

Dr. H. Sönmez –JEM719



## Bölüm 7: ŞEV DURAYLILIĞINDA SİSMİK ETKİ

### HER TÜRLÜ MÜHENDİSLİK UYULAMASI İÇİN

**SAHAYA ÖZEL**  
GERÇEKÇİ DEPREMSELLİK DEĞERLENDİRMESİ VE  
PARAMETRE SEÇİMİ

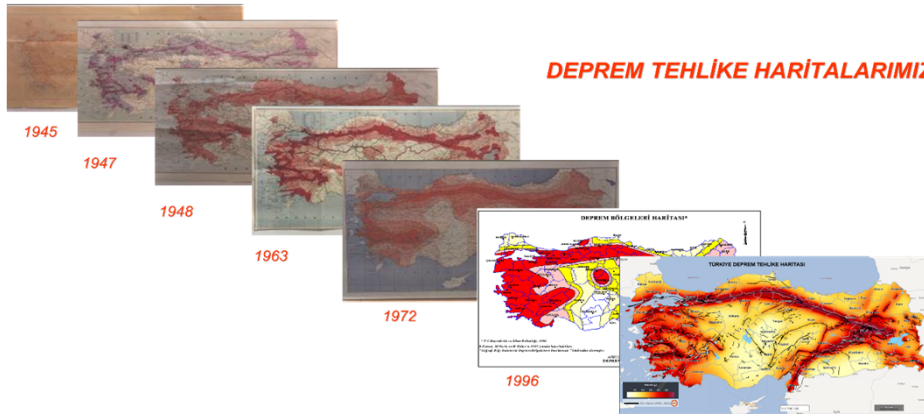


***Risk Yönetimi !***

Dr. H. Sönmez –JEM719



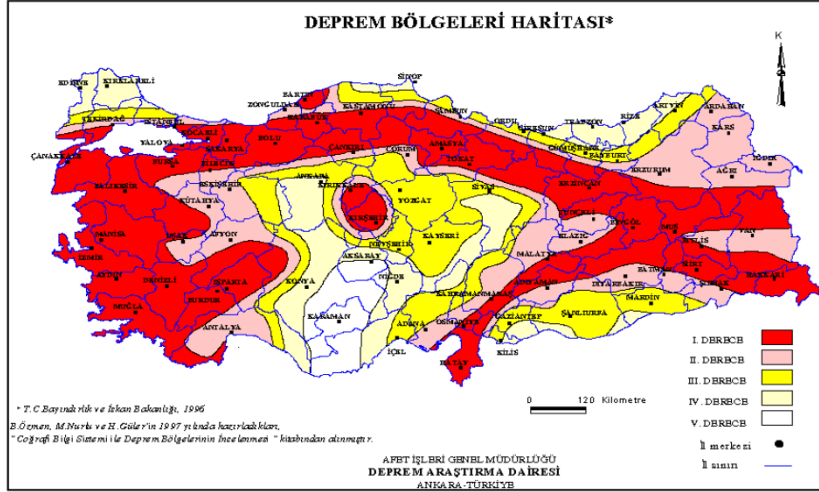
### DEPREM TEHLİKE HARİTALARIMIZ



**2018**

[www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr)

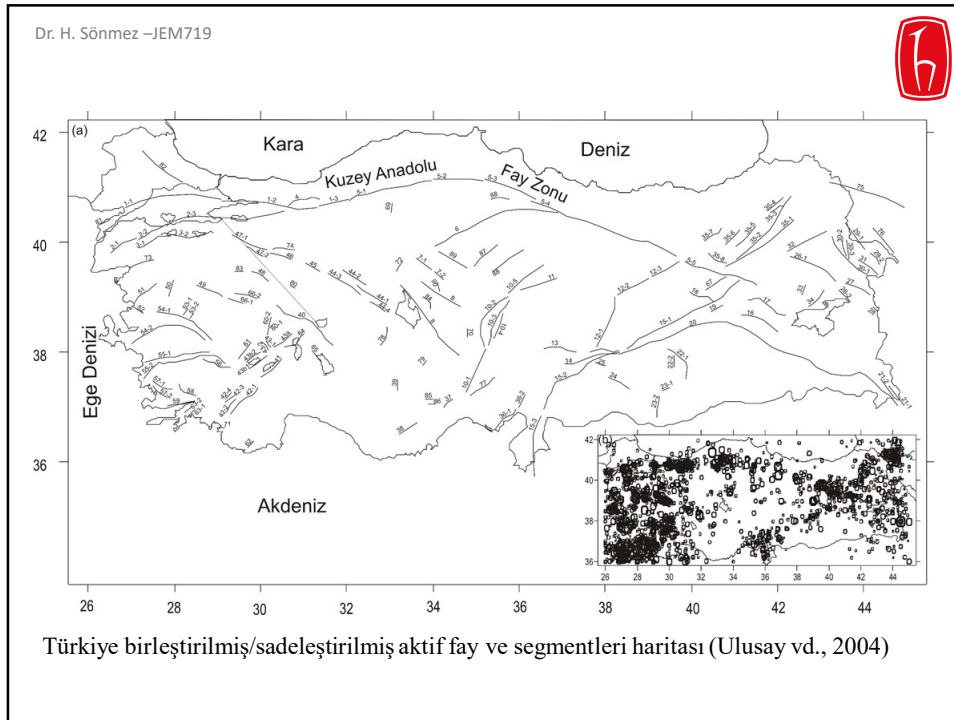
Dr. H. Sönmez –JEM719



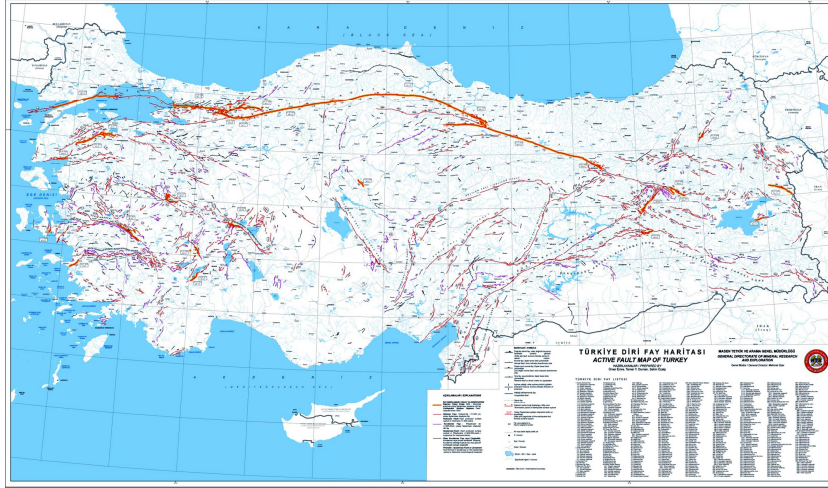
Dr. H. Sönmez –JEM719

### Güncellenen AFAD 2018 Türkiye Tehlike Haritası





Dr. H. Sönmez –JEM719



Yenilenmiş Diri Fay Haritaları - MTA Genel Müdürlüğü

Dr. H. Sönmez –JEM719



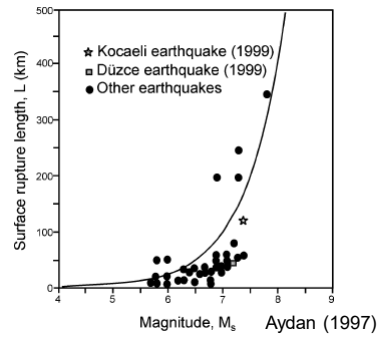
$$a_{\max} = 2.18 e^{0.0218 (33.3M_w - Re + 7.8427 S_A + 18.9282 S_B)}$$

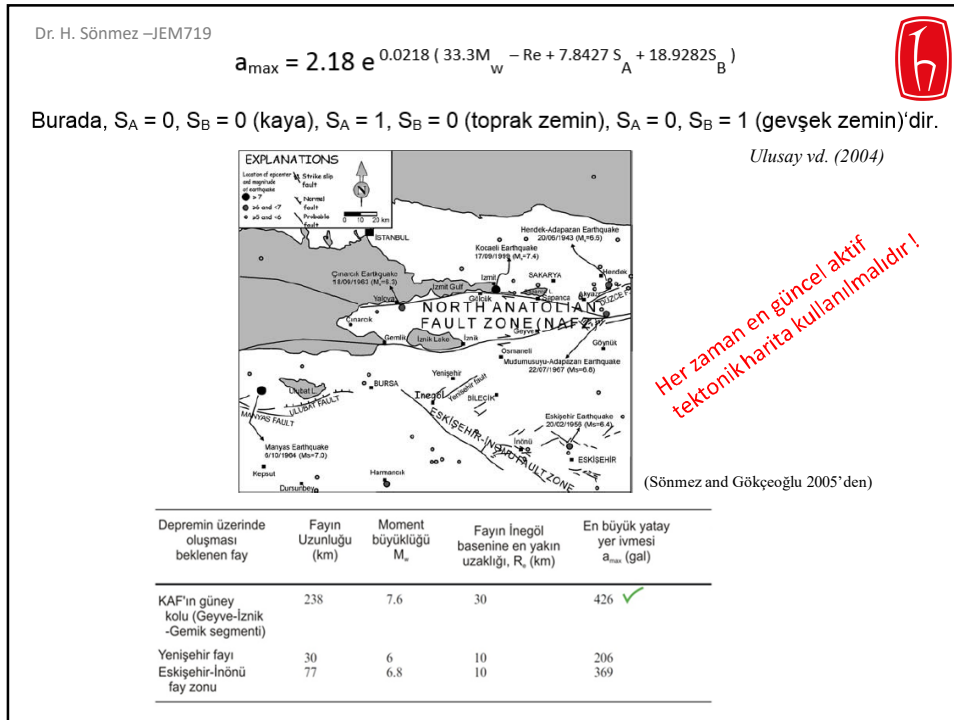
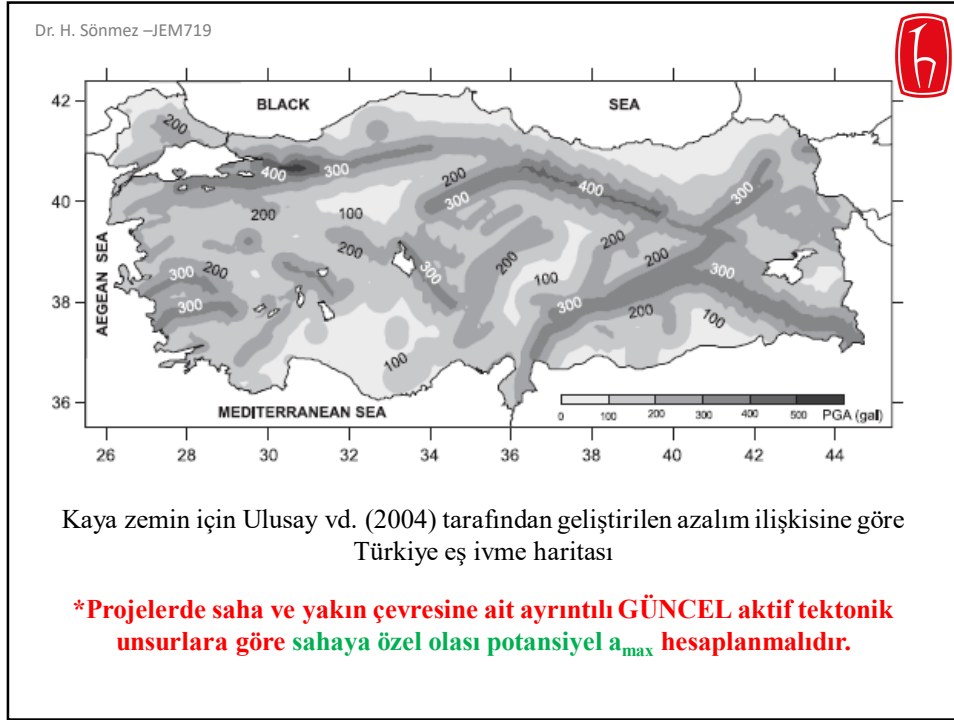
Burada,  $S_A = 0$ ,  $S_B = 0$  (kaya),  $S_A = 1$ ,  $S_B = 0$  (toprak zemin),  $S_A = 0$ ,  $S_B = 1$  (gevşek zemin)'dir.

Ulusay vd., 2004

100 km çaplı alandaki fayların/segmentlerin her biri için  $a_{\max}$  hesaplanarak, inceleme sahası için beklenebilecek  $a_{\max}$  değeri seçilir.

Fay izi uzunluğu  $\rightarrow M_w$  ilişkileri





Dr. H. Sönmez –JEM719



## Belirli büyüklükte bir depremin olma olasılığı

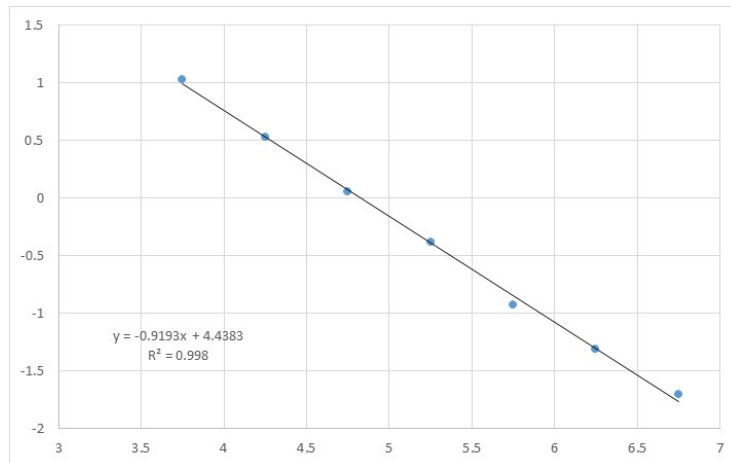
- Tehlike ve Risk Değerlendirmesi için önemlidir.
- 100 km çaplı alandaki aletsel dönem (1900'den günümüze) deprem kayıtları alınır (Boğaziçi, kandilli veri tabanı web erişimine açık)

Magnitüd aralıkları	3.5≤M<4.0	4.0≤M<4.5	4.5≤M<5.0	5.0 ≤ M<5.5	5.5 ≤ M<6.0	6.0 ≤ M<6.5	6.5 ≤ M<7.0
Deprem sayısı (N)	750	225	75	30	7	3	2
Ortalama Büyüklük (M <sub>ort</sub> )	3.75	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
Kümülatif deprem sayısı (ΣN)	1092	342	117	42	12	5	2
ΣN/t	10.7058824	3.35294118	1.14705882	0.41176471	0.11764706	0.04901961	0.01960784
Log (ΣN/t)	1.02962247	0.52542593	0.05958569	-0.3853509	-0.9294189	-1.3096302	-1.7075702

Dr. H. Sönmez –JEM719



Gutenberg ve Richter (1954) belirli bir zaman aralığındaki depremlerin istatistiksel olarak depremin büyüklüğü (M) ile deprem sayısı (N) arasında  $\text{Log}(N)=a-b(M)$  şeklinde bir ilişkinin varlığının belirli büyüklükteki depremlerin tekrarlanma periyodlarının ve/veya sayılarının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir



Dr. H. Sönmez –JEM719

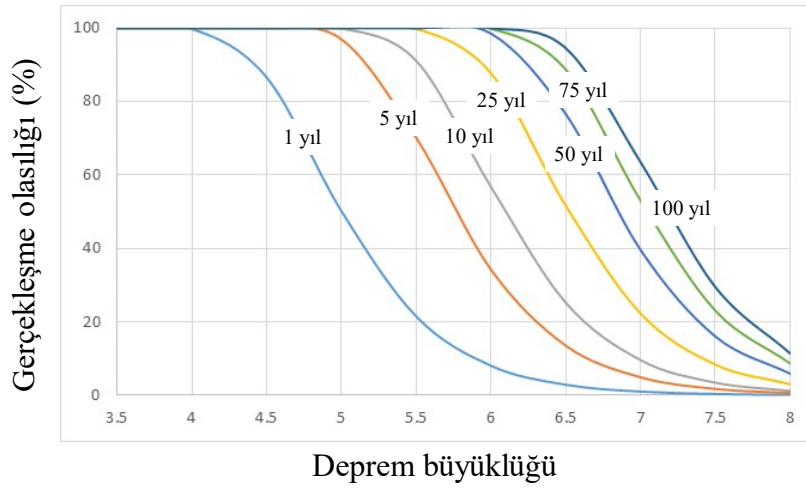


Crovelli (2000) sürekli zaman modelinde belirli bir zaman aralığında (t) belirli bir sayıda (n) olayın gerçekleşme olasılığı ise aşağıdaki Poisson olasılık eşitliğiyle ifade edilebileceğini belirtmiştir.

$$P[N(t) = n] = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!}$$

Mw	Yıllık N_ort	Olma Olasılığı (% tehlike)						
		1	5	10	25	50	75	100
3.5	16.625	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4	5.769	99.69	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4.5	2.002	86.49	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	0.695	50.08	96.90	99.90	100.00	100.00	100.00	100.00
5.5	0.241	21.42	70.04	91.03	99.76	100.00	100.00	100.00
6	0.084	8.03	34.18	56.68	87.65	98.47	99.81	99.98
6.5	0.029	2.86	13.51	25.20	51.60	76.58	88.66	94.51
7	0.010	1.00	4.91	9.58	22.26	39.57	53.02	63.48
7.5	0.003	0.35	1.73	3.44	8.37	16.04	23.06	29.50
8	0.001	0.12	0.60	1.21	2.99	5.89	8.70	11.42

Dr. H. Sönmez –JEM719



Dr. H. Sönmez –JEM719



## Tasarıma Yönelik Sismik Katsayının Seçilmesi

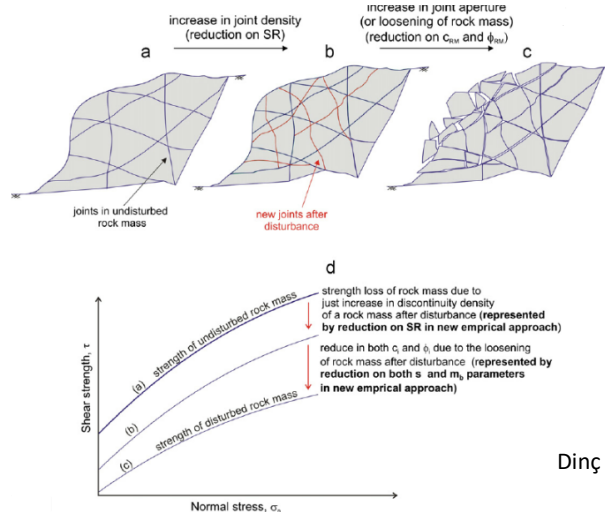
Stacey (1968; Sjöberg, 1996'dan) açık ocaklardaki duraylılık açısından önemli bazı faktörleri aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- Jeolojik yapı
- Kaya gerilmeleri (yerinde gerilmeler) ve yeraltı suyu durumları
- Süreksizliklerin ve kaya malzemesinin dayanımı
- Şev açısı ve eğriselliğini de içeren ocak geometrisi
- **Sismik olaylar ve patlatma kaynaklı titreşimler**
- İklimsel koşullar
- Zaman

Dr. H. Sönmez –JEM719



- Patlatma ile mevcut süreksizliklerdeki açılma ve yeni süreksizliklerin gelişimiyle birlikte patlatma uygulanan kaya kütlelerinde öselenmeye neden olur.



Dinç et al. (2011)



Dr. H. Sönmez –JEM719



- Kaya kütlelerinde örselenmeye neden olmasının dışında, maden ocaklarındaki patlatma işlemi de depremler gibi sismik olaylarda gelişen zemin titreşimlerine neden olurlar. Bu titreşim dalgaları içinden geçtikleri birimde tanecikler (birim elemanlar) üzerine kuvvet etkiler. Sismik kuvvetler yöne bağlı olarak kayma yönündeki kuvvetlerin (ve/veya momentlerin) artışına ve dolayısıyla güvenlik katsayısında azalmaya neden olurlar.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Sjöberg (1996) büyük ölçekli şevlerde (large scaled slopes) patlatmaya bağlı sismik etkiyi aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

- “..... Sage (1976) ve Bauer ve Calder (1971) tarafından da belirtildiği gibi dikkatsiz ve kötü tasarlanmış patlatmanın etkileri basamak duraylılığı için çok önemlidir. Basamak yüzeyinin açısını azaltan hem patlama hasarının hem de geri tepmenin yanı sıra, patlamadan kaynaklanan titreşim potansiyel olarak kaya kütlelerinin yenilmesine neden olabilir. Küçük ölçekli şevlerde (small scaled slopes), bu etkileri azaltmak için farklı iyi patlatma tipleri önerilmiştir ve deneyimler oldukça iyidir (ör. Hoek and Bray 1981 ve Sage 1976). Bununla birlikte, büyük ölçekli şevler için, patlatma problemi daha az olur çünkü basamakların geri tepme ve patlama hasarı, büyük şevlerdeki genel eğim açısı üzerinde göz ardı edilebilir etkilere sahiptir. Ayrıca, patlama ivmesi dalgalarının yüksek frekansı, Bauer ve Clader (1971)'in de işaret ettiği gibi, büyük kaya kütlelerinin eşit şekilde yer değiştirmelerine engel olur. Bu nedenle, patlatma tetikleyici yenilmeler büyük şevlerde marjinal problemdir. Düşük titreşim frekanslı sismik olaylar büyük şevler için çok daha tehlikeli olurlar ve çok sayıda doğal şevlerin sismik tetiklenen duyarsızlıkları dağlık alanlarda gözlenmiştir (Voight, 1978). ....”

Dr. H. Sönmez –JEM719



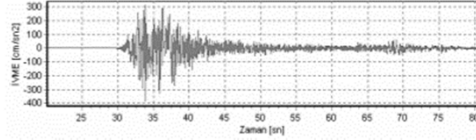
## Sonuç olarak büyük ölçekli şevlerde (large scaled slopes):

- ✓ Ülkemiz gibi sismik açıdan aktif bölgelerdeki şev duraylılığı değerlendirmelerinde depreme bağlı dinamik etkiler kritik öneme sahiptir.

### Sismik Katsayı Seçimine Yönelik Genel Yaklaşım:

Kuvvetli yer hareketlerinin kayıtları incelendiğinde tipik olarak deprem süresi boyunca en büyük (peak) değerlerin tasarıma kısa süreli olarak etkileyeceği görülür. Bu durumda, şev duraylılığı çözümlerinde depreme bağlı olarak etkilenecek ivme gereğinden büyük bir deprem etkisi olarak analiz sonuçlarına yansıtacağı pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Terzaghi, 1950; Seed, 1979 ve Hynes-Griffin ve Franklin 1984). Bu soruna yönelik olarak literatürde senaryo deprem için belirlenen en büyük yatay yer ivmesinin indirgenerek pseudo-statik analizlerde kullanılması yaygın olarak önerilmektedir. Pseudo-statik şev analizlerde kullanılacak sismik katsayının belirlenmesine yönelik literatürdeki bazı yaklaşımlar:

- Terzaghi (1950)
  - Severe  $\rightarrow K_c = 0.1$
  - Violent  $\rightarrow K_c = 0.25$
  - Catastrophic:  $K_c \rightarrow 0.5$
- Seed (1979)
  - $K_c = 0.15$  ve  $FS \Rightarrow 1.15$
- Hynes-Griffin ve Franklin (1984)
  - $K_c = 0.5 \cdot a_{max}$ ,  $FS \Rightarrow 1.0$ , dayanımın 80% oranında azaltılması



1999 Marmara depremi doğu-batı yönündeki ivme kaydı

$K_c \rightarrow$  ivme/g oranı şeklinde sunulur