



# JEM446

## ŞEHİR PLANLAMASINDA JEOLojİ

Ders Notları 5.Hafta

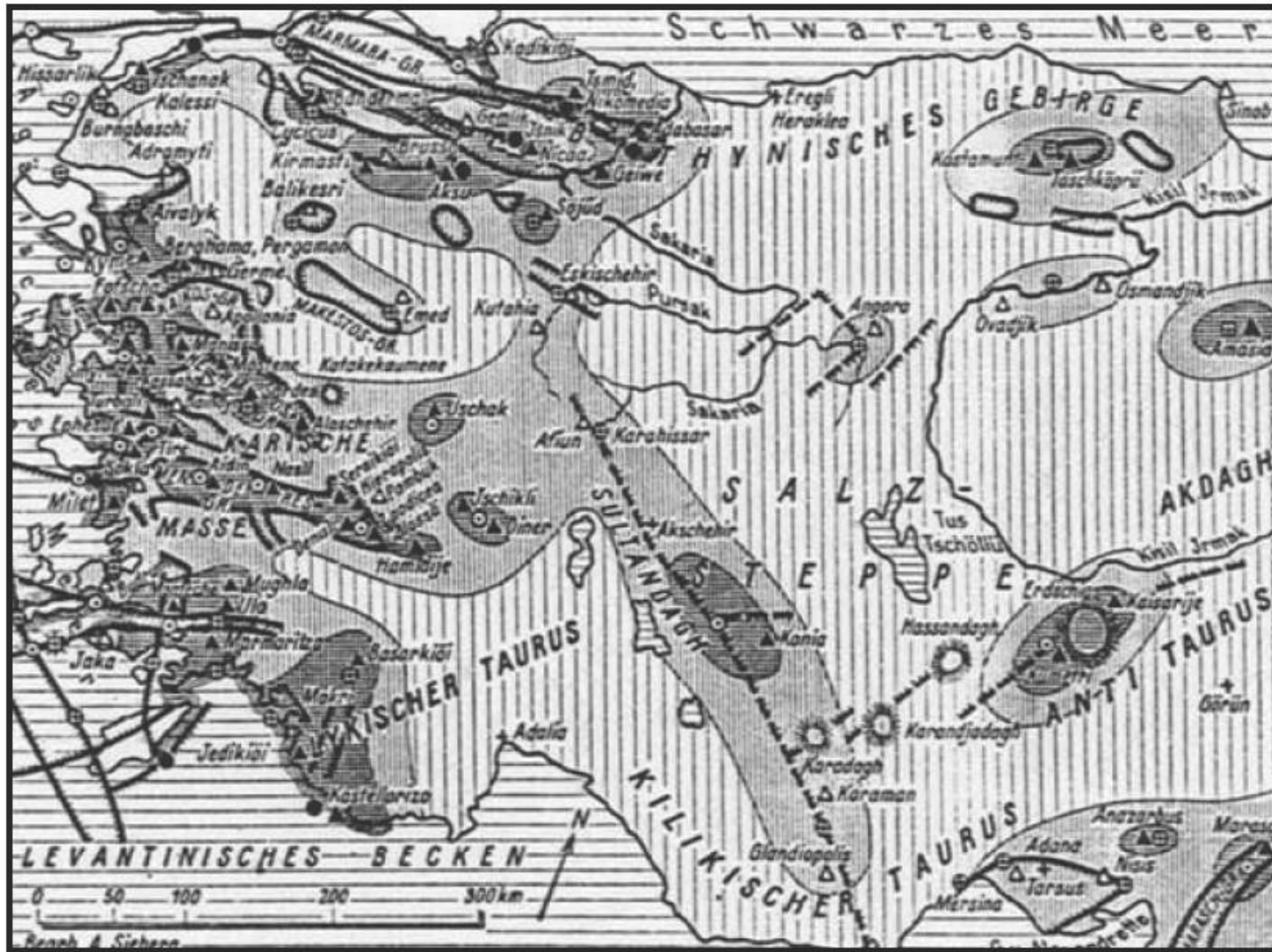
Dr. Koray ULAMIŞ

Ankara

# TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİ TARİHÇESİ

Türkiye’de ilk deprem yönetmeliği 1939 Erzincan depreminin ardından 1940 yılında yürürlüğe girmiştir. Dönemin İtalyan deprem yönetmeliğine benzer olarak hazırlanan ilk deprem yönetmeliğinde deprem hesabı yapının bulunduğu yerden bağımsız olarak tüm bölgeler için benzer şekilde yapılmaktaydı. 1942 yılında Türkiye için deprem bölgeleri haritasının hazırlanmasıyla 1947 yılından itibaren yayınlanan deprem yönetmeliklerinde deprem hesapları yapının bulunduğu bölgenin depremselliğine bağlı hale gelmiştir.

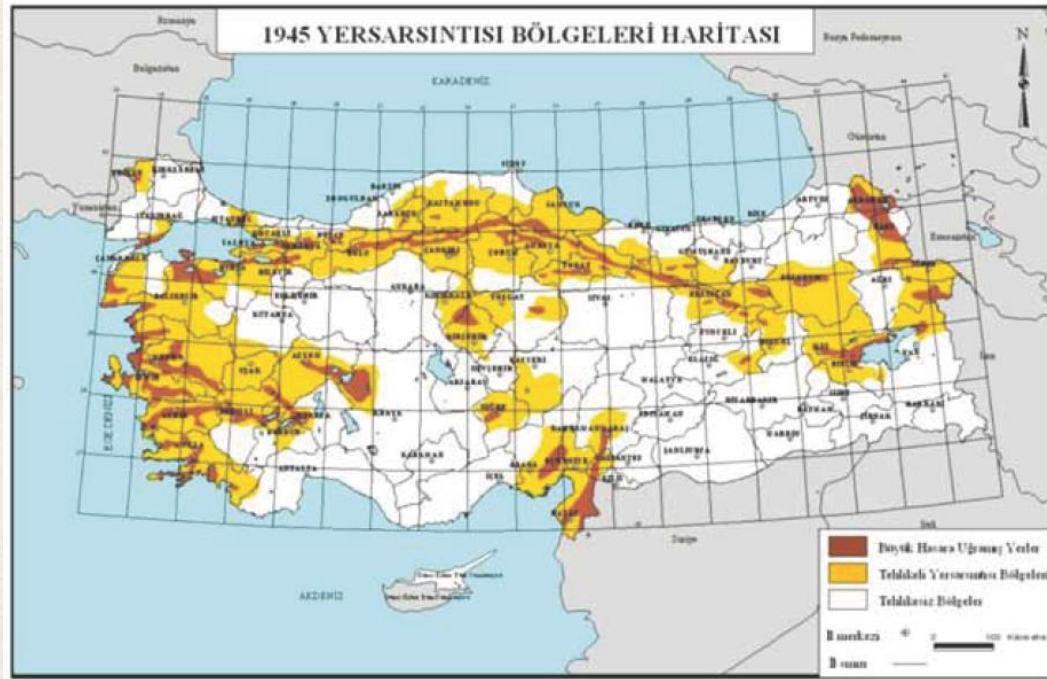
1968 yılında yayınlanan deprem yönetmeliğinde günümüzde kullanılmakta olan modern hesap yöntemlerine yer verilmiştir. Sünek yapı tasarımına ilişkin detaylara ise 1975 yılında yayınlanan deprem yönetmeliğinde yer verilmiştir. 1997 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinde sünek tasarıma ilişkin detayların uygulanması binalar için artık zorunlu hale getirilmiştir. Günümüzde de yürürlükte olan 2007 deprem yönetmeliğinde bulunan hesap ve tasarım kurallarının birçoğu 1997 deprem yönetmeliği ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. İki yönetmelik arasında bazı farklılıklar yer alsa da 2007 deprem yönetmeliği aslında 1997 yılındaki yönetmelik esas alınarak oluşturulmuştur. 2016 yılında taslak halinde hazırlanan yeni yönetmelik henüz yayımlanmamıştır. Aynı yönetmelikteki değişiklik tasarıları irdelenmiştir. (Tunç ve Tanfener, 2016).



Sieberg (1932) tarafından hazırlanmış olan deprem bölgeleri haritası (Özmen, 2012)



1945 tarihli ilk resmi deprem bölgeleri haritası (Özmen, 2012)



# DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA ESASLAR (2007)

Yönetmelik hükümleri; betonarme, çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir. Ahşap bina ve bina türü yapılara uygulanacak minimum koşul ve kurallar, ilgili yönetmelik hükümleri yürürlüğe konuluncaya dek, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

Köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santraller, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

Bina taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtım amaçlı ile, bina taşıyıcı sistemi ile temelleri arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya diğer aktif ve pasif kontrol sistemlerini içeren binalar, bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

**Yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.**

# DEPREME DAYANIKLI BİNALAR İÇİN HESAP KURALLARI

## ELASTİK DEPREM YÜKLERİNİN TANIMLANMASI : SPEKTRAL İVME KATSAYISI

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan *Spektral İvme Katsayısı*,  $A(T)$ , %5 sönüm oranı için tanımlanan *Elastik İvme Spektrumu*'nun ordinatı olan *Elastik Spektral İvme*,  $S_{ae}(T)$ , Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi  $g$ 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_o I S(T) \quad A_o : \text{Etkin yer ivmesi, } I : \text{Bina önem katsayısı, } S(T) : \text{Spektrum katsayısı}$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g$$

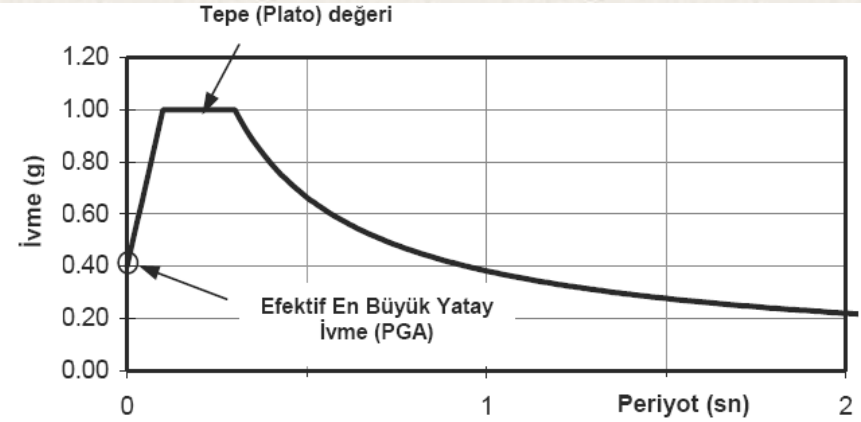
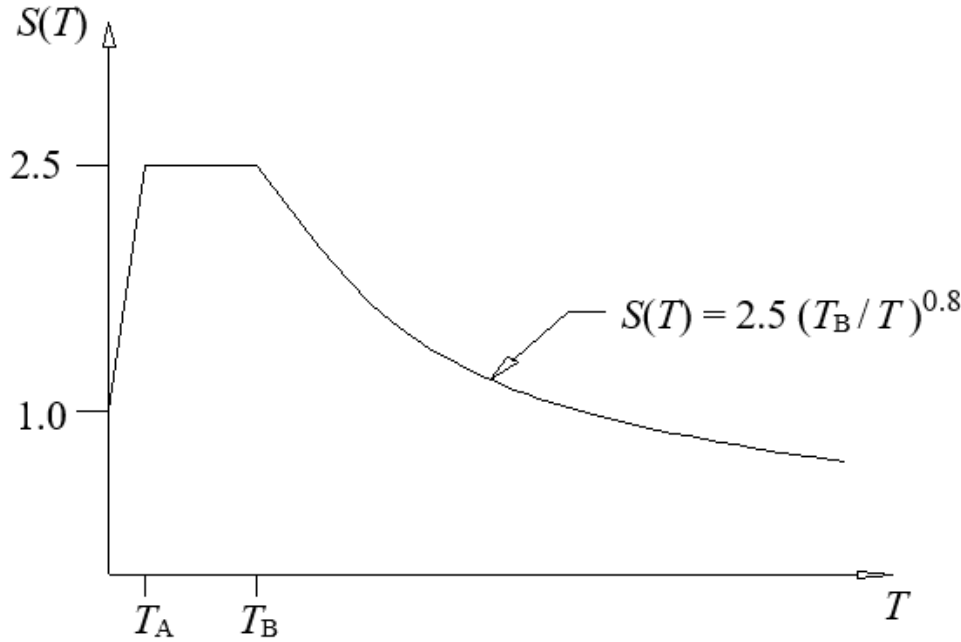
### Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	$A_o$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<p><u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
<p><u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u></p> <p>a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>b) Müzeler</p>	1.4
<p><u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u></p> <p>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1.2
<p><u>4. Diğer binalar</u></p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)</p>	1.0

# Spektrum Katsayısı

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için karakteristik periyotlar gözönüne alınarak spektral ivme katsayısından hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.



Şekil 1.4. Türkiye Deprem Yönetmeliği'nden, 1. Deprem Bölgesi, Kaya Koşulları ve % 5 Sönüm İçin Tasarım Spektrumu örneği

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$



Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	St.Pent. (N/30)	Rel.Sık. (%)	Serbest Bas.Dir.(kPa)	Vs (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	-	-	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85-100	-	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	-	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	-	-	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30-50	65-85	-	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1.Yumuşak, süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	-	-	< 500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10-30	35-65	-	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	-	-	-	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	-	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	-	< 100	< 200

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

# TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBYD-2016 TASLAK)

## DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu *çok seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu *seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu *sık* deprem yer hareketini nitelemektedir.

### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu *çok sık* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

## DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulları esas alınarak %5 sönüm oranı için, *harita spektral ivme katsayıları*'na, *faya yakınlık katsayısı*'na ve *yerel zemin etki katsayıları*'na bağlı olarak standart biçimde veya *sahaya özel deprem tehlikesi analizleri* ile özel olarak tanımlanırlar.

### Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için *Deprem Tehlike Haritaları*, iki spektral ivme değerini tanımlayan *Spektral İvme Haritaları* olarak düzenlenmiştir. Boyutsuz olarak tanımlanan *harita spektral ivme katsayıları* aşağıda belirtilmiştir:

(a) Kısa periyod bölgesi için *harita spektral ivme katsayısı*  $S_S$

(b) 1.0 saniye periyod için *harita spektral ivme katsayısı*  $S_1$

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen *harita spektral ivme katsayıları*, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu  $(V_S)_{30} = 760$  m/s esas alınarak %5 sönüm oranı için *Deprem Tehlike Haritaları*'nda verilen *harita spektral ivmeleri*'nin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile *boyutsuz katsayılar* olarak tanımlanmıştır.

*Harita spektral ivme katsayıları*  $S_S$  ve  $S_1$  aşağıdaki eşitlikler kullanılarak *tasarım spektral ivme katsayıları*  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ 'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_S F_S$$

$$S_{D1} = S_1 \gamma_F F_1$$

$\gamma_F$  : Faya yakınlık katsayısı,  $F_S$  ve  $F_1$  : yerel zemin etki katsayılarıdır

## Faya Yakınlık Katsayısı

Sadece DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeylerinde  $S_{D1}$ 'e uygulanmak üzere, aktif fay düzlemlerine 25 km ve daha az mesafedeki konumlar için faya yakınlık *katsayısı* aşağıdaki eşitlikler ile tanımlanmıştır.

$$\gamma_F = 1.2$$

$$L_F \leq 15 \text{ km}$$

$$\gamma_F = 1.2 - 0.02 (L_F - 15)$$

$$15 \text{ km} < L_F < 25 \text{ km}$$

DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketi düzeyleri için  $\gamma_F = 1.0$ . Yukarıdaki eşitlikte  $L_F$  fay düzlemine olan mesafeyi [km] göstermektedir.

## Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel zemin sınıfı	Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı ( $F_S$ )					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranışı analizi yapılacaktır					

Yerel zemin sınıfı	1.0 s periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı ( $F_1$ )					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranışı analizi yapılacaktır					

## Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *yatay elastik tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan *yatay elastik tasarım spektral ivmeleri*  $S_{ae}(T)$ , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi ( $g$ ) cinsinden aşağıdaki eşitlikler ile tanımlanmıştır.

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_S}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

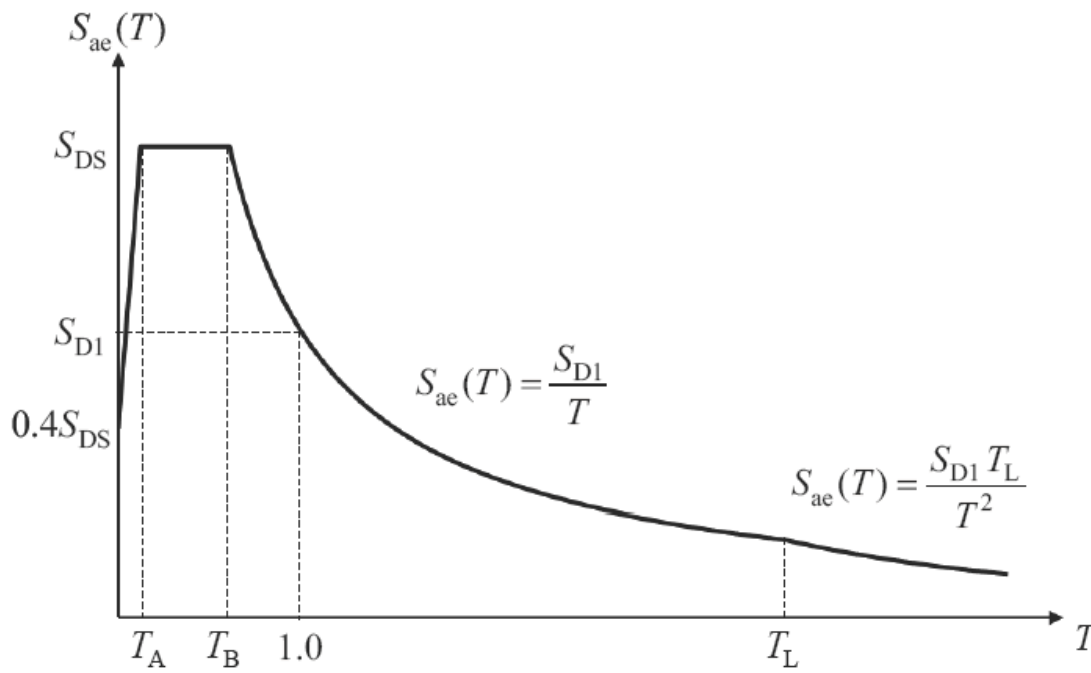
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

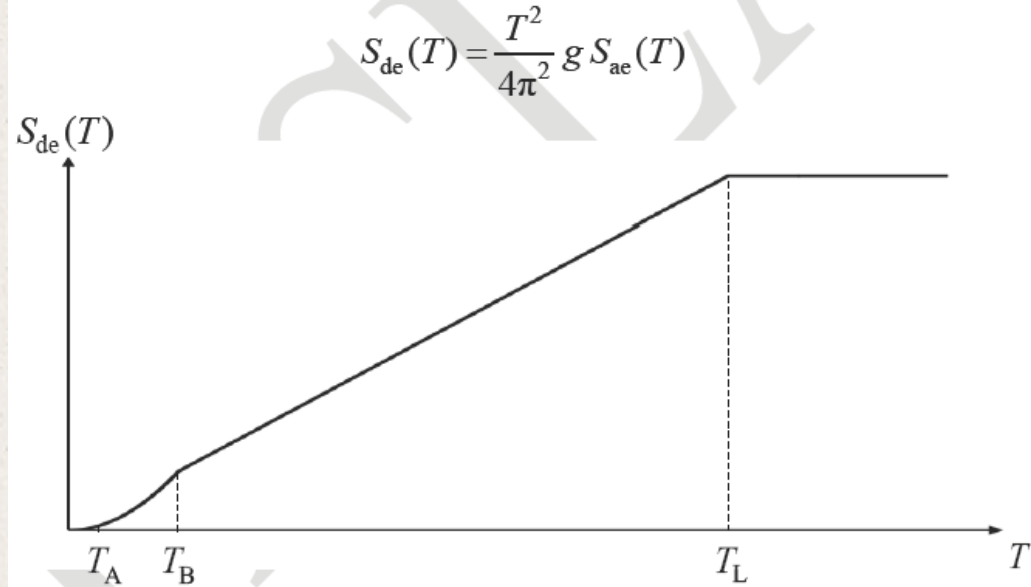
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

Eşitlikte;  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  tasarım spektral ivme katsayılarını,  $T$  ise doğal titreşim periyodunu ifade etmektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları olan  $T_A$  ve  $T_B$  ise aşağıdaki eşitliklerden belirlenir. Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_L = 6$  s olarak alınacaktır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

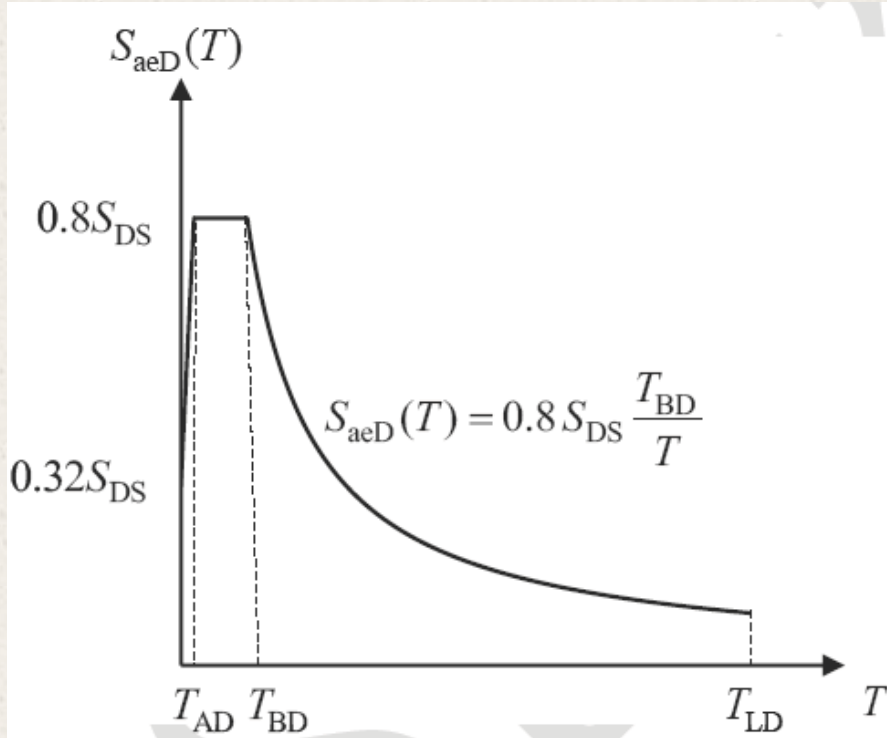


Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeleri  $S_{de}(T)$ , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden belirlenir



## Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *düşey elastik tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan *düşey elastik tasarım spektral ivmeleri* , yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa period tasarım spektral ivmesi katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi ( $g$ ) cinsinden aşağıdaki eşitlikler ile belirlenir.



$$S_{aeD}(T) = (0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

$$T_{AD} = (T_A/3)$$

$$T_{BD} = (T_B/3)$$

$$T_{LD} = (T_L/2)$$



# YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

Yerel zemin sınıfı	Zemin Türü	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ (m/s)	$(N_{60})_{30}$ (darbe/30 cm)	$(c_u)_{30}$ (kPa)
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $\omega > 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	<p><b>Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşıabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler, v.b.)</li> <li>2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer</li> <li>3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (<math>PI &gt; 50</math>) killer</li> <li>4) Çok kalın (&gt;35 m) yumuşak veya orta katı killer</li> </ol>			

$h_i$ : "i" numaralı tabaka kalınlığı, m

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

$$(N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{N_{60,i}} \right)}$$

$$(c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{c_{u,i}} \right)}$$