

Deprem İstatistiği (Depremsellik ve Parametreleri)

Doç.Dr. Eşref YALÇINKAYA
(8. Ders)

Depremsellik (Sismisite):

Depremsellik veya sismisite kelimesi; depremlerin zaman ve uzaydaki dağılımlarını tanımlamak amacıyla kullanılır.

Bir bölgenin depremselliği; o bölgede meydana gelmiş depremlerin coğrafik dağılımını, oluş zamanlarını, büyüklüklerini, mekanizmalarını ve ürettikleri hasarı tanımlar.

Depremsellik çalışmaları; bir bölgenin sismotektonik ve jeodinamik koşullarını anlamak ve o bölgenin sismik riskini değerlendirmek için temeldir.

Deprem katalogları ;

Depremsellik (sismisite) çalışmaları deprem kataloglarına dayanır. Bu kataloglar;

- deprem oluş tarihlerini
- zamanlarını
- episantr koordinatlarını
- büyüklüklerini
- kaynak mekanizmalarını
- hasar özellikleri

gibi parametreleri içeririler.

E.YALÇINKAYA

3

1903 - 1946 1947 - 1970 1971 - 2004 KIRDAE, ULUSAL DEPREM İZLEME MERKEZİ

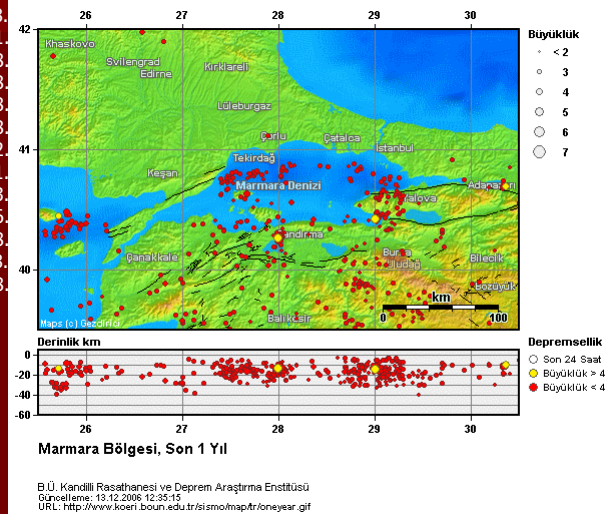
NO	TARİH	Saat (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG M_s	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
1	29.04.1903	01:46	Malazgirt (MÜŞ)	IX	6.7	600	450
2	09.08.1912	03:29	Müreçte (TEKİRDAĞ)	X	7.3	216	5540
3	04.10.1914	00:07	BURDUR	IX	6.9	300	6000
4	13.09.1924	16:34	Horasan (ERZURUM)	IX	6.8	60	380
5	07.08.1925	08:46	Dinar (AFYON)	VIII	5.9	3	2043
6	22.10.1926	21:59	KARS - ERMENİSTAN	VIII	6	355	-
7	31.03.1928	02:29	Torbalı (İZMİR)	IX	6.5	50	2500
8	18.05.1929	08:37	Suşehri (SİVAS)	VIII	6.1	64	1357
9	07.05.1930	00:34	TÜRK -İRAN SINIRI	X	7.2	2514	-
10	19.07.1933	22:07	Çivril (DENİZLİ)	VIII	5.7	20	200
11	04.01.1935	16:41	Erdek (BALIKESİR)	VIII	6.4	5	600
12	19.04.1938	12:59	KIRŞEHİR	IX	6.6	160	4066

E.YALÇINKAYA

4

Date	Time	Latit(N)	Long(E)	Depth(km)	MD	ML	MS	Region
------	------	----------	---------	-----------	----	----	----	--------

2004.12.31	18:47:45	37.8315	30.2537	5.0	2.8	--	--	BURDUR
2004.12.31	18:03:07	37.8927	29.1343	39.7	2.8	--	--	DENİZLİ
2004.12.31	17:42:01	38.6868	26.9310	25.9	2.8	--	--	FOÇA (İZMİR)
2004.12.31	14:00:00	37.1095	28.1					
2004.12.31	06:03:04	40.5590	41.1					
2004.12.31	05:45:31	36.8122	28.1					
2004.12.31	05:02:58	36.8718	28.1					
2004.12.31	05:00:46	36.8812	28.1					
2004.12.31	04:58:55	36.9453	28.1					
2004.12.31	04:24:50	40.3483	32.1					
2004.12.31	00:39:59	40.7508	31.1					
2004.12.30	18:31:33	38.7358	43.1					
2004.12.30	16:48:07	38.1550	26.1					
2004.12.30	15:41:36	36.9217	28.1					
2004.12.30	10:32:01	37.0778	28.1					
2004.12.30	08:45:15	36.3453	28.1					



E.YALÇINKAYA

5

Ana şok, artçı şok ve öncü şok ;

Bir yerdeki depremden bahsedilirken genellikle konuşulan en büyük magnitüde sahip olan **ana şoktan** bahsedilir.

Ana şok öncesi oluşan depremler **öncü şok**, hemen ana şoku takip eden depremler ise **artçı şoklar** olarak adlandırılır.

E.YALÇINKAYA

6

Artçı şok ;

Artçı şokların olması çok olağandır ve ana şokun tamamlayamadığı kırık zonunda kalan enerjinin açığa çıkmasıyla ilişkilidir.

Kompleks özelliğe sahip depremlerde genellikle biriken enerjinin tamamı ana şok ile serbestlenemez. Fay alanında kırılmadan kalan zonlar daha sonra kırılır ve artçı şoklara neden olur.

E.YALÇINKAYA

7

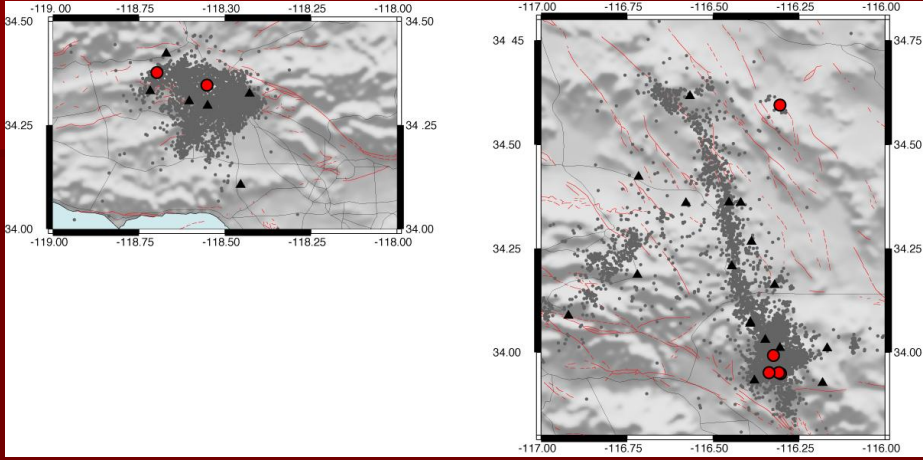
Artçı şoklar genellikle ana şokun kırık alanı üzerinde toplanırlar ve kırık alanının belirlenmesinde kullanılabilirler.

Bazen de başka bir faya göç şeklinde görülebilirler. Artçı şokların sayısı, büyüklüğü ve süresi ana şokun büyüklüğüne bağlıdır. 5 büyüklüğünde bir deprem birkaç gün süren artçı şoklar yaratırken, 8 büyüklüğünde bir deprem 1 yıldan daha uzun süren artçı şoklar yaratabilir. En büyük artçı genelde ana şoktan bir birim küçüktür.

Artçı şokların toplam açığa çıkardığı enerji, genelde ana şokun enerjisinin %10'ndan daha azdır.

E.YALÇINKAYA

8



E.YALÇINKAYA

9

Öncü şok ;

Öncü şoklar daha az olağandır. Fakat birçok depremde öncü küçük şoklar görülür ki, ana şok öncesi fay yüzeyindeki zayıf zonların kırılmasıyla ilişkilidir.

Deprem yığınları;

Küçük bir bölge içinde ana şoksuz bir seri depremin oluşması deprem yığınları olarak adlandırılır.

E.YALÇINKAYA

10

Genelde deprem serileri kırık zonundaki materyallerin doğal koşullarıyla ilişkilidir.

Eğer materyal oldukça homojen ve fay üzerinde ki gerilme dağılımı uniform ise; öncü şoklar görülmez. Kırılma ana şok ve daha küçük büyüklükte bir seri artçı şokla devam eder.

Öncü şoklar fay alanındaki materyalin heterojenitesi ile ilgilidir ve daha uzun süren artçı şok serisiyle sonuçlanır.

Eğer materyal oldukça heterojen ise gerilme uniform değildir. O zaman depremler bir ana şoksuz yığınlar şeklinde oluşur.

E.YALÇINKAYA

11

Depremlerde Magnitüd-Frekans Bağıntıları

Depremlerin büyüklükleri ile oluş sayıları arasındaki bağıntı deprem istatistiğinin temel bağıntısıdır.

Gutenberg-Richter'e göre; verilen bir bölge ve zaman aralığı için depremlerin oluş sıklığı (veya frekansı) :

$$\log N = a - b M$$

bağıntısı ile tanımlanabilir.

E.YALÇINKAYA

12

$$\log N = a - b M$$

Burada N ; belirli bir zaman içinde büyüklüğü M ve daha büyük olan (yani kümülatif) depremlerin sayısını gösterir.

Bazen oluş sayısı N ; büyüklüğü $M \pm dM$ aralığındaki depremlerin sayısına da işaret edebilir. Bu durumda; kümülatife göre a değişirken b sabit kalır

Bağıntıda ki a ve b ise sabitlerdir.

$$\log N = a - b M$$

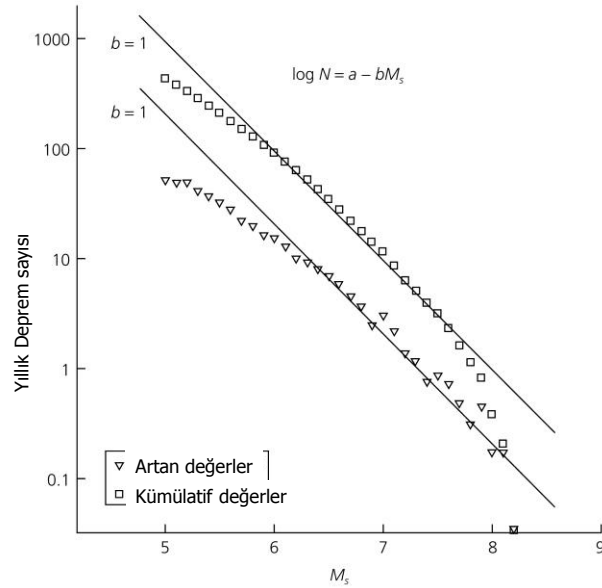
a *sabiti* magnitüdü 0' dan büyük depremlerin sayısına işaret eder.

Gutenberg-Richter bağıntısından görülebileceği gibi magnitüd azaldıkça deprem sayısı üstel olarak artar.

b değerinin 1 olduğu düşünülürse büyüklükteki bir birimlik azalma, oluş sayısında 10 katlık bir artmaya karşılık gelir.

Örnekleme zamanını ve alanını daha geniş tutarak, daha uygun doğrular geçirilebilir. Küçük depremlere doğru sapma artar, çünkü bütün küçük depremler kaydedilemediğinden katalog tam değildir.

Figure 4.7-1: Frequency-magnitude plot for earthquakes during 1968-1997.



E.YALÇINKAYA

15

Tanımlama	Magnitüd	Ortalama Yıllık
Great	8 ve >	1 ¹
Major	7 - 7.9	17 ²
Strong	6 - 6.9	134 ²
Moderate	5 - 5.9	1319 ²
Light	4 - 4.9	13,000 (tahmini)
Minor	3 - 3.9	130,000 (tahmini)
Very Minor	2 - 2.9	1,300,000 (tahmini)

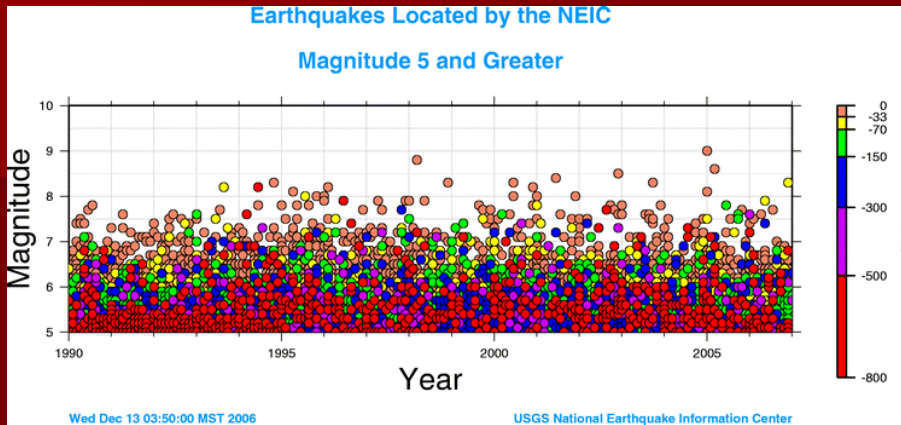
¹ Based on observations since 1900.
² Based on observations since 1990.

E.YALÇINKAYA

16

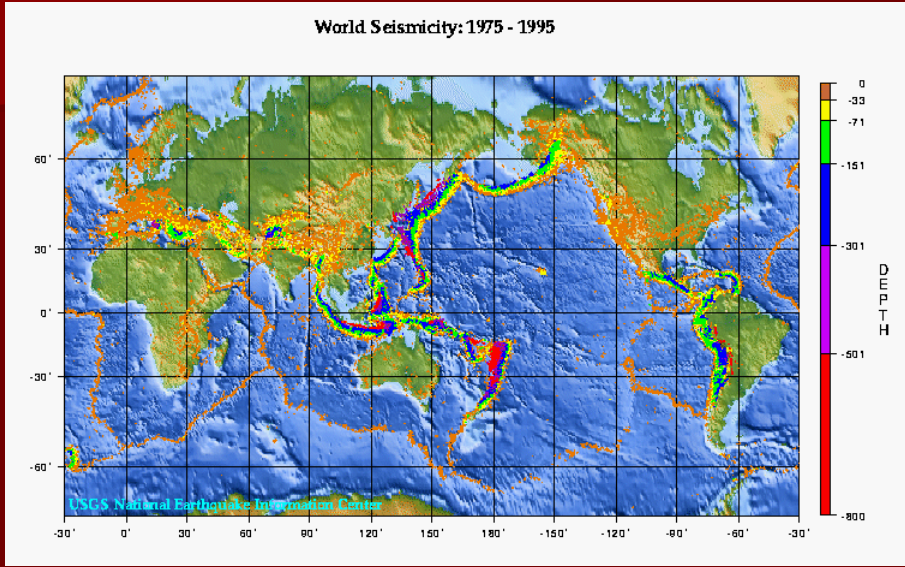
Number of Earthquakes Worldwide for 2000 - 2006
Located by the US Geological Survey National Earthquake Information Center

Magnitude	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
8.0 to 9.9	1	1	0	1	2	1	1
7.0 to 7.9	14	15	13	14	14	10	9
6.0 to 6.9	158	126	130	140	141	144	122
5.0 to 5.9	1345	1243	1218	1203	1515	1699	1375
4.0 to 4.9	8045	8084	8584	8462	10888	13917	11172
3.0 to 3.9	4784	6151	7005	7624	7932	9173	8464
2.0 to 2.9	3758	4162	6419	7727	6316	4638	3410
1.0 to 1.9	1026	944	1137	2506	1344	26	16
0.1 to 0.9	5	1	10	134	103	0	2
No Magnitude	3120	2938	2937	3608	2939	867	641
Total	22256	23534	27454	31419	31194	* 30475	* 25212
Estimated Deaths	231	21357	1685	33819	284010	89354	6595



Deprem odak derinlikleri yüzeyden 700km derinliğe kadar değişir:

- Sığ depremler (odak derinliği < 30 km)
- Orta derinlikteki depremler (odak derinliği 30-300 km arasında)
- Derin depremler (odak derinliği >300 km)



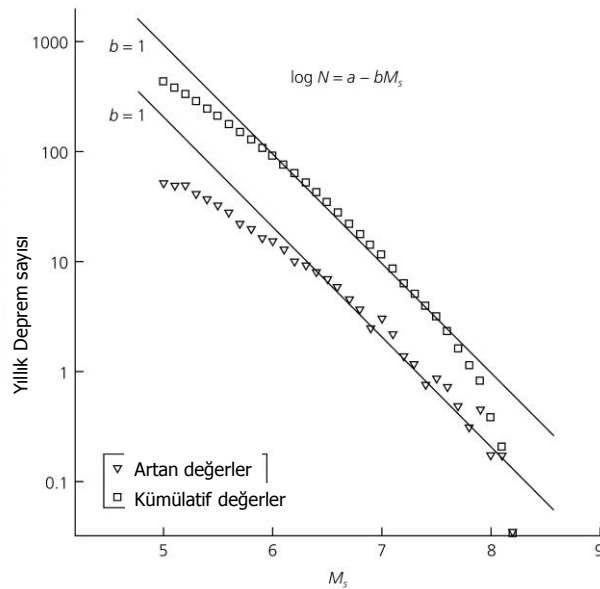
E.YALÇINKAYA

19

b sabiti istatistik çalışmalarında b değeri olarak bilinir ve grafikte doğrunun eğimine karşılık gelir.

b değeri 0.6 ile 1.4 arasında değişmekle birlikte genelde 1'dir.

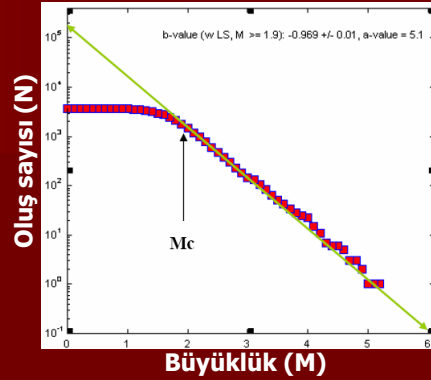
Figure 4.7-1: Frequency-magnitude plot for earthquakes during 1968-1997.



E.YALÇINKAYA

20

Bir bölgeden diğerine **b değeri'** ndeki değişim bölgelerin mekaniksel özellikleriyle ilişkilidir. Yüksek b değeri yüksek sayıda küçük depreme işaret eder ki, daha çok dayanımı düşük yüksek heterojeniteye sahip bölgelerde beklenir.



Düşük **b değeri** ise tersi, yani az sayıda küçük depreme ve dolayısıyla daha dirençli ve homojen bölgelere karşılık gelir.

Aynı bölgede zamanla değişen b değeri, gerilme koşullarının değişimiyle ilişkilidir ve depremlerin tahmininde kullanılabilir.

E.YALÇINKAYA

21

Sismik risk (çekince) : Deprem Olma Olasılıkları :

Sismik çekince $R(M)$, bir deprem bölgesinde verilen bir zaman döneminde, verilen bir magnitüde veya daha büyük bir depremin meydana gelmesi olasılığıdır:

$$R(M) = 1 - e^{-N(M)T} \quad (\text{Poisson modeli})$$

Burada $N(M)$; verilen bir zaman döneminde (T), magnitüdü M 'e eşit veya daha büyük olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayısıdır.

E.YALÇINKAYA

22

Örneğin Batı Anadolu için;

$$b = 0.76$$

$a = 3.8$ olup, $T = 50$ yıl ve $M \geq 7.0$ için;

$$\log N = a - bM$$

$$\log N = 3.8 - 0.76 \cdot 7.0$$

$$N = 0.0302 \text{ bulunur.}$$

$$R(M \geq 7.0) = 1 - e^{-0.0302 \cdot 50}$$

$$= 1 - 0.22$$

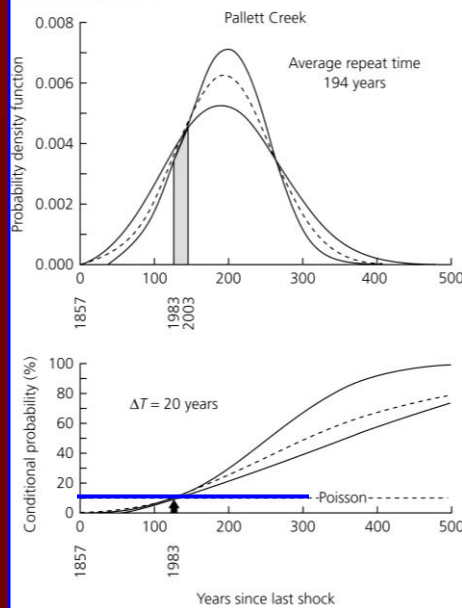
$$R = \%78 \text{ bulunur.}$$

E.YALÇINKAYA

23

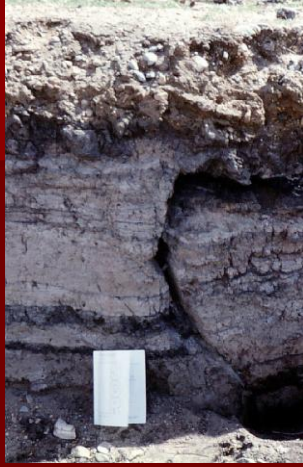
- Zaman bağımsız model
- Zaman bağımlı model

Figure 4.7-9: Earthquake probability estimate for the Palmett Creek segment of the San Andreas fault.

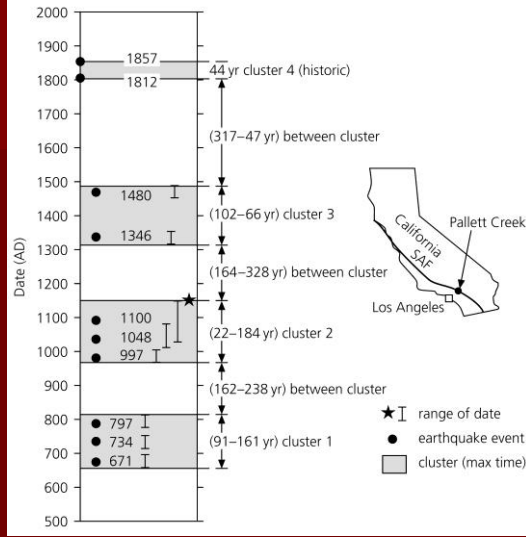


E.YALÇINKAYA

24



Poleosismoloji



$M > 7$ ortalama 132 yıl σ 105 yıl 30 yıl içinde hesaplanan olasılık 7-51%

E.YALÇINKAYA

25

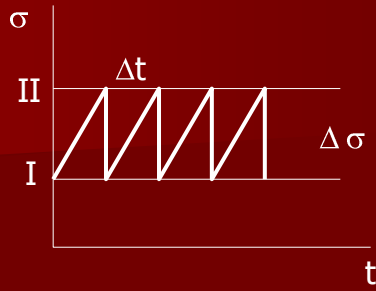
Sismik döngü

Depremler; fay üzerindeki gerilmenin materyalin dayanımını aştığı, kritik bir değerde oluşur. Belirli bir alanda gerilme birikimi tektonik işlemlerle, yani plaka hareketleri sonucu oluşur.

Eğer gerilmenin sabit bir oranda biriktiğini kabul edersek, gerilme fay üzerinde kritik bir değere ulaştığında deprem oluşacak, bu da az çok düzenli zaman aralıklarına karşılık gelecektir.

E.YALÇINKAYA

26

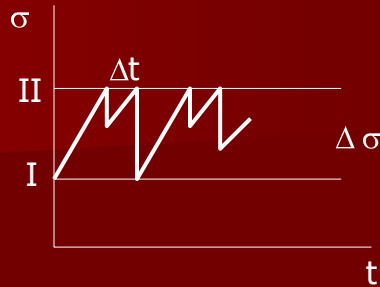


Belirli bir fay üzerinde gerilmenin birikmesi ve bir deprem ile bunun serbestlenmesi ve tekrar gerilmenin birikmeye başlaması **sismik döngüyü** oluşturur.

En basit durumda; gerilmenin birikme oranı sabittir ve aynı kritik değere ulaştığında deprem oluşur. Deprem sabit bir gerilme düşümü oluşturur ve gerilme baştaki değerine döner, tekrar birikmeye başlar. Bu durumda, deprem büyüklükleri eşit ve sabit zaman aralıklarıyla tekrarlanır (yani periyodik sismik döngü). Bu durumda depremlerin büyüklükleri ve oluş zamanları tahmin edilebilir.

E.YALÇINKAYA

27

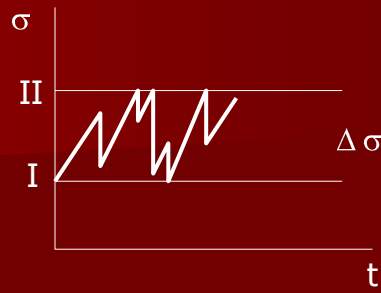


Daha gerçekçi bir model de; gerilme aynı maksimum değere ulaştığında serbestlenir, fakat gerilme düşümü her zaman aynı değildir. Yani, gerilme farklı büyüklükteki depremler tarafından serbestlenir. Depremler arasındaki aralıklar da sabit değil, daha çok önceki depremin büyüklüğüne bağlı olarak değişir.

Bu durumda, gelecek depremin zamanı tahmin edilebilirken, büyüklüğü tahmin edilemez.

E.YALÇINKAYA

28

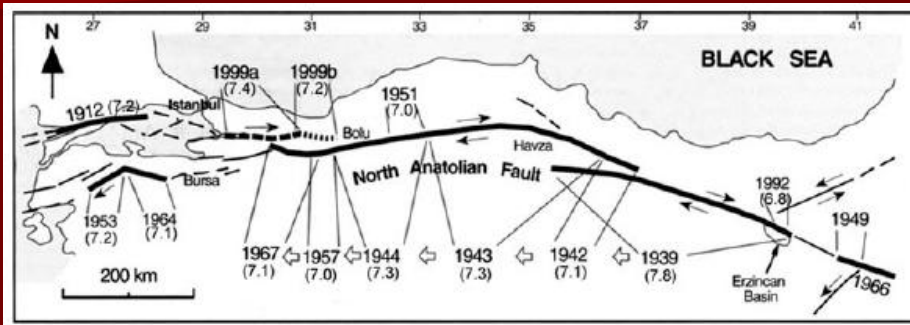


Depremlerin, farklı gerilme seviyelerinde oluştuğu ve farklı gerilme düşümlerine sahip olduğu modellerde; depremler farklı büyüklüklere ve farklı zaman aralıklarına sahip olacaktır. Bu durumda, gelecek depremin büyüklüğü ve zamanı önceki sismik döngüye bakılarak tahmin edilemez.

E.YALÇINKAYA

29

Sismik boşluk



E.YALÇINKAYA

30

Gelecek ders

- Sismik kaynak mekanizması



E.YALÇINKAYA

31