

## DEPREM KUVVETİNE ESAS SPEKTRAL İVME DEĞERLERİNİN TBDY 2018 ve TDY 2007'ye GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Mustafa KOÇER<sup>1</sup>, Abdulhamit NAKİPOĞLU<sup>1</sup>, Burhan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Mohammed

Gamal AL-HAGRI<sup>1</sup>, Musa Hakan ARSLAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya

Türkiye

mustafakocer@selcuk.edu.tr, anakipoglu@selcuk.edu.tr,

burhan.ozturk@selcuk.edu.tr, mg.alhagri@gmail.com, mharslan@selcuk.edu.tr

### Özet

Yapılara etkiyecek deprem yükleri statik ve dinamik analiz yöntemleri olmak üzere, iki farklı şekilde belirlenmektedir. Analizleri kolaylaştırmak amacıyla dinamik analiz yöntemleri yerine, statik bir analiz yöntemi olan spektral analiz yöntemi daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Burada daha gerçekçi ve karmaşık bir yöntem yerine daha sade olan bir statik analiz yöntemi tercih edilirken kullanılan tepki spektrumları, günümüz deprem yönetmeliklerinde, tasarım spektrumu olarak önerilmektedir. Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği 2007 (TDY 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'de tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hâkim periyotları, risk durumuna göre dört farklı il ve farklı zemin sınıfları için elde edilmiştir. TDY 2007'de tanımlanan deprem bölgelerine göre seçilen iller Kocaeli, Eskişehir, Kayseri, Konya olarak belirlenmiştir ve bu bölgeler için tanımlanan etkin yer ivme katsayıları kullanılmıştır. Diğer taraftan, TBDY 2018 için bu değerler, bu illerin merkez koordinatları dikkate alınarak Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) kurumunun internet sitesinde yer alan deprem ivme haritasından elde edilmiştir. Dört farklı il ve farklı zemin sınıfları için TDY 2007 ve TBDY 2018'de yer alan tasarım spektrumlarından elde edilen spektral ivme değerleri arasında bir kıyaslama yapılarak yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bu bölgelerle sınırlı olmakla beraber genel olarak zayıf zemin grupları için TBDY 2018'in TDY 2007'ye göre daha güvenli tarafta kaldığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yönetmelik, Spektral İvme, Spektrum Kavramı, TBDY 2018, TDY 2007

## **COMPARISON OF TBSC 2018 AND TSC 2007 THROUGH THE VALUES OF SEISMIC LOAD RELATED SPECTRAL ACCELERATION**

### **Abstract**

Seismic loads that can act on a structure are determined in two different ways, static and dynamic analysis. In order to make analysis easier, instead of dynamic analysis methods, spectral analysis method, which is a static method, is commonly used. Here, a static analysis method is preferred rather than a more accurate and complex method and the response spectra used are proposed as the design spectrum in today's seismic codes. In this study, the spectral acceleration values and the control periods were obtained as defined in Turkish Seismic Code 2007 (TSC 2007) and Turkish Building Seismic Code 2018 (TBSC 2018) for four different provinces according to risk situations and different soil classes. Kocaeli, Eskisehir, Kayseri, and Konya provinces were selected according to the seismic zones defined in TSC 2007 and the calculations according to this code were conducted through the use of the effective ground acceleration coefficients defined for these zones. On the other hand, in the case of TBSC 2018, considering the city-center coordinates of the regions, these values were obtained from the earthquake acceleration map included in the website of the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD). A comparison was made between spectral acceleration values obtained from design spectra according to TSC 2007 and TBSC 2018 for four different provinces and different soil classes and the results were interpreted. The results, although being limited to these regions, showed that TBSC 2018 is generally on a safer side compared to TSC 2007 for softer soil classes.

**Keywords:** Code, Spectral Acceleration, Spectrum Concept, TBSC 2018, TSC 2007

### **1. Giriş**

Türkiye'deki yerleşim birimleri ve sanayi bölgelerinin büyük çoğunluğunun gerek tektonik gerekse de zemin koşulları nedeniyle yüksek deprem riski altında olduğu bilinmektedir. Yapıların hem proje hem de uygulama aşamalarında, uygun ve doğru mühendislik ve mimari anlayışla, yönetmeliklerde belirlenen kriterleri sağlayacak şekilde hazırlanması ve imal edilmesi ile deprem, daha az can ve mal kaybına neden olacaktır [1].

Depreme dayanıklı yapı tasarımları için hazırlanmış olan deprem yönetmeliklerinde temel kural, olası bir deprem anında can kaybının yaşanmaması ve yapının göçmemesidir. Bu nedenle depreme karşı dayanıklı olarak tasarlanan her bina servis ömrü boyunca

(yaklaşık 50 yıl) bir kez tasarım depremine maruz kalacak şekilde projelendirilir [2].

Yapıya etkiyen deprem yükünü belirlemede yönetmeliklerde verilen tasarım spektrum eğrileri kullanılır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir yere sahip olan tepki spektrumu veya davranış spektrumu, sönümlü tek serbestlik dereceli sistemlerin sabit bir sönüm oranında belirli bir deprem yer hareketine, ivme, yer değiştirme veya hız büyüklükleri cinsinden verdiği tepkilerinin en büyük değerlerinin frekans veya periyoda karşılık değişimini temsil eden eğrilerdir. Deprem tepki spektrumu, meydana gelen belirli bir depremin yer hareketi kayıtları üzerinden elde edilebilir. Bununla birlikte, sismik tasarımda genellikle gelecekte meydana gelebilecek olası depremlerin yapılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Deprem tepki spektrumu deprem ve zemin koşullarındaki değişimlere bağlı olarak değişmektedir. Deprem yönetmeliklerinde yapıların sismik tasarımı için genellikle normalleştirilmiş bir tasarım ivme spektrumu önerilir. Tasarım spektrumları depremlerin dinamik karakteristiğini yansıtan, birçok farklı deprem sismik kaydının istatistiksel analizi ile elde edilmiş tasarım eğrileridir [3].

Deprem tepki ve tasarım spektrumlarının belirlenmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Newmark ve Hall (1982) [4] yaptıkları çalışma ve araştırmalarda, tasarım spektrumlarının eşdeğer statik deprem yükü ve modal analiz yöntemlerinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Talebian (1995) [5] yılında yaptığı çalışmada, ivme tepki spektrumunu belirleyebilmek adına Cornell tarafından 1968'de sunulmuş ve McGuire tarafından 1976'da bir bilgisayar programı ile geliştirilmiş olan Poisson modeli ile araştırmalar yapmıştır. Japonya'da yedi büyük şehirde dört tip zemin koşulu için hesaplamalar yapmıştır. Yöntemi daha sonra Kobe kenti için ivme tepki spektrumu açısından sismik tehlikeyi değerlendirmek için uygulamıştır. Chopra (2007) [6] çalışmasında, tepki spektrumu analizinin tarihsel gelişimini incelemiştir. Song ve diğ. (2007) [7] çalışmalarında, hız spektrumu ile pseudo ivme (yalancı ivme) spektrumu arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Uçar ve Merter (2012) [8] yaptıkları araştırmada, Türk Deprem Yönetmeliği (2007) 'ye [11] göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yönteminde kullanılan spektrumları, Türkiye'de meydana gelmiş önemli depremlerin kayıtlarını kullanarak Newmark-Hall yaklaşımı ile oluşturmuş ve zaman tanım alanında hesap yönteminde de aynı depremlere ait ivme kayıtlarını kullanarak 3 analiz yöntemine göre tasarım yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Kale ve Akkar (2015) [9] yaptıkları araştırmada, Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde belirledikleri bir bölgede yapılan olasılıksal sismik tehlike analiz verilerine bağlı olarak tasarım spektrumu kontrol periyotlarını ve zemin artırım katsayılarını

önermişlerdir. Fan ve diğ., (2018) [3] çalışmalarında, deprem tepki spektrumları için çekirdek teorileri çıkarmış ve mod birleştirme yöntemi ile ilgili paralel çözüm akışı önermişlerdir. JAUMIN (Uyarlamalı yapılandırılmamış mesh uygulama altyapısı) çerçevesinin algoritmasına ve paralel veri yapısına bağlı olarak, alternatif bir sonlu elemanlar çözüm modülü kurmuşlardır. Deng ve diğ. (2018) [10] yaptıkları araştırmalarda, bir yoğunluk bileşeni ve bir spektral şekil bileşeni içeren yeni bir tepki spektrumu tabanlı DPI (Hasar Potansiyeli Göstergesi) önermişlerdir.

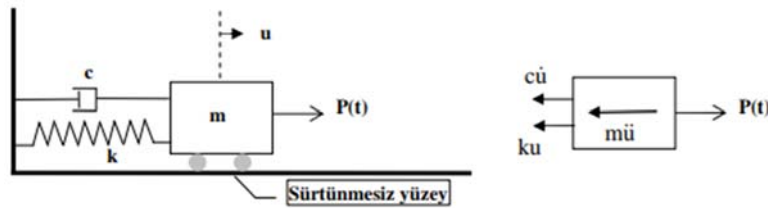
Bu çalışmada ise, Türk Deprem Yönetmeliği 2007 (TDY 2007) [12] ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'de [13] tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hakim periyotlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. TDY 2007'ye [12] göre seçilen 4 farklı deprem bölgesindeki 4 il için bu değerler hesaplanarak TBDY 2018 [13] ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, grafikler ve tablolar halinde gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

## 2. Spektrum Kavramı

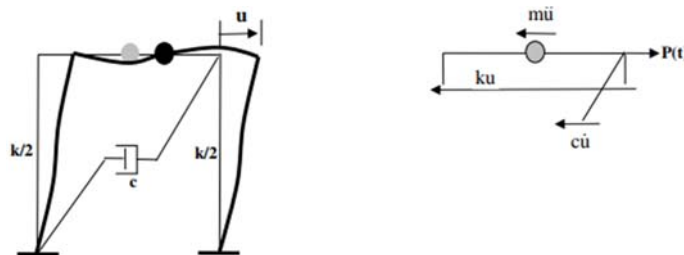
Şekil 1'de, zamanın fonksiyonu olarak tanımlanan  $P(t)$  kuvveti tesirindeki tek serbestlik dereceli sönümlü bir sistemin, hareket denklemini Denklem 1'deki gibi ifade edilebilir. Burada  $m$  cismin kütlesi,  $c$  sönüm katsayısı,  $k$  ise yayın rijitliğidir.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = P(t) \quad (1)$$

Şekil 1'de verilen sistem, Şekil 2'deki gibi rijit diyafram prensibine uygun olacak şekilde tek serbestlik dereceli yapısal çerçeve bir sisteme uyarlanabilir.

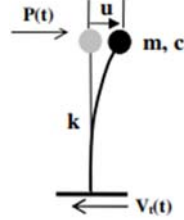


Şekil 1. Tek serbestlik dereceli sönümlü sistem [11]



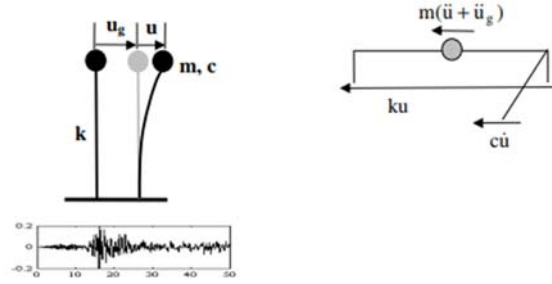
Şekil 2. Tek serbestlik dereceli yapısal sistem [11]

Sistemdeki  $P(t)$  kuvvetinin etkisine karşılık 3 kuvvet tepki oluşturmaktadır. Bunlar;  $m\ddot{u}(t)$  ivmeyi temsil eden atalet kuvveti,  $c\dot{u}(t)$  hızı temsil eden sönüm kuvveti,  $ku(t)$  de sistemdeki iç kuvvetleri temsil eden ve yer değiştirmeye alakalı olan rijitlik kuvvetidir. Bu yapısal sistem Şekil 3'teki gibi tek serbestlik dereceli basit bir konsol çubuk modeline dönüştürülebilir.



Şekil 3. Tek serbestlik dereceli çubuk modeli [11]

Burada yapının rijitliği konsol bir çubukla temsil edilmiştir, çubuğun kütlesi, tepede toplanan  $m$  kütesine nazaran çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Çubuk modelinin, zamanın bir fonksiyonu olan  $P(t)$  kuvveti yerine, yer hareketi etkisinde olduğu varsayılırsa, Şekil 4'te anlaşılacağı üzere, sistem, hem görelü yer değiştirmeye hem de yerin yer değiştirmesine maruz kalacaktır. Böylelikle, sistem üzerindeki yer değiştirme bu iki değer toplamıyla ifade edilecek ve meydana gelecek atalet kuvveti de, kütle ile sistemdeki toplam ivmenin çarpımıyla elde edilecektir. Sonuçta, hareket denklemi Denklem 2 ve Denklem 3'te yazıldığı gibi tekrardan düzenlenebilir.



Şekil 4. Yer hareketi etkisindeki çubuk modeli [11]

$$m(\ddot{u}(t) + \ddot{u}_g(t)) + c\dot{u}(t) + ku(t) = 0 \quad (2)$$

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (3)$$

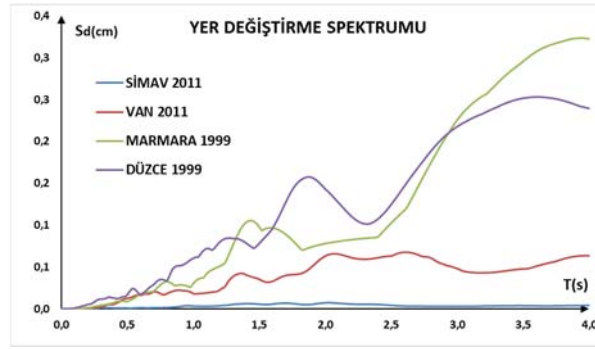
Atalet kuvveti toplam ivme cinsinden, sönüm kuvveti bağıl hız cinsinden, rijitlik kuvveti de yer değiştirmeye bağıl olarak gösterilebilir. Denklem 3'ün tarafları 'm' parametresine bölünüp, Denklem 4'teki dönüşümler uygulanarak Denklem 5 yazılabilir.

$$c = 2m\omega\zeta \quad (4a)$$

$$\frac{k}{m} = \omega^2 \quad (4b)$$

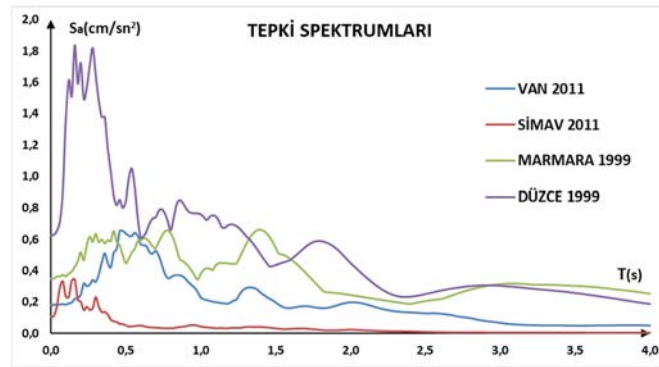
$$\ddot{u}(t) + 2\omega\xi\dot{u}(t) + \omega^2u(t) = -\ddot{u}_g(t) \quad (5)$$

Burada  $\omega$  açısal frekansı T doğal titreşim periyodunu ifade ederken ikisi arasında  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  ilişkisi vardır,  $\xi$  ise sönüm oranı olarak tanımlanır. Denklem 5 sayısal bir yöntem ile çözülmüşse zamanla değişen yer ivmesi altında oluşacak yer değiştirme, sabit bir sönüm oranı için elde edilebilir (zaman tanım alanında hesap). Oluşan yer değiştirme kayıtlarının maksimum değerleri periyoda bağlı bir eğri üzerinde gösterilerek yer değiştirme spektrumu elde edilir (Şekil 5). Bu yer değiştirme değerleri, ivmenin maksimum olduğu anda değil, hızın sıfır olduğu andaki maksimum yer değiştirme değerleridir [11].



Şekil 5. Yer değiştirme spektrumu

Yer değiştirme spektrumu elde edildikten sonra, yapıya etkiyecek olan toplam ivme değeri Denklem 5'ten de görüldüğü üzere ( $\dot{u}(t) = 0$  ise),  $\ddot{u}(t) + \ddot{u}_g(t) = -\omega^2u(t)$  olarak elde edilir. Böylece her bir periyot için elde edilen yer değiştirme değerleri açısal hızın karesi ile çarpılarak, yer değiştirmenin maksimum olduğu andaki sözde ivme değerleri elde edilir. Bu değerler her bir periyot değeri için bir grafikte işaretlenmesiyle tepki spektrumu elde edilir (Şekil 6).



Şekil 6. Sözde ivme spektrumu

### 3. TDY 2007 ve TBDY 2018'deki Farklılıklar

TDY 2007'de [12] spektral ivme katsayısının 'A(T)' hesaplanması Denklem 6' da

gösterilmiştir.

$$A(T)=A_0 I S(T) \quad (6)$$

Elastik spektral ivme katsayısı ise spektral ivme katsayısı ile yer çekimi ivmesinin çarpımından elde edilmektedir. Denklem 7’de formülle belirtilmiştir.

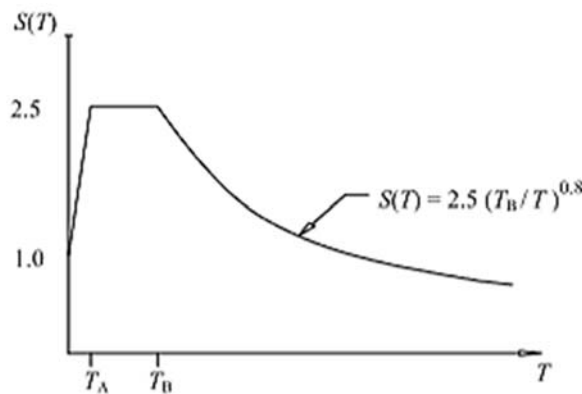
$$S_{ae}(T)= A(T)g \quad (7)$$

Diğer bir taraftan, TBDY 2018’de [13] deprem yer hareketi spektrumları şöyle ifade edilmiştir: Belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanır.

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşılık gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu  $[(V_s)_{30}=760 \text{ m/s}]$  esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır. TDY 2007’ye [12] göre spektrum katsayısı yerel zemin koşulları ve bina doğal periyodu  $T$ ’ye bağlı olarak Denklem 8 ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T < T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (8)$$

Spektrum karakteristik periyotlarına karşılık gelen değerler yerel zemin sınıflarına göre yönetmelikte tablo halinde belirtilmiştir. Spektrum eğri grafiği Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Spektrum eğri grafiği [12]

TBDY 2018’de [13] boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında tanımlanmıştır:

- 1) Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı  $S_s$

2) 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı  $S_1$  olarak belirtilmiştir.

Harita spektral ivme katsayıları Denklem 9 ve Denklem 10'daki tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülür.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (9)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (10)$$

Bu denklemlerden tasarım ivme katsayısının, harita spektral ivme katsayıları ile yerel zemin etki katsayıları çarpımından elde edildiği görülmektedir. TBDY 2018'de [13] yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{ae}(T)$  doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yer çekimi ivmesi cinsinden Denklem 11'de tanımlanmıştır.

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

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

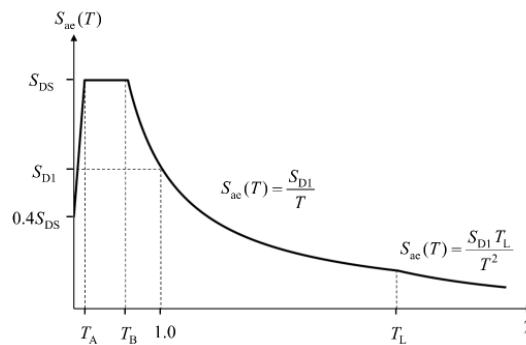
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (11)$$

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

$S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  tasarım spektral ivme katsayılarını göstermektedir. Yönetmelikte yatay tasarım spektrumu köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$   $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ 'e bağlı olarak Denklem 12'de tanımlanmıştır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (12)$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_L = 6s$  alınacaktır. Şekil 8'de yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği gösterilmiştir.



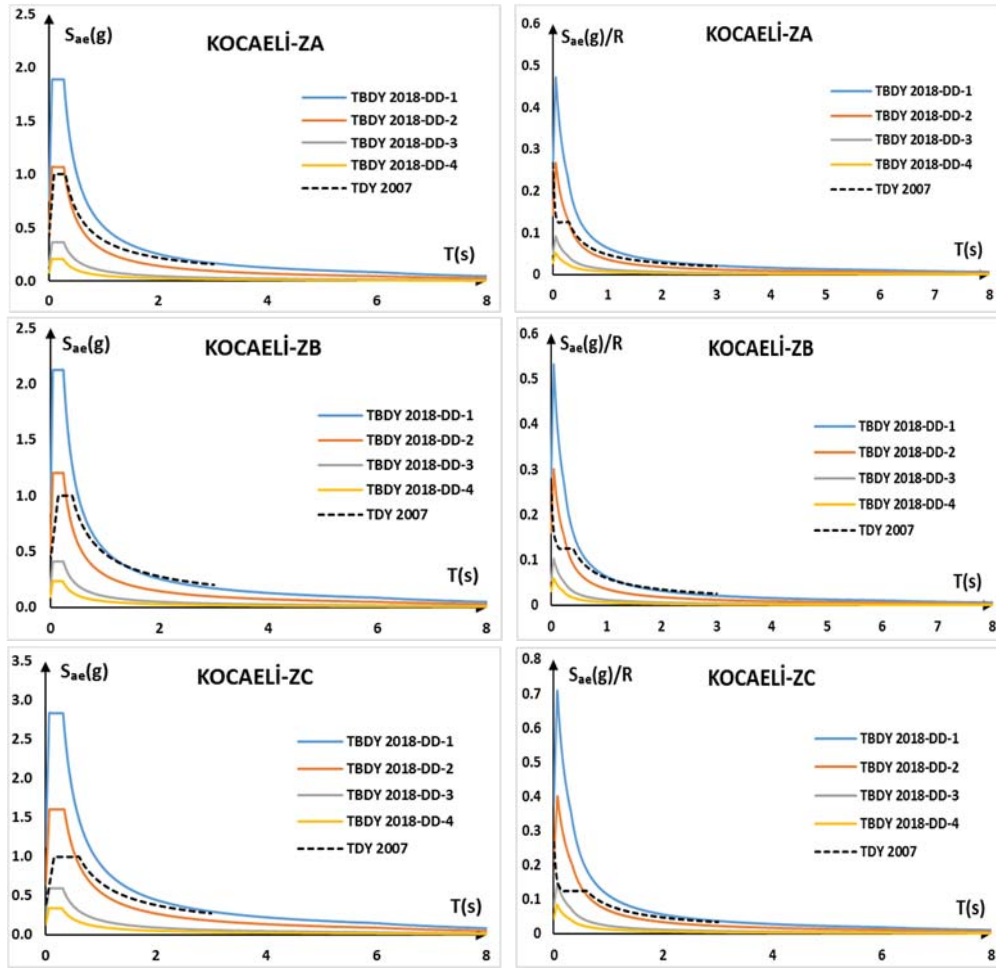
Şekil 8. Yatay elastik tasarım ivme spektrum grafiği [13]

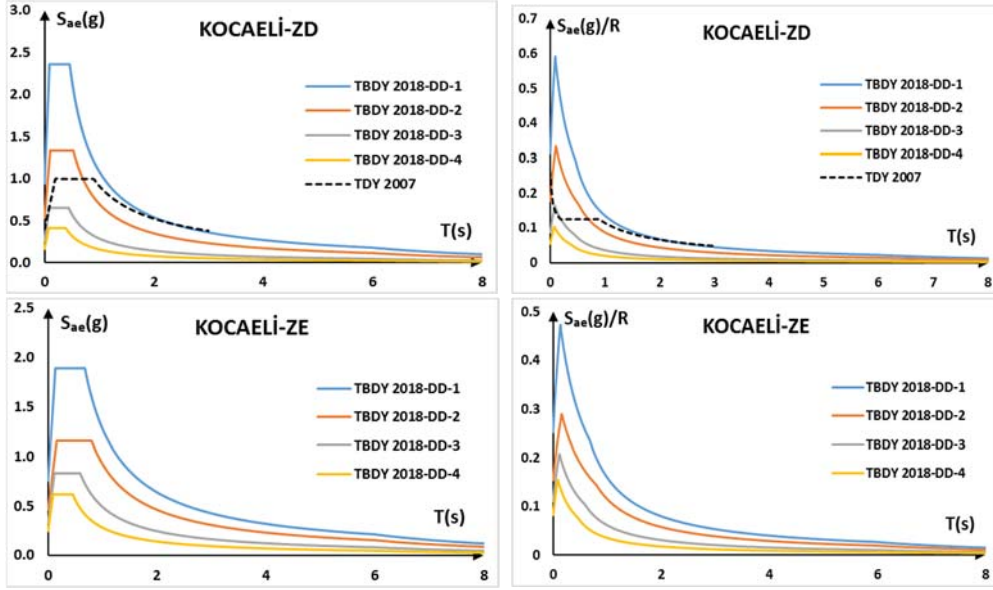
#### 4. Örnek Çalışma

Bu bölümde referans alınan bölgeler için TDY 2007 [12] ve TBDY 2018 [13] yönetmeliklerine göre tasarım spektrum eğrileri oluşturularak karşılaştırılmıştır. 1996

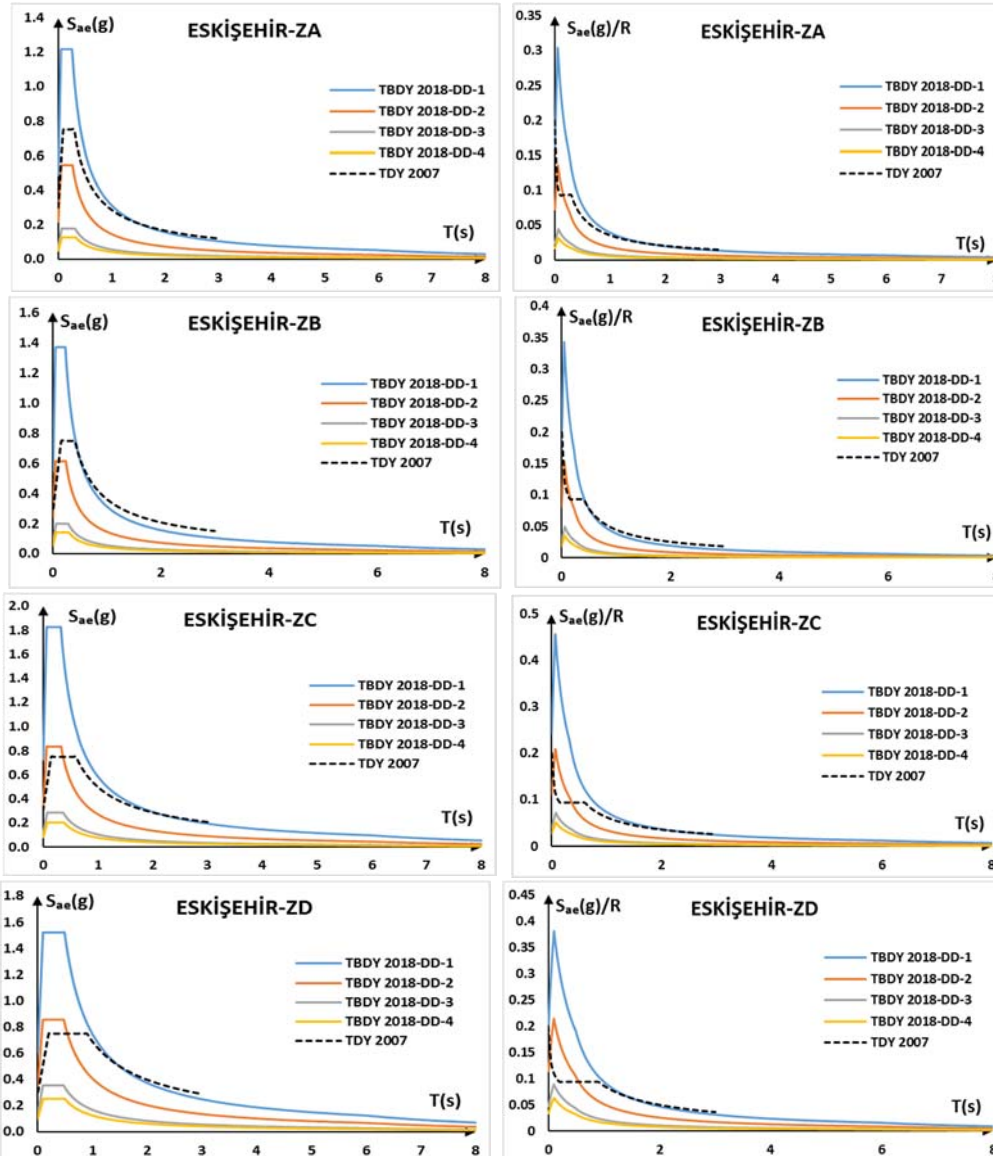


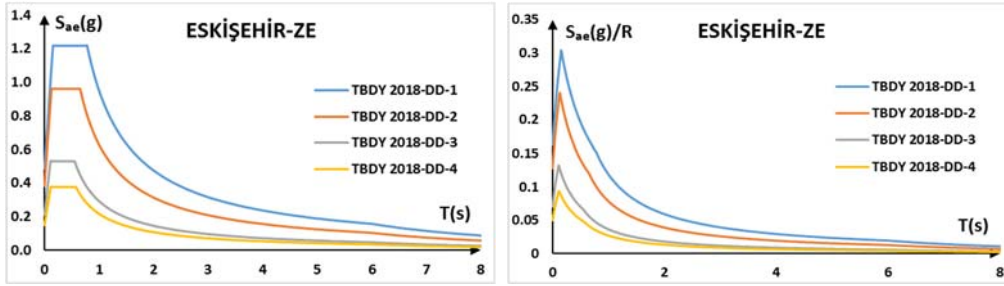
yılında yayımlanan deprem bölgesi haritasına ve TDY 2007'ye [12] göre, 1. derece deprem bölgesi için Kocaeli ili, 2. derece deprem bölgesi için Eskişehir ili, 3. derece deprem bölgesi için Kayseri ili ve 4. derece deprem bölgesi için Konya ili seçilmiştir. Bu bölgelerde, TDY 2007 [12] ve TBDY 2018 [13] yönetmeliklerine göre spektral ivme değerleri ve bu değerlere göre zemin hâkim periyotları belirlenmiştir. TDY 2007'ye [12] göre, bu değerler bölgeler için tanımlanan etkin yer ivme katsayıları kullanılarak belirlenmiş, TBDY 2018 [13] için ise, bu illerin merkez koordinatları dikkate alınarak Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) kurumunun internet sitesinde yer alan deprem ivme haritasından elde edilmiştir. Bölgelerin tasarım spektrum eğrileri her bir zemin sınıfı ve dört farklı deprem yer hareketi düzeyine göre (DD-1, DD-2, DD-3, DD-4) ayrı ayrı gruplandırılarak çizilmiştir. Çizilen grafikler seçilen illere göre Şekil 9'da gösterilmiştir. Grafiklerin karşılaştırmasında TBDY 2018'e [13] göre dört farklı deprem seviyesi varken TDY 2007 [12] için sadece tasarım depremine denk gelen bir adet grafik verilmiştir.



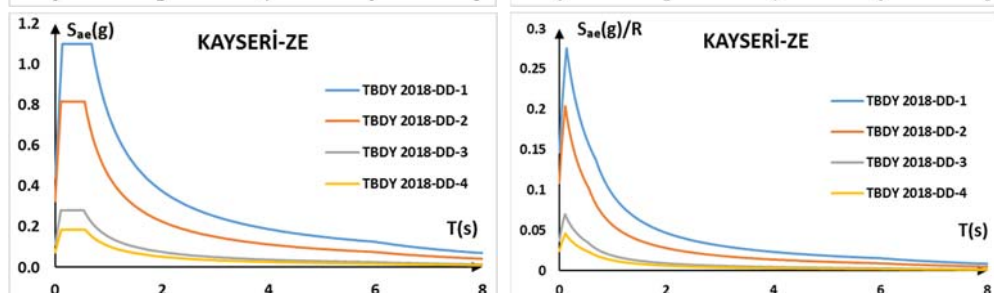
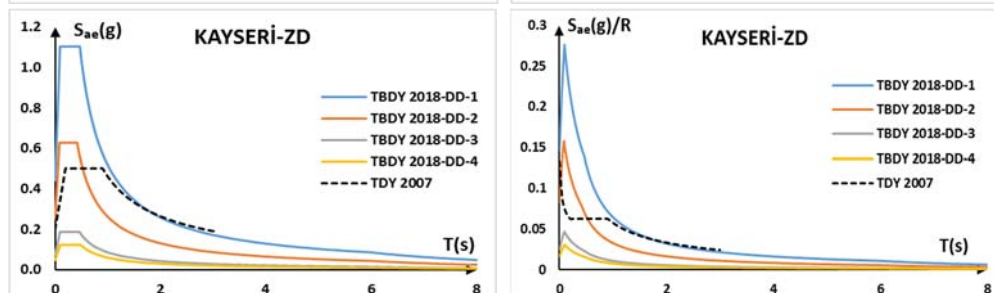
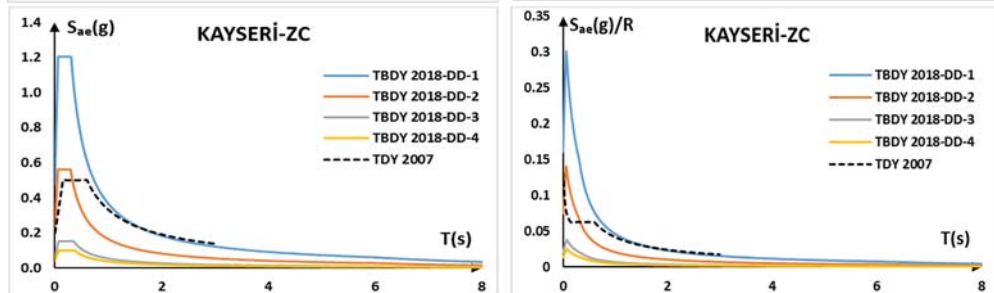
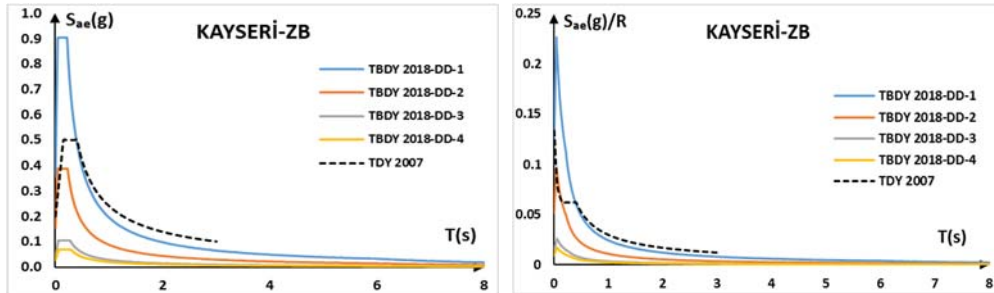
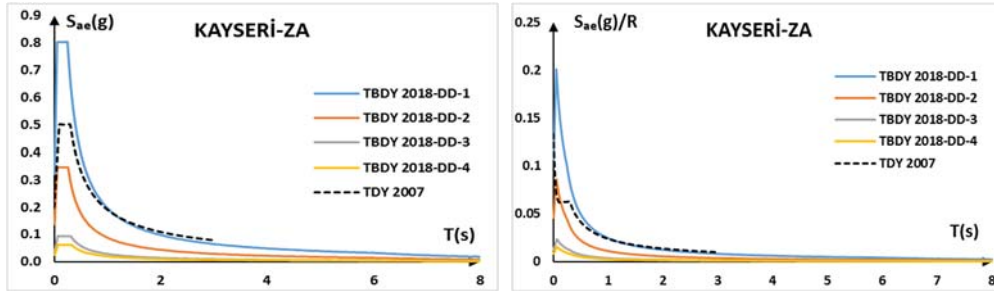


a)

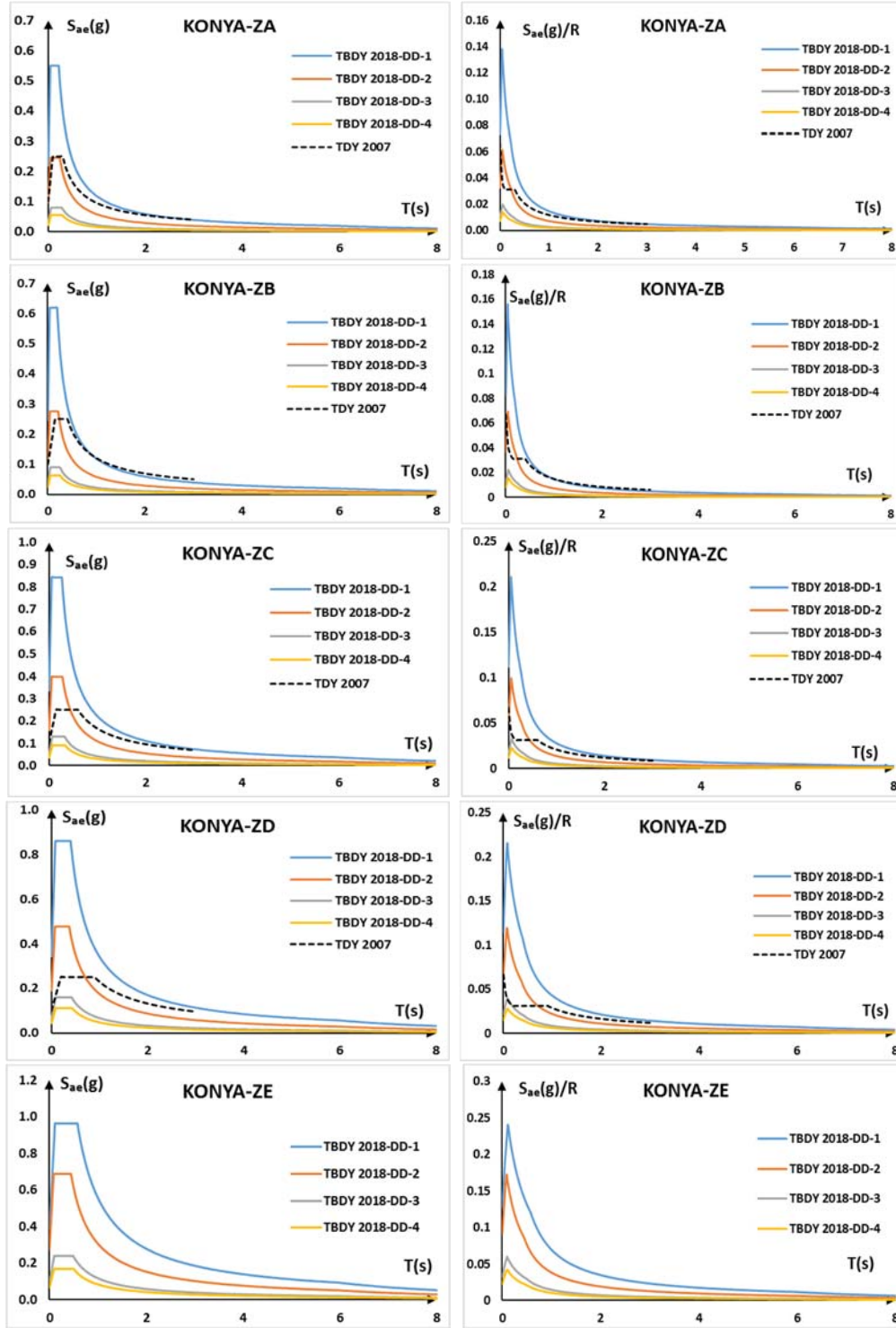




b)



c)



d)

Şekil 9. Seçilen illerin tasarım spektrum eğrileri a) Kocaeli, b) Eskişehir, c) Kayseri, d) Konya

TDY 2007 [12] ve TBDY 2018'e [13] göre 50 yılda yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremine (DD-2) ait spektral ivme katsayıları ve zemin hâkim periyotları, her iki yönetmelik için Tablo 1 ve Tablo 2'de karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 1. Seçilen illerin tasarım depremi (DD-2)'ye göre spektral ivme katsayılarının yönetmelikler arası karşılaştırılması

TASARIM DEPREMİ (DD-2)	TDY 2007				TBDY 2018							
	Z <sub>1</sub> -Z <sub>2</sub> -Z <sub>3</sub> -Z <sub>4</sub>		Z <sub>A</sub>		Z <sub>B</sub>		Z <sub>C</sub>		Z <sub>D</sub>		Z <sub>E</sub>	
	0,4*S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>	0,4* S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>	0,4* S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>	0,4* S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>	0,4* S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>	0,4* S <sub>Ds</sub>	S <sub>Ds</sub>
KOCAELİ	0,4	1	0,428	1,07	0,481	1,2025	0,641	1,6025	0,534	1,335	0,463	1,1575
ESKİŞEHİR	0,3	0,75	0,218	0,545	0,246	0,615	0,335	0,8375	0,342	0,855	0,384	0,96
KAYSERİ	0,2	0,5	0,138	0,345	0,156	0,39	0,225	0,5625	0,251	0,6275	0,327	0,8175
KONYA	0,1	0,25	0,098	0,245	0,111	0,2775	0,16	0,4	0,191	0,4775	0,275	0,6875

Tablo 2. Seçilen illerin tasarım depremi (DD-2)'ye göre zemin hâkim periyotlarının yönetmelikler arası karşılaştırılması

TASARIM DEPREMİ (DD-2)	TDY 2007								TBDY 2018									
	Z <sub>1</sub>		Z <sub>2</sub>		Z <sub>3</sub>		Z <sub>4</sub>		Z <sub>A</sub>		Z <sub>B</sub>		Z <sub>C</sub>		Z <sub>D</sub>		Z <sub>E</sub>	
	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>
KOCAELİ									0,054	0,271	0,048	0,241	0,068	0,339	0,105	0,525	0,160	0,800
ESKİŞEHİR									0,053	0,267	0,047	0,237	0,065	0,326	0,095	0,476	0,131	0,656
KAYSERİ	0,1	0,3	0,15	0,4	0,15	0,6	0,15	0,9	0,051	0,255	0,045	0,226	0,059	0,294	0,083	0,417	0,111	0,554
KONYA									0,048	0,238	0,042	0,211	0,055	0,274	0,073	0,367	0,089	0,446

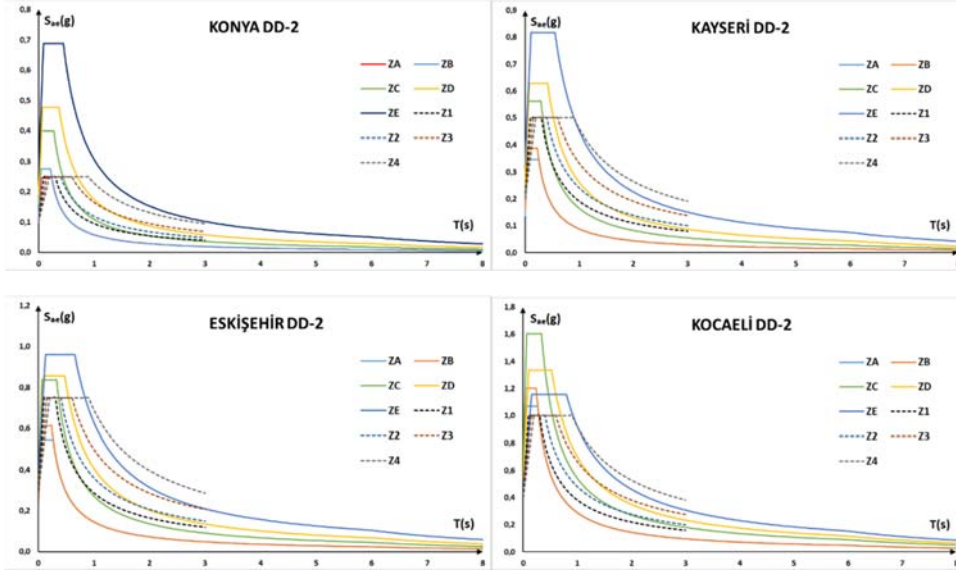
Tablo 1'den de görüldüğü üzere, spektral ivme katsayıları aynı deprem bölgesi için, TDY 2007'de [12] farklı zemin sınıflarına göre değişmezken, TBDY 2018'de [13] bu değerler zemin sınıflarına göre bir miktar farklılık göstermektedir. TBDY 2018'de [13] zemin sınıfı kötüleştikçe ivme katsayıları artmaktadır.

TDY 2007'ye [12] göre 1. derece deprem bölgesi için seçilen Kocaeli ili merkezi için, spektral ivme katsayısı değeri TBDY 2018'de [13] Z<sub>C</sub> zemin sınıfında maksimum seviyeye çıkarak yaklaşık %60'lık artış göstermiştir. Aynı şekilde 2. derece deprem bölgesi için seçilen Eskişehir ili için bu değer, %28'lik bir artışla Z<sub>E</sub> zemin sınıfında maksimum seviyeye ulaşmıştır. 3. derece deprem bölgesi için seçilen Kayseri ilinde, Z<sub>E</sub> zemin sınıfında %63'lük artış ve 4. derece deprem bölgesi için seçilen Konya ilinde ise yine en yüksek artış Z<sub>E</sub> zemin sınıfında meydana gelmiş ve artış miktarı %175 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2'ye göre, zemin hâkim periyotları T<sub>A</sub> ve T<sub>B</sub>, TDY 2007'de [12] sadece zemin sınıflarına bağlı olarak değişirken, TBDY 2018'de [13] bu değerler deprem bölgelerine göre de değişkenlik göstermektedir. TBDY 2018'de [13] aynı bölge için farklı zemin sınıfları



incelendiğinde zemin hâkim periyotları arasında kalan plato TDY 2007’de [12] olduğu gibi uzamakta, fakat aynı zemin sınıfı için farklı deprem gölgelerine bakıldığında zaman, zemin hâkim periyotları ve bu periyotlar arasındaki bölgeler artmaktadır. Şekil 10’da seçilen dört il tasarım depremi temel alınarak spektral ivme grafikleri zemin sınıflarına göre gösterilmiştir. Grafiklerde kesikli çizgiler TDY 2007’ye [12] ait olan grafikleri göstermektedir.



Şekil 10. Seçilen illerin TDY 2007 ve TBDY 2018’de tanımlanan bütün zemin sınıflarına göre tasarım depremi (DD-2) için birleştirilmiş tasarım spektrum eğrileri

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada TDY 2007 ve TBDY 2018’de tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hakim periyotlarının arasında bir kıyaslama yapılmıştır. Yapılan kıyaslama sonucunda aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

- TDY 2007’de Türkiye Deprem Tehlike haritası dört farklı deprem bölgesinden oluşmakta ve bu bölgeler için tanımlanan sabit yer ivmesi değerleri ile elastik spektral analiz yapılmaktadır.
- TBDY 2018’de ise Türkiye Deprem Tehlike haritası üzerinde deprem bölgesi adında bir kavram olmamakla birlikte, yeni yapılacak binaların koordinatlarının faya olan uzaklıklarına göre harita spektral değerleri elde edilmektedir.
- TDY 2007’de zemin hâkim periyotları deprem bölgelerine göre değişiklik göstermemekte, zemin taşıma gücü azaldıkça (zemin zayıflaşıkça) periyotlar arasında kalan plato uzunluğu artmaktadır.

- TBDY 2018'e göre, zemin hakim periyotları bölgenin spektral ivme değerleri temel alınarak hesaplanmakta ve periyotlar arasında kalan plato uzunluğu, bölgelere göre (Düşey ekseninde yer alan spektral ivme değerlerine göre) değişkenlik göstermektedir.
- TBDY 2018 yönetmeliğinden elde edilen spektral ivme değerleri TDY 2007'ye göre oldukça tutucu yönde kalmıştır. Seçilen bölgelerde yapılan kıyaslama sonucunda spektral ivme değerleri TDY 2007'ye göre minimum %28, maksimum %175 gibi değerler arasında bir artış göstermiştir.
- Kocaeli ili hariç, diğer üç ilde en büyük spektral ivme değeri en kötü zemin sınıfı olan  $Z_E$ 'de meydana gelirken, Kocaeli ili için bu durum  $Z_C$ 'de elde edilmiştir.
- Bu çalışmada dört farklı il ve farklı zemin sınıfları için tasarım ivme spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu bölgelerle sınırlı olmakla beraber genel olarak zayıf zemin grupları için TBDY 2018'in TDY 2007'ye göre daha güvenli tarafta kaldığını göstermektedir.

### **Kaynaklar**

- [1] Nakipoğlu, A, Katlar arası rijitlik düzensizliği bulunan betonarme yapıların güçlendirilmesi üzerine deneysel bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- [2] Can, D, Statik itme (Pushover) yöntemiyle mevcut bir yapının güvenliğinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [3] Fan X, Wang K, Xiao S. Large-scale parallel computation for earthquake response spectrum analysis, *Engineering Computations* 2018; 35: 800-817.
- [4] Newmark N.M, Hall W.J. Earthquake spectra and design. Berkeley: Earthquake Engineering Research Institute; 1982.
- [5] Talebian M. Seismic risk analysis in Japan. *Individual Studies by Participants at The International Institute of Seismology and Earthquake Engineering* 1995; 31: 59-70.
- [6] Chopra A.K. Elastic response spectrum: A historical note, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 2007; 36: 3-12.
- [7] Song J, Chu Y, Liang Z, Lee G.C. Estimation of peak relative velocity and peak absolute acceleration of linear SDOF systems, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration* 2007; 6(1): 1-10.
- [8] Uçar T, Merter O. Binaların deprem hesabında kullanılan doğrusal elastik hesap

yöntemleriyle ilgili bir irdeleme, Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg. 2012; 2: 15-31.

[9] Kale, Ö., Akkar, S., 2015, Tasarım spektrumu köşe periyotları ve zemin amplifikasyon katsayılarının olasılıksal sismik tehlike analizleri ile belirlenmesi, 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015*, DEÜ- İzmir.

[10] Deng P, Peia S, Hartzell S, Luco N, Rezaeian S. A response spectrum-based indicator for structural damage prediction, *Engineering Structures* 2018; 166: 546-555.

[11] Kırçıl M.S., Hancıoğlu B. Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel ilkeler, Ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.

[12] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2007), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

[13] Türkiye Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2018), Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.