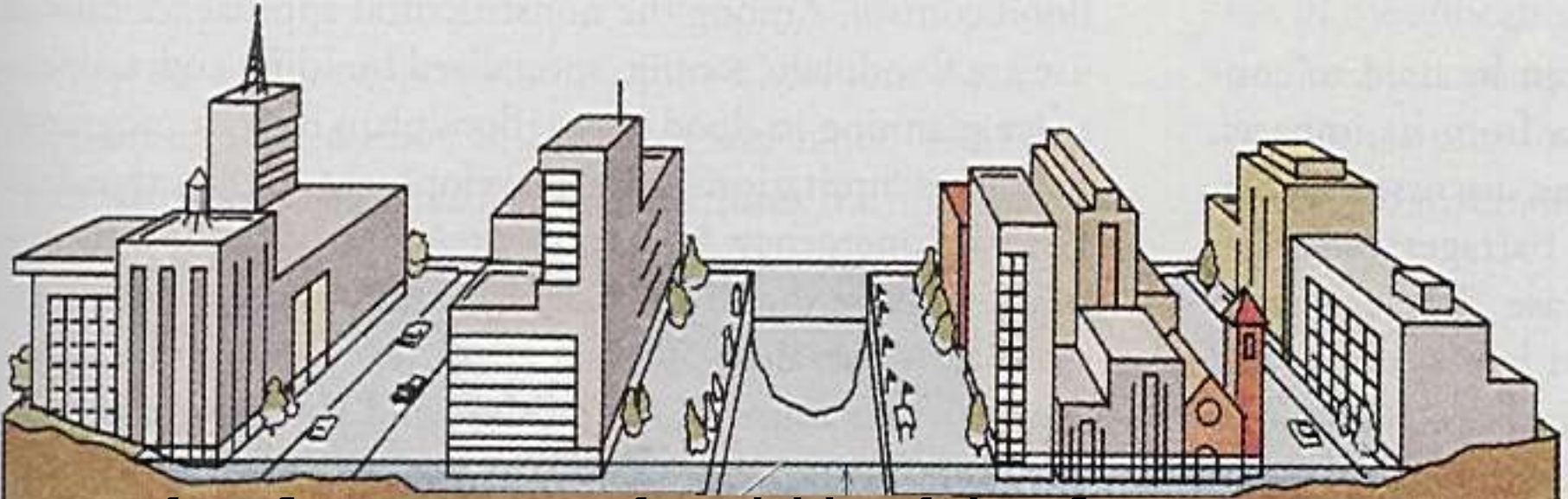
Frekansları 5- 20 Hz (Hertz)

Yüzey Dalgaları (L Dalgaları)

Frekansları (f) 1 Hz'den küçüktür

Periyot (t) değerleri ise $f=1/t$ den bulunur

Zemin ve Yapının Titreşim Periyotları



Az katlı veya çok rijit binaların periyotları küçük, çok katlı esnek binaların periyotları ise büyüktür. Yüksek yapılar uzak depremlerden kısa yapılar yakın depremlerden etkilenir

Depreme dayanıklı yapılar

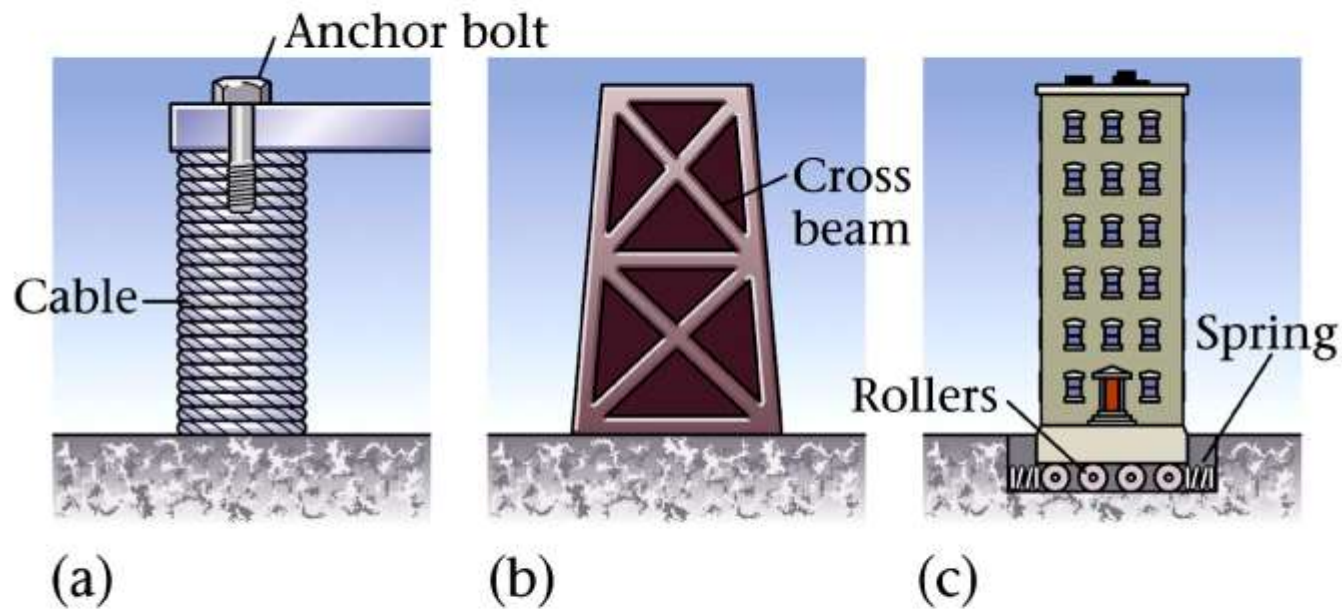


FIGURE 10.41

Sismik Güçlendirme

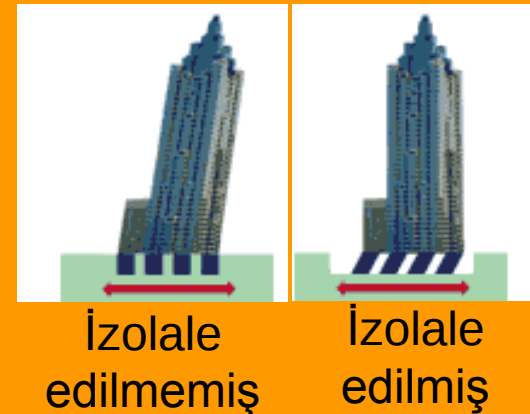
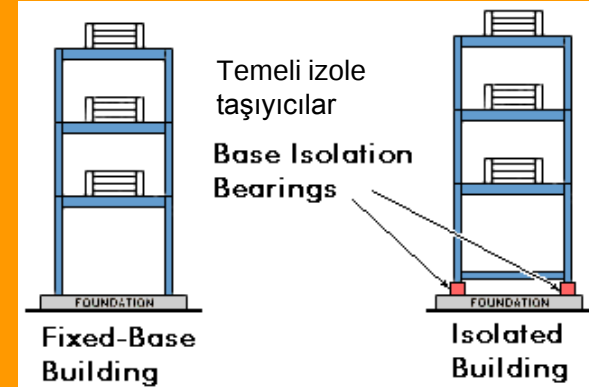
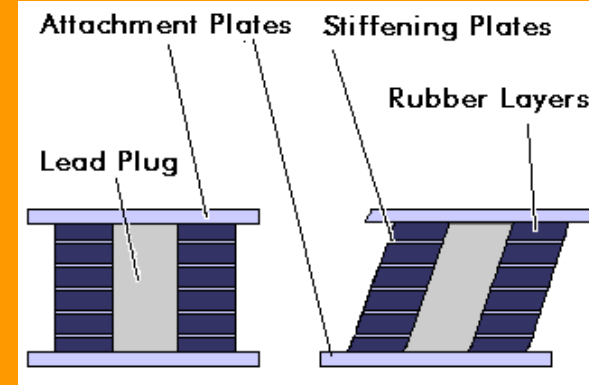


Çelik destek
ve
kafeslerle
eski beton
binalar
güçlendirile
bilir.



Temeli izole edilmiş Yapılar

- Bina ile zemin arasına yerleştirilen bir dizi taşıma, destekleme yöntemleri sayesinde yapı deprem dalgalarından izole edilebilir
- İzolatörler sayesinde deprem yüklerinin yaratacağı deformasyonun çoğu binaya ulaşmadan yok olur ve ivme azalır. Yani az hasar meydana gelir



temeli izole edilmiş bazı yapılar



Adliye Binası, San Francisco
Survived 1906 earthquake
(1994'de sismik güçlendirme)



San Francisco City Hall
dış cephe taş iken iç kısım çelik kafesle desteklidir

(1994'de sismik güçlendirme)



Deprem kuşağında yapı

1. **Yerin stabilititesi** – konsolide (sıkışmış) ya da gevşek sediment
2. **Yapının projesi** – binanın temele tutturulması
3. **Bina materyalleri** – esnek $\neq$ esnek olmayan



Deprem Büyüklüğü (=Magnitüdü) ile Şiddetinin Karşılaştırması

MAGNİTÜD Magnitude (Richter Scale)	ŞİDDET Intensity (Modified Mercalli Scale)	ETKİLERİ (Effects) *	ENERJİ (Energy)		Yıllık Deprem Sayısı (Number of Quakes per Year)
			PATLAYICI GÜCÜ Explosive Power	ERG (Ergs)	
0 dan 1.9 a	I	Sadece Aletler kaydeder	Yaklaşık 11b lik TNT (0.45Kg)'ye eşit	2×10^{10} den az	Çok Fazla Sayıda
2 den 2.9 a	II	Çok hassas olanlar hisseder. Asılı objeler salınır.	100lbs lik TNT	4 den 9000×10^{10}	300,000
3 den 3.9 a	III	Bazı insanlar hisseder. Ağır bir kamyon geçiyor gibi titreme olur.		1 den 7×10^{15}	49,000
4 den 4.9 a	IV - V	Pek çok insan hisseder. Asılı objeler sallanır. Tabak çanak ve pencereler şangırdar. Ve kırılabilir.	Yaklaşık 20 kilo tonluk küçük bir atom bombası	1 den 30×10^{16}	6,200
5 den 5.9 a	VI	Herkes tarafından hissedilir. İnsanlar korkar. Bacalar devrilir.		1 den 200×10^{18}	800
6 den 6.9 a	VII - IX	Panik durumu. Binalar güçlü sarsıntıdan etkilenirler.	Minimum 1 megatonluk hidrojen bombası	4 den 230×10^{20}	120
7 den 7.9 a	X - XI	Yaygın bir panik durumu. Sağlam binalar ayakta kalır. Yer kabuğunda büyük çatlaklar oluşur. Heyelanlar meydana gelir.	Yaklaşık 100 hidrojen bombası	4 den 50×10^{22}	18
8 den 8.6 ya	XII	Her yer harap olur.	En az 60,000 hidrojen bombası	1×10^{25} den daha fazla	0.2 Her birkaç yılda bir kere

Manyitüd	Hissedilen Alan (km ²)	Hissedilen Uzaklık (km ²)	Şiddet (Mercalli ölçeğinden değiştirilmiştir)	Maksimum yatay ivme (g = yerçekimi = 9.8 m/sn ²)
3.0- 3.9	1.950	25	II - III	0.015g den az
4.0- 4.9	7.800	50	IV- V	0.015 - 0.04g
5.0- 5.9	39.000	110	VI - VI	0.06 - 0.15g
6.0- 6.9	130.000	200	VII - VIII	0.15 - 0.30g
7.0- 7.9	520.000	400	IX- X	0.50 - 0.60g
8.0- 8.9	2.080.000	720	XI - XI	0.60g den çok

DEPREMİN ŞİDDETİ İLE BÜYÜKLÜĞÜ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Makrosismik Gözlemlerle Şiddet Derecelerinin saptanması



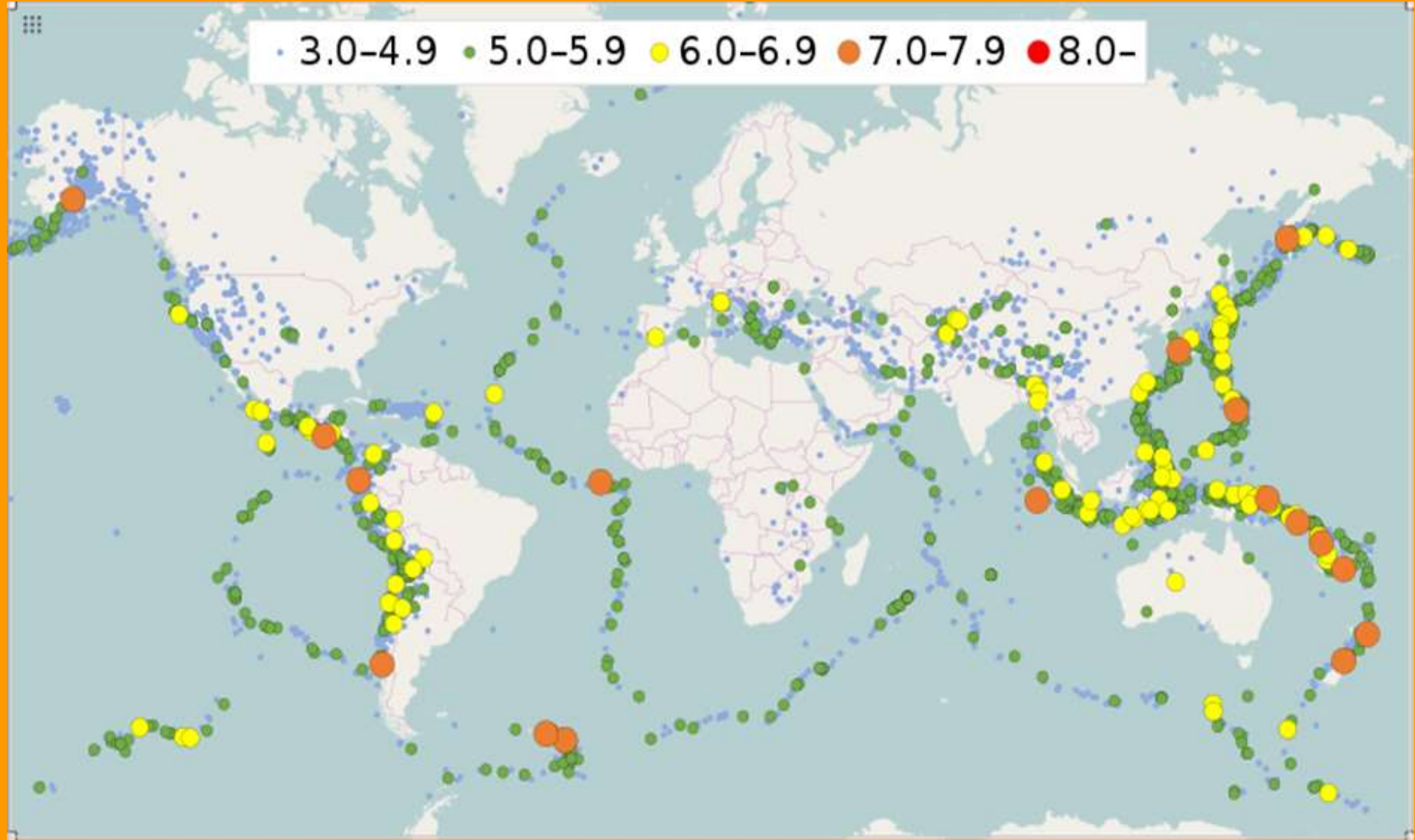
1822 yılında Hatay'da meydana gelen depremin eşşiddet haritası

1900'lü yıllardan beri yapılan gözlemlere dayalı olarak deprem oluşum sıklıkları

TİPİ	BÜYÜKLÜĞÜ (MAGNİTÜD)	YILLIK ORTALAMA
Çok Şiddetli	8'den büyük	1
Şiddetli	7 – 7.9	18
Güçlü	6 – 6.9	120
Orta	5 – 5.9	800
Hafif	4 – 4.9	6200
Çok Hafif	3 – 3.9	49 000
Çok çok hafif	2 – 2.9	2-3 büyüklüğünde hergün 1000 tane; 1-2 büyüklüğünde hergün 8000 adet

Bu tablo hergün M5 ile 5.9 arasında en az 2; her 3 günde bir de M6 ile 6.9 büyüklüğü arasında 1 deprem meydana geldiğini göstermektedir.

2016 yılındaki depremlerin yerleri ve büyüklükleri



Dünya Deprem Tehlike Haritası





16 Nisan 2016 tarihinde Ekvador depremindeki Guayaquil'de çöken bir üst geçit, yol ve yassı kadayıf gibi tamamiyle yıkılan binalar gösteren yapısal hasarlar (www.strangesounds.org/2016/04/devastating-earthquake-ecuador-pictures-videos-april-2016-233-dead.html)

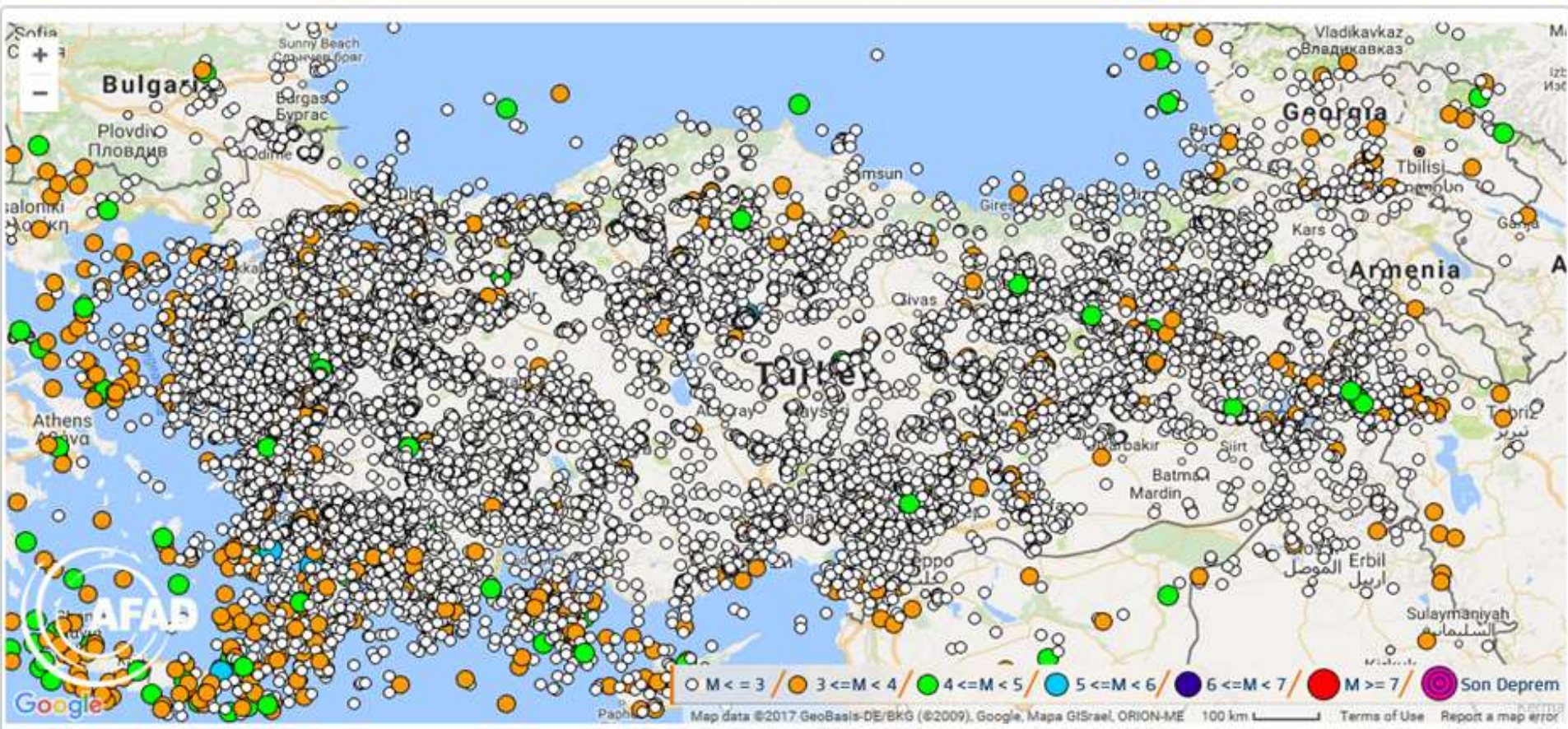


Depremler- Türkiye

AFAD Verileri 2016 deprem istatistiği

	M< 1.9	2.0< M< 2.9	3.0< M< 3.9	4.0< M< 4.9	5.0< M< 5.9	M >6.0	TOPLAM
Ocak	1372	199	27	5	1	-	1604
Şubat	1025	320	55	6	-	-	1406
Mart	1118	341	57	11	-	-	1527
Nisan	1328	365	49	8	-	-	1750
Mayıs	1220	391	62	8	1	-	1682
Haziran	1463	363	62	13	-	-	1901
Temmuz	1274	419	65	12	-	-	1770
Ağustos	1131	333	53	4	-	-	1521
Eylül	1448	440	63	12	1	-	1964
Ekim	1482	359	39	9	-	-	1889
Kasım	1132	313	49	7	-	-	1501
Aralık	1285	376	52	7	1	-	1721
TOPLAM	15278	4219	633	102	4	-	20236

2016 yılı tüm depremleri dağılımı (AFAD)



Deprem habercileri

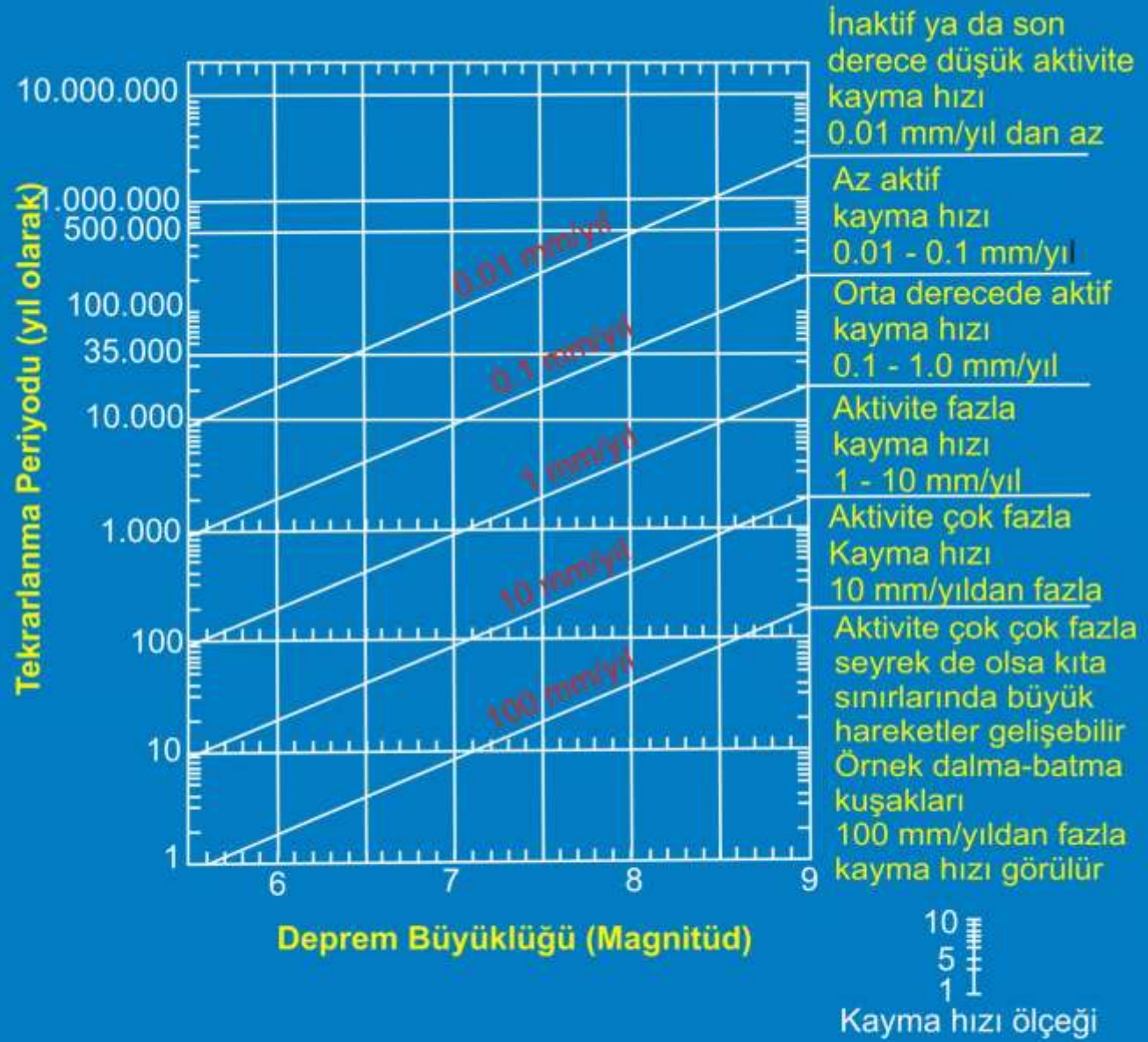
- Yer kabuğundaki deformasyonlar
- Faylar boyunca oluşan sismik boşluklar
- Depremlerin sıklığı ve modelleri
- Yerin elektrik rezistivitesindeki (öz direnç) değişimleri
- Yeraltısuyunda radyoaktif gazlar (radon)
- Bazı hayvan davranışları



AYRILMA-DÜFÜZYON (Dilatation - Diffusion) DEPREM OLUŞUM MODELİ :

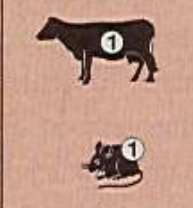
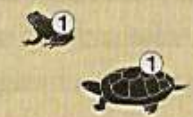
Deprem oluşumunda 5 aşama vardır.

- 1- Elastik Yamulma
- 2- Genişleme=Açılma
- 3- Su girişi
- 4- **DEPREM** oluşumu
- 5- Stres düşmesi



DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ, KAYMA HIZI VE TEKRARLANMA PERİYODU ARASINDAKİ BAĞINTI (Slemmons ve Depolo, 1986'dan alınmıştır. Active Tectonics. National Academy Press : Washington, D.C.)

Deprem Ve Hayvanlar

Time before earthquake							
	1-2 minutes	10-30 minutes	1-4 hours	6-12 hours	1 day	Few days	Few weeks
Epicenter area							
20-50 km							
70-100 km							
150-200 km							
>250 km							

Deprem ve hayvan davranışları

HAYVAN	DEPREM ÖNCESİ DAVRANIS	DİĞER DURUMLAR
KEDİ	Saklanma, Dışarı çıkmayı reddetme	Psikojenik şok
TAVUK	Yükseklere tüneme, birbirine sokulma, histeri	Ani karanlık, şiddetli patlama
KÖPEK	Havlama	Alan savunması ve yabancılar
KÖPEK	Sahibini odadan odaya sürekli takip etme	Aşırı bağımlı hayvan
BALIK	Sudan dışarı fırlama Hızlı dönüşler,	Yakamoz kovalama
BALIK	Sudaki derinliğini değiştirme	Basınç değişir, yüzme kesesi yaralanır
FARE	Sallantılı yürüme ve kasılmalar	Odyojenik nöbet
MİDYE	Deniz kenarında yüksek yerlere yapışma	Fırtına öncesi su yükselişi
DOMUZ	Birbirinin kuyruğunu ısırma	Fazla kalabalık şartlarda
SIÇAN	Tetikte olma, endişe, dikey zıplamalar	Yer avcılarına karşı alarm tepkisi
SIÇAN	Çömeler gibi hareketler, kas kasılmaları	Akustik irkilme tepkisi

*Lee ve ark. 1976 & Anonim 3.

Depremi etkileri nelerdir?

- Zemin sıvılaşması
- Heyelanlar
- Yangınlar
- Tsunami
- Yaşamsal hatlardaki (altyapı) hasarlar
- Karalardaki değişimler
- Yeraltı su düzeyindeki değişimler

Zemin sıvılaşması

Suya doygun taneli zeminlerin katı halden sıvı hale geçmesi durumudur. Buna, deprem sırasındaki şiddetli sarsıntılarının yol açtığı kompaksiyon (sıkışma) ve onun sonucu oluşan gözenek suyu basıncındaki artış neden olur.



Zemin sıvılaşması (Liquefaction)

Zeminlerin sismik sıvılaşması suya doymun kohezyonsuz zeminlerin ve bazen de siltlerin deprem sırasında oluşan tekrarlı yükleme nedeniyle kayma mukavemetlerini ani olarak kaybetmesini ifade eden bir süreçtir.

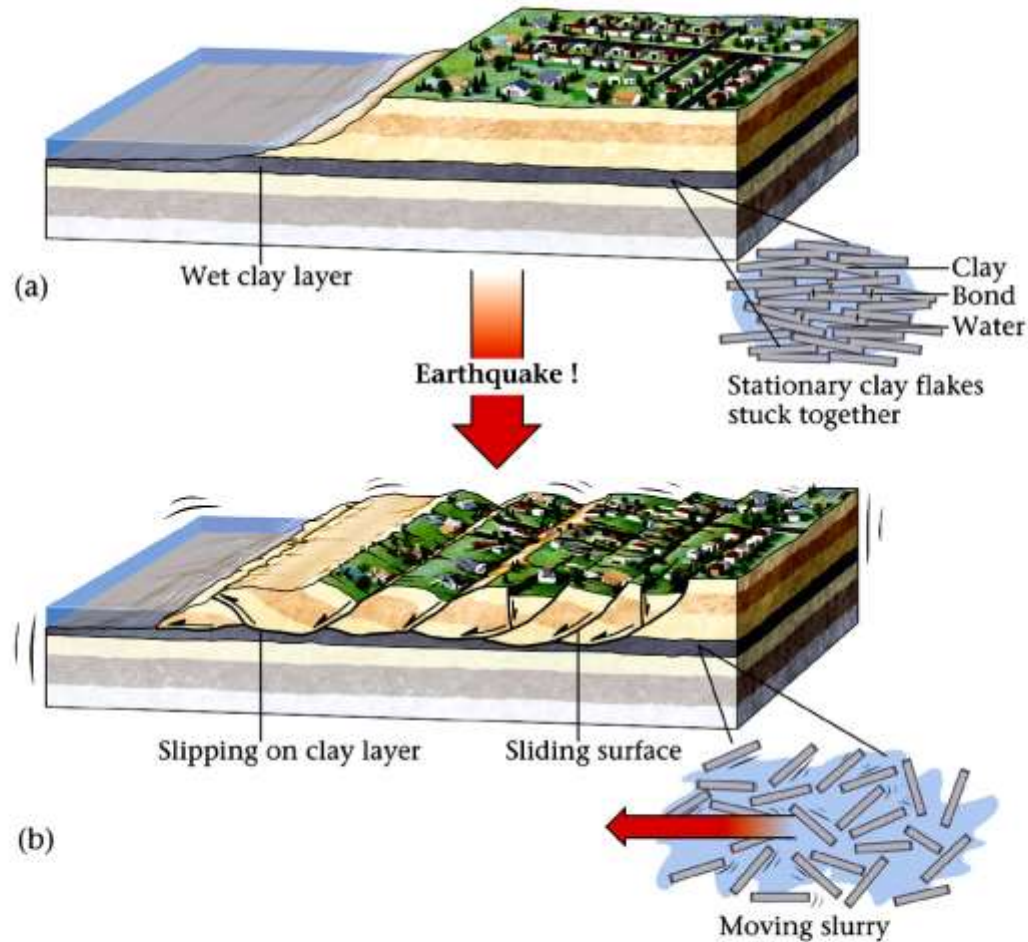
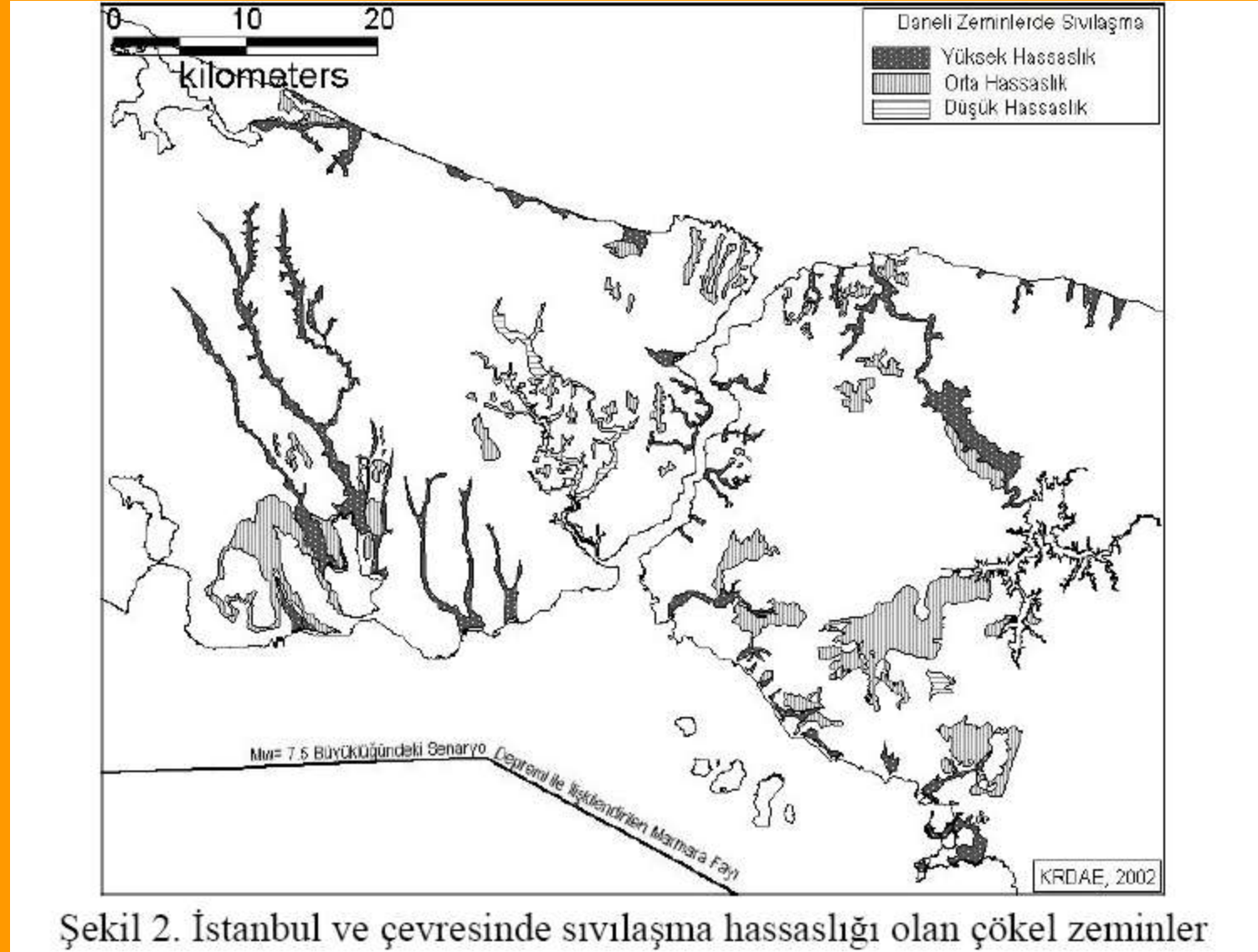


FIGURE 10.31

İstanbul zemin sıvılaşma potansiyeli haritası



Heyelanlar

1970 yılında Peru'da meydana gelen depremde ölen 70 000 kişinin 20 000'i birkaç kasabayı içine alan dev heyelanlarla ölmüştür.



DEPREM YANGINLARI

DEPREMLERDE EN BÜYÜK MADDİ HASARI YANGINLAR OLUŞTURUR

1906 SAN FRANCISCO DEPREMİNDE 700 KİŞİ ÖLMESİNE RAĞMEN HASAR 400 MİLYON DOLARDIR

1964 ALASKA DEPREMİNDE ÖLÜ SAYISI 131, MADDİ HASAR İSE 450 MİLYON DOLAR OLMUŞTUR



Tsunami

Kıyılardaki yerleşimleri sular altına bırakıp can ve mal kayıplarına yol açan genellikle deniz içi depremlerin yol açtığı deniz dalgalarıdır.



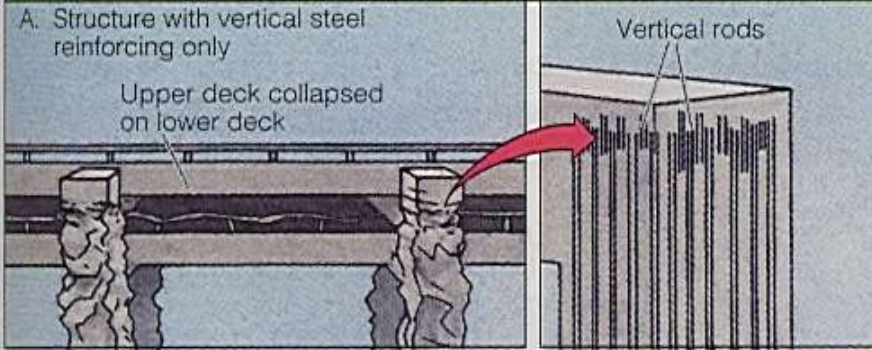
Altyapı hasarları

EARTHQUAKE-VULNERABLE STRUCTURES

A. Structure with vertical steel reinforcing only

Upper deck collapsed on lower deck

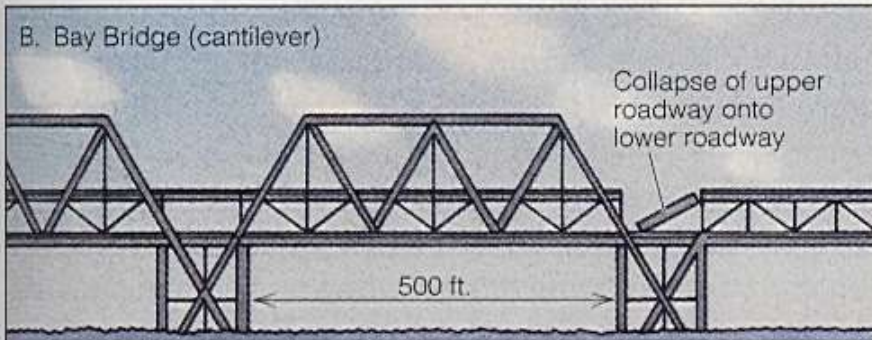
Vertical rods



B. Bay Bridge (cantilever)

Collapse of upper roadway onto lower roadway

500 ft.



C. Inflexible joints

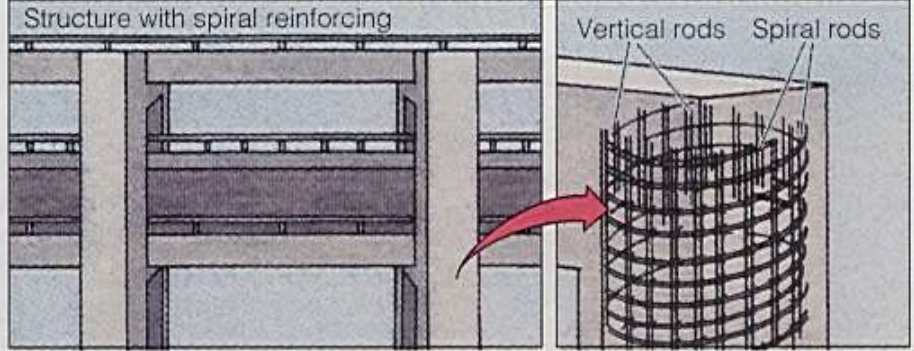
Pipe



EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURES

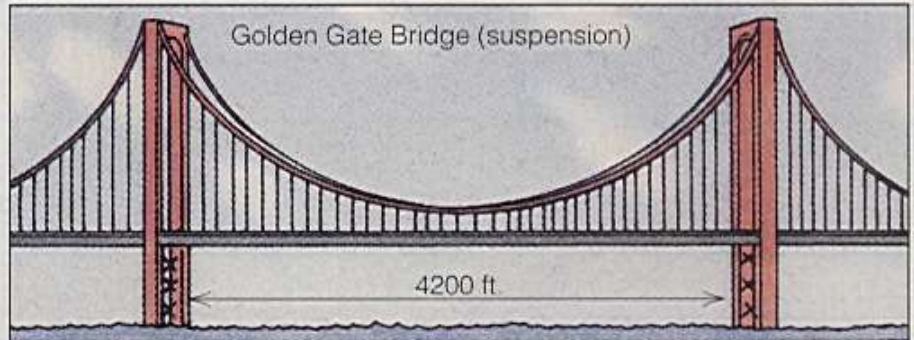
Structure with spiral reinforcing

Vertical rods Spiral rods



Golden Gate Bridge (suspension)

4200 ft.



Flexible joints



Altyapı (lifeline) hasarları



Depremler yapılarda Taşıma Gücü Kaybına neden olur

- Bina temelleri taşıma gücüne göre boyutlandırılır.
- Taşıma gücü azalması (kaybı) temel boyutlarını yetersiz duruma getirerek, yapının yatmasına, dönmesine, göçmesine yol açabilir.
- Temellerin taşıma gücü zeminin kayma mukavemeti ile doğrudan ilişkilidir.
- Depremler sırasında killi zeminlerde meydana gelecek drenajsız kayma mukavemetinde azalma, kumlu zeminlerdeki sıvılaşma taşıma gücü kaybına neden olabilir.





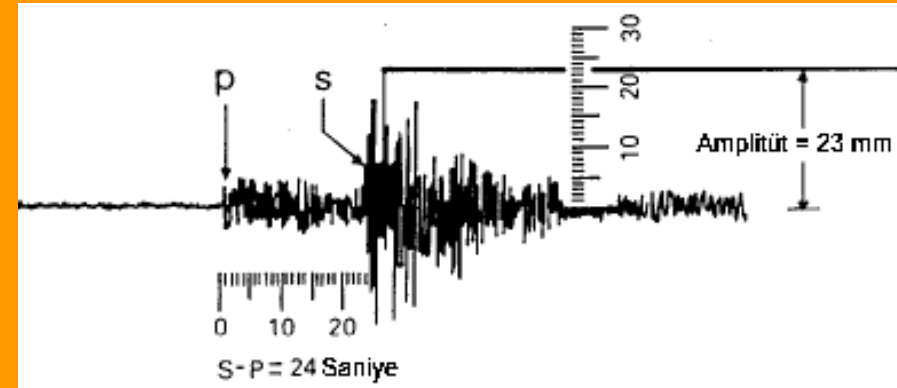


Depremi büyüklüğü (M) ve Richter Ölçeği (M_L)

- depremin merkez üssüne 100 km uzaklıkta bulunan bir Sismografin kaydettiği deprem dalgalarının en büyük genliği dikkate alınarak bulunur. Yerel büyüklük (**magnitüd**) olarak ta ifade edilir. En büyük genlik logaritmik bir ölçekle Richter büyüklüğüne dönüştürülür. Sözelimi, büyüklüğü $M=7$ olan bir deprem, $M=6$ büyüklüğündeki bir depreme göre sismograf üzerinde 10 kat daha büyük öteleme oluşturur. Depremde ortaya çıkan enerji açısından baktığımızda ise arada 30 katlık bir fark gözlenir.

Depremın Büyüklüğü (Magnitüd)

**MOMENT MAGNİTÜD EN GÜVENİLİR
BÜYÜKLÜK OLARAK KABUL
EDİLMEKTEDİR**



- Richter=yerel Büyüklük (M_L) $M < 6.0$ için geçerli
- Moment Büyüklüğü (M_w) $M > 4.0$ için geçerli
 - Sismik Moment (M_0)
- Süreye göre büyüklük (M_d) $M > 5.0$ için geçerli
- Cisim(P)dalgalarına göre Büyüklük (m_b)
- Yüzey dalgalarına göre (M_s) $M > 6.0$ için geçerli
- Enerjiye göre (M_e)

Moment Büyüklüğü (M_w)

$M > 4.0$ depremler için geçerlidir

Richter ölçeğinden sonra en fazla kullanılan güvenilir bir büyüklüktür. Daha sayısal ve fiziksel ölçekli bir büyüklüktür. Sismik Moment'e dayalıdır.

Sismik Moment 1- deprem üreten fayın ortalama atım miktarı, 2- Kırılan bölgenin alanı, 3- kırılan kayaların makaslama modülü (*bir kayacın makaslama stresine olan direnci*) ile bulunur. Richter ölçeğine göre daha geniş bölgelere uygulanabilir.

• **Moment Büyüklüğü (M_w) :**

$$M_w = 2/3 \log M_o - 10.7$$

Moment Büyüklüğü - (M_w) ve Sismik Moment Kavramları

MOMENT MANYİTÜDÜ - M_w

Bu ölçek, depremde açığa çıkan elastik şekil değiştirme enerjisinin bir göstergesi olan sismik moment M_0 ile uyumlu bir büyüklük tanımlamaktadır. (Şili Depremi - $M_w = 9.5$)

$$M_w = (\log M_0 / 1.5)^{-10.7} \quad \text{Kanamori-Anderson}$$

$$M_s = \log A + 1.656 \log \Delta + 1.818$$

$$(A: \text{max genlik (micron)} \quad 15^\circ < \Delta < 130^\circ)$$

SÜRE MANYİTÜDÜ - M_D

Bu manyitüd, özellikle küçük depremler ($M_L \leq 3$) için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Saniye cinsinden toplam deprem süresine bağlı olarak bir büyüklük tanımlamaktadır.

$$M_D = c + d \log \Gamma + e \Delta + f h$$

Γ : Toplam süre, Δ : episantr uzaklığı, h : hiposantr uzaklığı

CİSİM DALGASI MANYİTÜDÜ - M_b

Sismolojide, deprem kaynağının odak derinliğinden etkilenmeyen P dalgasının genliğini ölçmek son derece rutin bir işlemdir. Dolayısıyla P-dalgası manyitüdü tanımlanır.

Manyitüd / Şiddet Karşılaştırması

Manyitüd bir depremin göreceli büyüklüğünü tanımlayan bir sayıdır. Manyitüd, sismograf tarafından kaydedilen maksimum hareketin ölçülmesine dayanan bir büyüklüktür.

Birçok ölçek tanımlanmıştır. En çok kullanılanları:

- (1) yerel manyitüd (M_L), daha çok Richter Manyitüdü denir.
- (2) cisim-dalgası manyitüdü (m_b),
- (3) yüzey-dalgası manyitüdü (M_s),
- (4) moment manyitüdü (M_w).



M_s ve M_w manyitüdüleri yıkıcı depremleri tanımlamakta büyük tutarlılık göstermektedir. Derin depremler için m_b manyitüdü iyi bir ölçektir.

TÜM MANYİTÜD ÖLÇEKLERİ, HERHANGİ BİR KÜÇÜK DEPREM İÇİN YAKLAŞIK OLARAK AYNI MANYİTÜD DEĞERİNİ VERİRLER !

Deprem büyüklüklerini kıyaslama

Sözgelimi, M7.8 (manyitüd) büyüklüğündeki bir deprem M5.8 büyüklüğündeki bir depremden sismograf üzerinde 692 kez daha büyüktür. Enerji bakımından 23.000 kez daha büyüktür.

Çünkü büyüklükteki 1 derecelik fark sismograf üzerinde 10 kat daha büyüktür.

$$10 \times 10 \times 9 / 1.3 = 692 \text{ kez}$$

Enerji ya da güç bakımından ise manyitüdde 0.1'lik değişim genlikte 1.3 kat değişim yaratır. Yani Manyitüdde 1 derecelik değişim yaklaşık 32 kat daha fazla enerji demektir.

$$32 \times 32 \times 32 / 1.4 = 23,405 \text{ veya yaklaşık } 23,000 \text{ kez}$$

Deprem Oluşturan Faylar

- Diri (Aktif) fay
- Potansiyel olarak aktif fay
- Pasif fay
- Reaktif fay

Jeolojik Yaş			Yıllar (günümüzden geriye)	Fay Aktivitesi	
Devir	Devre	Kat			
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	—200—	Aktif	Potansiyel olarak aktif
		Pleistosen	—10.000—		
	Tersiyer	Pre-Pleistosen	—1.650.000—	Aktif Değil	
		Pre-Senozoyik			
Yerin Yaşı			—4.500.000.000—		

Kalifornya Eyaleti, Madencilik ve Jeoloji Yönetim Kurulu, 1973

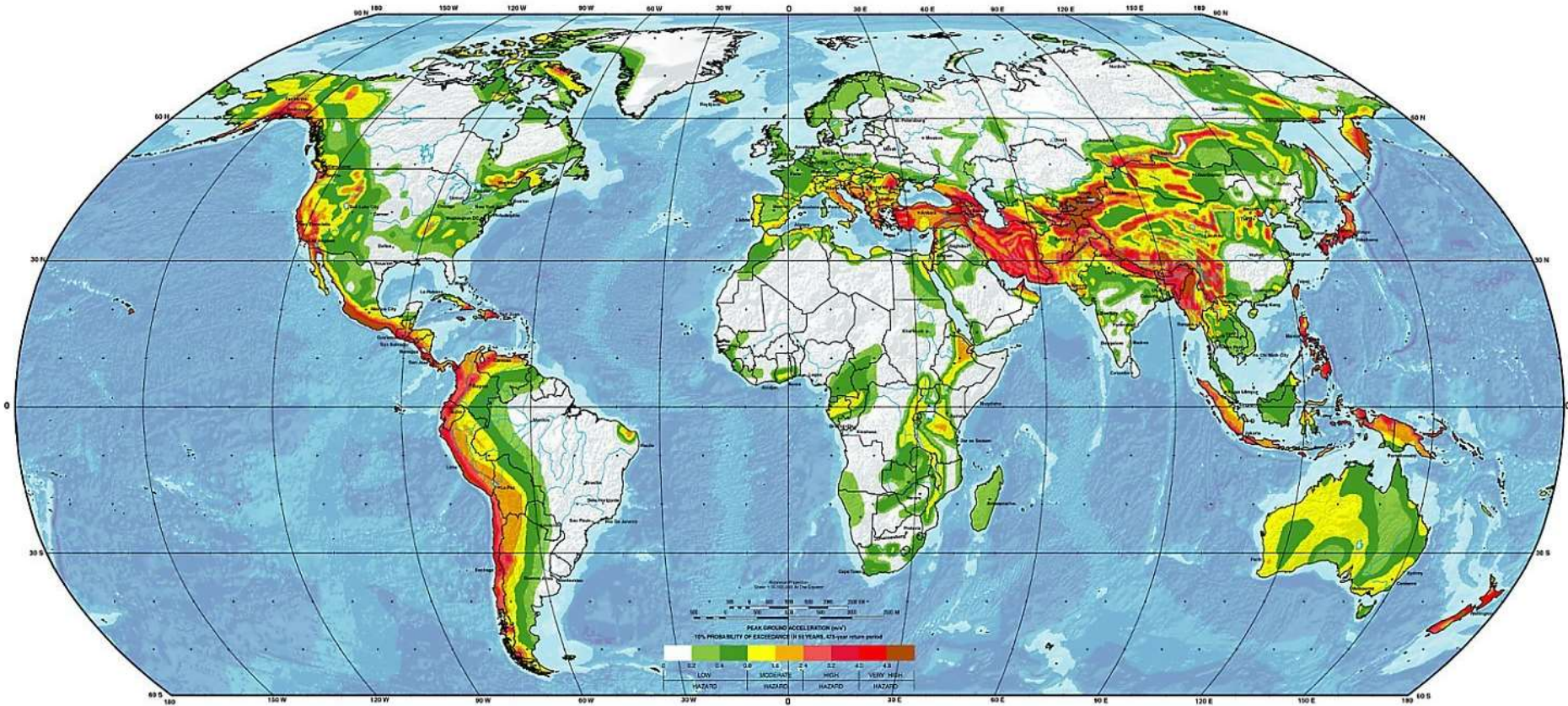
DEPREM ŞİDDETİNİN ARTMASININ OLASILI NEDENLERİ

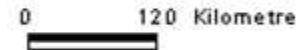
Zeminin Niteliği
Gözenek basıncı ve
Yeraltısuyu Etkisi
Aktif Fay
Denizdeki ya da Karadaki
Aktif Heyelanlar
Yeraltındaki Boşluklar ve
Çökmeler
Topografya
Sismik Kaynağın Durumu
Yeraltındaki jeolojik Yapı
Suni Göller ve Barajlar
Çarpık Yapılaşma

Deprem
Şiddetini
artıran
faktörler

Dünya Deprem Kuşakları

Produced by the Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP),
a demonstration project of the UN/International Decade of Natural Disaster Reduction, conducted by the International Lithosphere Program.
Global map assembled by D. Giardini, G. Gr'Ynthal, K. Shedlock, and P. Zhang
1999

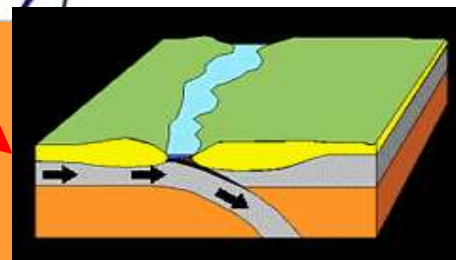
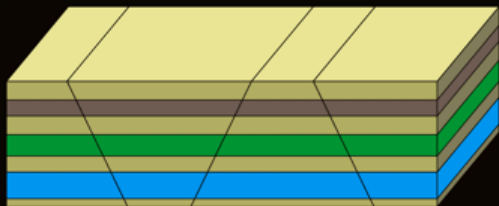
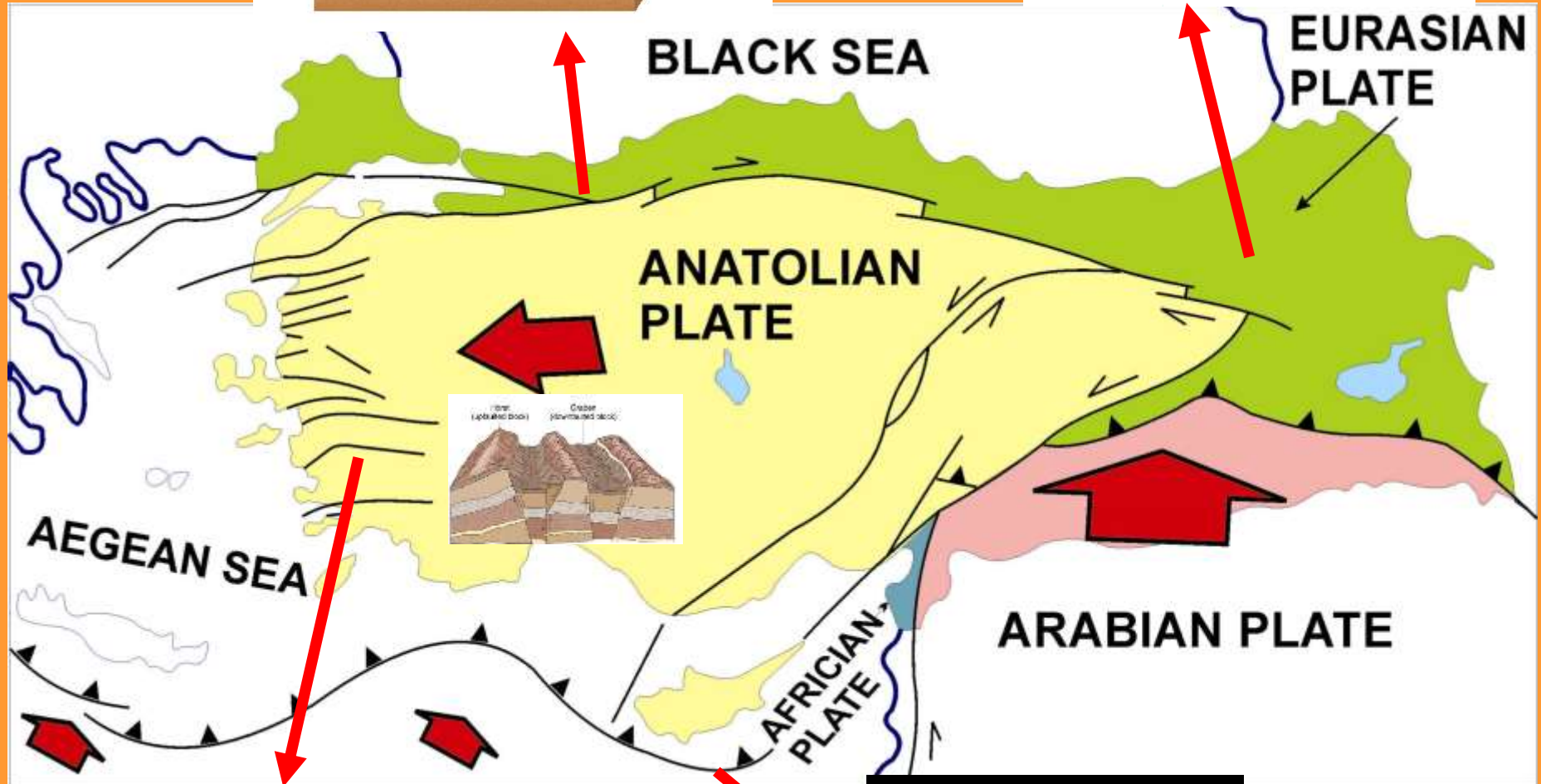




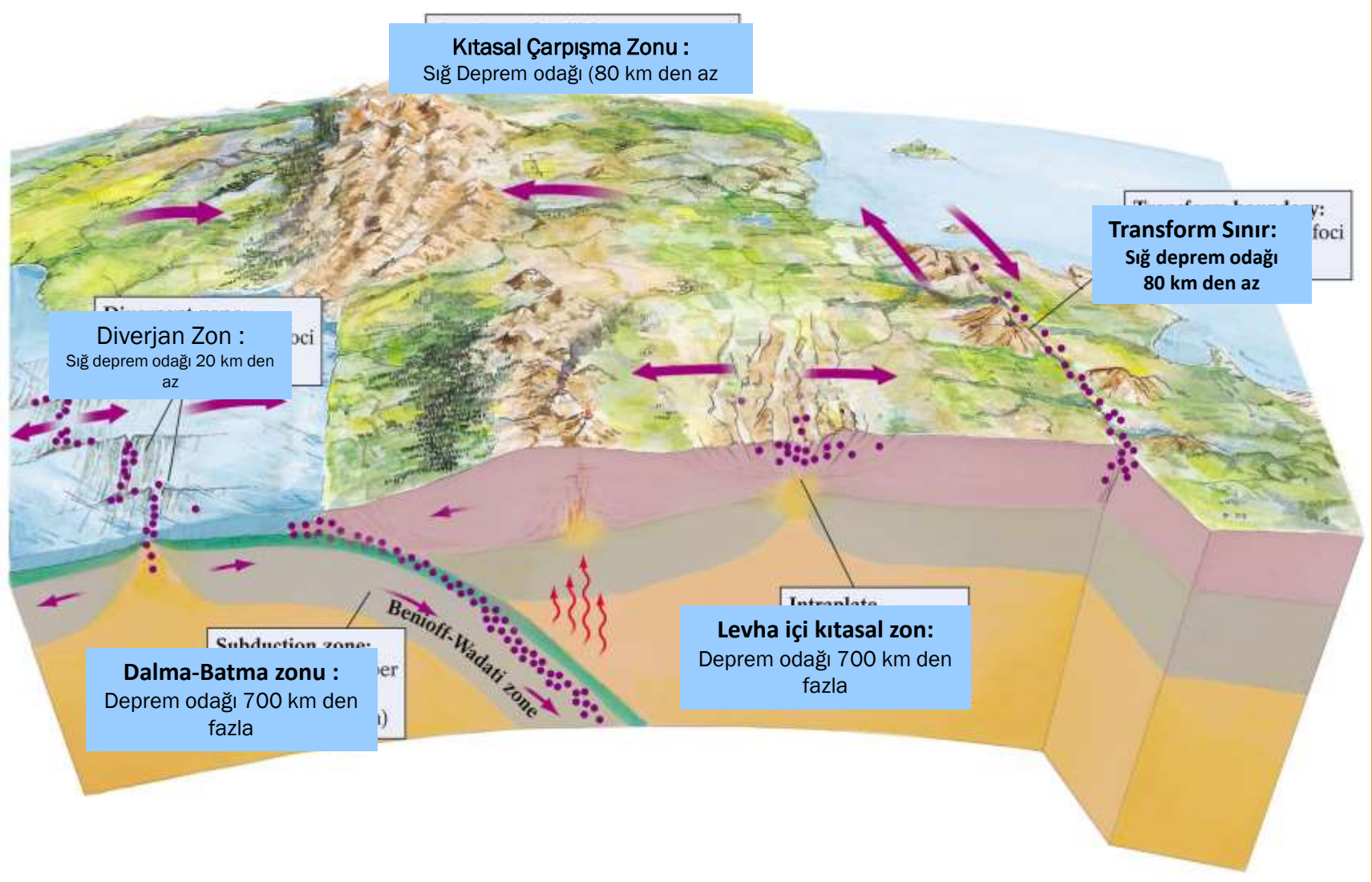
I. DERECE	
II. DERECE	
III. DERECE	
IV. DERECE	
V. DERECE	
İl merkezi	
İl sınırı	

"Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi " kitabından alınmıştır.

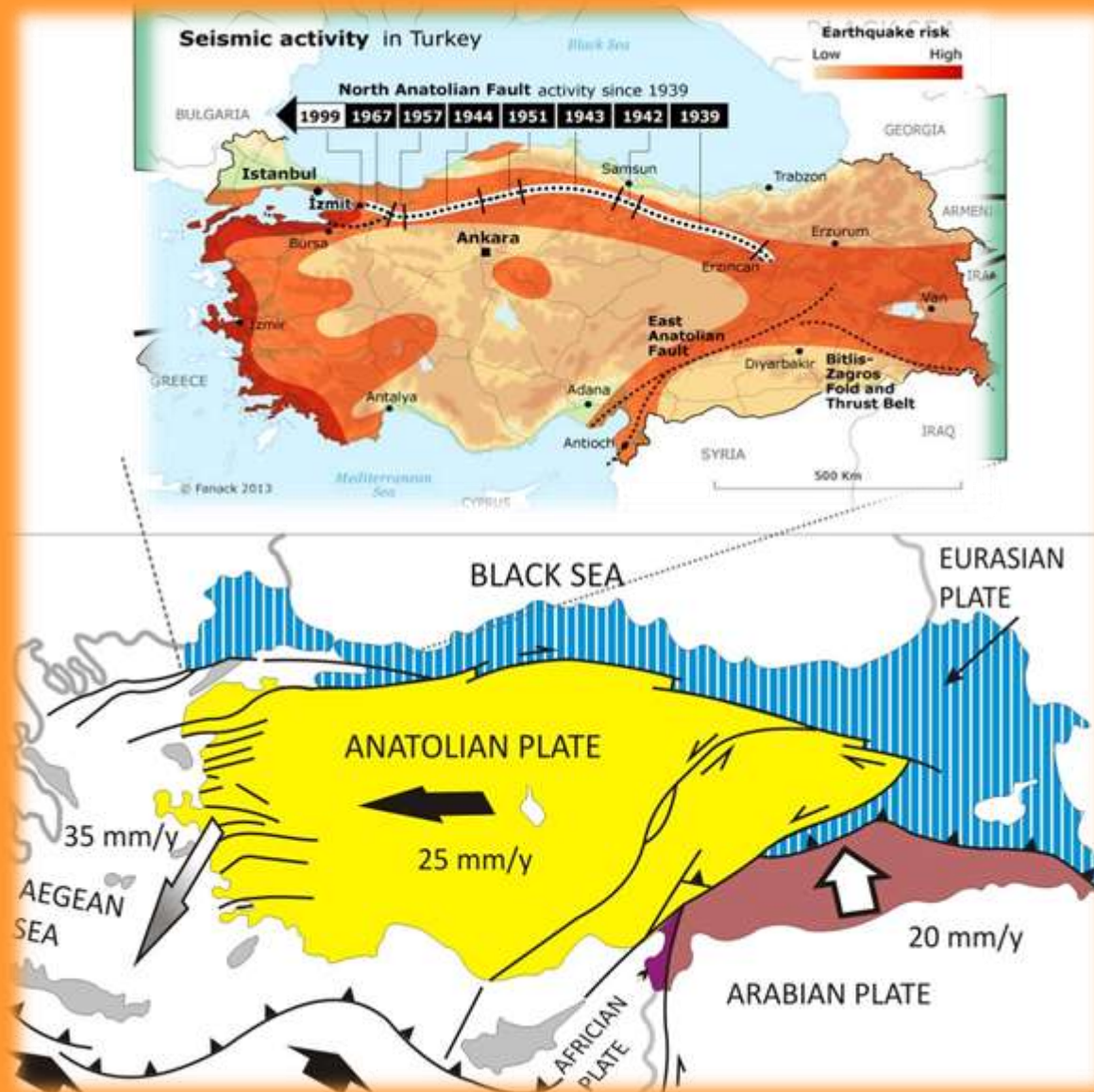
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ
ANKARA-TÜRKİYE



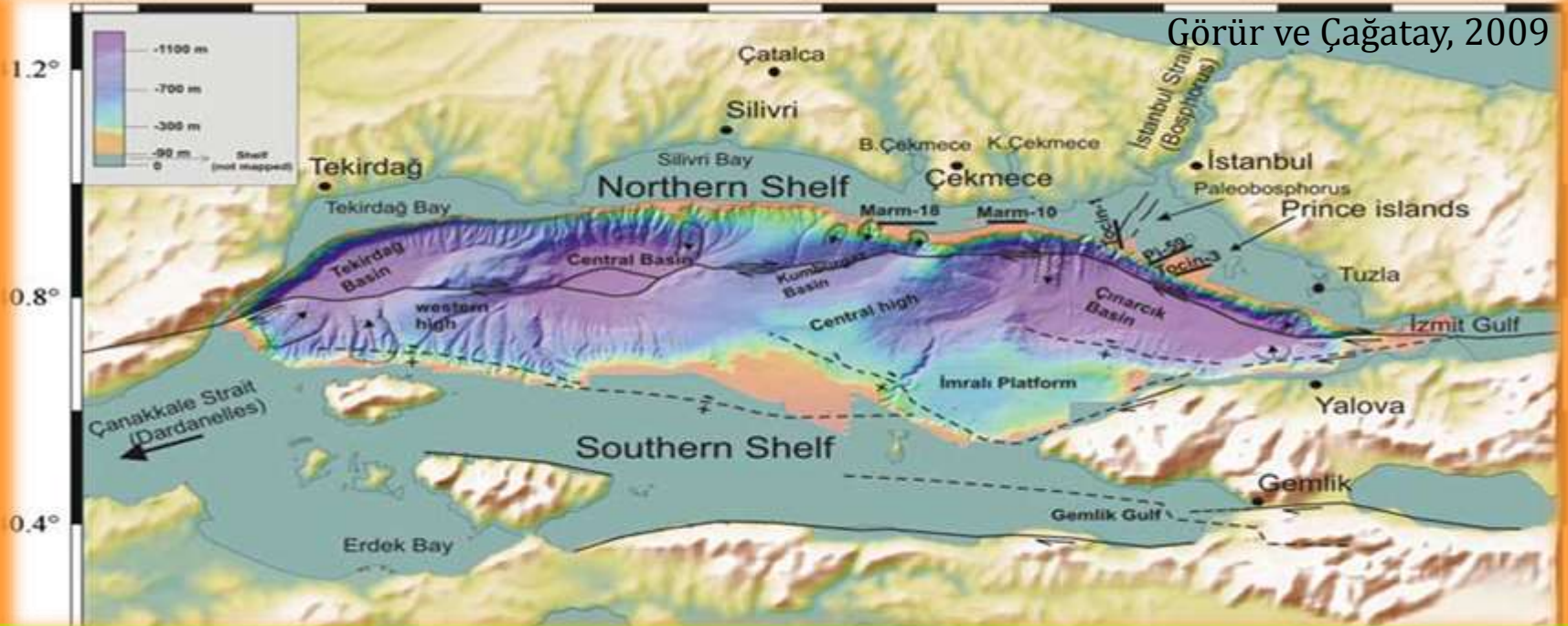
Deprem Derinligi



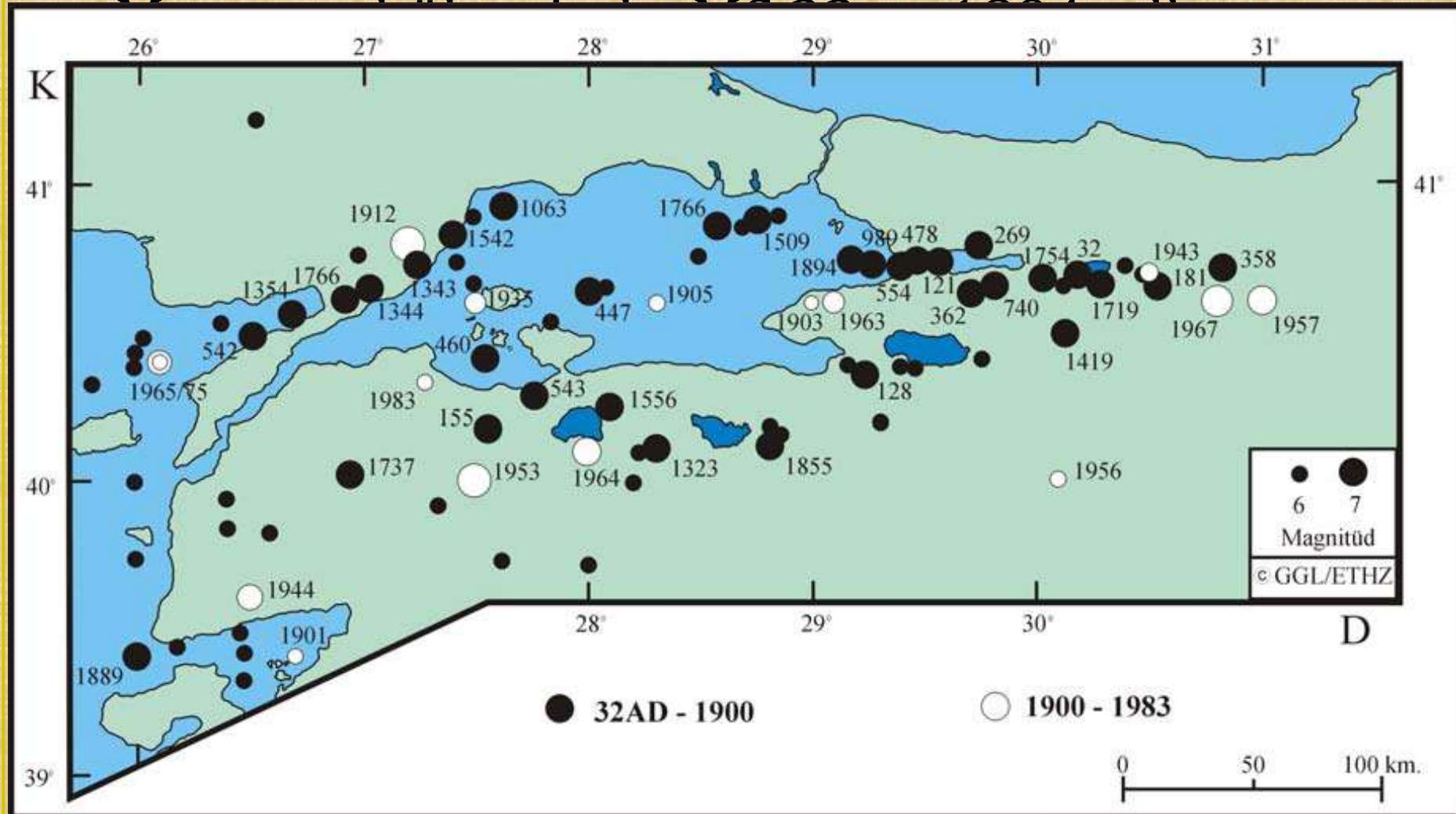
Marmara Denizi ve Kuzey Anadolu Fayı



Marmara Denizi Fayları



Marmara Bölgesi Depremleri



Ambraseys, N.N., and Finkel, C.F., 1990

İSTANBUL İLİ JEOLojİ HARİTASI

KARADENİZ

MARMARA DENİZİ

KOCAELİ

The map includes a detailed legend on the right side, listing various geological units such as Quaternary, Tertiary, Cretaceous, Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Holocene, and others, each associated with a specific color. It also features a scale bar and a north arrow.

İSTANBUL İLİ JEOLojİ HARİTASI

KARADENİZ

MARMARA DENİZİ

KOCAELİ

The map includes a detailed legend on the right side, listing geological units such as Quaternary, Tertiary, Cretaceous, Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Holocene, and various types of igneous and metamorphic rocks. It also features a scale bar and a north arrow.

The figure is a detailed geological map of Istanbul Province, titled "İSTANBUL İLİ JEOLojİ HARİTASI". It displays various geological units color-coded according to the legend. Key features include:

- Legend:** Located at the top right, listing numerous geological units such as "M. Kuvaterner", "M. Eosen", "M. Miyosen", etc., each associated with a specific color.
- Scale Bar:** A horizontal scale bar indicating distances in kilometers (0, 10, 20 km).
- North Arrow:** A compass rose pointing towards the top of the page.
- Cross-sections:** Several vertical cross-sections are shown along the bottom edge, illustrating the subsurface geological structure and stratigraphic relationships.
- Geological Units:** The map shows a complex arrangement of units, including Quaternary deposits, Eocene-Oligocene formations, and various Mesozoic and Paleozoic rocks.

[illegible]

The figure is a detailed geological map of Istanbul Province, titled "İSTANBUL İLİ JEOLojİ HARİTASI". It displays various geological units color-coded according to the legend. Key features include:

- Legend:** Located at the top right, listing geological units such as "Kuvaterner" (Quaternary), "Yeni Dönem" (New Series), "Eski Dönem" (Old Series), "Maden" (Mineral), "Su" (Water), "Yerleşim" (Settlement), "Orman" (Forest), "Tarla" (Field), "Çiftlik" (Farm), "Bahçe" (Garden), "Park" (Park), "Spor Alanı" (Sports Field), "Okul" (School), "Hastane" (Hospital), "Rumeli" (Rumeli), "Anadolü" (Anadolü), "Trakya" (Thrace), "Makedonya" (Macedonia), "Balkanlar" (Balkans), "Karadeniz" (Black Sea), "Marmara Denizi" (Marmara Sea), "Akdeniz" (Aegean Sea), "Ege Denizi" (Aegean Sea), "Adriyatik Denizi" (Adriatic Sea), "İyon Denizi" (Ionian Sea), "Pegazos Denizi" (Pelagos Sea).
- Scale Bar:** Located below the legend, indicating distances in kilometers.
- North Arrow:** Located to the left of the scale bar.
- Cross-sections:** Four horizontal cross-sections are shown at the bottom, labeled "MARMARA DENİZİ", "KARADENİZ", "KOCAELİ", and "İZMİR".
- Map Area:** The main map area shows the geographical distribution of these geological units across Istanbul and its surrounding regions.

İSTANBUL İLİ JEOLojİ HARİTASI

KARADENİZ

MARMARA DENİZİ

KOCAELİ

The map includes a detailed legend on the right side, listing geological units such as Quaternary, Tertiary, Cretaceous, Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Holocene, and various types of igneous and metamorphic rocks. It also features a scale bar and a north arrow.

Türkiye' deki Son Depremlerin Kayıpları

Yer	Tarih	Büyükölük	Can Kaybı	Yaralı	Yıkık- Ağır Hasarlı Yapı	Ekon. Kayıp (ABD \$ milyon)
Erzincan	13.03.1992	M6.7	650	3,850	6,702	750
Dinar	1.10.1995	Ms6.1	94	240	4,909	100
Çorum-Amasya	14.08.1996	M _L 5.4	1	6	707	20
Adana-Ceyhan	27.06.1998	M _w 6.2	145	1,600	9,847	500
Kocaeli	17.08.1999	M _w 7.4	17,480	43,953	66,441	15,000
Düzce	12.11.1999	M7.2	763	4,948	30,389	750
Çay (Afyon)	3.02.2002	M _w 6.3	42	327	4,634	70
Bingöl	1.03.2003	M _w 6.4	177	520	6,675	135
Erzurum	25-28.03.2004	ML5.5	9	?	1280	?
Dogubeyazıt, Ağrı	2.07.2004	M _L 5.2	18	32	1000	?
Kovancılar (Elazığ)	8.03.2010	M5.6 M5.8	42	137	284	?
Erçiş (Van)	23.11.2011	M _L 6.7	601	2000	6800	1500
TOPLAM			19,355	57,444	139,668	19,735

13 Mart 1992 Erzincan Depremi (M6.8)



2003 Bingöl
depremi

ve Çeltiksuyu
İlköğretim
Okulu Yurt
Binası
hasarları





13 Kasım Düzce Depremi
Efteni gölü kenarındaki
yer kırıkları



13 Kasım Düzce Depremi
ve
BOLU Dağı viyadükleri

13 Kasım Düzce Depremi ve Bolu Dagında meydana gelen heyelanlar



Çay (Afyon) Depremi



Dinar (Afyon) Depremi



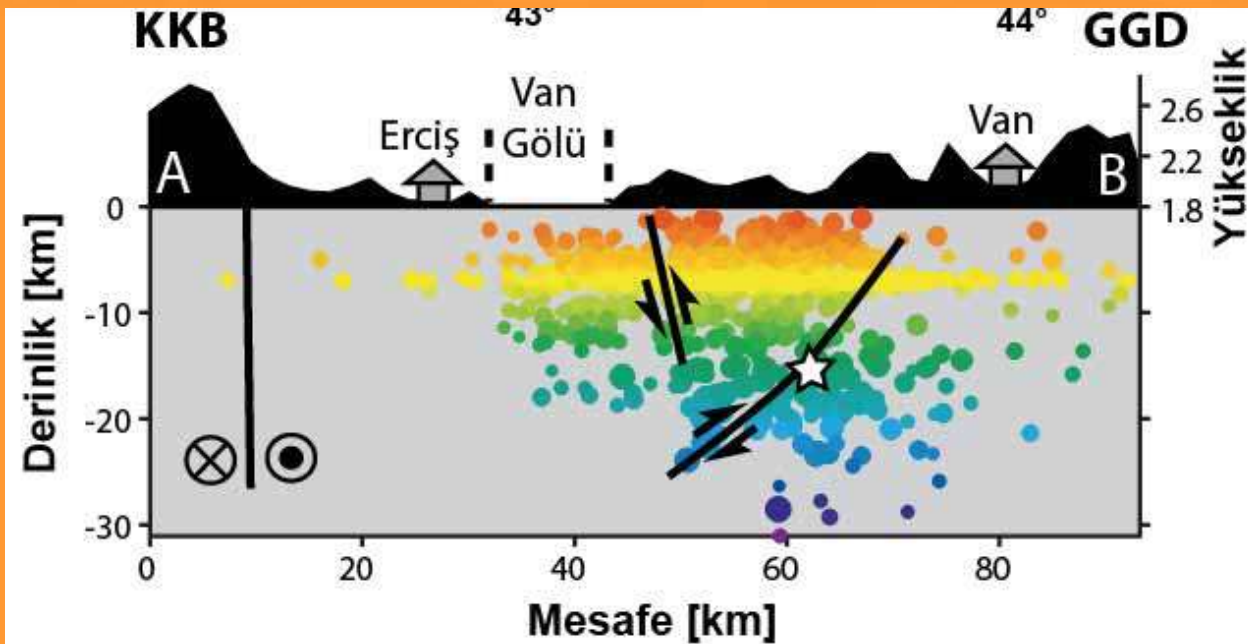
2003 Bingöl Depremi

Çeltiksuyu İlköğretim Okulu
Yurt Binası hasarları

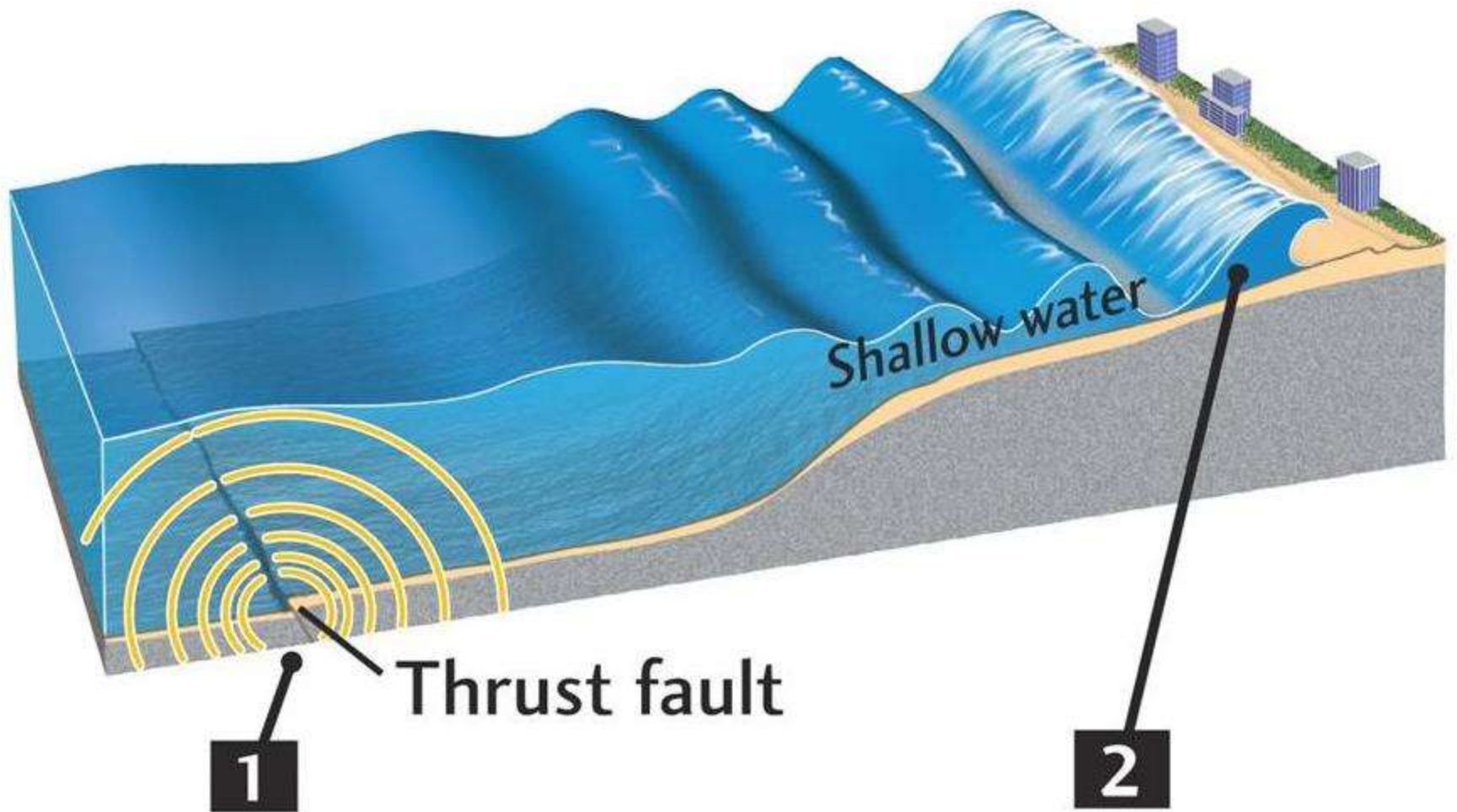




23 Ekim 2011 Eriş Depremi



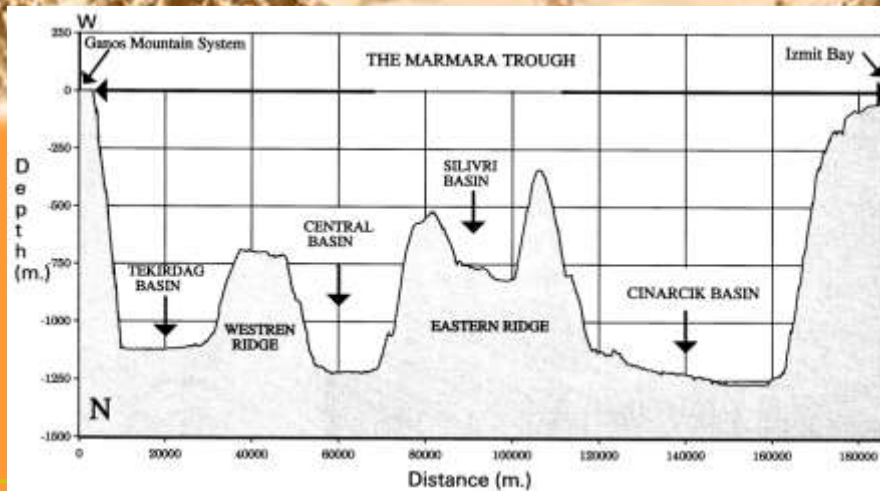
Tsunami



Tsunami ve Marmara Denizi

1912 Şarkköy
Mürefte Depremi
Ms7.4

1999 Kocaeli
Depremi Mw7.4



Tüysüz, 2000

Gazioğlu ve diğ., 2002

17 Ağustos 1999 Depreminden Sonra Meydana Gelen Tsunamide Değirmendere Ve Gölcük Çevresi Sular Altında Kaldı





Bingöl Depreminde bir kız çocuđu