

İNS106

İnşaat Mühendisleri için Jeoloji

(Doğal afetlere giriş, Depremler)

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

Dersin Amacı Yer bilimlerinin temel kavramlarını inşaat mühendisliği temel perspektifinde aktarmak

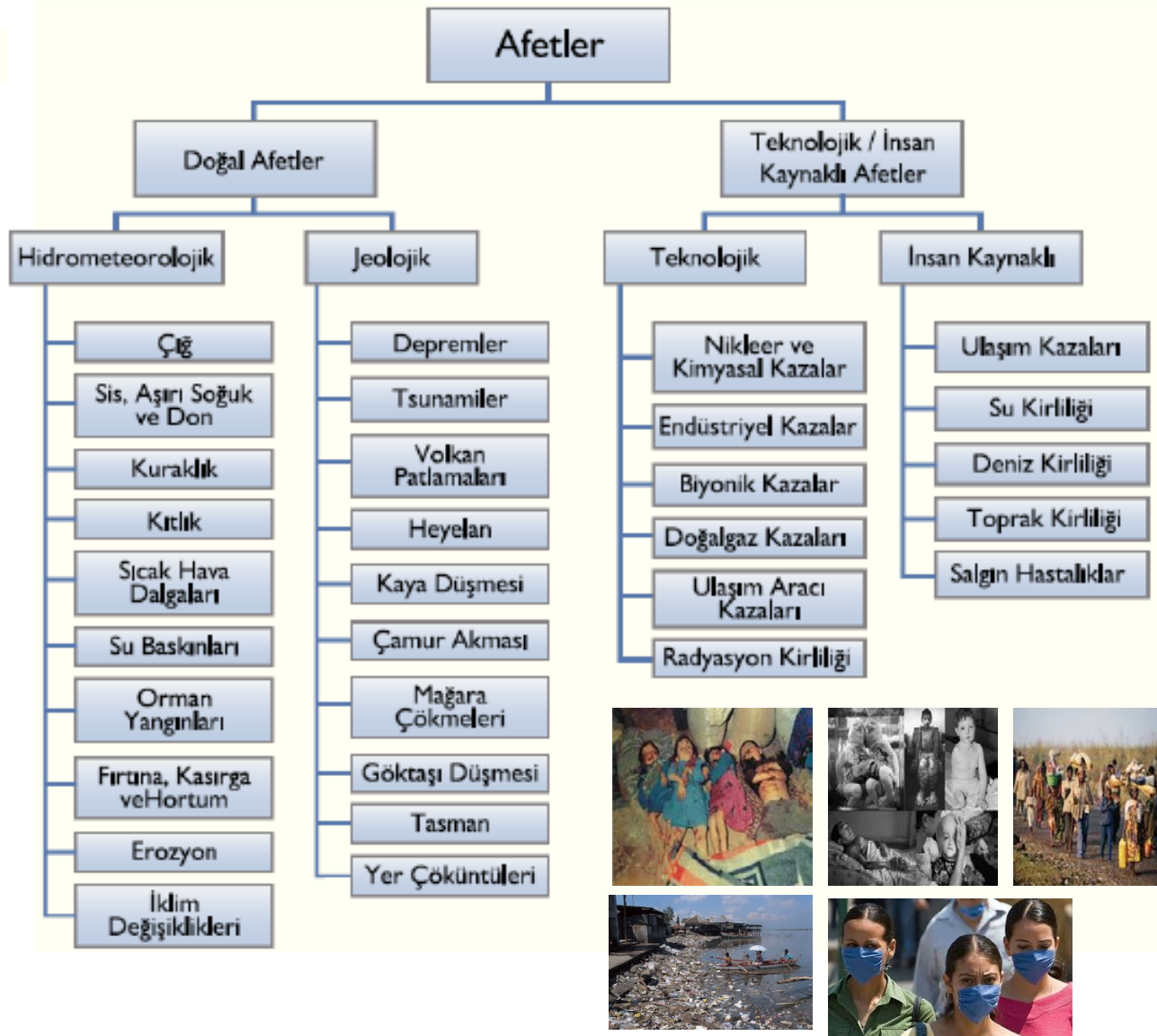
İNS106 - İnşaat Mühendisleri için Jeoloji Haftalık Ders İçeriği	
Hafta 1:	Giriş; Jeolojinin tanımı-alt disiplinleri, İnşaat mühendisliği ile ilişkisi
Hafta 2:	Yerkürenin oluşumu, iç yapısı, bileşimi ve levha tektoniği
Hafta 3:	Yer kabuğunu oluşturan mineraller ve kayaç grupları
Hafta 4:	Kayaçların yapısı (birincil ve ikincil yapılar) ve Süreksizliklerin mühendislikteki önemi
Hafta 5:	Haritalar ve kesit çıkarımı (Jeoloji-Mühendislik Jeolojisi ve topografik haritalar)
Hafta 6:	Doğal afetlere giriş, Depremler
Hafta 7:	Kütle hareketleri ve heyelanlar
Hafta 8:	Yüzey suları ve Kıyı süreçleri
Hafta 9:	Yeraltı suları ve jeolojisi
Hafta 10:	Baraj ve rezervuar jeolojisi
Hafta 11:	Tünel jeolojisi
Hafta 12:	Sondaj tekniği ve korelasyonu
Hafta 13:	Kent planlamasında mühendislik jeolojisi
Hafta 14:	Çeşitli projeler kapsamında yapılan jeolojik çalışma örnekleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

AFET NEDİR?

Afet en genel anlamda, doğal ve insan kaynaklı nedenlerle meydana gelerek insan yaşantısını olumsuz etkileyen, sosyal, ekonomik ve çevresel kayıplara neden olan doğal veya teknolojik olaylar olarak tanımlanmaktadır.

Bir olaya afet denebilmesi için 5 özelliğin yan yana gelmesi gerekir;

1. Ekolojik dengenin bozulması
2. Olağan yaşamın ortadan kalkması
3. Can ve mal kayıplarına neden olması
4. Toplumun reaksiyon, uyum ve baş etme gücünü aşması
5. Dış yardıma gereksinim olması *(en önemli özelliştir)



AFET, TEHLİKENİN SONUCUDUR...

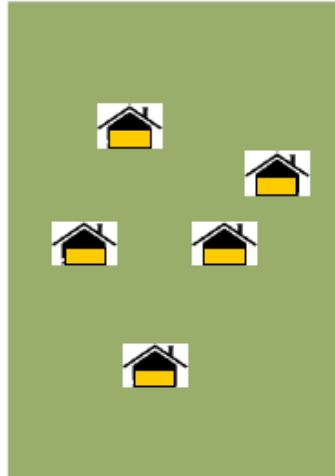


Risk=0

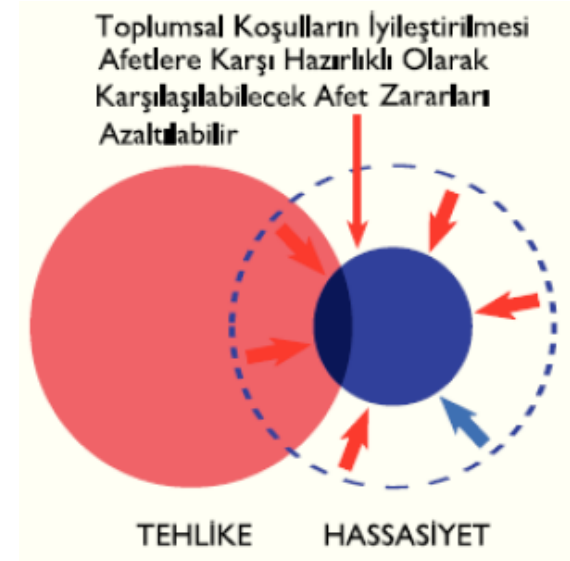


Yapılaşma yok

Yüksek Risk



Kötü yapılaşma
Planlama yok



Risk var

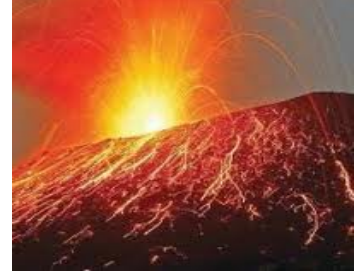


İyi yapılaşma
İyi planlama

$$\text{Afet} = \text{Tehlike} \times \text{Zarar Görebilirlik (Hassasiyet)}$$

TEHLİKELER VE DOĞAL AFETLER

İnsan hayatı ve yapılar için tehdit oluşturabilen ve doğal olarak ortaya çıkan süreçlere **doğal afet** denilmektedir. **Afet**; toplumun olağan yaşam düzenini bozan, yanıt verme ve uyum sağlama kapasitesini aşarak, dış yardım gereksinimi doğuran, can ve mal kaybına yol açan, cana, mala ve topluma verdiği zararın giderilmesi veya iyileştirilmesi uzun zaman alan ekolojik olaylardır. Yerkürede litosfer, atmosfer, hidrosfer katmanlarında cereyan eden doğal hareketlerin sonucudur.



DOĞAL AFETLERİN FAYDALARI

İnsan hayatına ve malına zarar veren doğal olayların, bize aynı zamanda önemli faydalar sağlaması çok gariptir. Örneğin bazı **nehirlerin düzenli sellenmesi taşkın ovasına besleyici malzeme** taşır ve böylece ova tarım için verimli hale gelir.

Dağ yamaçlarında erozyona neden olan sellenme, aynı zamanda **plajlara çökel** taşır ve kıyı bölgelerindeki haliçlerin kirleticilerini temizler.

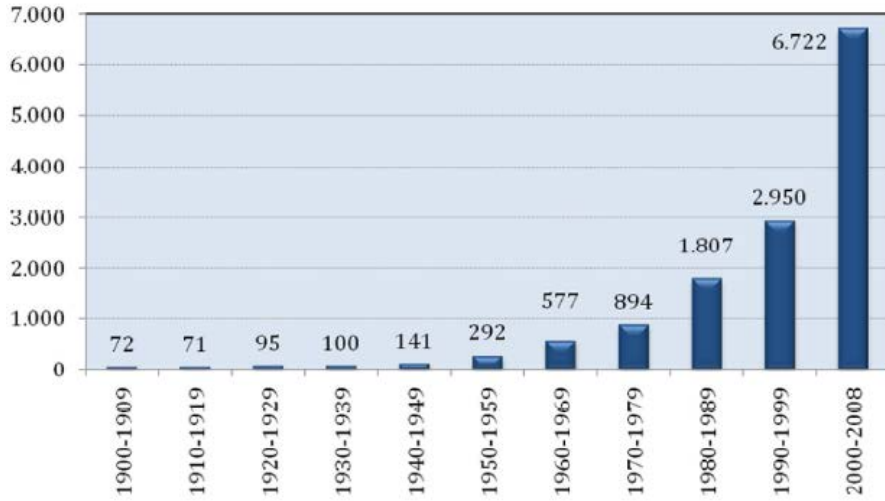
Volkanik patlamalar benzer şekildeki faydalarla sonuçlanabilir. **Yeni arazilerin oluşumunu** sağlayabilir, **besince zengin volkanik kül yabani** bitkiler için çok uygun zemin oluşturmaktadır.

Heyelanlar dağlık bölgede arkasında bir **göl olacak şekilde baraj oluşturduğunda** insanlara çeşitli faydalar sağlanabilir. Heyelanlarla oluşan bazı barajların yıkılarak mansap tarafında sel baskını tehlikesi oluşturmalarına rağmen, sağlam kalan barajlar önemli bir su kaynağı oluşturur.

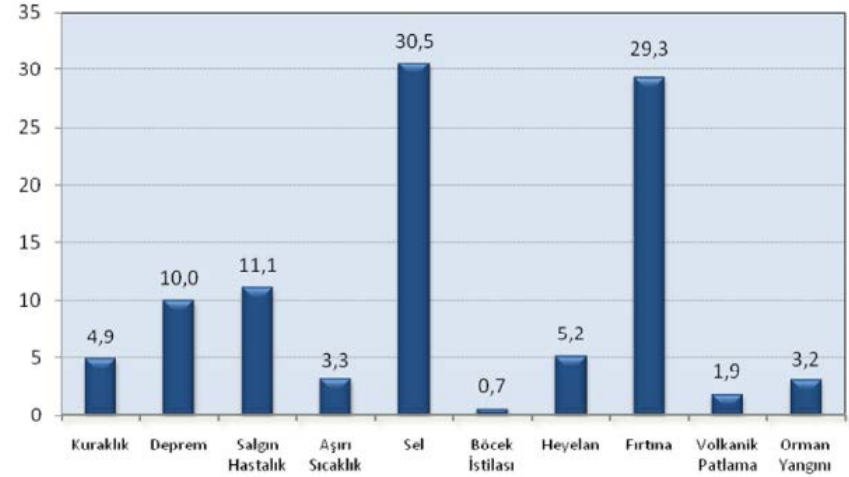
Depremler öncesi, sırasında çıkan **sıcak yada soğuk su kaynakları** bir başka yarar olarak değerlendirilebilir. Bir deprem sırasında **kayaçlar toz haline geldiğinde**, fay dolgusu **geçirimsiz bir zon oluşturuur** ve birçok yerde bu zon yeraltında doğal bir geçirimsiz yüzey ve fayın üst kısmındaki yeraltı suları için bariyer oluşturur. San Andreas fayının bazı kesimlerinde normalde çöl olan arazilerde suların birikmesine ve palmye ağaçlarının yetişmesine neden olmuştur. Ayrıca **depremeler uzun dönemde dağ oluşumunda ve buna bağlı olarak doğal güzelliklerin oluşmasında** önemli rol oynamaktadır.

AFETLERİN SIKLIĞI

Yıkıcı bir olayın etkisi, büyüklüğünün (boşalttığı enerji) ve sıklığının (tekrarlanma aralığı) bir fonksiyonudur. Ancak iklim, jeoloji, bitki örtüsü, nüfus ve arazi kullanımı gibi birçok faktör de etkilidir. Genel olarak böyle bir olayın sıklığı büyüklükle ters orantılıdır. Örneğin küçük depremler büyük depremlere göre daha sık meydana gelmektedir. Büyük sel baskınları daha az sıklıkla meydana gelir. Yeryüzünü oluşturan süreçler daha çok orta büyüklük ve sıklıktaki olaylardan oluşur.



Dünyada 1900-2008 Yılları Arasında Meydana Gelen Afetlerin Türüne Göre Dağılımı

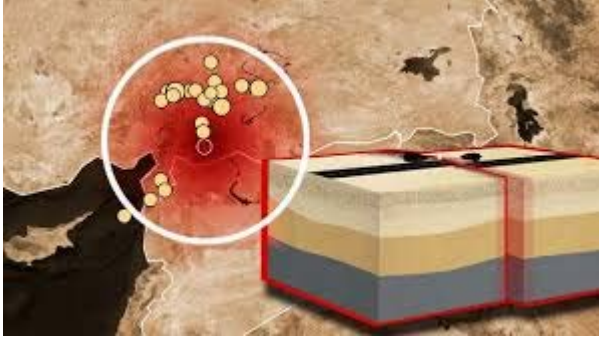


Cumhuriyetten günümüze 100.000' den fazla insan afetler nedeniyle yaşamını kaybetmiştir. Türkiye'deki afet ölümlerin dağılımı

- ❖ % 65 deprem
- ❖ %15 heyelan
- ❖ %12 su basması
- ❖ % 7 kaya düşmesi
- ❖ % 1 çığ

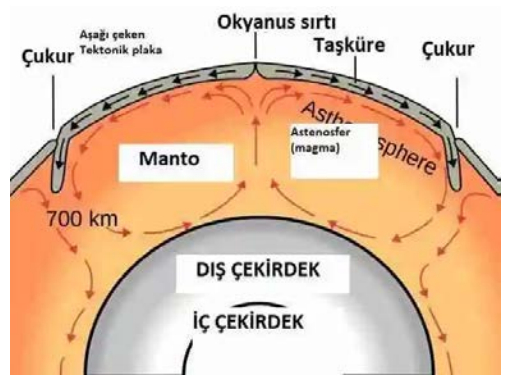
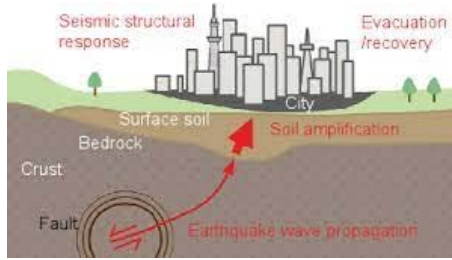
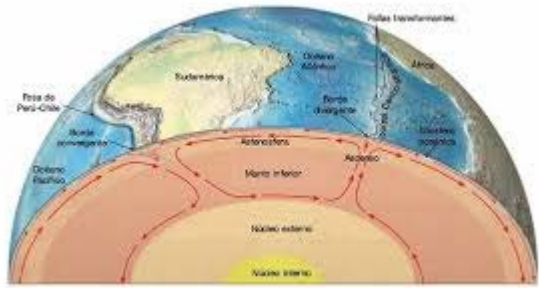
DEPREM NEDİR?

Yerkabuğunun üst kısımlarında geniş zaman aralıklarında biriken elastik enerjinin aniden boşalarak yeryüzünü sarsılması olayına deprem denir. Bu birikmiş enerji kayaçların elastik direnimini aşınca, bir zayıflık düzlemi (fay düzlemi) boyunca kayaçlar kırılır ve ani olarak ortaya çıkan titreşimler dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsar. Depremlerin kaynağı jeolojik olarak tanımlanmış olan faylardır.



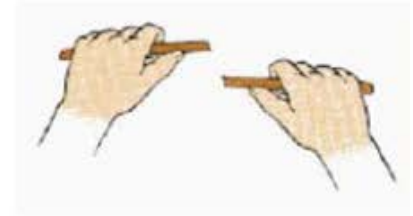
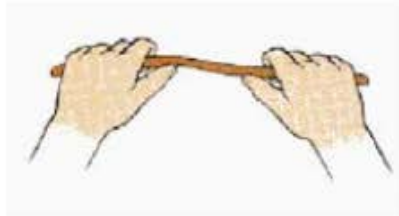
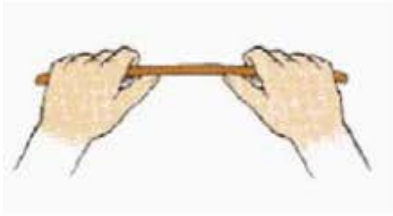
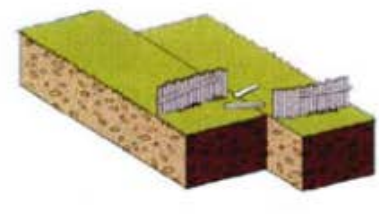
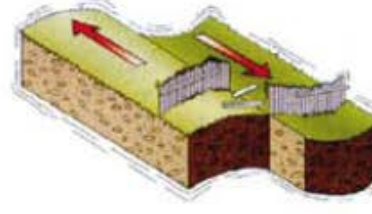
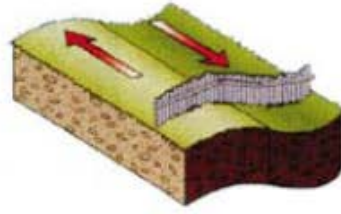
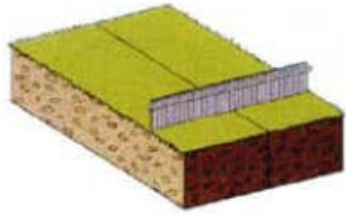
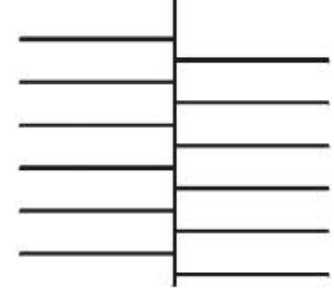
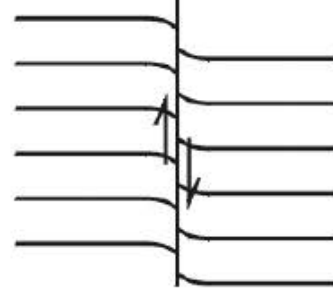
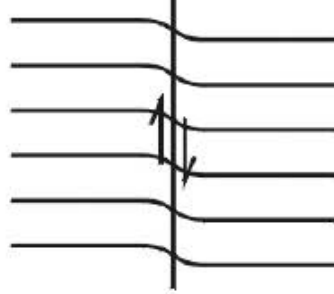
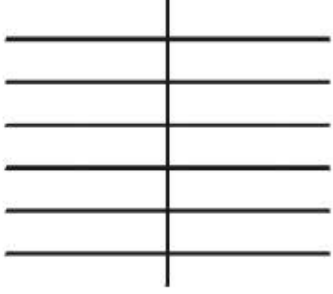
Deprem sırasında yerkabuğu içinde ırsısal olarak her yönde değışik tip dalgalar yayılır ve çok uzaklardan yeryüzünün değışik bölgelerine yerleştirilmiş sismolojik istasyonlar tarafından kaydedilirler.

DEPREM NEDİR?



ELASTİK YENİLENME(REBOUND) TEORİSİ

Tektonik depremlerin enerji kaynağı yerkabuğunda zamanla depolanan potansiyel enerjidir. Elastik yenileme kuramına göre yerkabuğunda birbirine komşu olan blokların, tektonik kuvvetlerin etkisiyle birbirlerine göre yavaş yavaş kaymaları sonucu, yerkabuğunda elastik deformasyon enerjisi depolanır. Deformasyonla ilgili gerilmelerin küçük bir bölgede sürtünme direncini aşması sonucu yerel bir kayma oluşur. Bu şekilde açığa çıkan enerjinin bir kısmı elastik dalgalar halinde yer içerisinde yayılır, bir kısmı ise ısı ve mekanik enerji halinde kaynak civarında harcanır. Enerjinin giderek artarak bir depremle ani boşaldığı döngüye sismik döngü denir.



(a)

(b)

(c)

(d)

deformasyondan önce

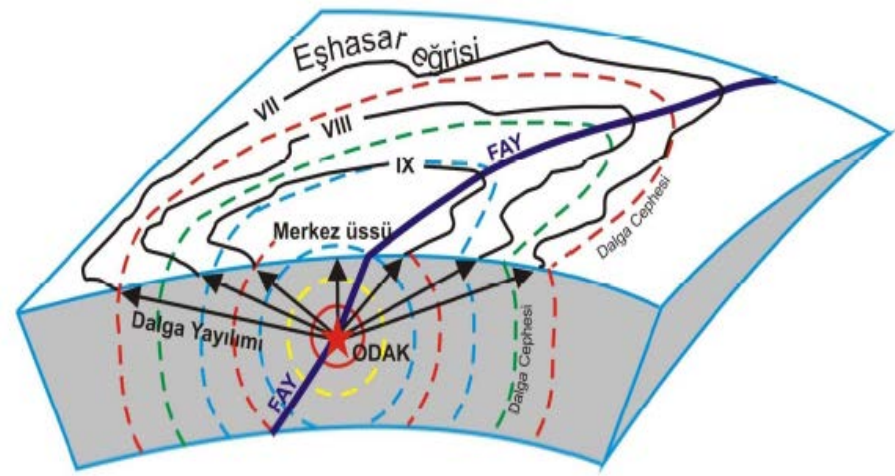
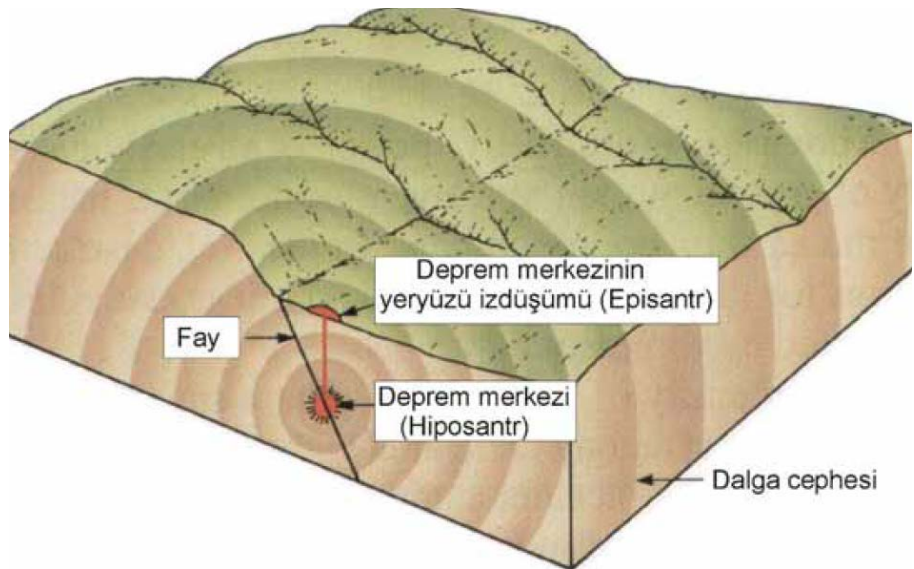
deformasyon durumu

yerel kayma

yerel kayma ilerlemi

DEPREM PARAMETRELERİ

1. Odak noktası (Hiposantr); yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır.
2. Dış merkez (Episantr); Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır.
3. Odak derinliği; Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır.
4. Magnitüd; Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır.
5. Şiddet; Herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır.
6. Eşşiddet (izoseit) eğrileri; Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir.

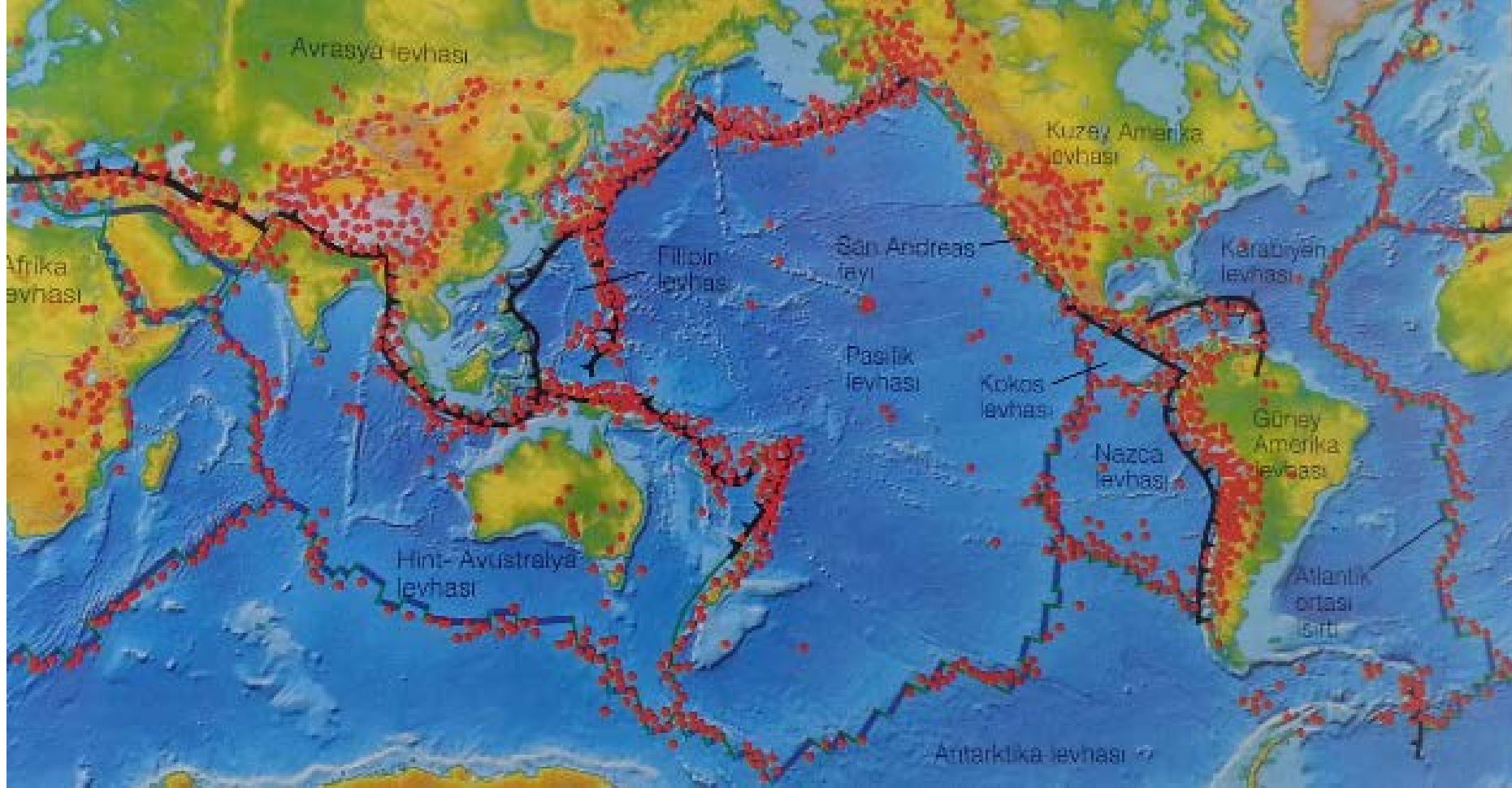


Depremler, odak derinliklerine göre üç gruba ayrılırlar

1. Sığ odaklı depremler; <70 km
2. Orta odaklı depremler; 70km-300 km
3. Derin odaklı depremler; >300 km

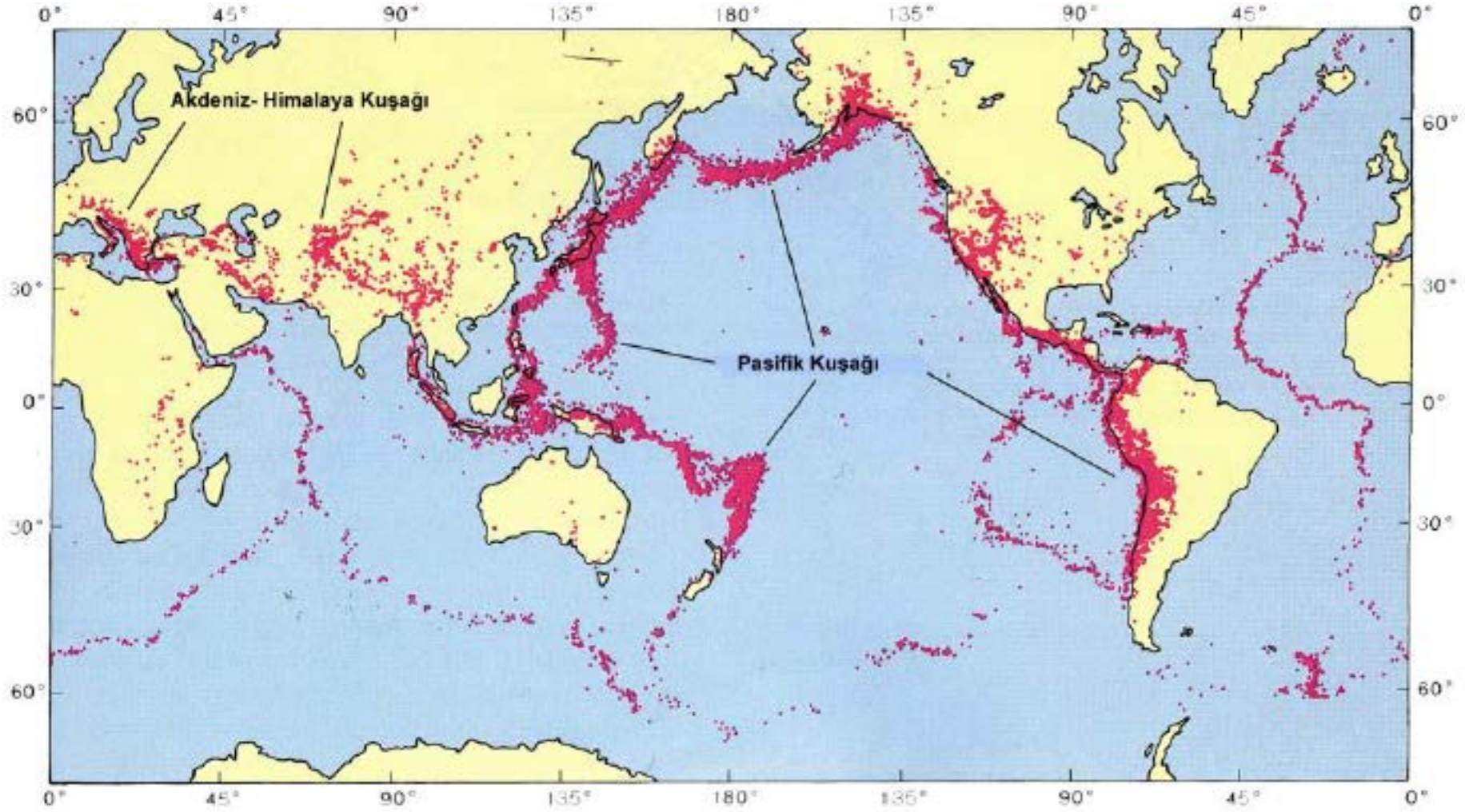
Bütün deprem odaklarının % 90'ının odak derinliği 100 km'nin altında ve sade % 3 derin odaklıdır.

DEPREM EPİSANTRLARININ DAĞILIMI



Depremlerin yaklaşık %80'i Pasifik çevresi kuşağında, % 15'i akdeniz-Asya kuşağında ve geriye kalan % 5'i de levha içlerinde okyanus yayılma sırtlarında olmaktadır.

DEPREM EPİSANTRLARININ DAĞILIMI



DEPREM OLUŞ NEDENLERİ ve SINIFLANDIRILMASI

- Tektonik
 - Plakalar arasında (Himalayan Fay Zonu)
 - Plaka içinde (Hindistan Yarımadası)
- Volkanik (Şili, Peru, Hawaii)
- Boşlukların çökmesi nedeniyle (Tuz ocaklarının çökmesi)

Sığ odaklı depremler, genellikle **okyanus ortası sırtlarda** ve **transform faylar** boyunca; *Orta ve derin odaklı depremler* ise **yitim kuşakları** boyunca oluşurlar.

Depremlerin çoğu, yerkabuğu içinde meydana gelir ve **Moho Süreksizliği**nin altında aniden bir azalma gösterir ve yaklaşık 700 km derinlikte sifıra erişir.

DEPREMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Amaca ve kullanılan yöntemlere göre birkaç şekilde sınıflandırılabilir.

A) Kökenlerine göre B) Büyüklüklerine göre C) Derinliklerine göre yapılan sınıflandırmalar

A) Kökenlerine göre



A-1) Tektonik kökenli
A-2) Volkanik Kökenli
A-3) Çöküntü kökenli

B) Büyüklüklerine göre



B-1) Çok büyük (8 den büyük)
B-2) Büyük (7-8 arası)
B-3) Orta büyüklükte (5-7)
B-4) Küçük (3-5)
B-5) Mikro (1-3)
B-6) Ultra-mikro (1 den küçük)

C) Derinliklerine göre



C-1) Sığ odaklı (0-70 km)
C-2) Orta derinlikli (71-300 km)
C-3) Derin odaklı (300-700 km)

DEPREM OLUŞ NEDENLERİ ve SINIFLANDIRILMASI

Magnitüdlere göre 1 yılda tüm dünyada kaç tane deprem olmaktadır?

Tanım	Büyüklik	Yıllık Ortalama
Çok Çok Şiddetli (Great)	8 >=	1
Çok Şiddetli (Major)	7 - 7.9	18
Şiddetli (Strong)	6 - 6.9	120
Orta Şiddette (Moderate)	5 - 5.9	800
Hafif (Light)	4 - 4.9	6,200 (tahmini)
Çok Hafif (Minor)	3 - 3.9	49,000 (tahmini)
Çok Çok Hafif (Very Minor)	< 3.0	Magnitüd 2 - 3: günde yaklaşık 1,000 Magnitüd 1 - 2: günde yaklaşık 8,000

1. Kuşak (Pasifik Deprem Kuşağı): Şiliden kuzeye doğru Güney Amerika kıyıları, Orta Amerika, Meksika, ABD nin batı kıyıları ve Alaskanın güneyinden Aleutian Adaları, Japonya, Filipinler, Yeni Gine, Güney Pasifik Adaları ve Yeni Zelandayı içine alan en büyük deprem kuşağıdır. Yeryüzündeki büyük depremleri %81'i bu kuşak üzeride gerçekleşir.

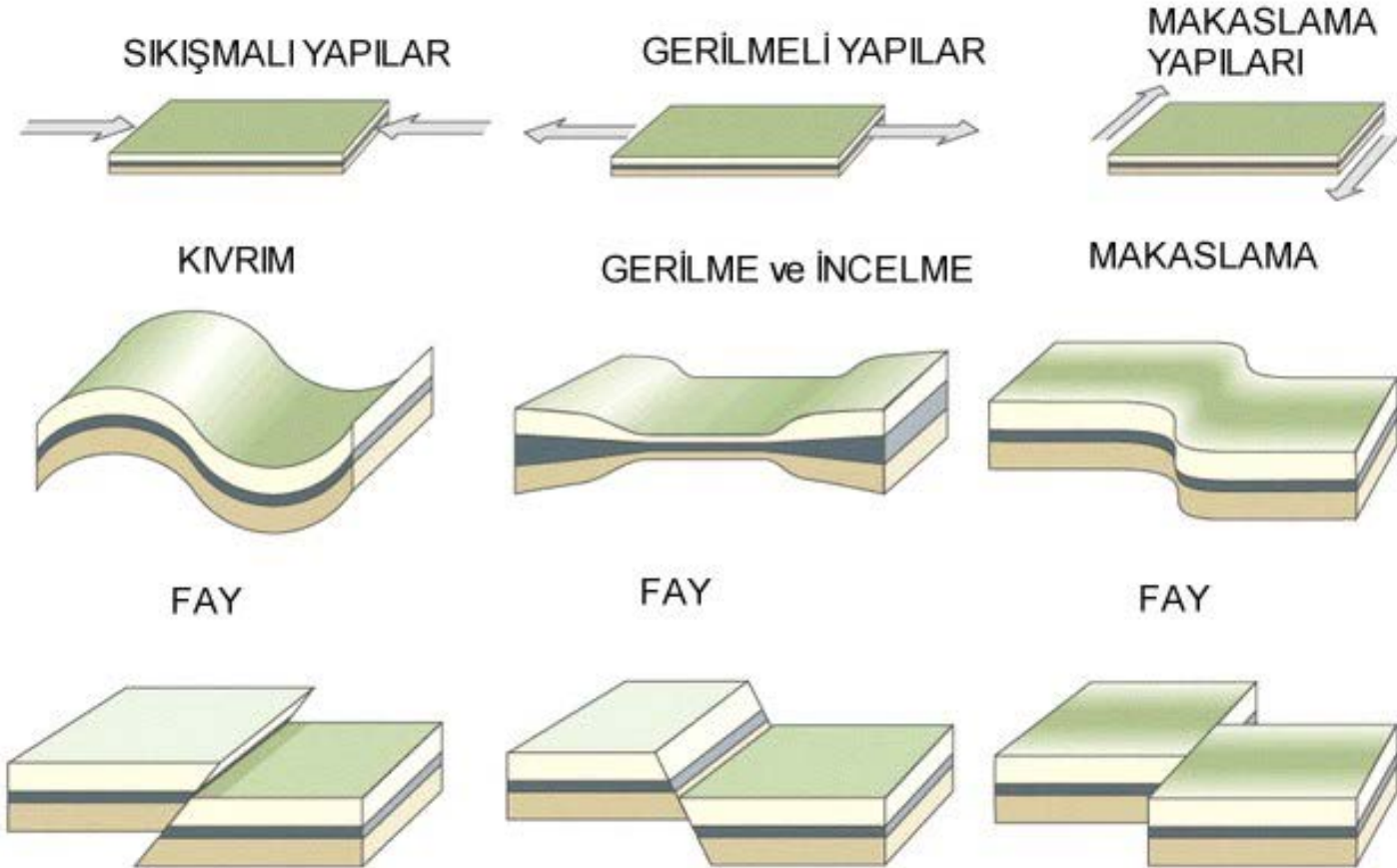
2. Kuşak (Alpine): Endonezyadan (Java-Sumatra) başlayıp Himalayalar ve Akdeniz üzerinden Atlantik okyanusuna ulaşan kuşaktır. Yeryüzündeki büyük depremlerin %17'si bu kuşakta oluşur.

3. Kuşak (Atlantik): Bu kuşak Atlantik Okyanusu ortasında yer alan levha sınırı (Atlantik Okyanus Sırtı) boyunca uzanır

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay; Yerkabuğundaki deformasyon enerjisinin artması sonucunda, kayaç kütlelerinin bir kırılma düzlemi boyunca yerlerinden kayması ile ortaya çıkan kırıktır.

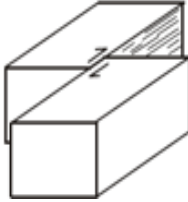
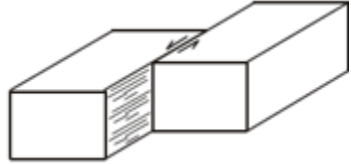
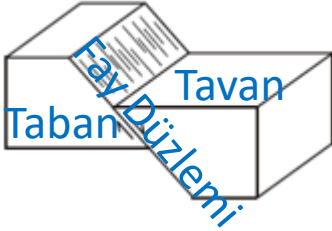
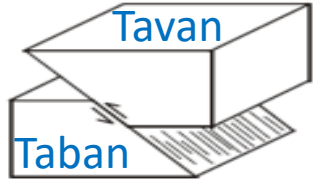
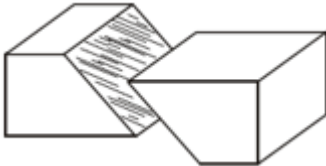
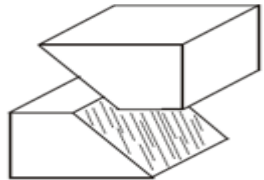
Faylar, yer kabuğundaki birbirine doğru hareket eden sıkışma kuvvetleriyle oluşabileceği gibi, birbirine göre ters yönde oluşan genişleme kuvvetleriyle de gelişebilirler. Fayın her iki tarafında kalan kaya kütlelerine blok denir. Yeryüzündeki fay çizgisinin derinlere uzanan şekline de fay düzlemi adı verilir.



DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Faylar oluşum mekanizmalarına ve atımlarına göre sınıflandırılırlar.

<i>Atımlarına göre sınıflama</i>	<i>Oluşum mekanizmalarına göre sınıflama</i>	
Doğrultu atımlı faylar	Sağ yönlü doğrultu atımlı fay	Sol yönlü doğrultu atımlı fay
		
Eğim atımlı faylar	Normal fay	Ters fay
		
Oblik (Verev) atımlı faylar	Oblik atımlı normal fay	Oblik atımlı ters fay
		

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Faylar atımlarına göre;

- a) Eğim atımlı faylar:** Bu tür faylarda fayın hareket doğrultusu fayın eğim doğrultusu ile çakışır. Yani fay eğim doğrultusu boyunca hareket etmiştir.
- b) Doğrultu atımlı faylar:** Bu tür faylarda yukarıda da anlatıldığı gibi hareket fayın doğrultusu boyuncadır.
- c) Oblik atımlı faylar:** Bu tür faylarda hareket ne fayın eğimi boyunca ne de doğrultusu boyunca gelişmiştir. Fay, doğrultusunun ve eğiminin bileşkesi şeklinde hareket etmiştir.

Oluşum mekanizmalarına göre faylar;

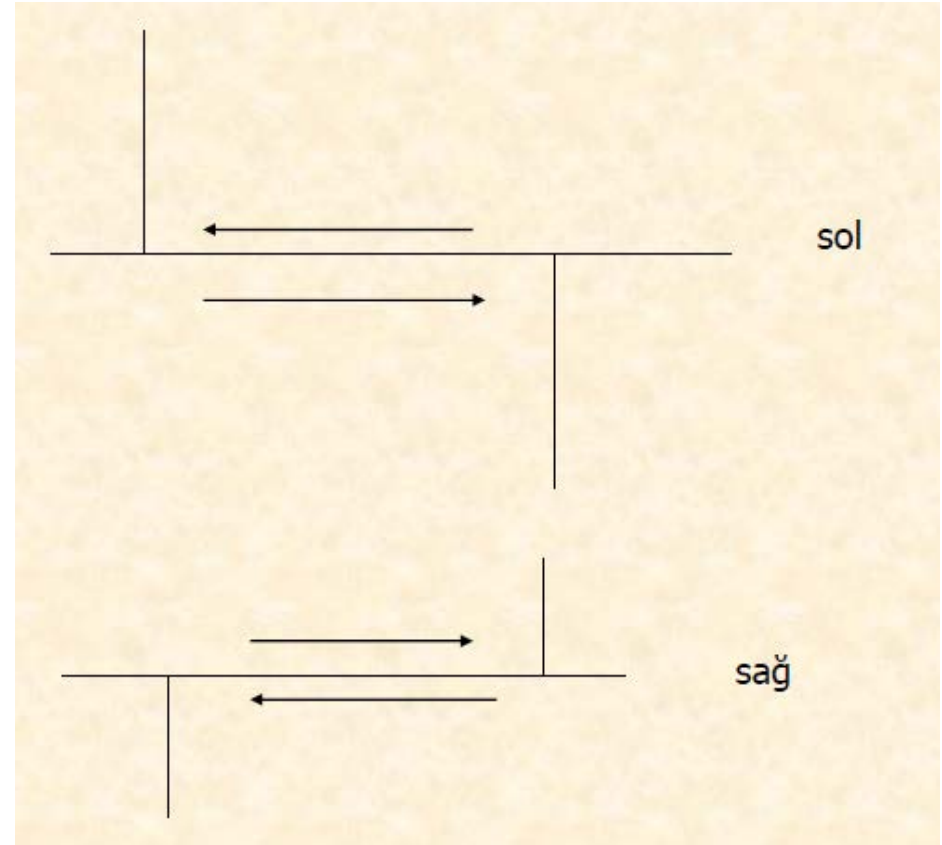
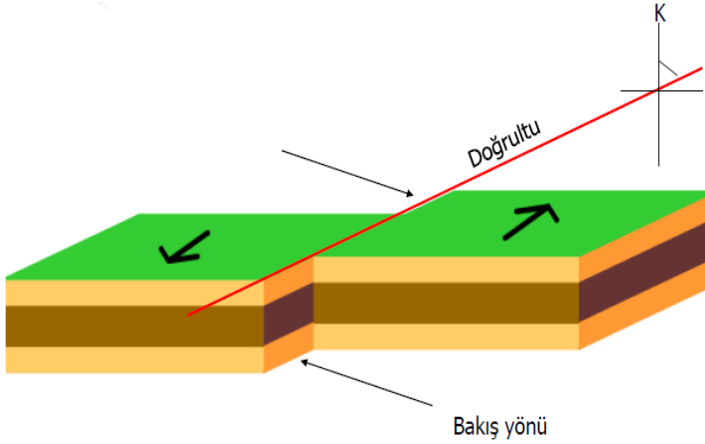
- a) Normal faylar:** Bu tür faylarda tavan bloğu taban bloğuna göre, fay düzlemi üzerinde *aşağıya* doğru hareket etmiştir. Bu faylara gravite fayı'da denilmektedir.
- b) Ters faylar:** Bu tür faylarda tavan bloğu taban bloğuna nazaran *yukarıya* doğru hareket etmiştir.
- c) Doğrultu atımlı faylar:** Yırtılma fayı olarak da adlandırılan bu tür faylarda fay blokları birbirlerine göre fayın doğrultusu boyunca hareket etmişlerdir. Eğer hareket karşıdaki bloğun *sağa* doğru yer değiştirmesiyle meydana gelmişse *sağ yönlü doğrultu atımlı fay*, karşıdaki bloğun *sola* doğru yer değiştirmesiyle meydana gelmişse *sol yönlü doğrultu atımlı fay* oluşur.

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Doğrultu Atımlı Fay;

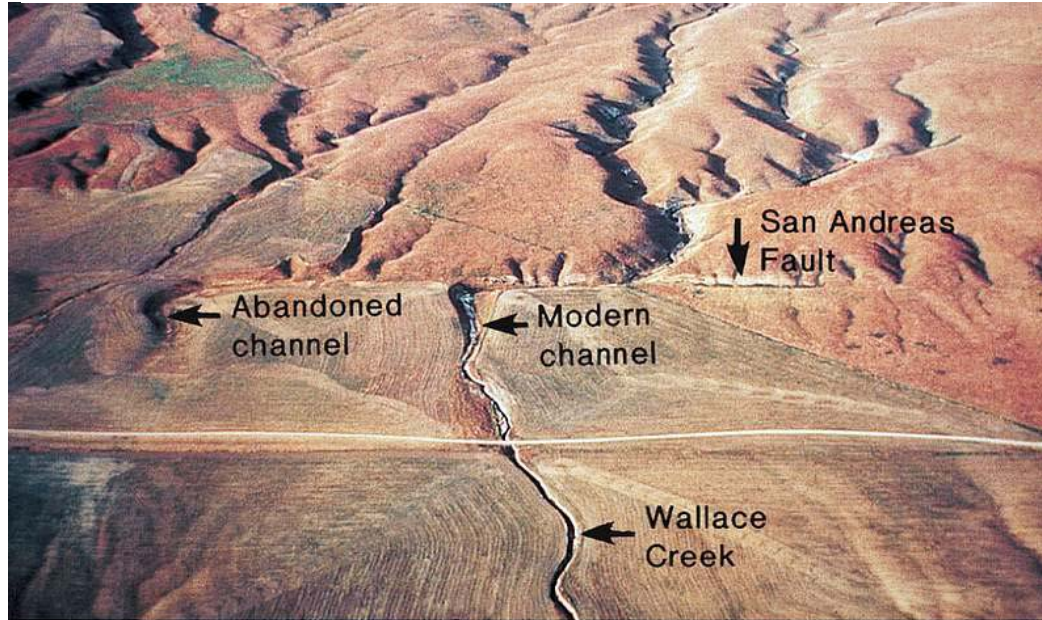
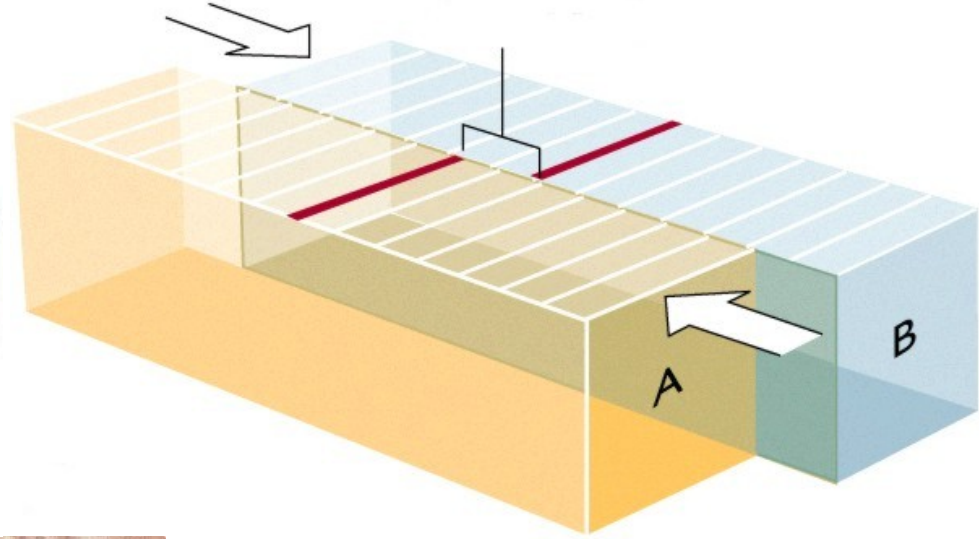
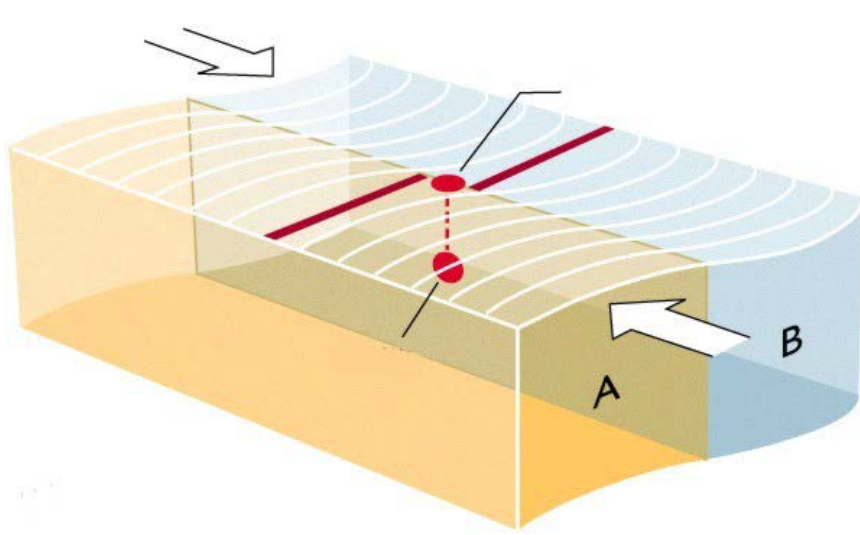
Bloklar birbirlerine göre fay düzleminin doğrultusu boyunca hareket eder. Atım yönüne göre sağ ve sol yönlü olmak üzere iki türü bulunur. Makaslama kuvvetlerinin etkisiyle oluşur.



DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Doğrultu Atımlı Fay;



DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Doğrultu Atımlı Fay;



Demiryolu, İzmit-Adapazarı arasında Tepetarla istasyonu civarındaki hattıda görülen deformasyonlar (Arpat, 2005).

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Doğrultu Atımlı Fay;



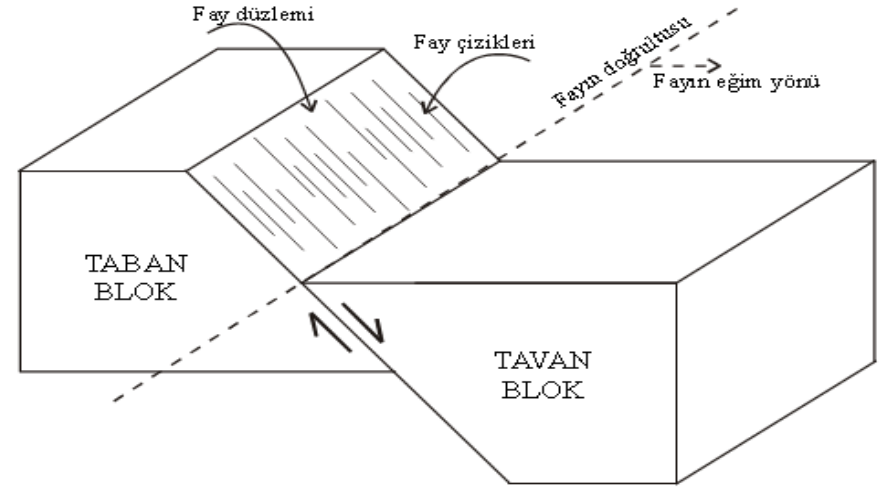
DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Eğim Atımlı Faylar

1) Normal Fay;

Tavan blok fay düzleminin eğim yönü boyunca aşağı doğru hareket eder. Çekme kuvvetlerinin etkisiyle oluşur



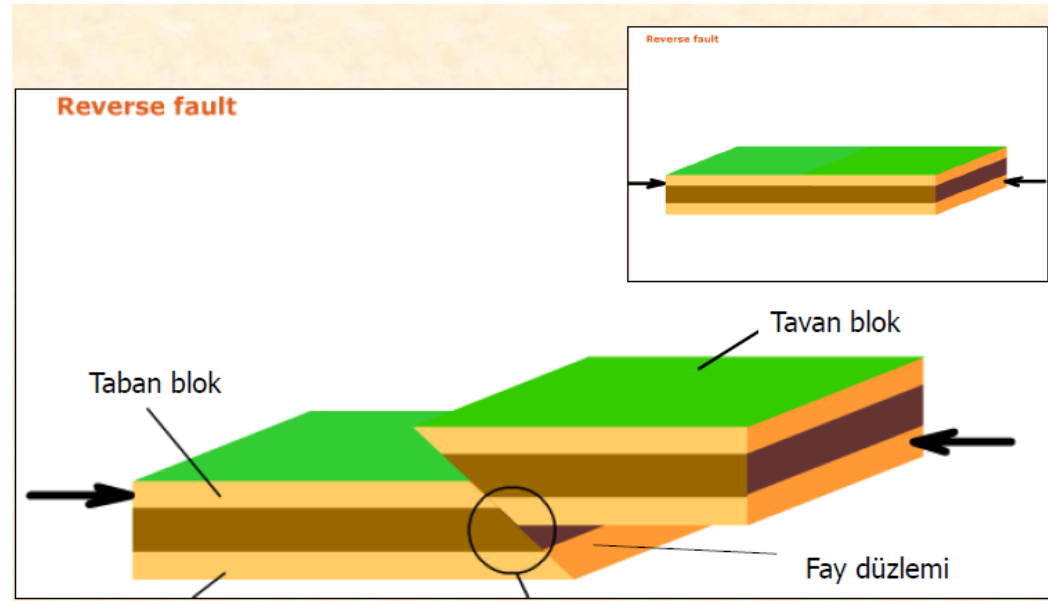
DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Eğim Atımlı Faylar

2) Ters Fay;

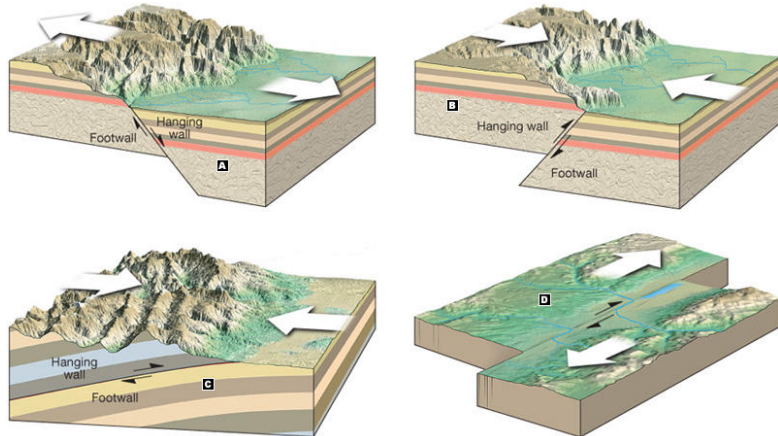
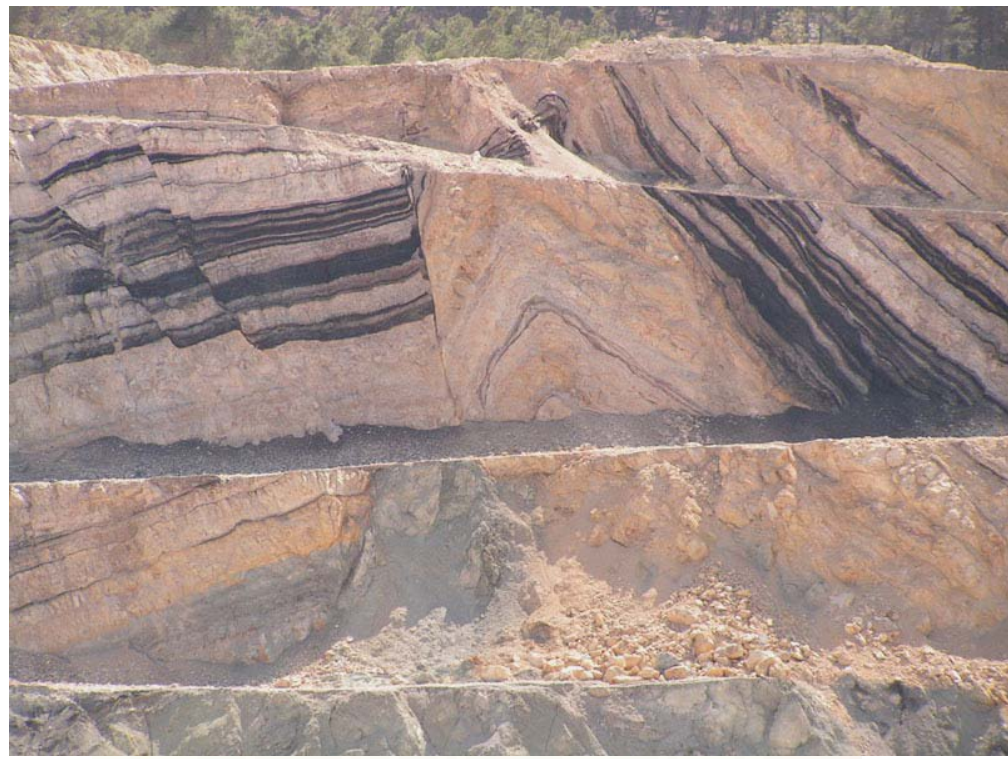
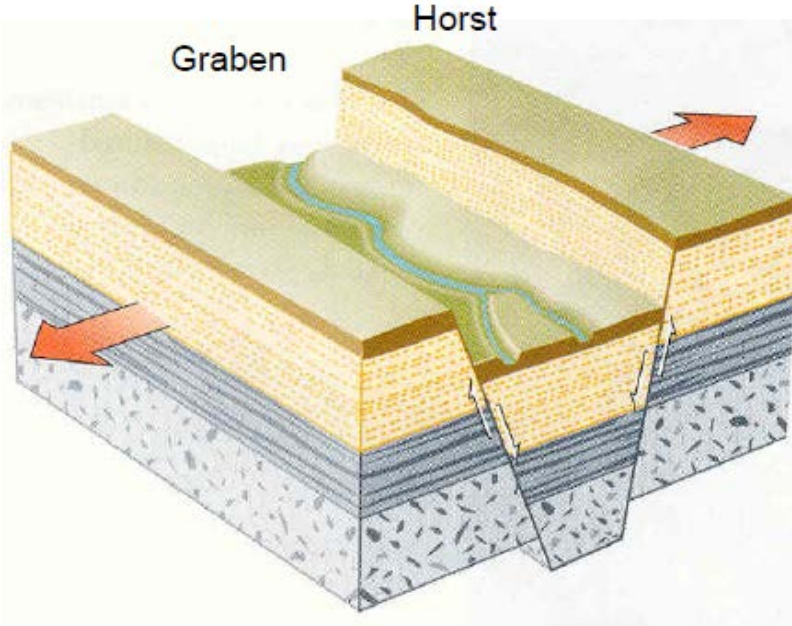
Tavan blok fay düzlemi üzerinde yukarı doğru (eğim yönü tersine) hareket eder. Sıkıştırma kuvvetlerinin etkisi sonucu oluşur



DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Eğim Atımlı Faylar;

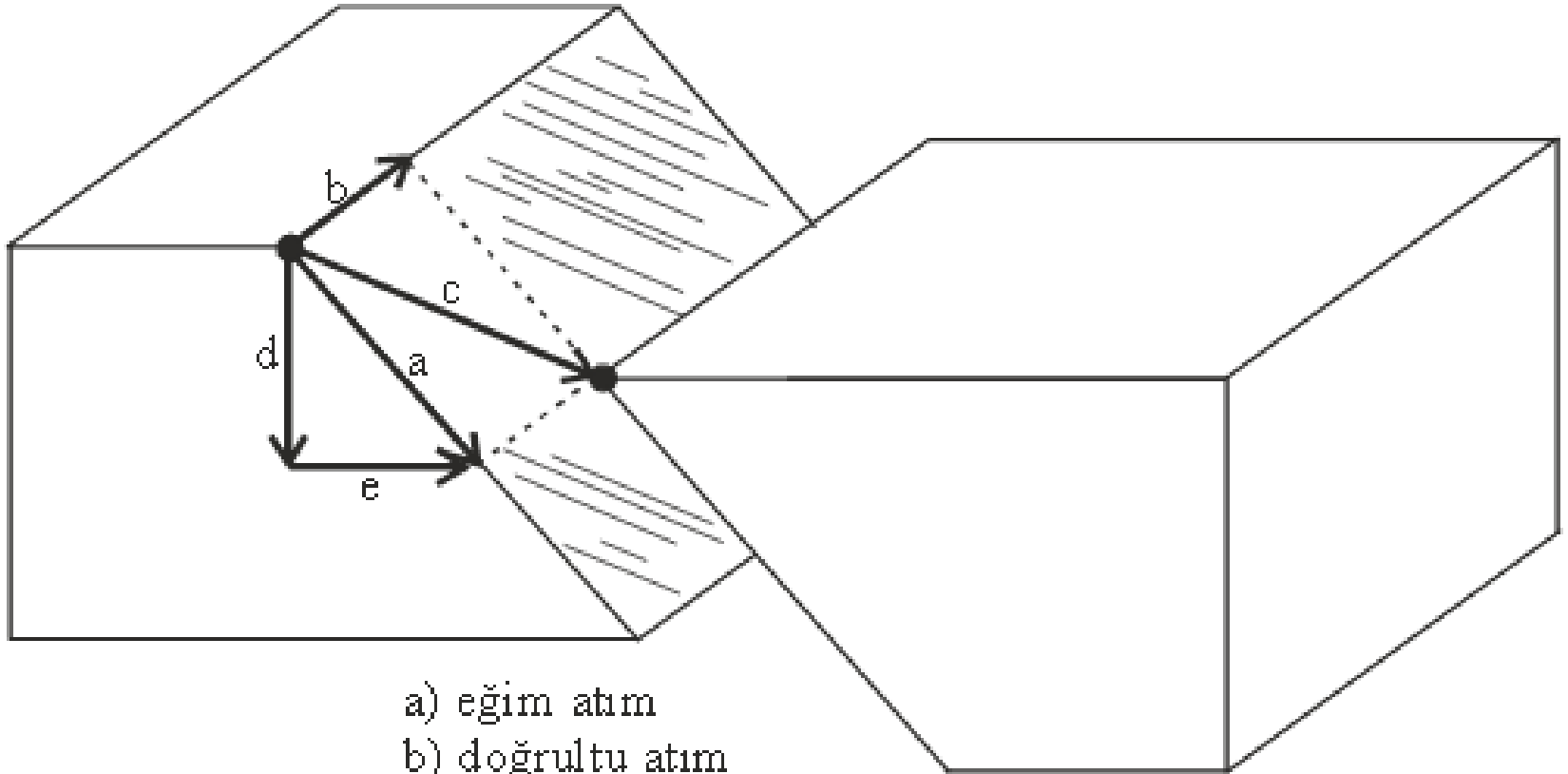


DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri

Verev Atımlı (Oblik) Fay;

Bloklar fay düzleminin hem eğimi hem de doğrultusu boyunca hareket eder.



- a) eğim atım
- b) doğrultu atım
- c) net atım
- d) düşey atım
- e) yatay atım

FAYLARIN TANINMASINA YARAYAN VERİLER

- 1- Fay düzleminin karakteristik özellikleri
- 2- Fay düzlemi ile temas halde bulunan tabaka uçlarının kıvrılması
- 3- Fay breşi ve milonit oluşumu
- 4- Silisleşme ve mineralizasyon
- 5- Sıcak, soğuk su kaynaklarının çizgisel sıralanışı
- 6- Çizgisel bitki anomalisi
- 7- Belirli morfolojik yapının bir çizgisellik boyunca kesilmesi
- 8- Fay eteği molozları veya fay birikinti konisi
- 9- Dik ve keskin topografya yüzeyleri
- 10- Belirli hatlar boyunca yoğun depremsellik görülmesi
- 11- Yapıların devamsızlığı
- 12- Tabakaların tekrarlanması veya kaybolması
- 13- Sondajlarda ayrılma veya bindirme sahalarının saptanması



Sol yönlü doğrultu atımlı fay



Sag yönlü doğrultu atımlı fay



DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri



Normal fay



Ters fay ve sürüme kıvrımı (Drag fold)



Daha yüksek çözünürlüğe sahip sürüm bulunmamaktadır.

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri



06.02.2023 Sofalaca Gaziantep- Ekinözü-Kahramanmaraş depremi

DEPREMLER ve FAYLAR

Fay Çeşitleri



TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

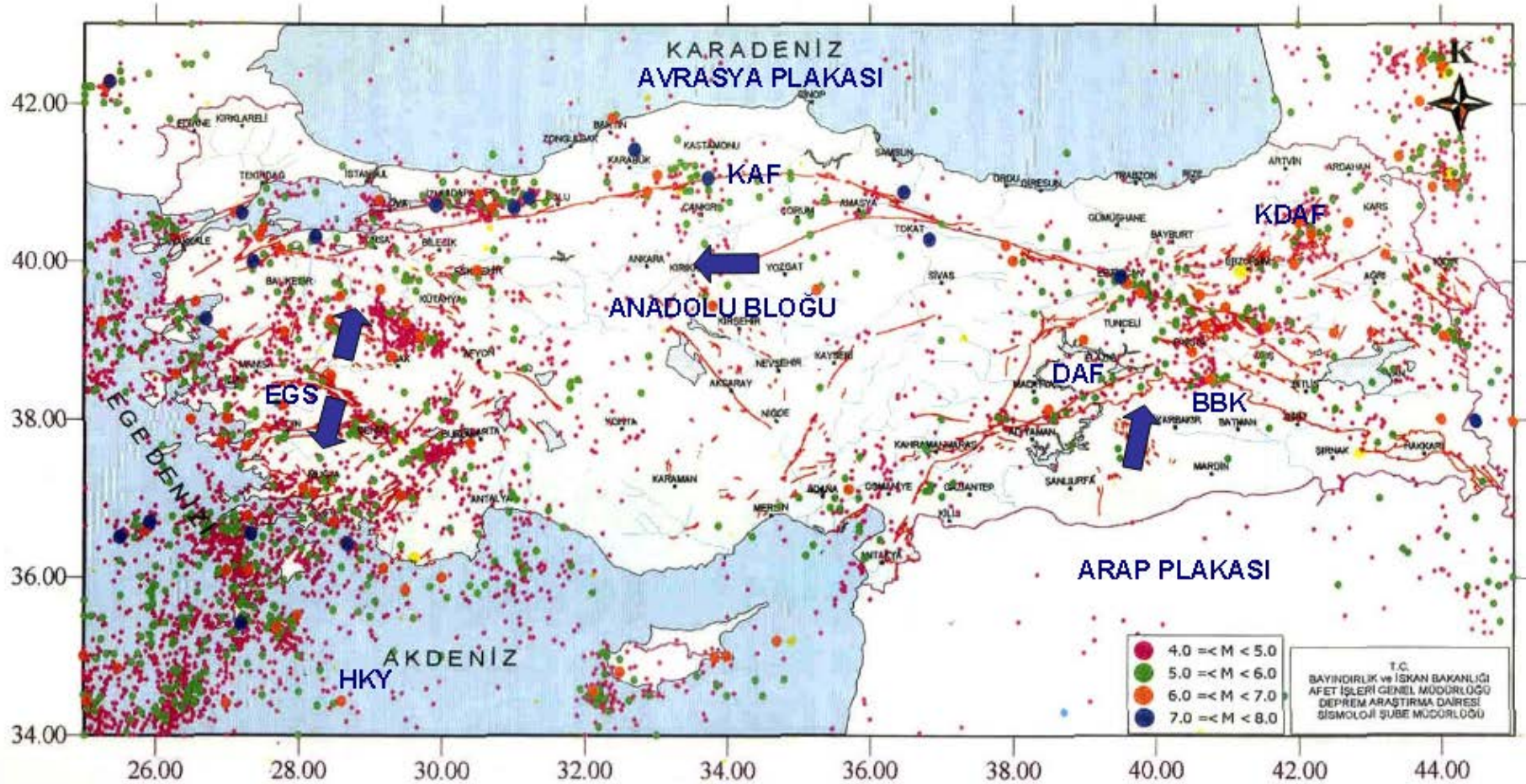
Ülkemizdeki depremleri üreten belli başlı faylar.

1. Kuzey Anadolu Fayı Zonu
2. Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu
3. Doğu Anadolu Fayı Zonu
4. Ecemiş ve Tuz Gölü Fayları
5. Ege Graben sistemi
6. Doğu ve GD Anadolu Bindirmeleri
7. Ölü Deniz Fayı Zonu
8. Ege-Kıbrıs Yitim Hendeği



1900-2000 Aletsel Döneminde Sismotektonik Bölgelerde Oluşan Yıkıcı ($M_s \geq 5.5$) Depremler			
Tektonik bölge	Toplam deprem sayısı	%	10 yıllık dönemde ortalama ^(x) deprem sayısı
Kuzey Anadolu Fayı (KAF)	36	30.0	4
Ege Graben Sistemi (EGS)	33	27.5	3
Doğu Anadolu Fayı (DAF)	10	12.0	1
Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi	22	18.3	2
Kıbrıs Helenik Yayı (HKY)	13	10.8	1
Orta Anadolu Ova Bölgesi	4	3.3	<< 1
Karadeniz Bölgesi	2	1.7	<< 1
Toplam	120	100	11.0

TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

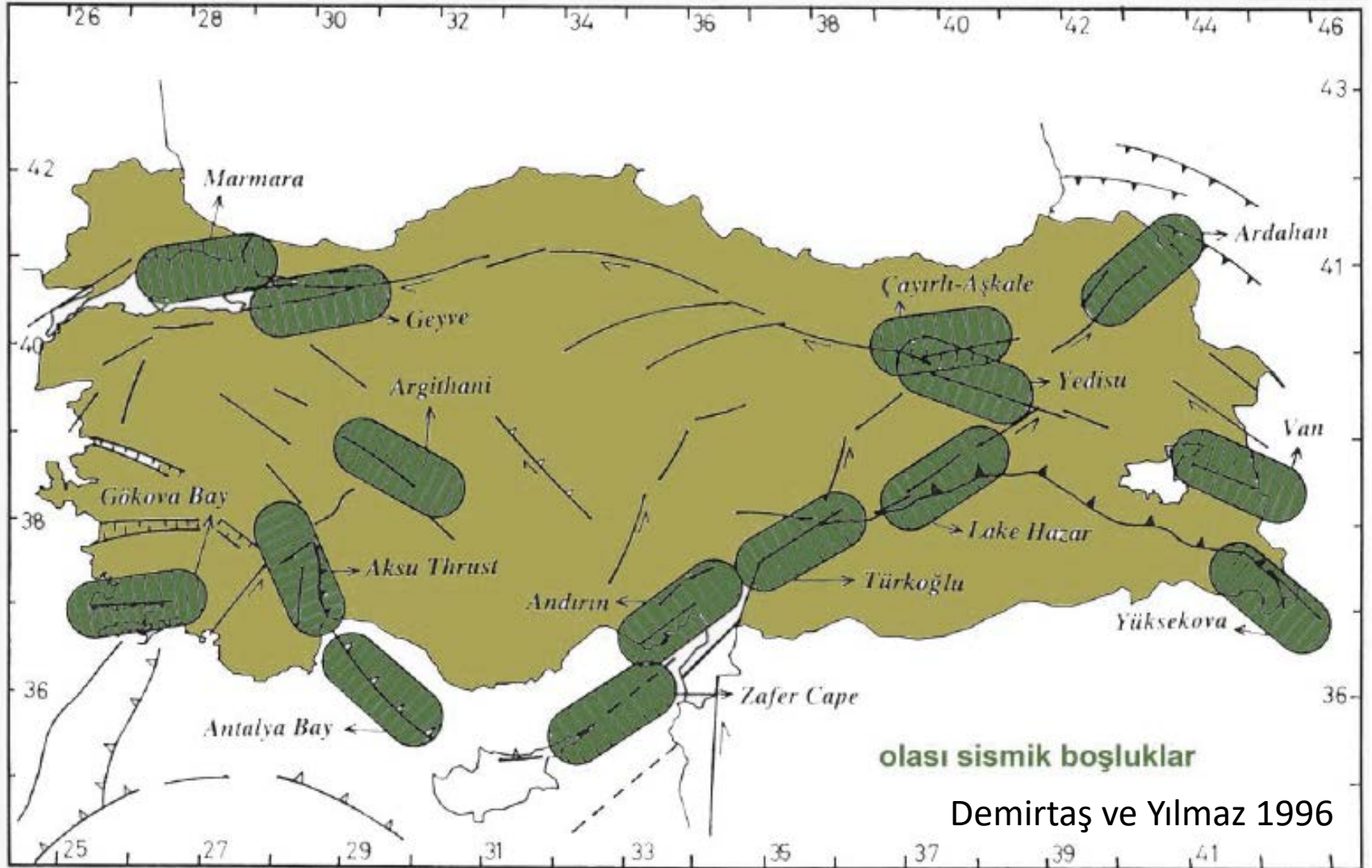


KAF= Kuzey Anadolu Fay Sistemi , EGS= Ege Graben Sistemi, DAF= Doğu Anadolu Fayı ,
KDAF= Kuzey Doğu Anadolu Fayı, BBK= Bitlis Bindirme Kuşağı , HKY = Helenik Kıbrıs Yayı
(Kaynak : Demirtaş ve Yılmaz, 1996; Demirtaş, Erkmen, 2000 Afet İşleri Genel Müdürlüğü)

TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

Türkiye’deki sismik boşluklar

Oldukça uzun faylar boyunca, uzun süredir depremlerin olmadığı kısımlar, gelecekte deprem oluşturma potansiyeli yüksek olan yerler sismik boşluk olarak tanımlanmaktadır.



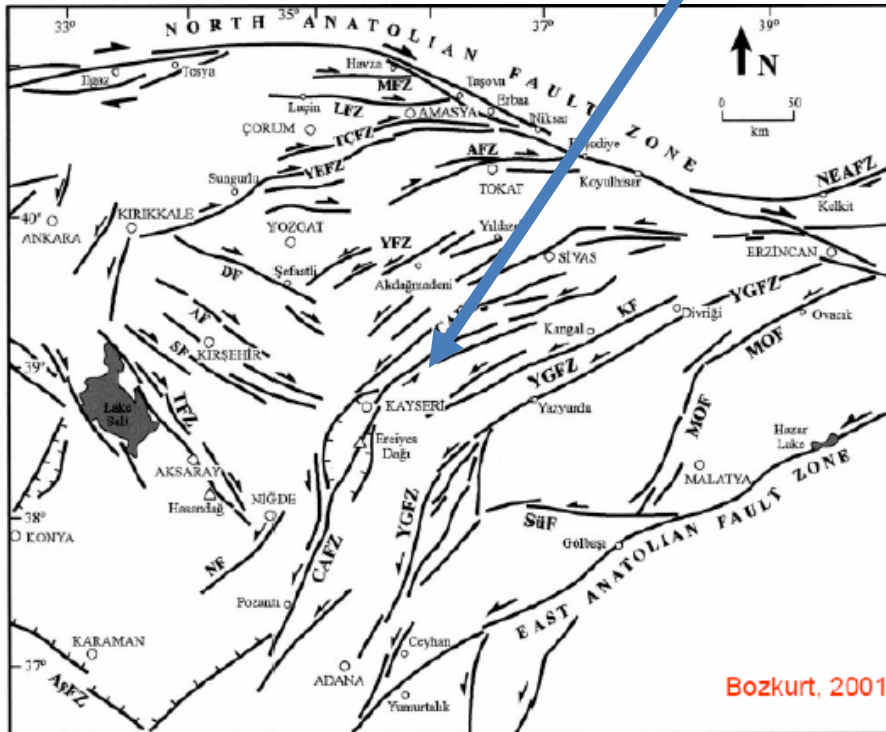
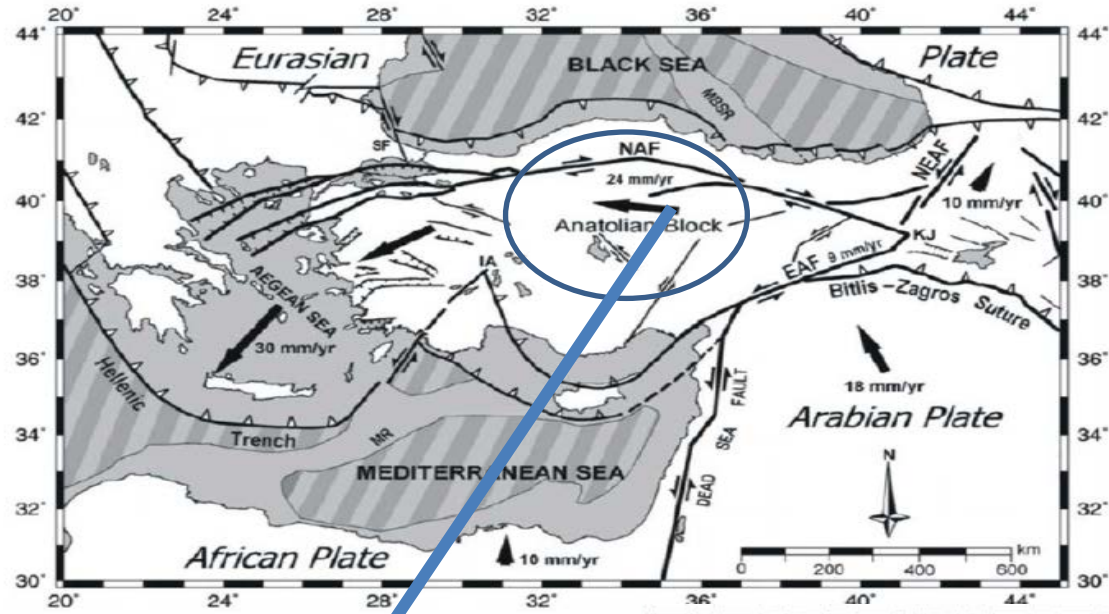
TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

Türkiye’deki sismik boşluklar

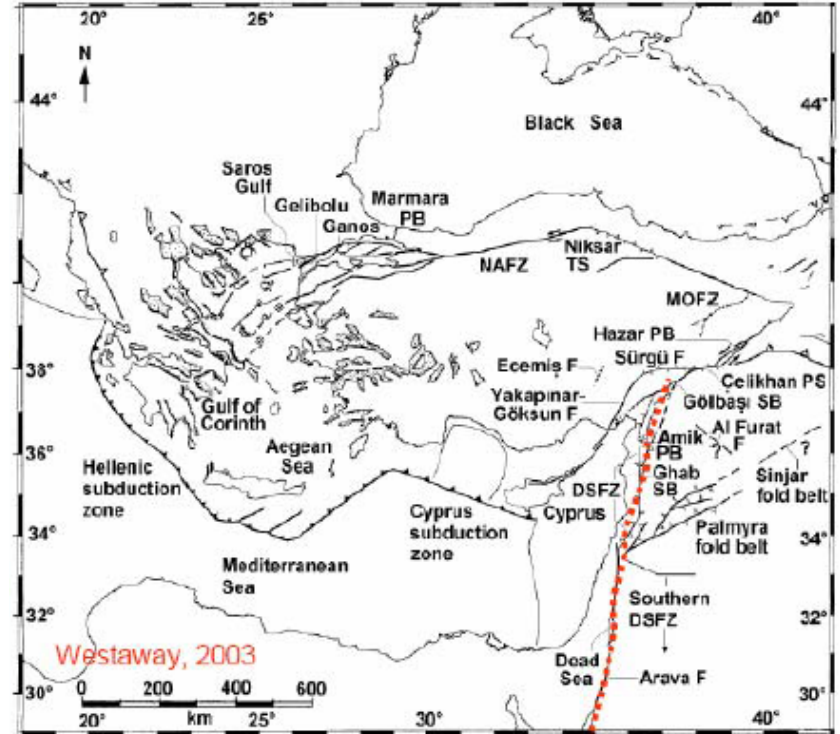
Türkiye’deki sismik boşluklar ve 1900-1995 ve 1970-1995 yılları arasında oluşmuş depremlerin ($M > 4.0$) dağılımları

No	S.Boşluk	Enl1 K	Enl2 K	Boy1 D	Boy2 D	Deprem sayısı 1900-1995 1970-1995	
1	Andırın	36	38	35	37	70	52
2	Türkoğlu	37	38.5	37	38.5	38	34
3	Hazar Gölü	38	39	38.5	40.3	46	34
4	Zafer Burnu	35	36	32	35.5	18	12
5	Antalya	35	37	30	32	132	111
6	Aksu	37	38	30	31	78	53
7	Gökova	36.5	37.5	26.5	29	286	194
8	Çayırli-Aşkale	39.75	40.5	39.0	42	53	35
9	Van	38	39	42	45	75	42
10	Yüksekova	35	38	43.2	46	94	69
11	Ardahan	40.2	41.2	42	43.3	56	50
12	Marmara	40.5	41.5	27.5	29	30	20
13	Yedisu	39	39.75	39	42	96	65
14	Geyve	40	41	29	31	76	47
15	Argıthanı	38	39	30.2	32.4	52	38

TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

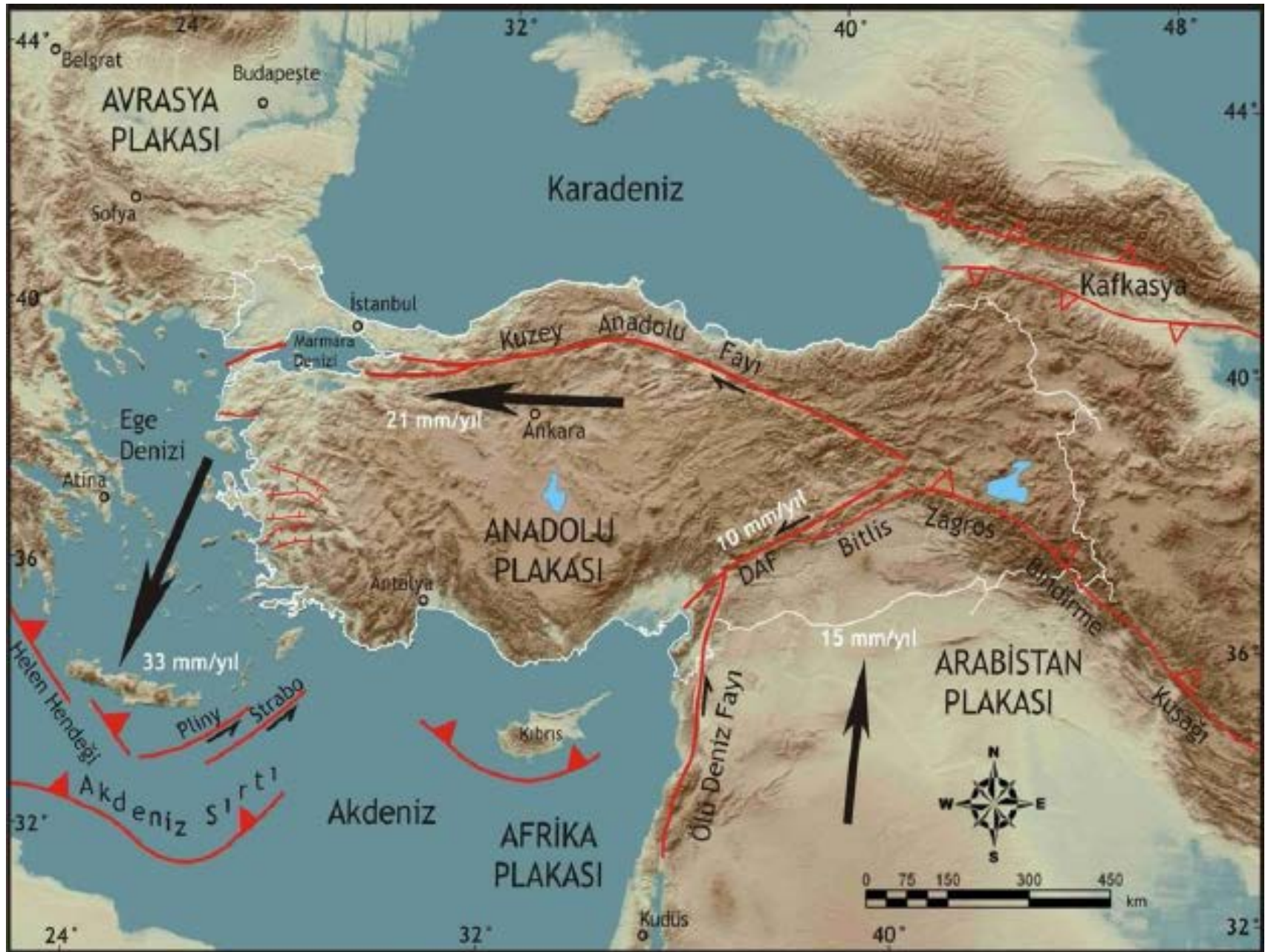


Bozkurt, 2001

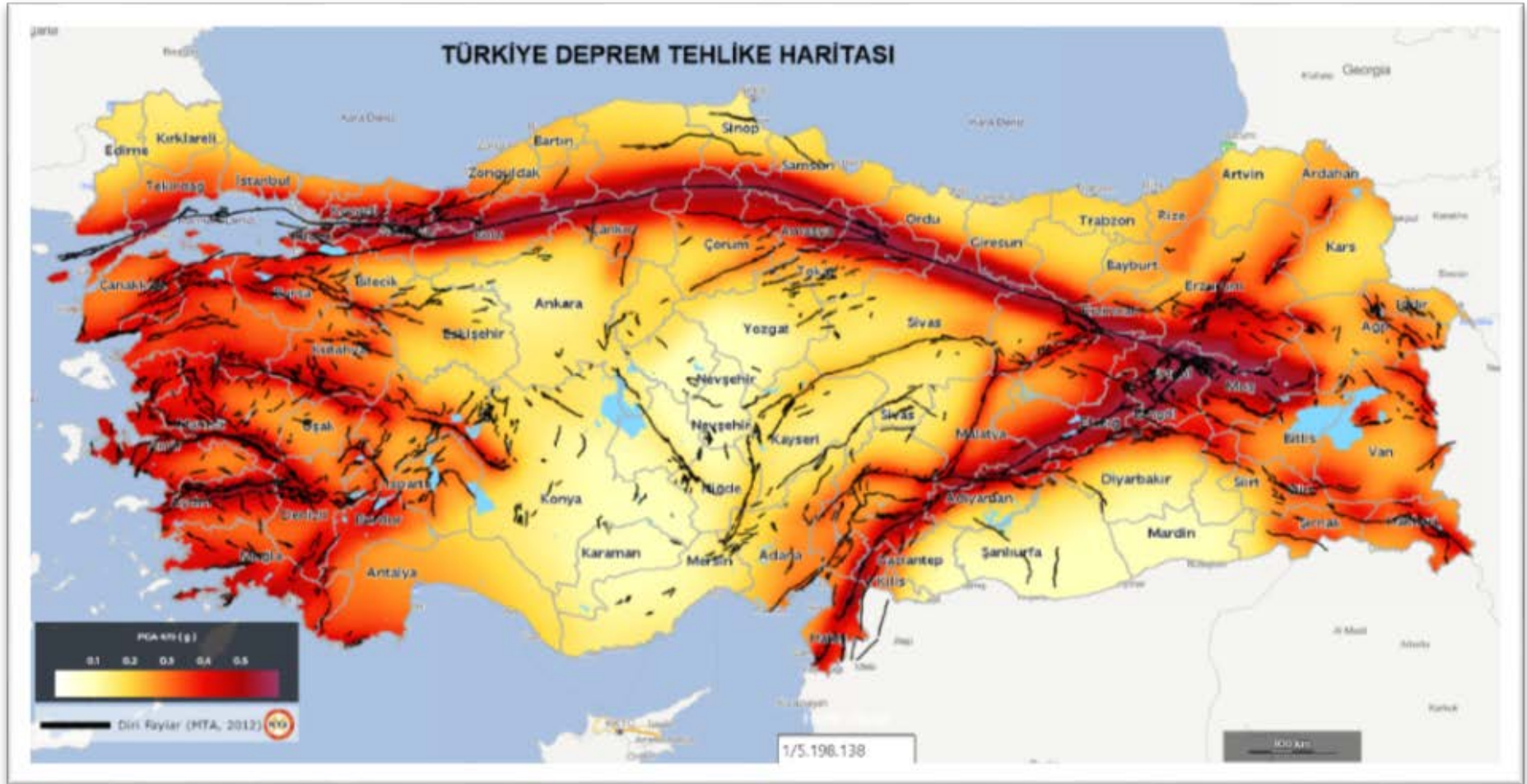


Westaway, 2003

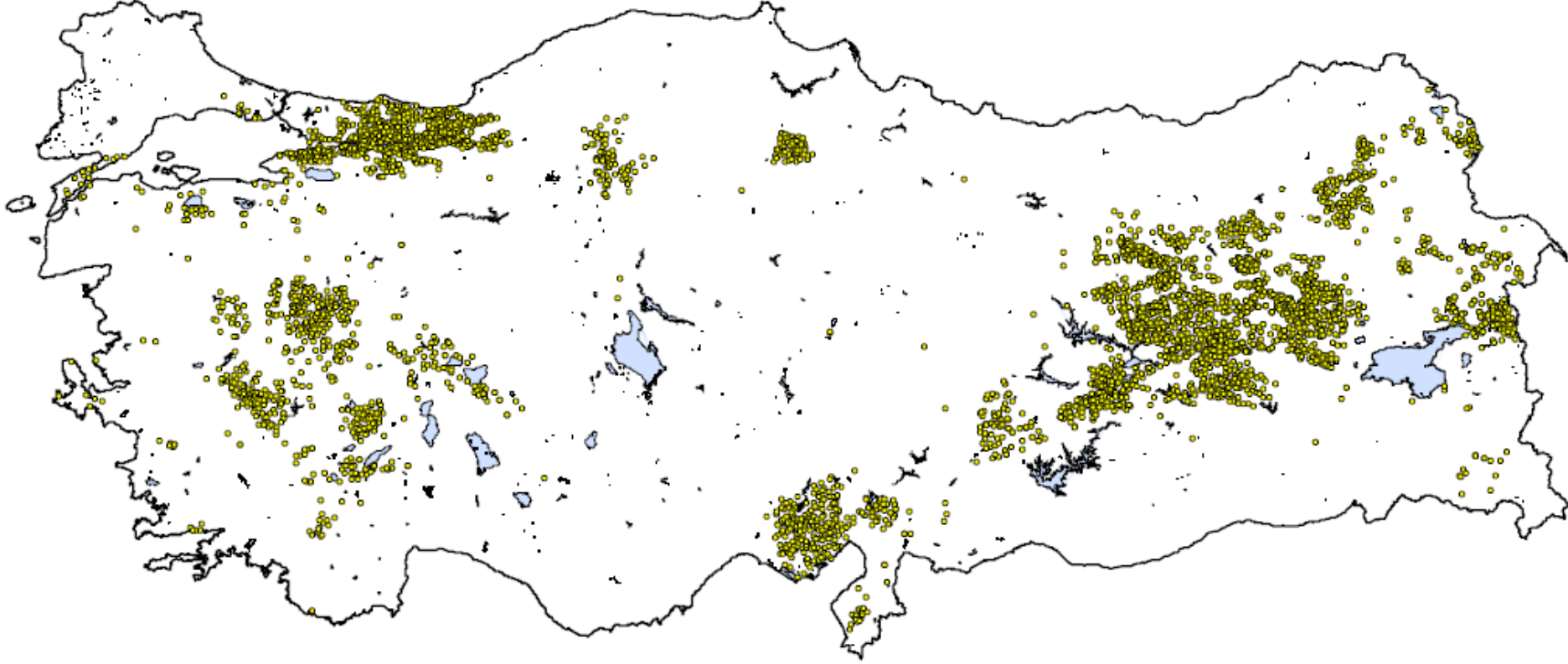
TÜRKİYE'NİN DEPREMSELLİĞİ



TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ



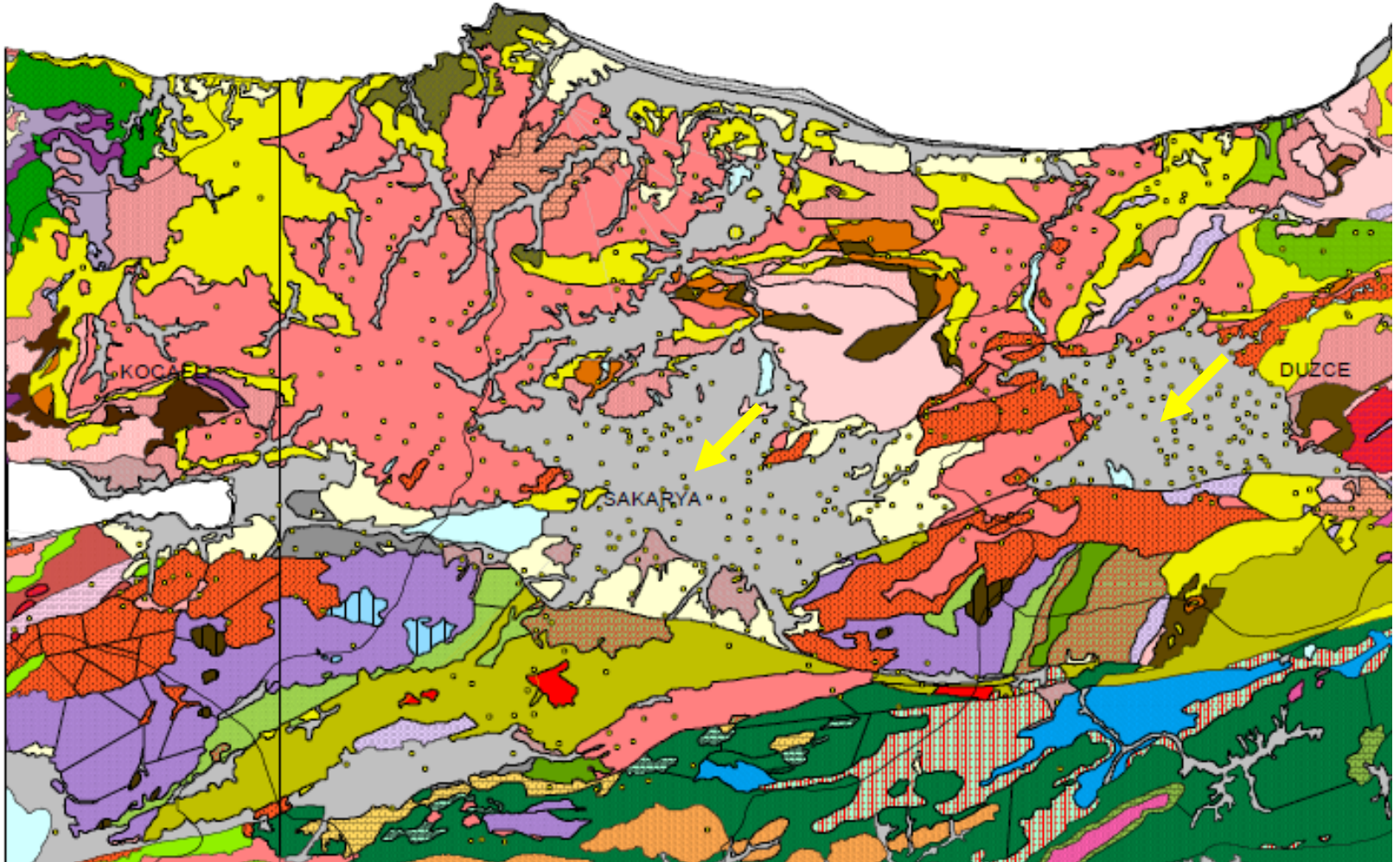
TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ



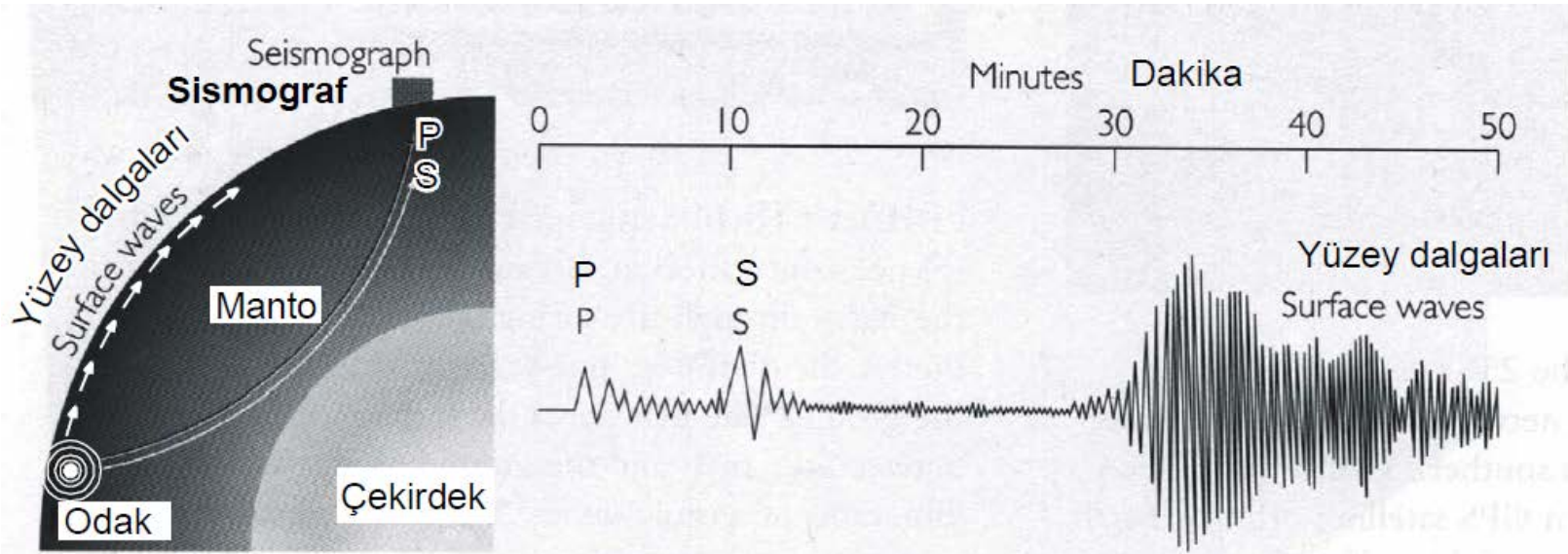
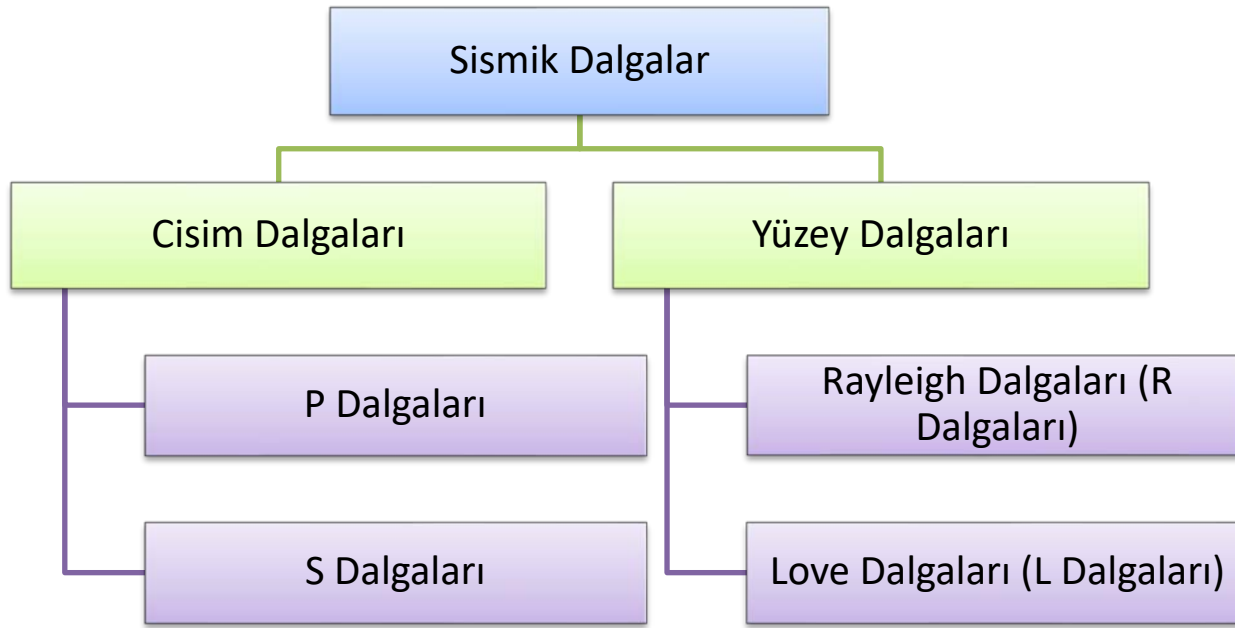
Depremlerde hasara ve yıkıma uğramış yerleşim birimlerinin mekansal dağılımı

TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinin etkilediği, hasara uğrattığı İzmit ve Sakarya civarında özellikle Kuvaterner, Pliyo – Kuvaterner birimler üzerinde yer alan yerleşimler hasar görmüştür. Şekilde 1/ 500.000 ölçekli MTA jeoloji haritası üzerindeki sarı noktalar hasar gören yerleşimlerdir.



DEPREM DALGALARININ İNCELENMESİ



DEPREM DALGALARININ İNCELENMESİ



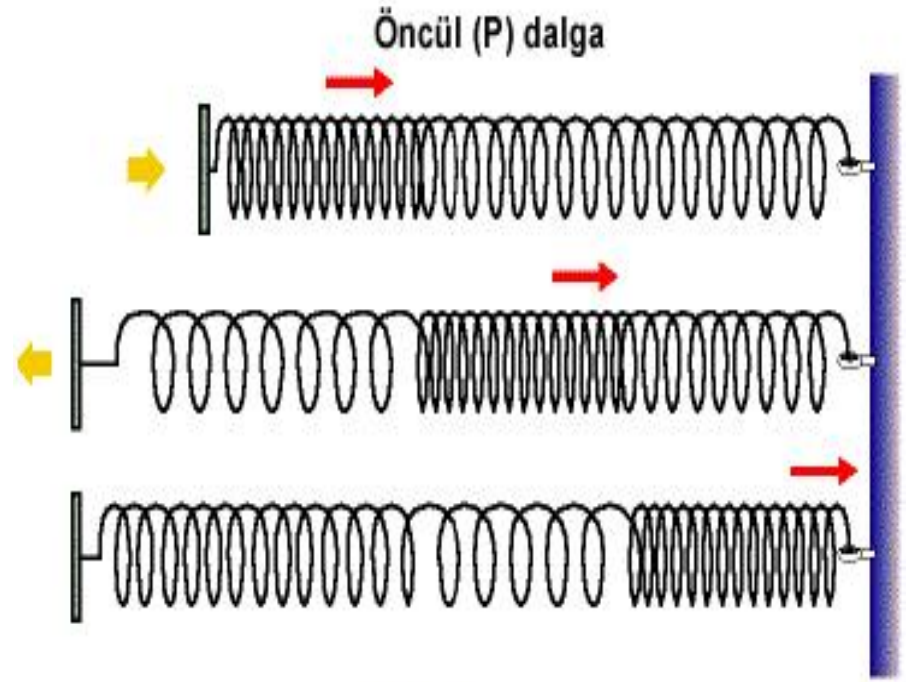
CİSİM DALGALARI

P (Primer) dalgaları

Kayma gerilmeleri doğurarak yayılan dalgalardır. Hızları en fazla olan dolayısıyla sismik kayıt istasyonlarına ilk ulaşan dalgalarıdır.

Bu nedenle **İlk** ve **Haberci Sarsıntılar** adı da verilmektedir. Zemin yüzeyine dik şekilde gelişirler ve zemin üzerindeki binaların düşey yönde titreşmesine neden olurlar.

P dalgaları yayılma sırasında kayaları ileri-geri itip-çekerek, dalgaların ilerleyiş yönüne paralel hareketlilik yaratırlar. Bu dalgaların hızları yaklaşık 8 km/saniyedir. Deprem ölçüm merkezine en önce gelen bu dalgaların en önemli özelliklerinden birisi de her türlü ortamda (Katı, sıvı ve gaz) ilerleyebilmeleridir. Deprem yayılma doğrultusunda gerçekleştiğinden Boyuna Dalgalar olarak ta adlandırılmaktadır.



Dalga titreşimi (← →) dalga hareket yönüne paraleldir (→)



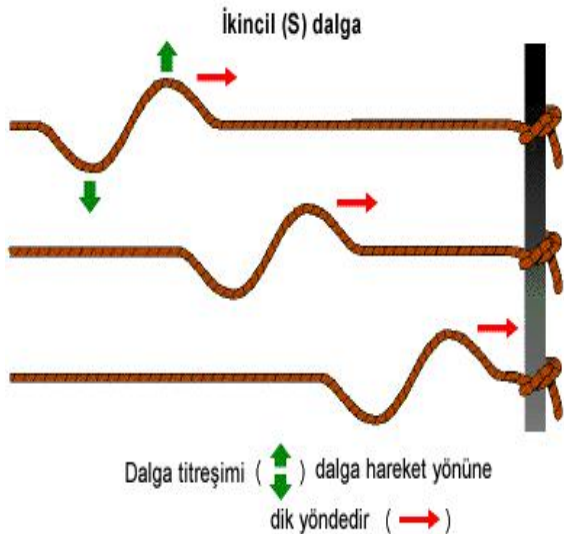
CİSİM DALGALARI

S (Secondary) Dalgaları

Deprem istasyonuna ikinci sırada ulaşan dalgalar olup, hızları 4.5 km/ saniye kadardır. Daha uzun periyotludur.

Yalnızca katı kütlelerde ilerleyebilmekte ve bu özellikleri nedeniyle yer yapısının saptanmasında çok önemli rol oynamaktadır.

Zeminlerin ve üzerindeki binaları aşağıya-yukarıya ve sağa-sola doğru hareket ettirmektedirler. S dalgalarına Enine Dalgalar adı da verilmektedir.

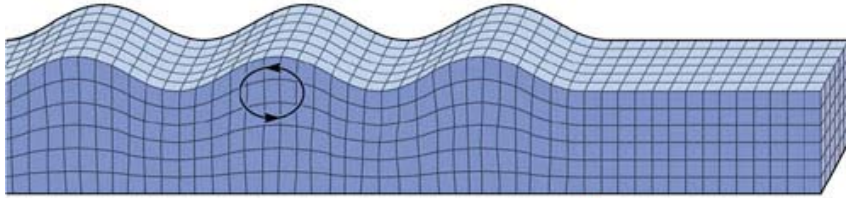


YÜZEY DALGALARI; R ve L dalgaları

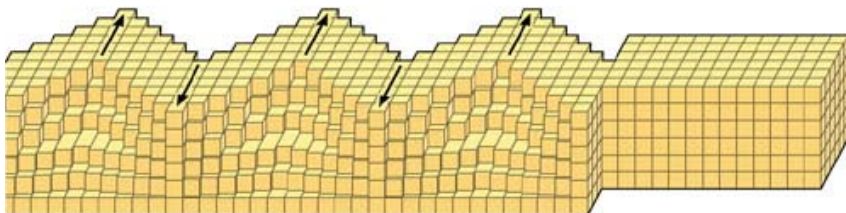
Deprem dalgaları içerisinde en yavaş ilerleyen dalga tipi olup daha fazla hasara neden olurlar. Bu dalgaların oluşması sırasında yerin hareket etmesi ve dolayısıyla dalganın etkisi de büyük olmaktadır.

L (Love) Dalgaları

Depremin merkez üssüne ve kayıt istasyonuna en geç ulaşan dalgalar olup, hızları 1.5-2 km/saniye kadardır. Bu dalganın en önemli özelliği en çok hasara ve can kaybına yol açan dalga olmasıdır. L Dalgaları yer yüzeyine yakın hareket ettiklerinden Yüzey dalgaları olarak ta adlandırılır. Hareket açısından S dalgalarına benzer. Sismogramlarda en şiddetli hareketi gösterir.



(a) Rayleigh wave

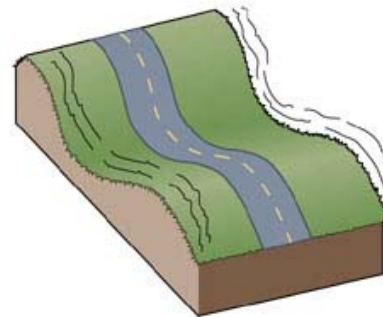


(b) Love wave

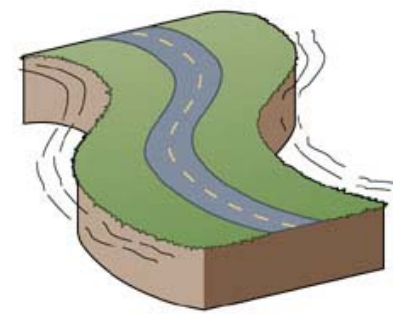
R (Rayleigh) Dalgaları

Bir göl veya okyanusun üzerinde yuvarlanan dalga salınımı gibi yer üzerinde hareket eder. Deprem sırasında hissedilen sallantıların çoğu, diğer dalgalardan çok daha büyük genlikli olan Rayleigh dalgalarından kaynaklanmaktadır.

©2001 Brooks/Cole - Thomson Learning



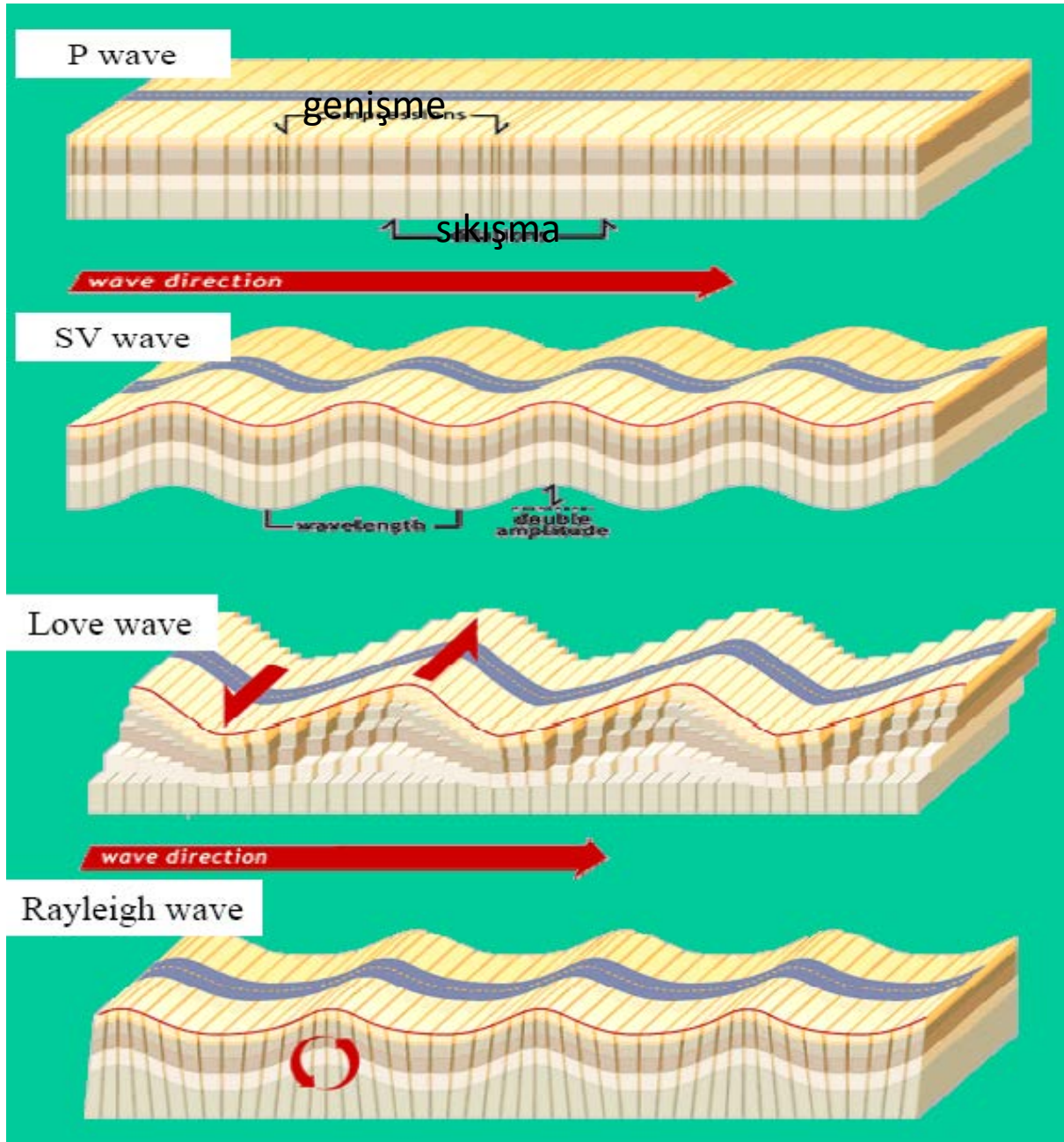
Rayleigh wave



Love wave

(c)

DEPREM DALGALARININ İNCELENMESİ



DEPREMİN ŞİDDETİNİN BELİRLENMESİ

Bir depremin büyüklüğü şiddet ve büyüklük olmak üzere iki farklı ölçek ile ölçülür.

Şiddet depremin insanlar, binalar ve çevre üzerindeki etkisini ölçer. Aletsel verilerle değil, gözlemsel veriler yardımıyla belirlenir. Farklı zamanlarda meydana gelen depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yıllar boyunca elde edilen deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan “**Şiddet cetvelleri**” ne göre değerlendirilir.

Çok çeşitli deprem şiddet ölçekleri vardır.

Rossi-Forel (RF), (ilk kez 1883 de tanımlanmıştır)

Mercali-Sieberg (MS),

Omori-Cancani (OC),

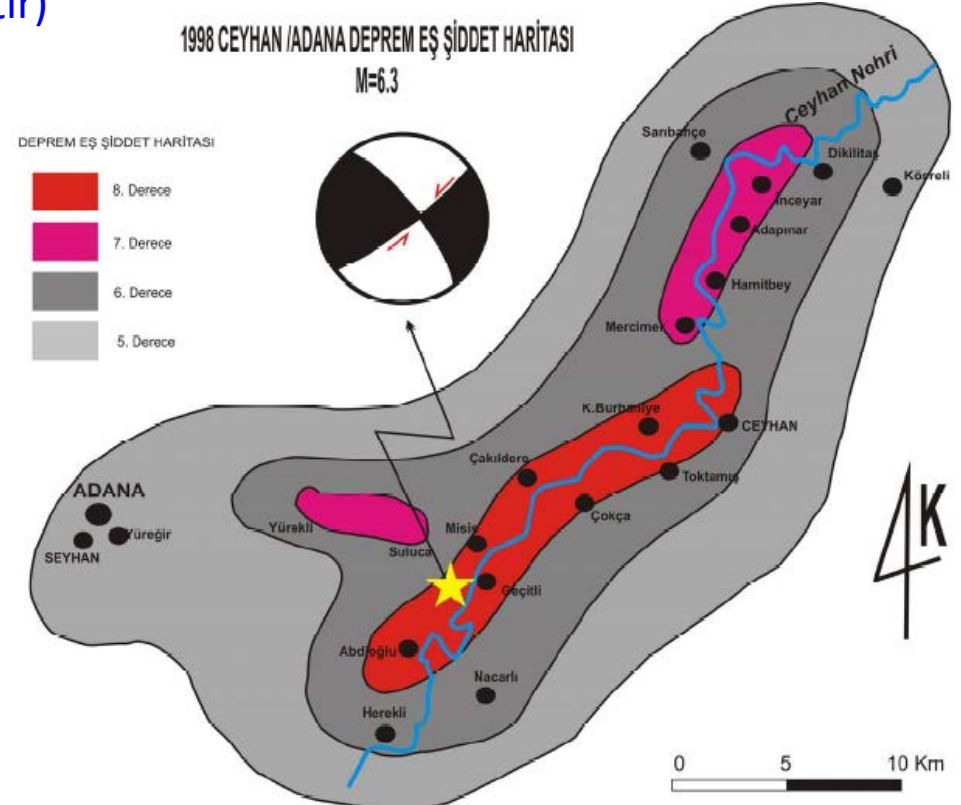
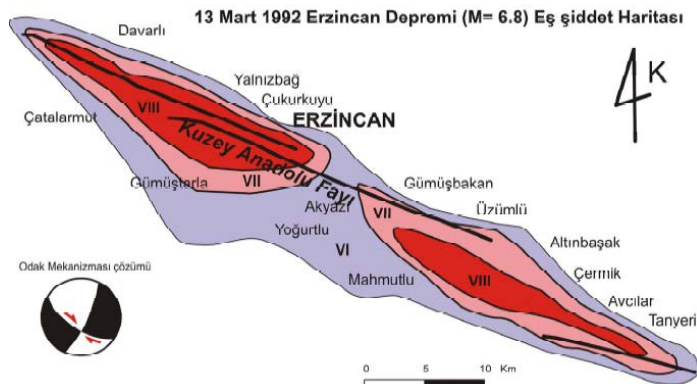
Mercalli-Cancani (MC),

Değiştirilmiş Mercalli (MM),

Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)

Japon (JM)

ölçekleri en çok kullanılan ölçeklerdir.



MERCALLI ŞİDDET CETVELİ

Siddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

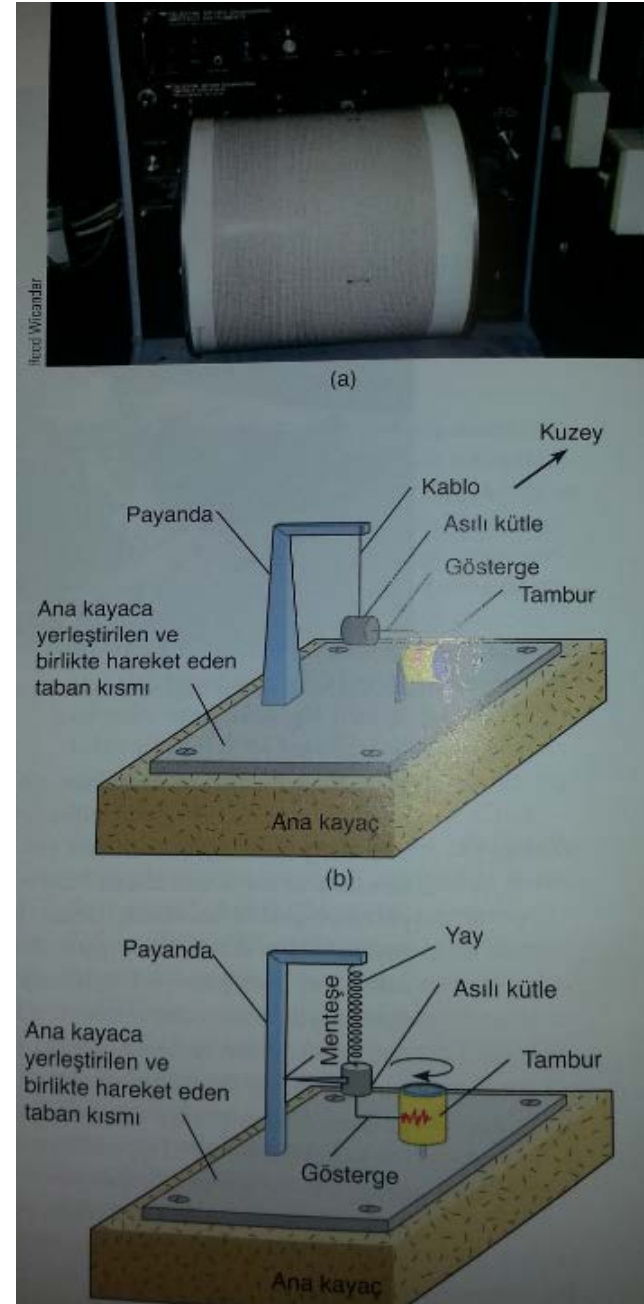
MODİFİYE EDİLMİŞ MERCALLİ ŞİDDET CETVELİ	
I.	Çok özel koşullar dışında hissedilmezler.
II.	Yalnızca binaların alt katlarında dinlenen insanlar hissedebilir. Çok hassas asılmış eşyalar hafif olarak sallanabilir.
III.	Bina içindeki insanlar tarafından, özellikle alt katlardaki insanlar hissedebilir. Bir çok kişi depremi tanımlayamaz. Daha çok motorlu araçlar tarafından oluşturulan vibrasyona, ya da yoldan geçen bir kamyonun oluşturduğu vibrasyona benzer. Süresi kestirilebilir.
IV.	Gündüz vakti ise bina içerisindeki herkes, bina dışında hareketsiz duranlar, gece ise uyanık olanlar hissedebilir. Tabaklar, pencereler, kapılar hafifçe sallanır; duvarlardan kırılma sesleri gelir.
V.	Episantra yakın olan herkes hissederek, uyuyanlar uyanır. İyi yerleştirilmemiş tabaklar raflardan düşebilir, bazı pencereler kırılır, evde iyi yerleştirilmeyen eşyalar devrilir. Sarkaçlı saatler durur.
VI.	Herkes hissederek, bazı insanlar korkar. Bazı ağır mobilyalar hareket eder, sıvalar dökülür. Hafif hasar oluşabilir.
VII.	Çok iyi yapılmış büyük yapılarda hasar önemsizdir. İyi projelendirilmemiş yapılarda zayıf-orta hasar oluşur. Zayıf ve projersiz yapılmış binalarda büyük hasar meydana gelir, bazı bacalar yıkılır.
VIII.	Özel olarak yapılmış binalarda hafif hasar meydana gelir. Büyük ve iyi inşaa edilmemiş yapılarda kısmi hasar, kötü yapılmış binalarda büyük hasar oluşur. Bina ve fabrika bacaları, kolonlar, anıtlar ve duvarlar devrilir.
IX.	Çok iyi yapılmış binalarda hasar oluşur, binalar eğilir. İyi yapılmış binalarda ciddi hasar meydana gelir. Binalar temellerinden oynar.
X.	Çok iyi inşaa edilmiş ahşap yapılar tamamen yıkılır. Duvarlar ve çerçeveler tamamen hasar görür. Demiryollarında bükülmeler meydana gelir.
XI.	Ayakta duvar kalmaz. Köprüler yıkılır. Demiryolları büyük hasar görür.
XII.	Hiçbir yapı ayakta kalmaz. Bölgenin görünüşü değişir. Eşyalar havaya fırlarlar.

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Depremi büyüklüğü kırılan yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçüdür. Depremi oluşturan kırık genelde yerkabuğunun derinliklerindedir. Bir deprem olduğunda, derinlerde oluşan kırığı doğrudan gözle görmek mümkün olmadığından, onun yüzölçümünü dolaylı olarak tahmin etmek zorunda kalırız. Buna örnek olarak, birisinin bir havuza tas attığını, ancak bizim taşın büyüklüğünü bilmediğimizi kabul edelim. Taşın havuza düşerken çıkardığı sesi dinleyerek veya havuzda oluşan dalgalanmaların boyutuna bakarak taşın küçük mü, yoksa büyük bir taş mı olduğunu tahmin edebiliriz.

Yerkabuğunda oluşan dalgalanmaları ölçmek için sismometre dediğimiz aygıtlar kullanılır. Deprem ne kadar büyük ise yer o kadar fazla sallanır ve sismogramlar üzerindeki titreşim kayıtları o kadar büyük genliklerde oluşur. Büyüklüğü belirlemek için çoğu zaman tek bir sismometrenin sonuçları ile yetinilmez.

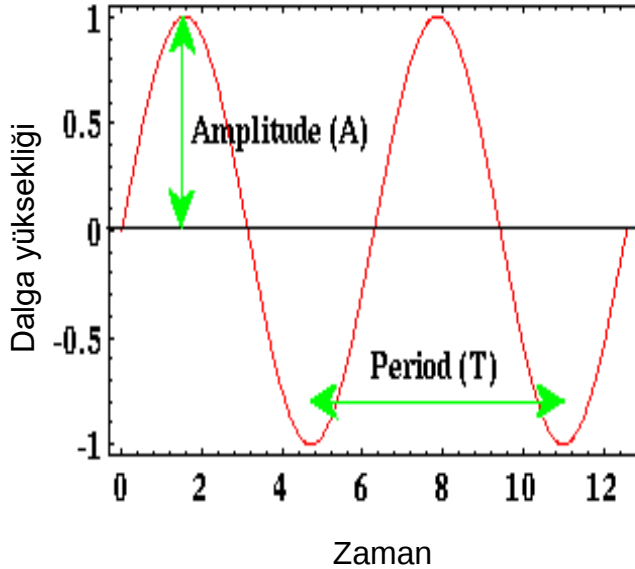
Deprem büyüklüğünü ölçmek için tek bir yöntemin kullanılması mümkün değildir. Belirli bir yöntem belirli bir büyüklük aralığında ve belirli bir uzaklıktaki depremler için geçerliken, daha büyük veya daha uzak depremler için daha farklı yöntemler kullanmak gerekir.





DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Deprem Büyüklüğü: Şiddetten farklı olarak büyüklük aletsel bir ölçümdür. Büyüklüğe dair ilk ölçek Richter tarafından 1945 yılında geliştirilmiştir. Buna göre *deprem büyüklüğü*; deprem dış merkezinden 100 km uzaktaki büyümesi 2800, periyodu 0.8 ve sönümü 0.8 olan Wood-Anderson tipi bir sismografin mikron cinsinden kayıt ettiği maksimum genliğin 10 tabanlı logaritmasıdır. Bu büyüklük Richter büyüklüğü (M_L) olarak bilinir.



Sismograf ölçüm teknolojilerinin gelişimine paralel olarak deprem dalgasının farklı türlerini dikkate alan farklı büyüklük belirleme bağıntıları geliştirilmiştir.

Bu amaçla sismografin bulunduğu yerin jeolojisine, depremin oluş mekanizmasına, sismik dalgaların yayılım yoluna ve kullanılan sismik kayıtçıların özelliklerine bağlı olarak değişik kurumlar tarafından farklı büyüklükler verilmiştir.

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Depremlerle ilgili 5 yöntemle büyüklük ölçülmektedir.

1-Süreyle bağlı büyüklük (M_d); Daha büyük bir depremin, sismometre üzerinde daha uzun bir süre için salınımlara yol açacağı ilkesinden hareket edilir. Depremin, sismometre üzerinde ne kadar uzun süreli bir titreşim oluşturduğu ölçülür ve deprem merkezinin uzaklığı ile ölçeklenir. Bu yöntem küçük ($M < 5,0$) ve yakın (Uzaklık < 300 km) depremeler için kullanılır.

2-Yerel (Lokal) büyüklük – Richter Büyüklüğü (M_L); Bu yöntem 1935'da Richter tarafından önerilen ilk yöntemdir. Bu yöntem, havuza atılan tas örneğinde, taşın suya çarparken oluşturduğu ses dalgalarının suyun içerisine yerleştirilmiş bir mikrofon ile dinlenmesine benzetilebilir. Ses kaydında oluşan en yüksek genlik değeri, uzaklık ile ölçeklenerek taşın büyüklüğü hakkında bilgi verecektir. Depremin büyüklüğünü kestirirken de aynı ilke uygulanır. Bu yöntem de görece küçük (büyüklüğü 6,0'dan az) ve yakın (uzaklığı 700 km'den az) depremeler için kullanılır. Doğru değerlerin bulunması için sismometrelerin çok iyi kalibre edilmiş olması esastır. **Büyüklüğün bir birimindeki enerjide 30 kat artışa neden olur.**

$$M_L = \log A/A_0$$

M_L : Deprem büyüklüğü

$A = 0.8$ sn'lik doğal bir periyoda, % 80 sönümlük faktörüne ve 2800 kat statik bir büyütmeyle sahip standart bir Wood-Anderson sismografinin "mm" olarak kaydettiği maksimum genliğidir. Maksimum genlik, bir Wood-Anderson sismografinin deprem dışı merkezinden tam olarak 100 km mesafede sert kaya üzerine yerleştirilmiş sismograf olması durumundaki ölçülmüş genlik

$A_0 = 0.001$ mm

RİCHTER BÜYÜKLÜĞÜ

Richter Ölçeği bir alet değildir; depremin magnitüdünü tanımlayan matematiksel bir formüldür. Ölçek logaritmik (üssel) olduğundan **1 birimlik artışın sismogram genliğinin 10 kat, deprem sırasında açığa çıkan enerji miktarının ise 30 kat artması anlamına gelir.** Yani; 7 büyüklüğündeki bir deprem, 5 büyüklüğündeki depremden 900 kat daha güçlüdür.

Richter Ölçeğine Göre Deprem Büyüklükleri ve Etkileri

- 1-2** Yalnızca hassas aygıtlar tarafından kaydedilir (yılda ~700,000 adet)
- 2-3** Depremin merkez üssünde bile zor hissedilir (yılda ~300,000 adet)
- 3-4** Az insan hisseder, iç mekanda daha çok hissedilir (yılda ~49,000 adet)
- 4-5** Çoğu insan hisseder, yapılara hafif hasar verebilir (yılda ~6200 adet)
- 5-6** Herkes tarafından hissedilir, yapılara hafif veya orta düzeyde hasar verebilir (yılda ~800 adet)
- 6-7** Yapılara orta düzey hasar verebilir, yıkıma yol açabilir (yılda ~120 adet)
- 7-8** Yapılara yüksek düzey hasar verebilir, geniş yıkıma yol açabilir (yılda ~18 adet)
- 8-9** Yapılara çok yüksek düzeyde hasar verebilir, toplu yıkıma yol açabilir (~5 yılda bir)
- 9+** Toplu ve yaygın yıkıma yol açabilir, yeryüzü gözle görülür biçimde dalgalanır, nesneler yerden sıçrar/kopar, arazi yapısı belirgin biçimde değişikliğe uğrayabilir (~60 yılda bir)

Richter Büyüklüğü	Bir öncekine göre enerji yayımı (kat olarak)
2,0	-
2,5	4,6
3,0	6,3
3,5	2,5
4,0	13,7
4,5	5,1
5,0	6,3
5,5	2,5
6,0	12,5
6,5	5,0
7,0	6,4
7,5	5,0
8,0	6,3
8,5	5,0
9,0	6,4
10,0	31,3
12,0	160,0

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Her bir Richter Ölçeği değerine karşılık gelen sayı arasındaki fark 30 kat kadardır.

Yani **6 büyüklüğündeki bir deprem, 5 büyüklüğündeki bir depremden 10 kat büyük ama 30 kat güçlüdür (30 kat fazla enerji salar).**

Benzer şekilde 8 büyüklüğündeki deprem de 7 büyüklüğündekinden 30 **(tam değeri; $10^{3/2}=31.5$)** kat, 6 büyüklüğündekinden tam 900 ($30*30$) kat güçlüdür.

1960 yılında meydana gelen ve kayıtlara geçen en büyük deprem olan Şili Depremi, 9.5 büyüklüğündedir. Bildiğimiz en güçlü atom bombasının saçtığı enerjiden yaklaşık 750 kat güçlüdür.

Yani **depremlerde Richter ölçeği 1'er 1'er artarken, depremin büyüklüğü 10'un katları şeklinde, gücü ise 30'un katları şeklinde artar.**

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

3-Yüzey Dalgası büyüklüğü (M_s); Periyodu 20 s olan Rayleigh yüzey dalgalarının genliğinden ölçülür. **Uzak mesafelerdeki ($L > 1000$ km) ve sığ odaklı ($h < 70$ km) büyük depremler için kullanılır.** Havuza atılan taş örneğinde suyun yüzeyinde oluşan ve halkalar şeklinde merkezden çevreye yayılan dalgaların en yüksek genliğinin ölçülmesi esasına dayanır. Bu tür dalgalar yeryüzünde kaynaktan çok uzak mesafelere yayılabilirler.

$$M_s = \log_{10} (A/T) + 1.66 \log_{10} (D) + 3.30$$

M_s : yüzey dalgası büyüklüğü

A: maksimum yerdeğiştirme

D: sismografa derece olarak dış merkez uzaklığı (yerin çevresi 360°)

4-Cisim Dalgası büyüklüğü (M_b); Periyodu 1 s civarında olan maksimum genlikli P dalgalarından belirlenir. Derin ve/veya küçük orta ölçekli depremlerin büyüklüğünü bulmada iyi sonuçlar verir. Yöntem Yüzey Dalgası yöntemine benzer, tek farkı yüzeyden yayılan dalgalar yerine derinliklerde ilerleyen dalgaların kullanılmasıdır.

$$m_b = \log_{10}(A/T) + Q(D, h)$$

*Burada **A** tanecik titreşimlerinin (ground motion) genliği (micron); **T** peryot (saniye); **Q** (**D,h**) düzeltme faktörü, episantır ile kayıtçı arasındaki uzaklığın (**D** -derece) ve odak derinliğinin (**h**-kilometre) fonksiyonu.*

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

5-Moment büyüklüğü (M_w); Bu büyüklük türü, diğerlerine göre en güvenilir olanıdır. Genelde yıkıcı depremlerin büyüklüğünü belirlemek için kullanılır. Bunun nedeni depremin tüm boyutunu dikkate almasıdır. Moment büyüklükte ilk adım sismik momenti (M_o) hesaplamaktır. Sismik moment bir nokta kaynak olarak görünen çok büyük yırtılma alanlı bir fay için bile çok uzun peryotlu dalgalar kullanılarak sismogramlardan elde edilir.

$$M_w = -6 + 0.67 * \log_{10} * (M_o)$$

Kanamori 1977, Hanks and Kanamori 1979

M_w = sismik moment büyüklüğü

M_o = sismik moment (N.m)

$$M_o = \mu * A_f * D$$

M_o = sismik moment (N.m)

μ = fay düzlemi boyunca meteryalin kama modülü (N/m²), Yerkabuğu için genelde $3 * 10^{10}$ N/m²,
Monto için genelde $7 * 10^{12}$ N/m²

A_f = kaymaya uğrayan düzlemin alanı (m²), bu parametre yüzey yırtılma uzunluğu ile artçı şokların derinliği ile hesaplanmaktadır.

D = fayın yırtılan parçasının ortalama yer değiştirmesi (m)

DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Magnitüd Çeşidi	Magnitüd Aralığı	Uzaklık Aralığı	Açıklama
Süreye bağlı (Md)	4 <	0 – 400 km	Süreyi temel alır. Max. Genliğin ölçülemediği durumlarda kullanılır.
Lokal (MI)	2 – 6	0 – 400 km	WA sismogramında max. genliği temel alır. WA bugün yaygın olarak kullanılmadığından uygun dönüşüm skalaları ile hesaplanır.
Yüzey Dalgası (Ms)	5 - 8	20 – 180 (Derece)	Uzak depremler için kullanılan bir magnitüd olup, 20 sn-periyodlu Rayleigh dalgalarını temel alır.
Moment (Mw)	3.5 >	Hepsi	Depremi momentini temel alır. ($M_o = \mu \cdot A \cdot u$)
Cisim Dalgası (mb)	4 – 7	16°– 100° (Sadece derin depremler için)	P-dalgalarının genliklerini temel alır. Derin odaklı depremler için en uygun magnitüd skalasıdır.
Yüzey Dalgası (MLg)	5 - 8	Hepsi	Love dalgalarının genliklerini temel alır ve uzak depremler için kullanılır.
Enerji (Me)	3.5 >	Hepsi	Depremde açığa çıkan sismik enerji miktarını temel alır.

DEPREMİN ERNERJİSİNİN BELİRLENMESİ

Depremi nicelik olarak belirleyen en önemli fiziksel parametrelerden biri de depremin enerjisidir. Depremin enerjisi, genellikle **yüzey dalgası magnitüdü (M_s)** ile istatistiksel ilişkilerle belirlenen bağıntı yardımıyla hesaplanır. **Gutenberg ve Richter (1956) depremin enerjisi için aşağıdaki bağıntıyı geliştirmişlerdir.**



$$\text{Log}E = 1.5 * M_s + 11.8$$

$$\text{Log}E = M_b + 5.8$$

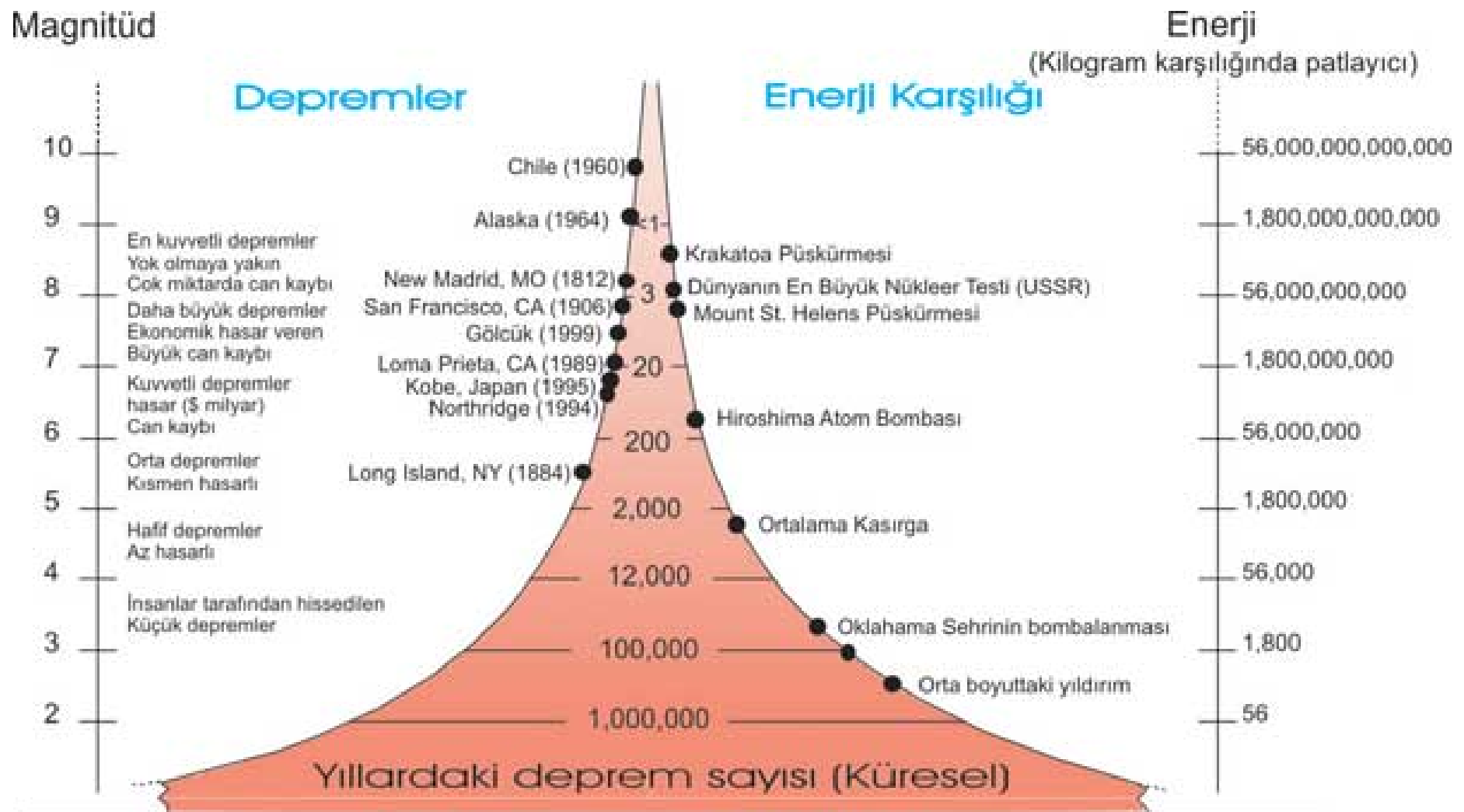
E'nin birimi erg cinsinden ifade edilmektedir.

Bu bağıntı ile, depremin büyüklüğündeki bir birim artışa karşın, sismik enerjide 32 kat artış görülmektedir.

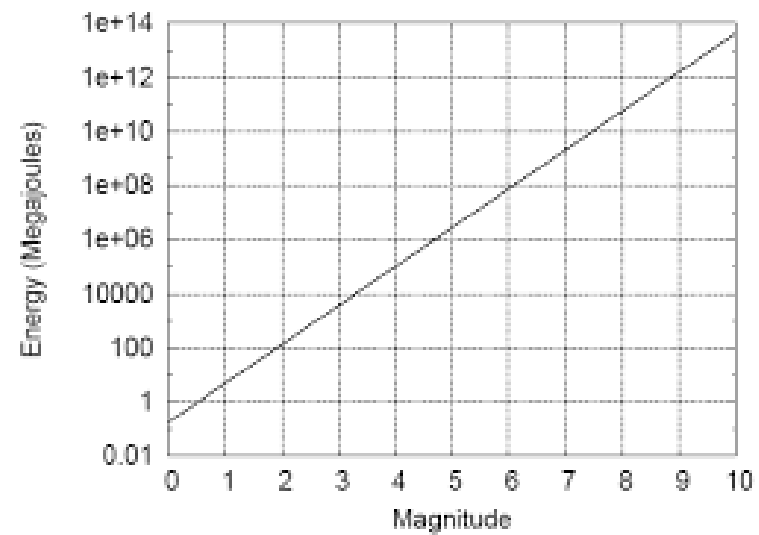
Büyüklüğü 7 olan bir depremin açığa çıkaracağı enerji, büyüklüğü 5 olan bir depremin enerjisinden 900 kat daha fazladır.

Benzetim açısından Hiroshima'ya atılan atom bombası (20.000 ton TNT' ye eşdeğer) enerji açısından, 6 büyüklüğündeki bir depreme karşılık gelmektedir.

DEPREMİN ERNERJİSİNİN BELİRLENMESİ



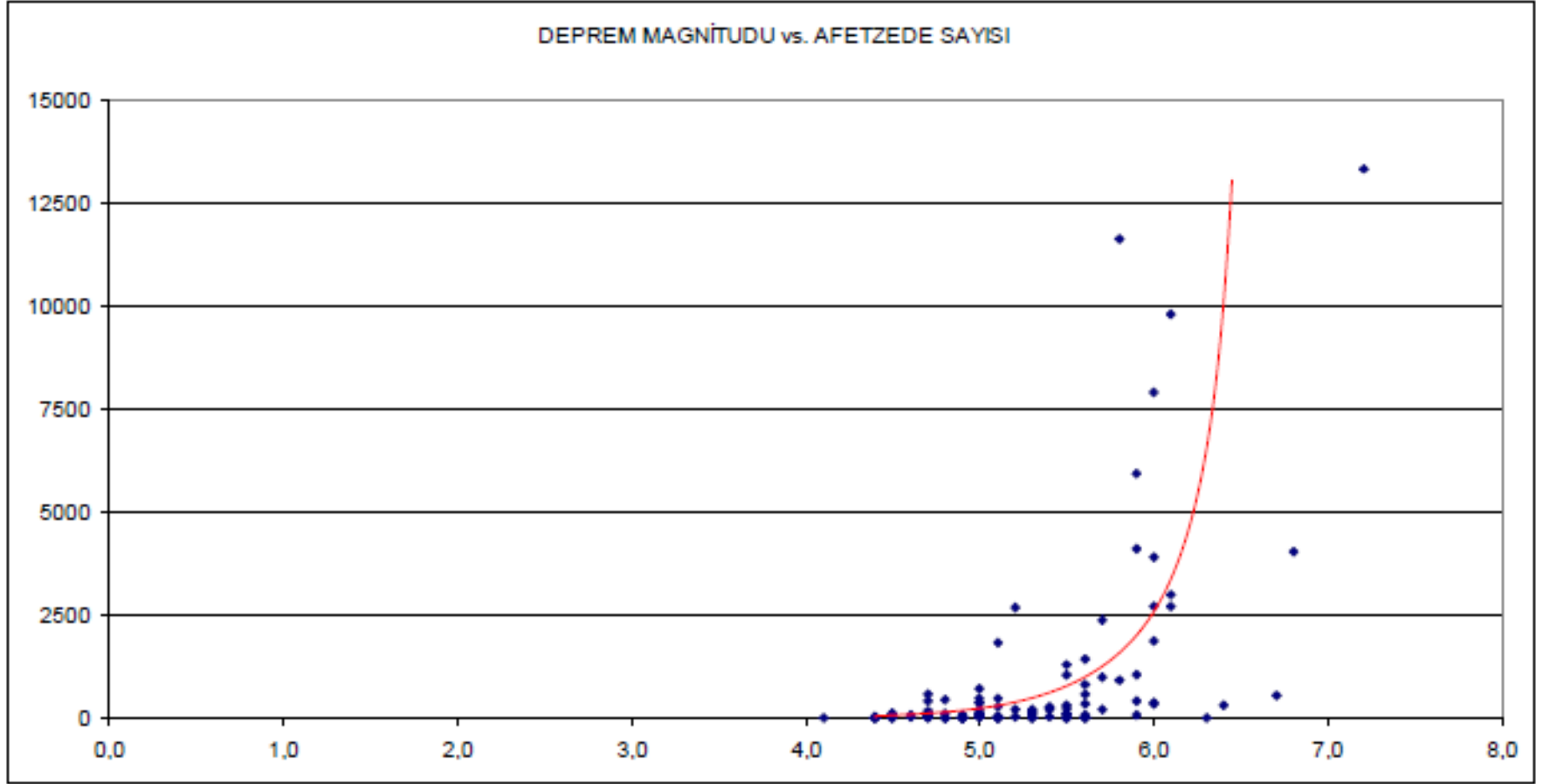
DEPREMİN ERNERJİSİNİN BELİRLENMESİ



Manyitüd	Enerji (Erg)	Enerji eşdeğeri patlayıcı madde (ton)
1.0	2×10^{13}	1.5 (kg)
2.0	6×10^{14}	2.5 (kg)
3.0	2×10^{16}	0.180 (ton)
3.5		0.903 "
4.0	2×10^{17}	6 "
4.5		32 "
5.0	2×10^{19}	199 "
5.5		1 000 "
6.0	6×10^{20}	6 270 "
6.5		31 550 "
7.0	2×10^{22}	100 000 "
7.5		1 000 000 "
8.0	6×10^{23}	6 270 000 " 1939 Erzincan depremi

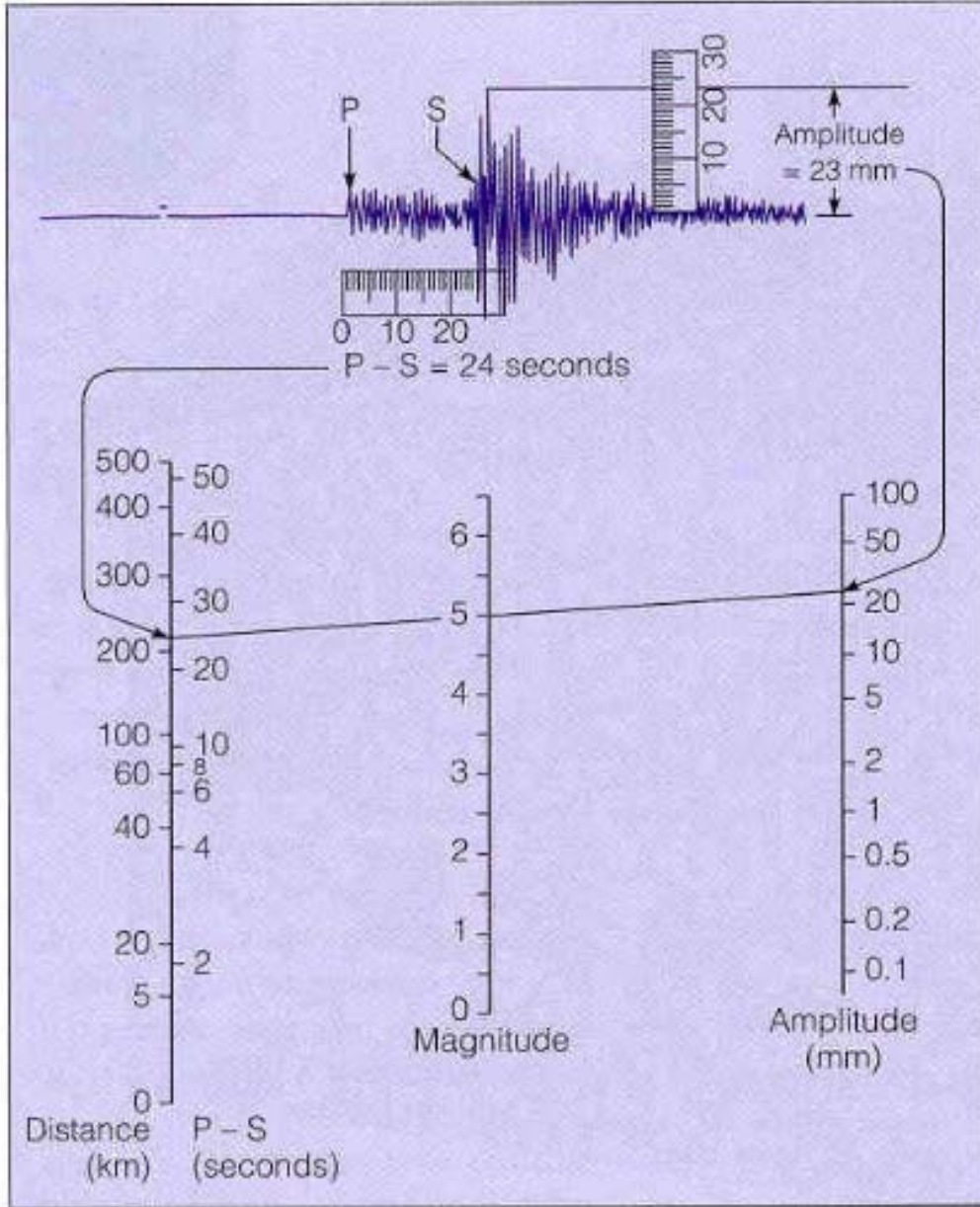
Deprem manyitüdü ve eşdeğer enerjisi

DEPREMİN ERNERJİSİNİN BELİRLENMESİ



Deprem magnitudu ve afetzede sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

RİCHTER MONOGRAMINA GÖRE DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

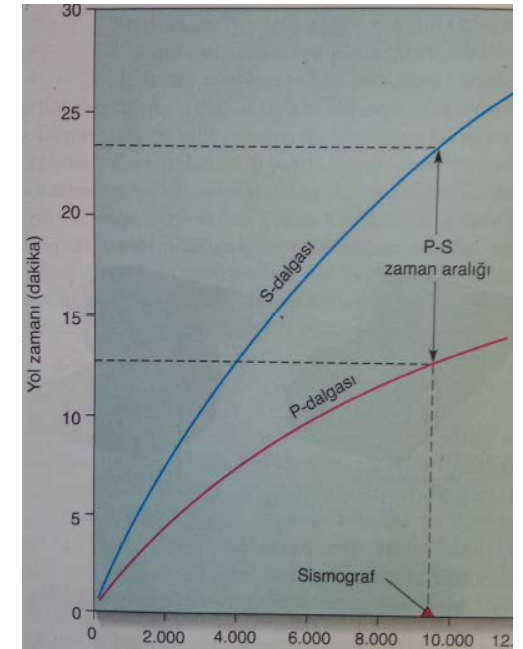
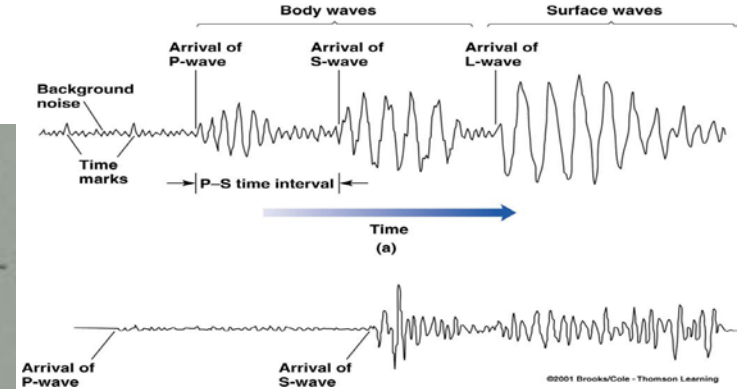
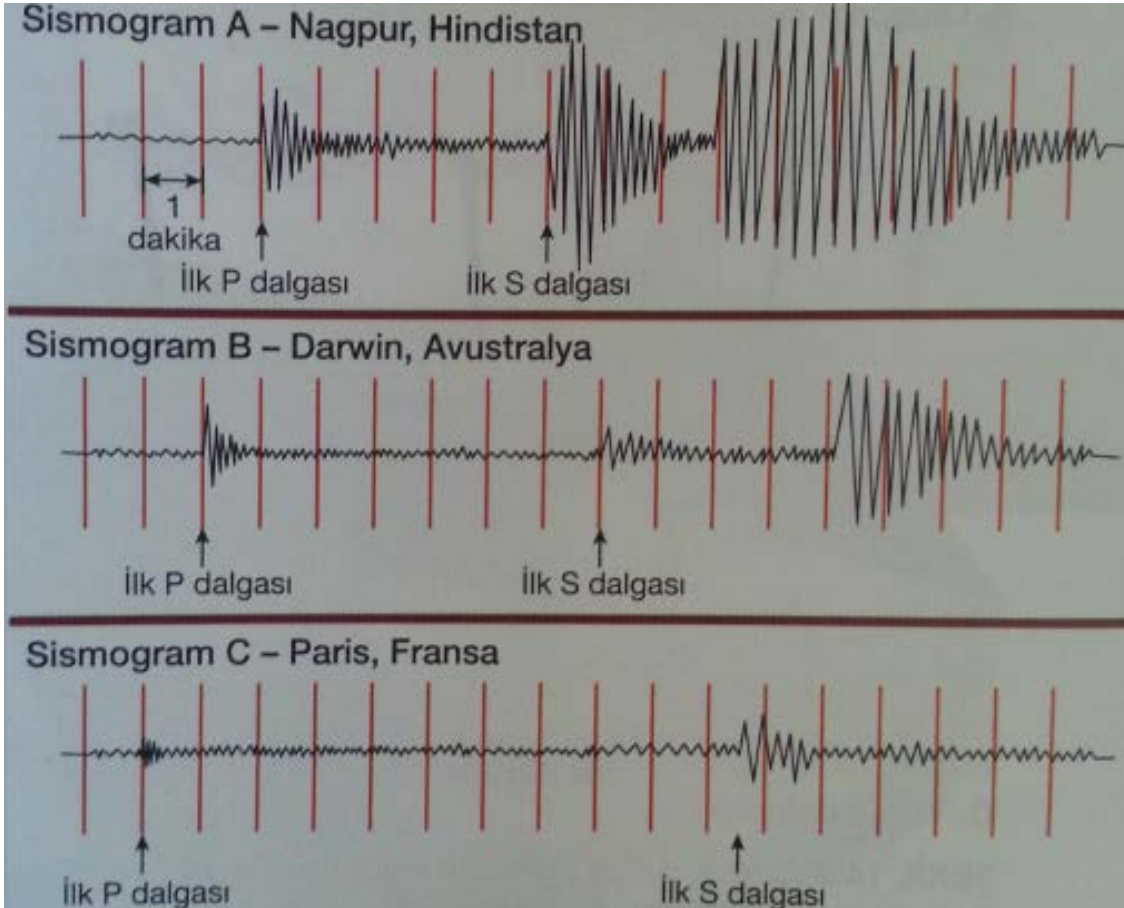


Depremiñ büyüklüğünün nomogram yardımıyla belirlenmesi için sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanır:

1. P dalgalarının başladığı andan S dalgalarının başladığı ana kadar geçen süre hesaplanır. (Bu örnekte 24 sn)
2. 24sn. nomogramda işaretlenir ve ona karşılık gelen **215 km** değeri okunur. Bu istasyonun merkez üssüne uzaklığıdır.
3. En güçlü S dalgasının amplitüdü ölçülür (bu örnekte 23 mm) ve nomogramda işaretlenir.
4. İlk iki işaret doğrusal olarak birleştirilir. Depremiñ büyüklüğü (magnitud) bu iki işareti birleştiren doğrunun magnitud ölçeği ile kesiştiği noktadır. (Bu örnekte depremiñ büyüklüğü 5'tir)

DEPREMİN YERİ NASIL BELİRLENİR?

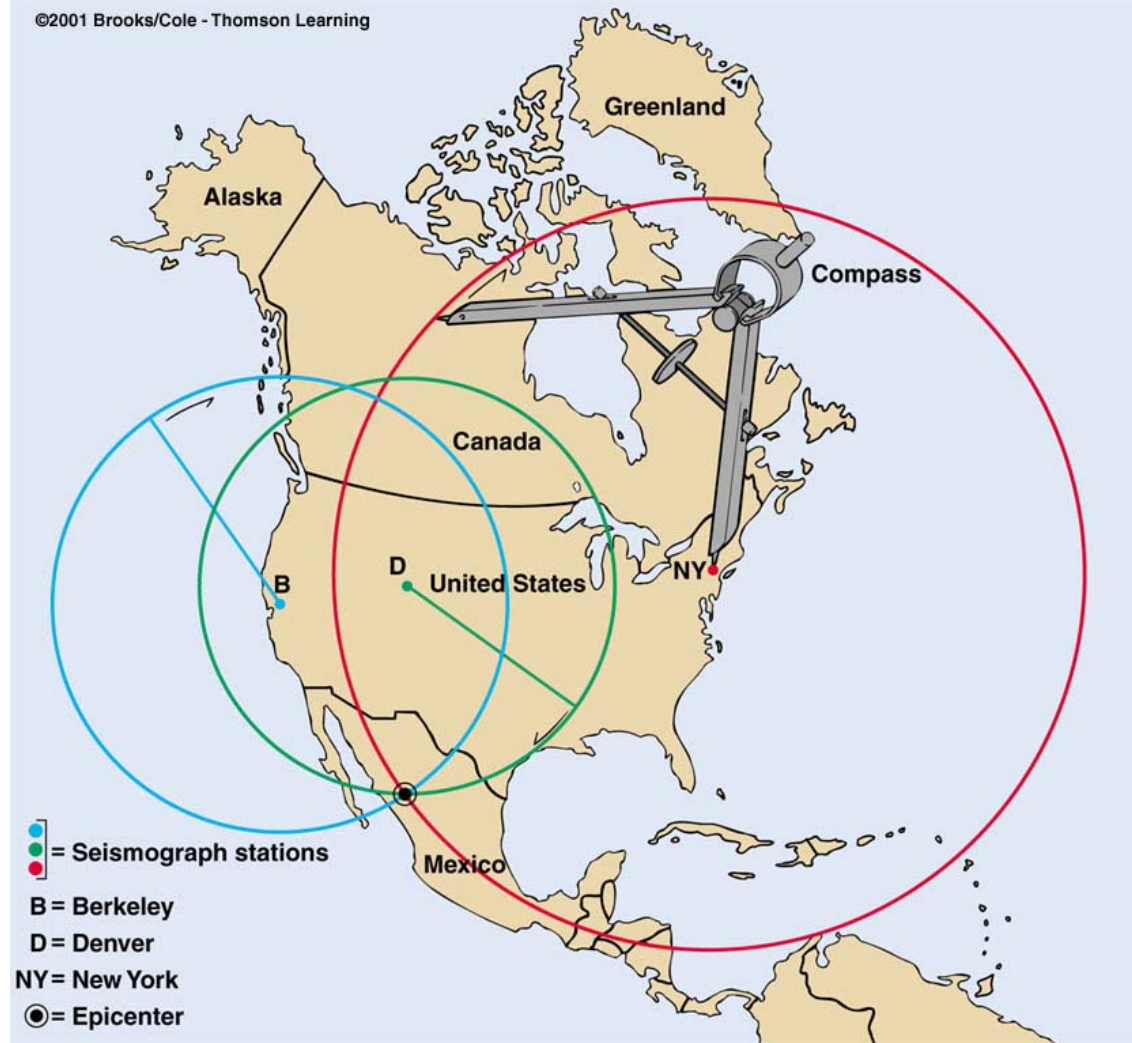
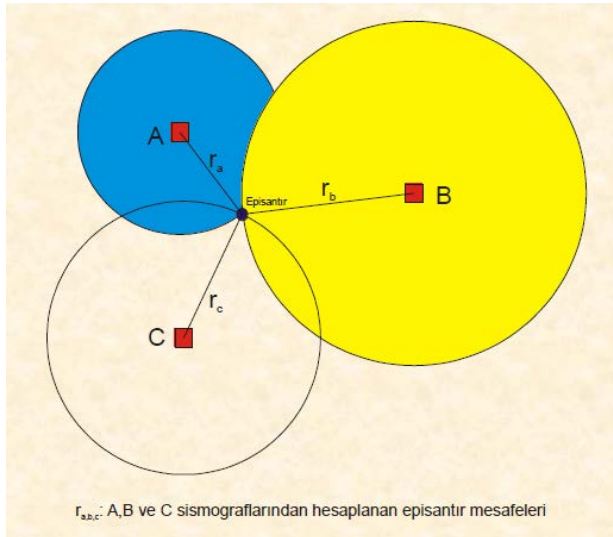
- Önce P dalgası istasyona varır ardından S, L ve R dalgaları
- Dalgaların ortalama hızları bilinmektedir
- Deprem sonrasında sismografa gelen dalgaların hızlarındaki farklılıklardan sismografa deprem episentırı arasındaki mesafe hesaplanabilir



DEPREMİN YERİ NASIL BELİRLENİR?

Episantırın belirlenebilmesi için en az üç sismograf kaydına ihtiyaç vardır.

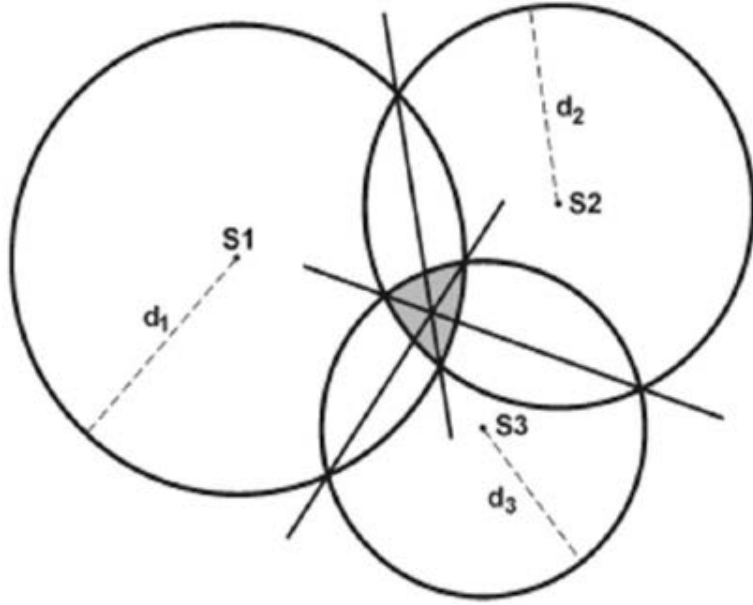
- En az üç deprem istasyonu (sismograf) gereklidir.
- Deprem dalgasının merkezlere geliş hızıyla hesaplanan mesafelerle (dairenin yarı çapı) pergeli yardımıyla eş uzaklık çemberleri çizilir.
- Üç noktanın kesişim yeri depremin episantırıdır.



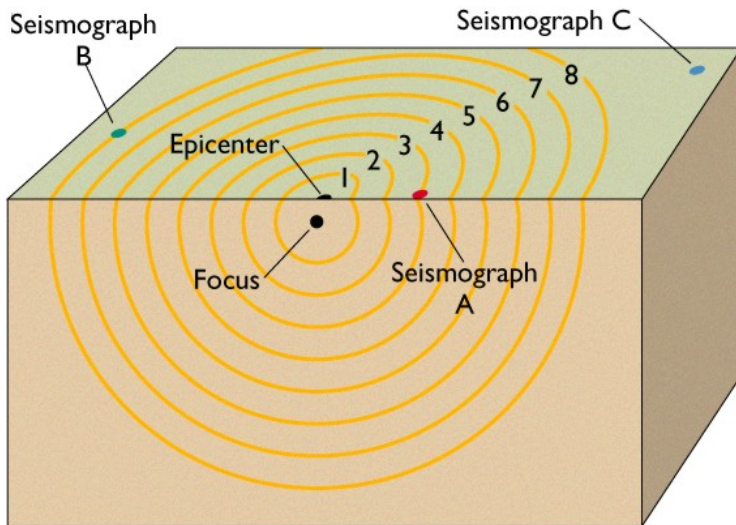
DEPREMİN YERİ NASIL BELİRLENİR?

Elimizde bir depremin Çorum, Yozgat ve Sivas istasyon verileri olduğunu göz önünde bulundurarak depremin merkez üssünü belirleyelim.

DEPREMİN YERİ NASIL BELİRLENİR?

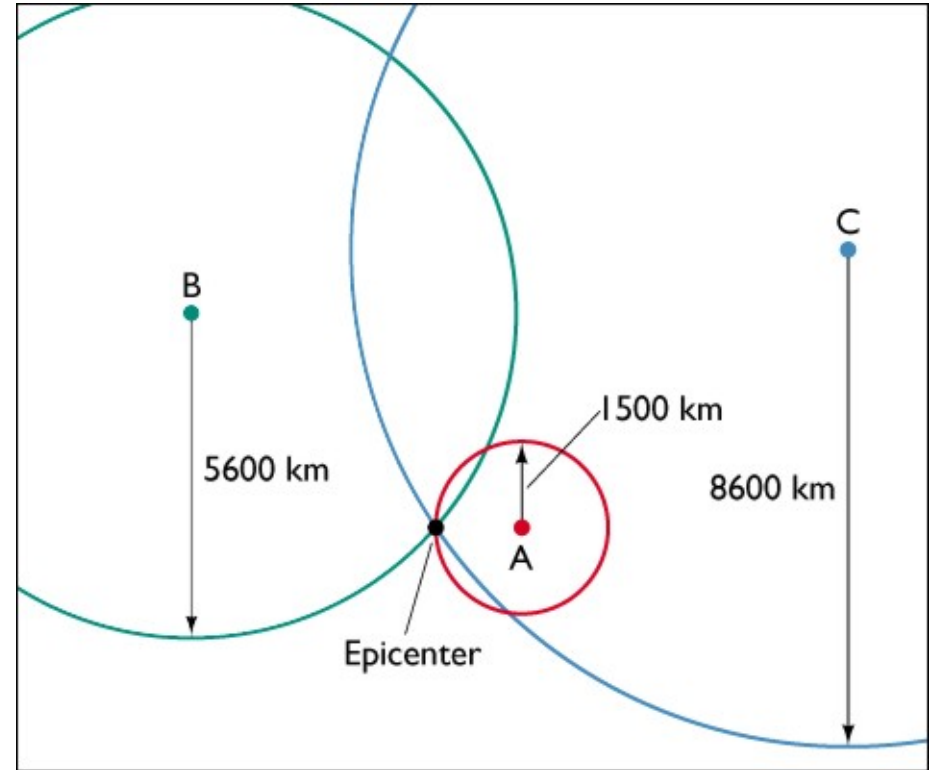


$$d = t(Sg - Pg) \times 8$$
$$d = t(Sn - Pn) \times 10$$



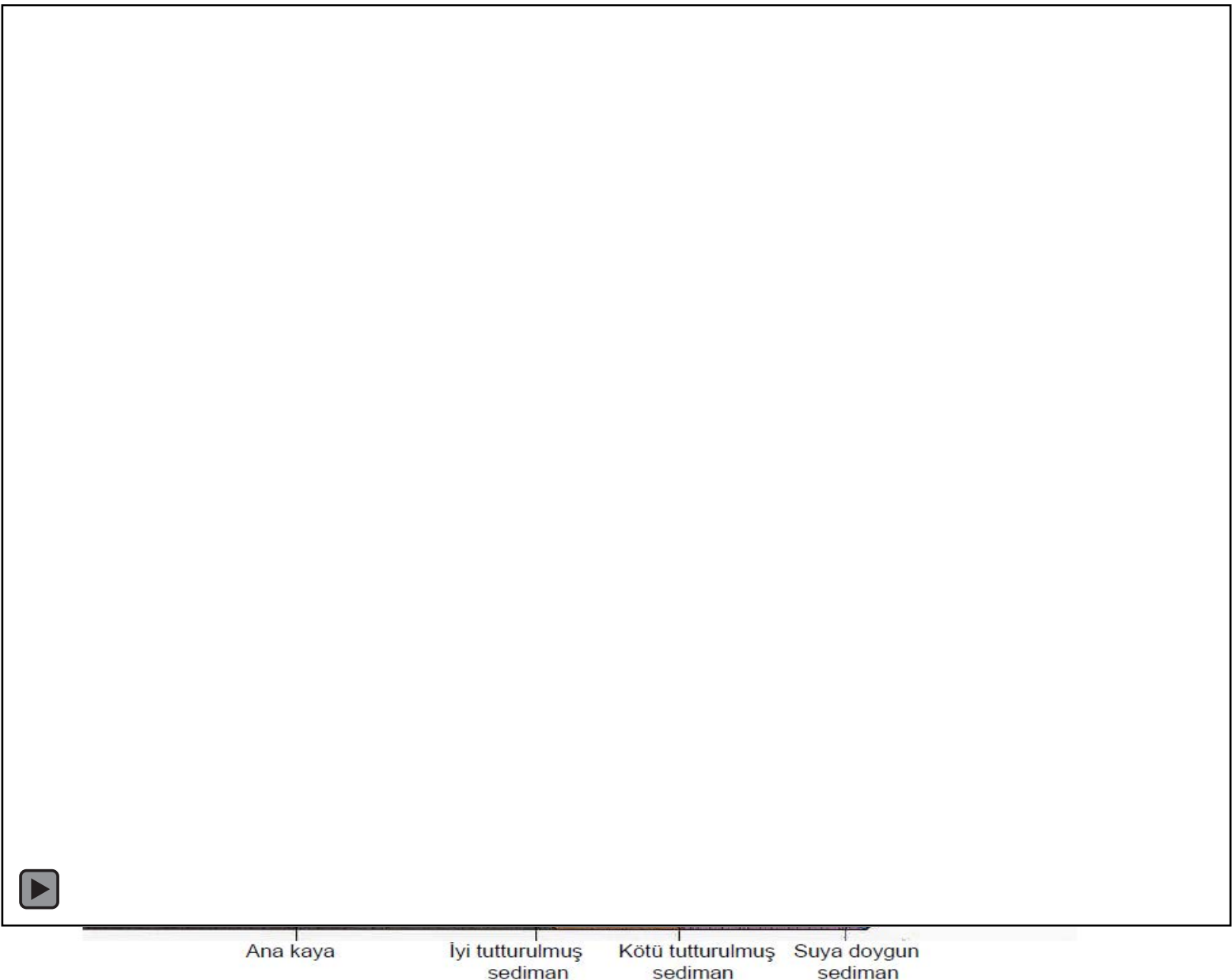
Çizilen daireler birbirini iki noktada kesecektir. Deprem merkezi şekildeki taralı alan içinde kalacaktır.

Bu alan içine düşen deprem merkezini bulmak için ***birbirlerini kesen dairelerin kesiştikleri noktaları birleştirin.*** Çizilen bu doğruların kesim noktası deprem merkezini verecektir.

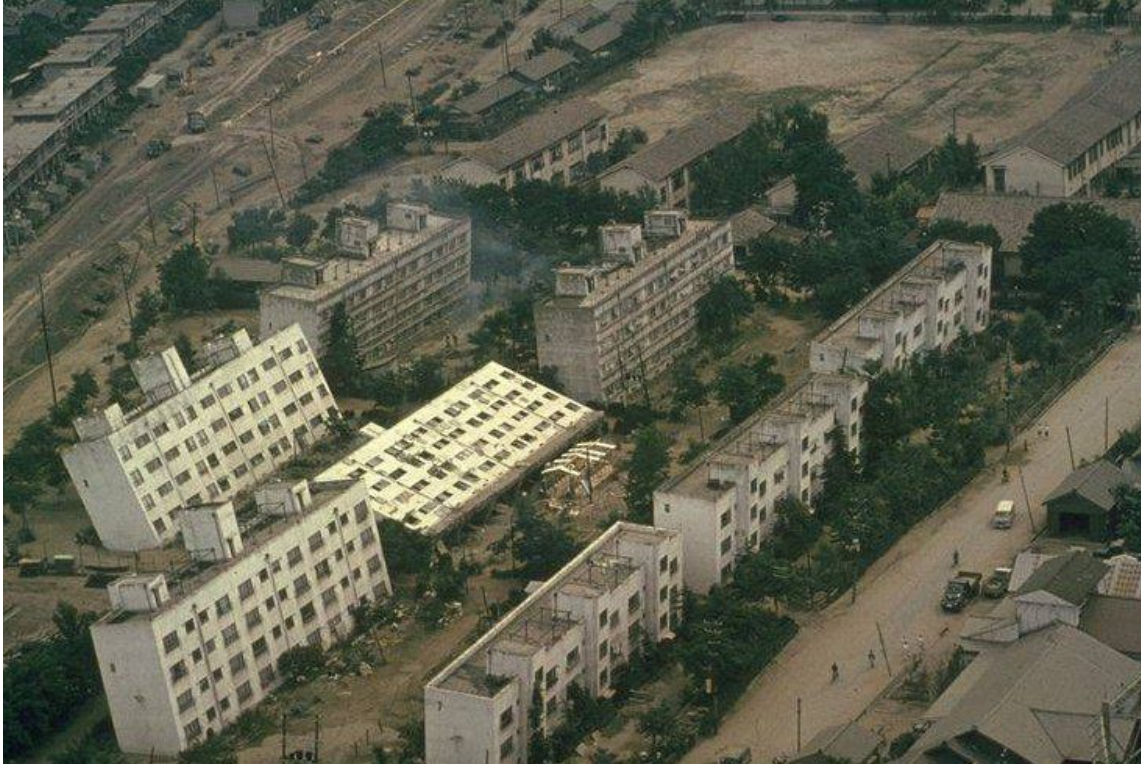


ZEMİN BÜYÜTMESİ

Deprem dalgası amplitüdünün malzemeye bağlı olarak değişmesi



SIVILAŞMA



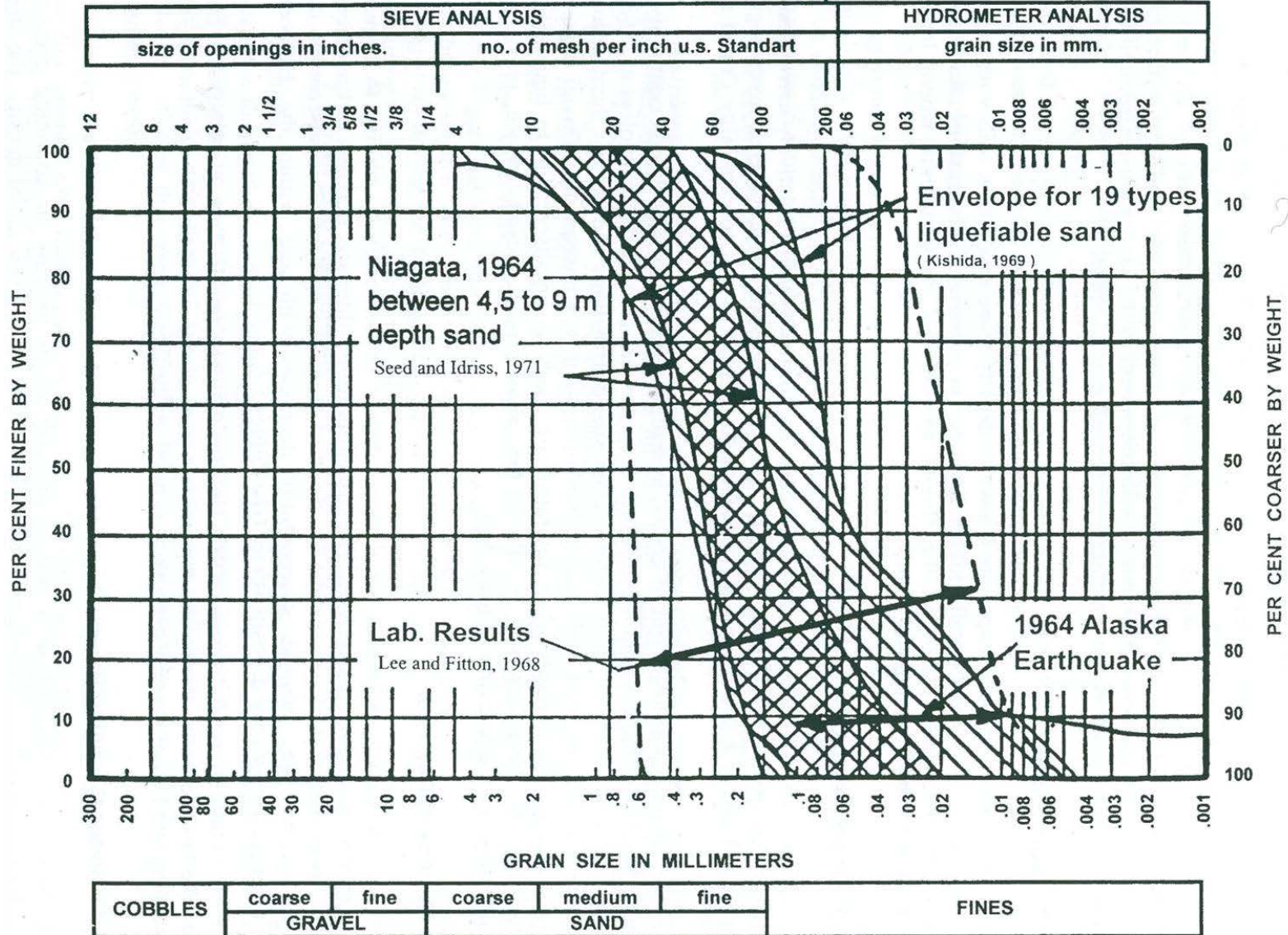
Suya doygun, gevşek kum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler etkisinde, sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu eğilim, drenajın olmadığı koşullarda, boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını desteklediği zaman, toplam normal gerilme, boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşabilir (Das,1983).

Bunun sonucunda zemin mukavemeti neredeyse tamamen ortadan kalkar ve şekil değiştirmeler çok yüksek değerlere ulaşır. Zeminin adeta bir sıvı gibi davrandığı bu olaya **sivilaşma** denir.

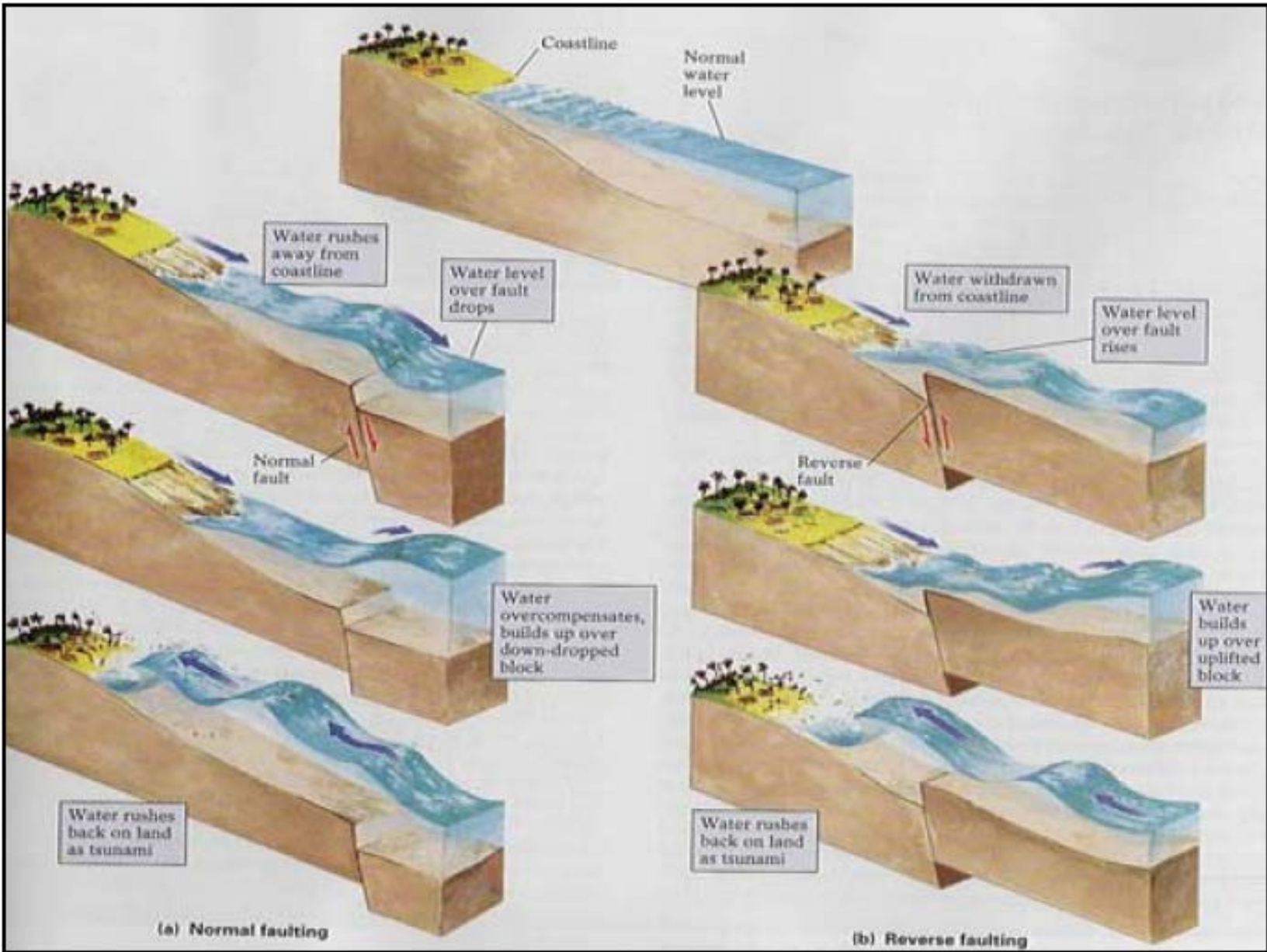
(1) 0.005 mm' den küçük ince malzeme oranı $\leq \%15$

(2) Likit limit(LL) $\leq \%35$ Modifiye Çin Kriterleri

(3) Doğal su muhtevası (W_n) $\geq 0.9 \times LL$



TUSUNAMI



TUSUNAMI



Şekil 18.15. Aralık 2004 Endonezya Depremi sonrası oluşan tsunaminin kıyılardaki etkisi

TUSUNAMI







Çöküntü depremi ile oluşan bir göl