

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ DEPREM TASARIM  
SPEKTRUMLARININ İNCELENMESİ

RANA ÇORUH

KOCAELİ 2024

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ DEPREM TASARIM**  
**SPEKTRUMLARININ İNCELENMESİ**

**RANA ÇORUH**

**Prof.Dr. SAMİ ARSOY**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi** .....

**Dr. Öğr. Üyesi HİLAL MEYDANLI ATALAY**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi** .....

**Dr. Öğr. Üyesi ERDİNÇ KESKİN**  
**Jüri Üyesi, Kırklareli Üniversitesi** .....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 25.06.2024**

## ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler ..... tarafından ..... no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....  
(İmza)  
RANA ÇORUH

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....  
(İmza)  
RANA ÇORUH

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemiz de dahil olmak üzere birçok ülke deprem afetine maruz kalmaktadır. Depremde hem can hem de mal kaybı yaşanabilmektedir. Deprem yönetmelikleri bu kayıpları en aza indirmek için önemli yol göstericilerdir. Bu çalışmada Türkiye-TBDY 2018, Avrupa Birliği- Eurocode 8- EN 1998-1, Hindistan- IS 1893-1, ABD-ASCE/SEI 7-10 ve Yunanistan- EAK 2000 yönetmelikleri incelenerek farklılıklar gösterilmiştir.

Bu konuda bana çalışma fırsatı veren değerli hocama teşekkür ederim. Ayrıca hem çalışma sürecimde hem de hayatım boyunca beni destekleyen aileme de sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Mayıs-2024

Rana ÇORUH



## İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ .....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. DEPREM.....	2
2.1. Deprem Parametreleri .....	3
2.1.1. Odak Noktası (Hiposantr) .....	3
2.1.2. Dış Merkez (Episantr).....	3
2.1.3. Odak Derinliği .....	4
2.1.4. Eş Şiddet (İzoseist) Eğrileri.....	4
2.1.5. Şiddet .....	4
2.1.6. Magnitüd (Büyüklik).....	6
2.2. Deprem-Zemin İlişkisi .....	6
3. DEPREM TEPKİ SPEKTRUMU VE TASARIM SPEKTRUMU .....	7
4. DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ SPEKTRUMLAR .....	13
4.1. Türkiye- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği- Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar (TBDY) (2018).....	13
4.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	13
4.1.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1) .....	13
4.1.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) .....	14
4.1.1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3) .....	14
4.1.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4) .....	14
4.1.2. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları .....	14
4.1.2.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....	14
4.1.3. Tasarım Spektrumları.....	13
4.1.3.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu .....	13
4.1.3.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu .....	13
4.2. Avrupa Birliği- Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı (EN 1998-1) (2004).....	19
4.2.1. Zemin Koşulları .....	20
4.2.2. Zemin Türlerinin Tanımlanması.....	20
4.2.3. Sismik Etki .....	22
4.2.3.1. Deprem Bölgeleri.....	22
4.2.4. Sismik Hareketin Temel Gösterimi .....	23
4.2.4.1. Yatay Elastik Tepki Spektrumu.....	23
4.2.4.2. Düşey Elastik Tepki Spektrumu .....	19
4.2.4.3. Elastik Analiz İçin Tasarım Spektrumu .....	26
4.3. Hindistan- Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı İçin Kriterler- Bölüm 1: Genel Hükümler ve Binalar (Altıncı Revizyon) (IS 1893-1) (2016).....	28

4.3.1. Genel İlkeler .....	19
4.3.2. Zemin-Yapı Etkileşimi .....	19
4.3.3. Yük Kombinasyonu ve İzin verilen Gerilmelerdeki Artış .....	19
4.3.3.1. Yük Kombinasyonları .....	19
4.3.3.2. Tasarım Yatay Deprem Yüğü .....	19
4.3.3.3. Tasarım Düşey Deprem Yüğü .....	30
4.3.3.4. Üç Bileşenli Deprem Yer Sarsıntısını Hesaba Katan Kombinasyonlar .....	30
4.3.4. Tasarım Spektrumu .....	31
4.4 ABD- Binalar ve Diğer Yapılar İçin Minimum Tasarım Yüğü (ASCE Standardı-ASCE/SEI 7-10) (2010) .....	36
4.4.1. Sismik Yer Hareketi Değerleri .....	37
4.4.1.1. Haritalanmış İvme Parametreleri .....	37
4.4.1.2. Zemin Sınıfı .....	19
4.4.1.3. Maksimum Dikkate Alınan Deprem ( $MCE_R$ (Maximum Considered Earthquake)) Spektral Tepki İvme Parametreleri .....	39
4.4.1.4. Tasarım Spektral İvme Parametreleri .....	40
4.4.1.5. Tasarım Spektrumu .....	40
4.4.2. Sismik Tasarım Kategorisi .....	41
4.5. Yunanistan- Depreme Dayanıklı Yapılara İlişkin Yunan Yönetmeliğı (EAK 2000) .....	44
4.5.1. Tasarım Sismik Hareketleri .....	44
4.5.2. Sismik Uyarıların Modellenmesi .....	46
4.5.3. Tasarım Spektrumları .....	47
4.5.3.1. Yatay Tasarım Spektrumu .....	47
4.5.3.2. Düşey Tasarım Spektrumu .....	48
4.5.3.3. Zemin Sismik İvmesi .....	49
4.5.3.4. Davranış Faktörü, $q$ .....	51
4.5.3.5. Zemin Sınıflandırılması .....	52
4.5.3.6. Temel Faktörü, $\theta$ .....	53
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	54
5.1. Zemin Sınıflamaları .....	54
5.2. Ülkelerin Spektrumları .....	55
5.3. Tasarım Spektrum Grafikleri .....	60
5.3.1. ZA- Zemin Sınıfı için Tasarım Spektrumları .....	60
5.3.2. ZC- Zemin Sınıfı için Tasarım Spektrumları .....	69
5.3.3. ZE- Zemin Sınıfı için Tasarım Spektrumları .....	73
5.4. Normalizasyon Yapılmış Spektrumlar .....	77
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	80
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	84

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fay türleri.....	2
Şekil 2.2. Odak noktası, dış merkez ve deprem dalgaları .....	3
Şekil 2.3. Dış merkez .....	4
Şekil 3.1. Tek serbestlik dereceli bir sistemin hareketi.....	7
Şekil 3.2. Tacoma köprüsündeki rezonans durumu sonucu .....	9
Şekil 3.3. Tepki spektrumu örneği.....	10
Şekil 3.4. Tasarım ve tepki spektrumu örneği .....	12
Şekil 4.1. Türkiye- Yatay elastik tasarım spektrumu.....	17
Şekil 4.2. Türkiye- Düşey elastik tasarım spektrumu .....	18
Şekil 4.3. Kıbrıs için maksimum yer ivmesinin değeri, $a_{gR}$ değerleri.....	22
Şekil 4.4. Elastik tepki spektrumu .....	24
Şekil 4.5. Hindistan'ın deprem bölgeleri .....	35
Şekil 4.6. Kaya ve toprak zeminler için spektrum (%5 sönüm) .....	36
Şekil 4.7. ABD- Yatay tasarım spektrumu.....	41
Şekil 4.8. Yunanistan- Yatay tasarım spektrumu .....	47
Şekil 4.9. Yunanistan- Sismik risk bölgesi haritası .....	49
Şekil 5.1. Türkiye fay haritası .....	60
Şekil 5.2. Kocaeli zemin haritası .....	61
Şekil 5.3. Kocaeli ZA zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	61
Şekil 5.4. İtalya' nın sismik tehlike haritası ve maksimum yer ivmesi değerleri .....	63
Şekil 5.5. İtalya' nın zemin sınıflandırması .....	63
Şekil 5.6. İtalya A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	64
Şekil 5.7. Hindistan'ın sismik tehlike haritası .....	65
Şekil 5.8. Hindistan Tip 1 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	65
Şekil 5.9. Kaliforniya civarı için $V_s(30)$ değerleri.....	66
Şekil 5.10. Kaliforniya A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu.....	67
Şekil 5.11. Yunanistan A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu.....	68
Şekil 5.12. Kocaeli ZC zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	69
Şekil 5.13. İtalya B zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	70
Şekil 5.14. Hindistan Tip 2 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	71
Şekil 5.15. Kaliforniya C zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	72
Şekil 5.16. Yunanistan $\Gamma$ zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	73
Şekil 5.17. Kocaeli ZE zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	74
Şekil 5.18. İtalya D zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	75
Şekil 5.19. Hindistan Tip 3 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	75
Şekil 5.20. Kaliforniya E zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	76
Şekil 5.21. Yunanistan $\Delta$ zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu .....	77
Şekil 5.22. ZA-ZC ve ZE zemin sınıfları için çizilen tasarım spektrum grafikleri .....	78
Şekil 5.23. Normalizasyon yapılmış tasarım spektrumları .....	79

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Mercalli şiddet ölçeği .....	5
Tablo 4.1. Kısa periyot harita spektral ivme katsayısına göre yerel zemin etki katsayıları .....	15
Tablo 4.2. 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısına göre yerel zemin etki katsayıları .....	15
Tablo 4.3. Türkiye- Zemin sınıflandırılması .....	16
Tablo 4.4. Eurocode 8' deki zemin türleri .....	21
Tablo 4.5. Önem faktörü, $\gamma_1$ .....	22
Tablo 4.6. Tip 1 için önerilen elastik tepki spektrumu parametrelerin değerleri .....	24
Tablo 4.7. Tip 2 için önerilen elastik tepki spektrumu parametrelerin değerleri .....	25
Tablo 4.8. Düşey elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler için önerilen değerler .....	25
Tablo 4.9. Yüksekliği düzenli sistemler için davranış faktörünün temel değeri, $q_0$ .....	26
Tablo 4.10. Hindistan zemin sınıflamaları .....	32
Tablo 4.11. Bölge faktörü, Z .....	32
Tablo 4.12. Önem faktörü, I .....	33
Tablo 4.13. Moment çerçevesi sistemler için tepki azaltma faktörü, R .....	33
Tablo 4.14. ABD- Zemin sınıflandırılması (1) .....	38
Tablo 4.15. ABD- Zemin sınıflandırılması (2) .....	38
Tablo 4.16. Saha katsayısı, $F_a$ .....	39
Tablo 4.17. Saha katsayısı, $F_v$ .....	39
Tablo 4.18. Binaların ve diğer yapıların sel, rüzgar, kar, deprem ve buz yükleri açısından risk kategorisi .....	42
Tablo 4.19. Kısa periyot ivme parametresine göre sismik tasarım kategorisi .....	43
Tablo 4.20. 1 sn periyot ivme parametresine göre sismik tasarım kategorisi .....	43
Tablo 4.21. Zemin sismik ivmesi, ( $A=a.g$ ) .....	45
Tablo 4.22. Önem kategorisi, $\gamma_1$ .....	45
Tablo 4.23. $T_1$ ve $T_2$ periyotlarının değerleri .....	46
Tablo 4.24. Kritik sönüm değerleri, $\zeta$ .....	48
Tablo 4.25. Yunanistan- Yerleşim alanlarının sismik risk bölgeleri .....	50
Tablo 4.26. Davranış faktörü, $q$ .....	51
Tablo 4.27. Yunanistan- Zemin sınıfları .....	52
Tablo 4.28. Temel faktörü, $\theta$ .....	53
Tablo 5.1. Ülkelerin zemin sınıflamaları .....	54
Tablo 5.2. Zemin sınıflandırmalarının karşılaştırılması .....	55
Tablo 5.3. Ülkelerin deprem tasarım spektrumlarına etki eden parametreler .....	55
Tablo 5.4. Ülkelerin spektrumları hakkında özet .....	56
Tablo 5.5. Kocaeli ZA zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	61
Tablo 5.6. İtalya A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	62
Tablo 5.7. Hindistan Tip 1 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	65
Tablo 5.8. Kaliforniya A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	67
Tablo 5.9. Yunanistan A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	68
Tablo 5.10. Kocaeli ZC zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	69
Tablo 5.11. İtalya B zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	70
Tablo 5.12. Hindistan Tip 2 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	70
Tablo 5.13. Kaliforniya C zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	71

Tablo 5.14. Yunanistan $\Gamma$ zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	72
Tablo 5.15. Kocaeli ZE zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	73
Tablo 5.16. İtalya D zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	74
Tablo 5.17. Hindistan Tip 3 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler .....	75
Tablo 5.18. Kaliforniya E zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler.....	76
Tablo 5.19. Yunanistan $\Delta$ zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler.....	77



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Tasarım ivmesi
a	: Zemin sismik ivmesi
$a_g$	: Yatay tasarım yer ivmesi
$a_{gR}$	: A tipi zemindeki referans maksimum yer ivmesi değeri
$A_h$	: Yatay tasarım sismik katsayısı
$a_{vg}$	: Düşey tasarım yer ivmesi
c	: Sönüm
$c_{u,30}$	: Ortalama drenajsız kayma dayanımı
$F_1$	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
$F_a$	: Kısa periyot için saha katsayısı
$F_S$	: Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı
$F_v$	: 1 saniye periyot için saha katsayısı
g	: Yer çekimi ivmesi
I	: Önem faktörü
k	: Rijitlik
$k_w$	: Hasar modunu yansıtan faktör
m	: Yapının kütlesi
n	: Sönüm düzeltme faktörü
N	: Standart penetrasyon değeri
$N_{60,30}$	: Ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
$N_{SPT}$	: Standart penetrasyon testi darbe sayısı
q	: Davranış faktörü
$q_0$	: Davranış faktörünün temel değeri
R	: Tepki azaltma faktörü
S	: Zemin faktörü
$S_1$	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$S_a$	: Yatay tasarım spektral ivme
$S_{a/g}$	: Ortalama tepki ivme katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivme
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivme
$S_d(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivme
$S_{D1}$	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{DS}$	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$S_e(T)$	: Yatay elastik tepki ivme katsayısı
$S_{M1}$	: Maksimum dikkate alınan depremin 1 s'deki ivme parametresi
$S_{MS}$	: Maksimum dikkate alınan depremin kısa periyot ivme parametresi
$S_S$	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
$S_u$	: Drenajsız kayma dayanımı
$S_{ve}(T)$	: Düşey elastik tepki ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu
$T_1, T_2$	: Karakteristik periyot değerleri
$T_A$	: Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu
$T_{AD}$	: Düşey elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu
$T_B$	: Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu
$T_{BD}$	: Düşey elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu
$T_C$	: Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu

$T_D$	: Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyodu
$T_L$	: Yatay elastik tasarım spektrumu için sabit yer değiştirme bölgesine geçiş
$T_{LD}$	: Düşey elastik tasarım spektrumu için sabit yer değiştirme bölgesine geçiş
$T_O, T_S$	: Yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları
$u$	: Göreli yer değiştirme
$\dot{u}$	: Hız
$\ddot{u}$	: Yer hareketi ivmesi
$v_{s,30}$	: Ortalama kayma dalgası hızı
$W_n$	: Sistemin doğal frekansı
$Z$	: Bölge faktörü
$B$	: Alt sınır faktörü
$\beta_o$	: Spektral amplifikasyon faktörü
$\gamma_1$	: Önem faktörü
$\zeta$	: Kritik sönüm değerleri
$\eta$	: Sönüm düzeltme faktörü
$\theta$	: Temelin etki faktörü
$\Phi_d$	: Yatay tasarım spektrum ivme katsayısı
$\Phi_e$	: Elastik spektrum ivme katsayısı
$\xi$	: Yapının viskoz sönümleme oranı

### **Kısaltmalar**

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CEN	: European Committee for Standardization (Avrupa Standartlar Komitesi)
DL	: Dead Load (Ölü yük)
EL	: Earthquake Load (Deprem yükü)
MCE <sub>R</sub>	: Maximum Considered Earthquake (Maksimum dikkate alınan deprem)
MM	: Mercalli Cetveli
MSK	: Medvedev- Sponheuer Karnik

# FARKLI DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ DEPREM TASARIM SPEKTRUMLARININ İNCELENMESİ

## ÖZET

Dünyada sismik açıdan aktif bölgelerde depremlerin sıklıkla oluştuğu ve sonucunda da birçok insanın kötü sonuçlar ile etkilendiği bilinmektedir. Bu sonuçların en aza indirilmesi ve yapı hasarlarının azaltılması için depreme dayanıklı yapılar tasarlamak önemlidir. Yapılar tasarlanırken yapının yapılacağı yerin depremselliğini de ele almak gerekmektedir. Bundan dolayı da tasarım spektrumları elde etmek gerekmektedir. Bu çalışmada; seçilen 5 deprem yönetmeliğindeki deprem tasarım spektrumlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada amaç; Türkiye- TBDY 2018, Avrupa Birliği- Eurocode 8- EN 1998-1, Hindistan- IS 1893-1, ABD- ASCE/SEI 7-10 ve Yunanistan- EAK 2000 yönetmeliklerindeki deprem tasarım spektrumları hakkında bilgi öğrenip eksiklik ve farklılıkları görmektir. Öncelikle bu 5 deprem yönetmeliğinin de içeriği ve amaçlarına değinilmiştir. Sonrasında deprem tasarım spektrumlarının anlatıldığı bölümler sırasıyla ayrı başlıklar halinde anlatılmıştır. Daha sonra zemin sınıfları ve tasarım spektrumları hakkında bilgiler karşılaştırma yapılarak tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmanın son bölümü olarak her 5 ülkenin de depremselliğinin sık olduğu yerlerinde bir okul binası inşa edileceği düşünülerek yatay elastik tasarım spektrumları çizilmiştir. Aynı zamanda zemin sınıflarının etkisini de görmek için farklı zemin sınıflarına göre ayrı ayrı spektrum grafikleri oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmada seçilen 5 yönetmeliğinin de benzerlikleri olduğu kadar farklı ve birbirine göre eksik yanları olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, Deprem Tasarım Spektrumu, Deprem Yönetmeliği, Tasarım İvmesi, Zemin.

# **EXAMINATION OF EARTHQUAKE DESIGN SPECTRUMS IN DIFFERENT EARTHQUAKE REGULATIONS**

## **ABSTRACT**

It is known that earthquakes occur frequently in seismically active regions of the world and as a result, many people are affected by bad consequences. It is important to design earthquake-resistant structures to minimize these consequences and reduce structural damage. When designing buildings, it is necessary to consider the seismicity of the place where the building will be built. Therefore, it is necessary to obtain design spectra. In this study; A comparison of earthquake design spectra in 5 selected earthquake codes was made. The aim of the study is to learn about the earthquake design spectra in Turkey- TBDY 2018, European Union- Eurocode 8- EN 1998-1, India- IS 1893-1, USA- ASCE/SEI 7-10 and Greece- EAK 2000 regulations and to see the deficiencies and differences. First of all, the content and purposes of these 5 earthquake regulations are mentioned. Afterwards, the sections where earthquake design spectra are explained are explained under separate headings, respectively. Then, information about soil classes and design spectra were compared and presented in tables. As the last part of the study, horizontal elastic design spectra were drawn considering that a school building would be built in places where seismicity is frequent in all 5 countries. At the same time, separate spectrum graphs were created for different soil classes to see the effect of soil classes. It is seen that the 5 regulations selected in this study have similarities as well as differences and shortcomings compared to each other.

**Keywords:** Earthquake, Earthquake Design Spectrum, Earthquake Regulation, Design Acceleration, Soil.

## 1. GİRİŞ

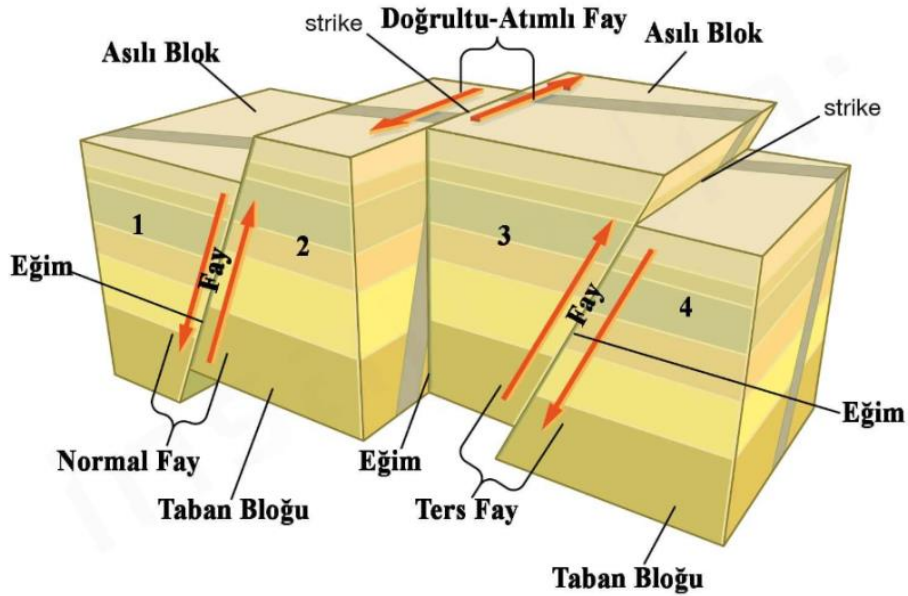
Deprem ülkemiz de dahil olmak üzere birçok ülkede olumsuz sonuçlara neden olan bir doğal afettir. Bulduğumuz yapıları depreme dayanıklı şekilde yapmamız gerekmektedir. Depreme dayanıklı bir yapı tasarlarırken öncelikle yapının yapılacağı zeminin iyi bir şekilde araştırma yapılması gerekmektedir. Sonrasında ise zeminin deprenselliği önemlidir. Deprenselliğin incelenmesi için o bölgede meydana gelmiş deprem kayıtlarını incelemek gerekmektedir. Yapı tasarımında kullanmak için hem daha önceden meydana gelmiş deprem kayıtlarını hem de meydana gelebilecek muhtemel depremleri de dikkate almamız gerekmektedir. Bundan dolayı da tasarım spektrumları elde etmek gerekmektedir. Bu tez çalışmasında seçilen 5 deprem yönetmeliğinin de geçerli olduğu ülkelerde deprenselliğin en sık olduğu yerde bir okul binası inşa edileceği düşünülerek tasarım spektrumları çizilmiştir. Aynı zamanda farklı zemin koşullarının da deprem tasarım spektrumlarına etkisini görmek için 3 farklı zemin için de tasarım spektrumları oluşturulmuştur. Bunun sonucunda farklı deprem yönetmeliklerindeki tasarım spektrumları incelenerek benzerlik ve eksikliklerin olduğu görülmektedir.

## 2. DEPREM

Deprem; yer kabuğu içindeki kırılmalar sebebiyle aniden ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak ilerlerken geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayıdır.

Depremlerin meydana gelmesinin sebebi, yer kabuğundaki levhaların hareket etmesidir. Bu levhaların hareket etmesinin asıl sebebi ise Dünya'nın merkezinden yayılan ısıdır. Dünya'nın merkezindeki yüksek sıcaklıktan dolayı çekirdeğe yakın yerler yüzeye doğru hareket etme eğilimindedir. Yüzeye yakın yerler ise merkeze doğru hareket etme eğilimindedir. Bu nedenle bazı bölgelerde levhalar birbirinden uzaklaşırken bazı bölgelerde levhalardan biri diğerinin altına hareket eder ya da levhalar birbirine yanal hareket ederler. Levhaların hareketleri sonucunda gerilmeler, sıkışmalar meydana gelerek enerji birikmesine neden olur. Oluşan bu enerjiler zamanla ortaya çıkarak da depremler oluşur. Enerji biriken hareketleri kesimlere “Fay” adı verilir. Deprem hareketinin yer ve şiddetine göre yer kabuğunda yeni aktif faylar veya aktif olmayan faylar ortaya çıkabilir.

Levhaların hareketlerine göre çeşitli fay türleri meydana gelmektedir (Şekil 2.1).



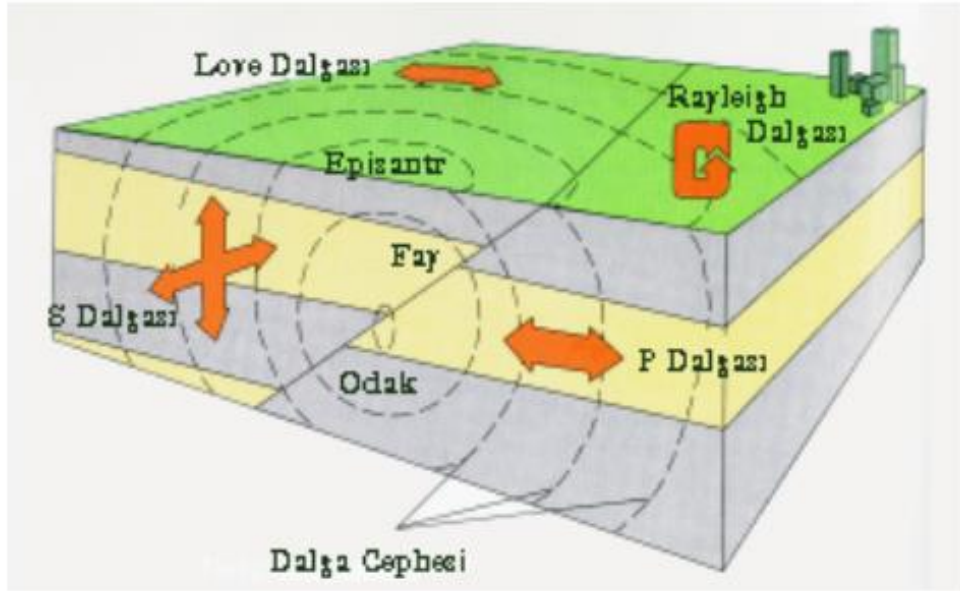
Şekil 2.1. Fay türleri (URL-1)

## 2.1. Deprem Parametreleri

Bir deprem meydana geldiğinde, bu depremi anlatabilmek için "Deprem Parametreleri" olarak tanımlanan bazı kavramlardan yararlanmamız gerekmektedir. Bu parametreler başlıklar halinde aşağıda anlatılmaktadır.

### 2.1.1. Odak Noktası (Hiposantr)

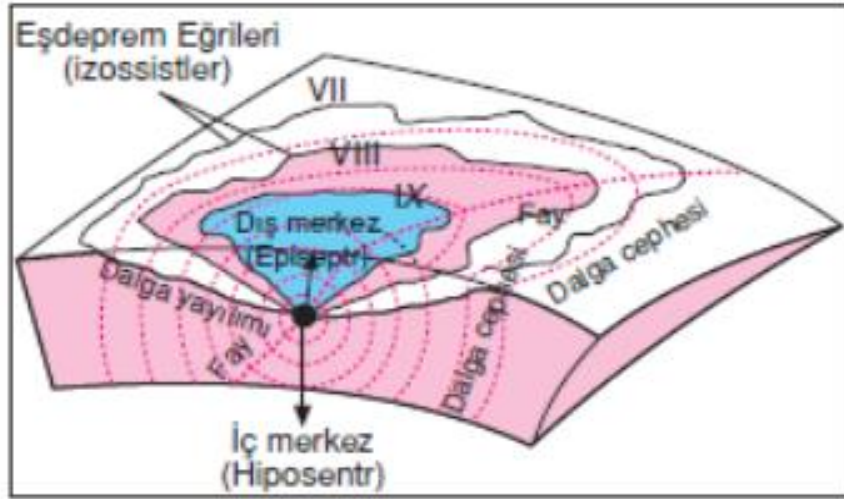
Odak noktası yer kabuğu içinde deprem enerjisinin meydana geldiği noktadır (Şekil 2.2). Odak noktası ya da iç merkez olarak da adlandırılabilir.



Şekil 2.2. Odak noktası, dış merkez ve deprem dalgaları (URL-2)

### 2.1.2. Dış Merkez (Episantr)

Odak noktasından yer yüzeyine dik çıkılarak ulaşılan nokta episantrdır (Şekil 2.3). Dış merkez deprem sırasında en çok hasar alan noktadır çünkü deprem enerjisinin meydana geldiği odak noktasına en yakın noktadır. Aslında nokta olarak söylene de bu bir alandır. Dış merkezin kapsadığı alan depremin şiddetine bağlıdır. Depremin şiddeti arttıkça kapsadığı yani yeryüzünde etkilediği alan o kadar genişler.



Şekil 2.3. Dış merkez (URL-3)

### 2.1.3. Odak Derinliği

Odak derinliği en net ve kısa tanımı ile hiposantr ve episantr arasındaki düşey olarak ölçülen uzaklıktır. Depremler odak derinliğine göre derin, orta ve sığ depremler olarak sınıflandırılabilir:

Derin depremlerin odak derinliği fazla olur ve bu nedenle deprem çok geniş alanlarda hissedilir. Fakat sebep oldukları hasar daha azdır. Sığ depremler ise daha dar bir alanda hissedilir ve bu alan içerisinde çok fazla hasara sebep olurlar.

### 2.1.4. Eş Şiddet (İzoseist) Eğrileri

Aynı şiddet değerlerine sahip olan noktaları birleştirerek elde edilen eğrilere eş şiddet eğrileri denilmektedir.

### 2.1.5. Şiddet

Şiddet, herhangi bir odak derinliğinde oluşan depremin, yer yüzeyinde hissedildiği noktalardaki etkilerinin ölçüsüdür.

Depremin şiddeti, yer yüzeyinde gözlenen etkiler sonucunda belli olduğu için deprem şiddet ölçeği uzun yıllar sonucu edinilen deneyimler sonucu oluşmuştur.

Bir deprem meydana geldiğinde şiddetini belirlemek için, o bölgede oluşan etkiler gözlenir. Bu gözlenen etkiler şiddet ölçeğinde hangi dereceye uygunsa depremin şiddeti o olarak kabul edilir. Bugün kullanılan şiddet cetvelleri “Mercalli Cetveli (MM)” ve “Medvedev-Sponheuer Karnik (MSK)” şiddet cetvelleridir. Tablo (2.1)’ de en çok kullanılan Mercalli şiddet ölçeği gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Mercalli şiddet ölçeği

<b>MERCALLİ ŞİDDETİ</b>	<b>TANIMI VE MEYDANA GELEBİLECEK OLAYLAR</b>
<b>I</b>	Neredeyse hiç hissedilmez.
<b>II</b>	Yüksek binaların üst katındaki insanlar tarafından hissedilebilir.
<b>III</b>	Binaların içindeki insanlar tarafından hissedilir. Asılı cisimler hareket eder. Dışarıdakiler tarafından hissedilmez.
<b>IV</b>	İçerideki çoğu kişi hisseder. Büyük bir kamyonun binaya çarpma etkisine benzer bir etki hissedilir. Dışarıda az kişi hisseder. Park etmiş arabalar görünür bir şekilde sallanır.
<b>V</b>	Herkes tarafından hissedilir. Cisimler yere düşüp kırılmalar yaşanabilir. Ağaç ve direk gibi dışarıdaki yüksek cisimler sarsılır.
<b>VI</b>	Herkes tarafından hissedilir. Mobilyalar, bazı ağır eşyalar hareket eder. Duvarların sıvaları dökülebilir.
<b>VII</b>	Ayakta durmak güçtür. İyi inşa edilmiş binalarda hafif-orta seviyede hasar gözlenebilir. Kötü inşa edilmiş binalarda büyük ölçüde hasara yol açabilir.
<b>VIII</b>	Sürücüler direksiyon hâkimiyetini kaybeder. Depreme dayanıklı binalarda az hasar, orta iyi yapılarda orta hasar, kötü yapılmış binalarda ise oldukça büyük hasarlar meydana gelebilir. Yamaçlarda çatlaklar meydana gelebilir.
<b>IX</b>	Depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda görünür bir hasar oluşabilir. Yapılar temellerinden ayrılabilir. Binalar eğilebilir.
<b>X</b>	Binaların çoğu hasar görür. Köprüler, barajlar, demir yolları hasar görür. Heyelanlar meydana gelebilir.
<b>XI</b>	Binaların çoğu yıkılır. Bazı köprüler yıkılır. Zeminde geniş çatlaklar oluşur. Demiryolları büyük oranda bükülür.
<b>XII</b>	Hemen hemen her şey yerle bir olmuştur. Kaya zeminler bile yerinden oynar. Zemin dalga şeklinde hareket eder.

### **2.1.6. Magnitüd (Büyüklik)**

Deprem meydana gelirken oluşan enerjinin ölçüsü depremin büyüklüğüdür. Prof. C. Richter “depremin dış merkezinden 100 km uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş olan özel bir sismografla kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin "magnitüdü" olarak tanımlamıştır.

### **2.2. Deprem-Zemin İlişkisi**

Depremde, yapının bulunduğu zeminin davranışı çok iyi bilinmelidir. Yapı yapılmadan önce zemin incelenmeli ve gerekli durumlarda yapıya başlanmadan önlem alınmalıdır.

Depremin meydana geldiğinde yer yüzeyindeki etkileri zeminlerin durumlarına göre farklı olmaktadır:

Örneğin iyi ve sağlam zeminlerde (granit, kaya vb.) deprem enerjisi yutulur ve depremin verdiği hasar yok denecek kadar az olabilmektedir. Buna karşın kötü zeminlerde (alüvyon, killi vb.) ise depremin enerjisini zemin büyütür ve verdiği hasar çok fazladır. Aynı zamanda depremin büyüklüğü aynı olsa dahi iyi ve kötü zeminde hissedilen şiddet çok farklı olmaktadır.

Türkiye’de Deprem – Zemin - Yapı İlişkilerini açıklayan ve düzenleyen yönetmelik, standartlar ve teknik şartnameler hazırlanmıştır:

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Yapı Denetimi Hakkında Kanun, Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği, Türk Standartları ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ bunlara birer örnektir.

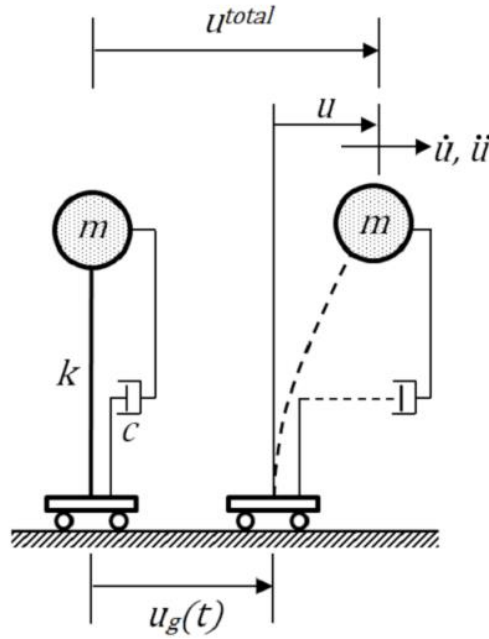
### 3. DEPREM TEPKİ SPEKTRUMU VE TASARIM SPEKTRUMU

Deprem durumunda yapı açısından en önemli konu sistemde oluşan yer değiştirmelerin hareketli zemine göre yaptığı göreceli yer değiştirme olarak adlandırılan  $u(t)$ ' dir.

Kütlelerin ilk konumlarına göre göreceli olarak yapmış oldukları deplasmanları tanımlamak için gerekli olan bağımsız yer değiştirme sayısı serbestlik derecesi olarak ifade edilmektedir. Yapılar tek serbestlik dereceli sistemlerdir.

Yer hareketi ivmesi  $\ddot{u}_g(t)$  etkili olan tek serbestlik dereceli bir sistemin hareket denklemi yapının kütlesi  $m$ , sönüm  $c$ , rijitlik  $k$ ' ya bağlı olarak Denklem (3.1)' deki gibidir ve Şekil (3.1)' de görselleştirilmiştir.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g(t) \quad (3.1)$$



Şekil 3.1. Tek serbestlik dereceli bir sistemin hareketi (URL-4)

Denklem (3.1) yapının kütlesi olan  $m$ ' ye bölünürse Denklem (3.2) elde edilmiş olur.

$$(W_n^2 = k/m, 2\xi W_n = c/m, T_n = 2\pi/W_n)$$

$$\ddot{u} + 2\xi W_n \dot{u} + W_n^2 u = -\ddot{u}_g(t) \quad (3.2)$$

Denklem (3.2) incelendiğinde görülmektedir ki yapının yer değiştirmesi sistemin doğal frekansı  $W_n$  (ya da periyodu  $T_n$ ), ve sönüm oranı  $\xi$  değerlerine bağlıdır.

Denklemler incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- Yapının kütlesi azaldıkça periyot değeri de azalmaktadır.
- Yapının sönüm değeri arttıkça yer değiştirme değeri azalmaktadır.
- Yapının periyot değeri arttıkça yer değiştirme değeri de artmaktadır.
- Yapının rijitliği arttıkça periyot değeri azalmaktadır.

Depremde yapılar bir titreşim etkisi altında kalmaktadır. Bu titreşim terimi bir denge noktası etrafında oluşan salınım olarak tanımlanmaktadır. Titreşimin üç farklı türü vardır:

- Serbest titreşim: Bir başlangıç etkisi verildikten sonra serbest bir şekilde salınmaya başlayıp devam eden sistemlerde oluşan titreşim türüdür.
- Zorlamalı titreşim: Bir sisteme zamanla değişken olan etkiler (hız, ivme, yer değiştirme vb.) uygulandığı zaman sistemde oluşan titreşim türüdür. Depremde binada oluşan titreşim bu türe örnek gösterilebilir.
- Sönümlü titreşim: Bir sisteme gelen titreşimler sistemde karşılaştığı bazı dirençlerle kademeli olarak azalabilir, yoğunluğu değişebilir veya dengeli hale gelebilir. Bu tür titreşimler sönümlü titreşimlerdir.

Deprem durumunda yapılar doğal olarak ileri geri titreşmesi için geçen saniye sayısından dolayı bir periyoda sahip olmaktadır. Ayrıca zeminin de bir periyodu oluşur. Yer hareketi periyodu ile yapının periyodu aynı olursa ve aynı zamanda yer hareketinin etki yönüyle yapının salınım yönü aynı olduğu zaman yapı meydana gelebilecek maksimum salınımlara maruz kalarak çok büyük hasarlar almaktadır. Bu durum rezonans olarak adlandırılır.

Rezonans durumuna en bilinen örnek 1940 yılında Washington' da bulunan Tacoma köprüsünde yaşanmıştır (Şekil 3.2). Köprüde yaşanan durum yalnızca rüzgar etkisinde meydana gelmiştir. Yani rezonans durumu yalnızca deprem için değil köprü gibi yapılarda rüzgarın etkisi de önemli olmaktadır.



Şekil 3.2. Tacoma köprüsündeki rezonans durumu sonucu (URL-5)

Yapılarda meydana gelebilecek rezonans durumunu engellemek için yapıyı dirençli hale getirmemiz gerekmektedir. Bunun için yapının rijitliği olan  $k$  artırılabilir veya yapının kütlesi  $m$  olabildiğince azaltılabilir. Bunların sonucu olarak doğal frekans artar.

Tek serbestlik dereceli sistemler zorlamalı titreşimlere yani depremlere maruz kaldığında tepkileri önemli olmaktadır. Deprem tepki spektrumu tüm tek serbestlik dereceli sistemlerde belirli bir deprem durumunda oluşan tepkilerin maksimum değerlerini ele almaktadır.

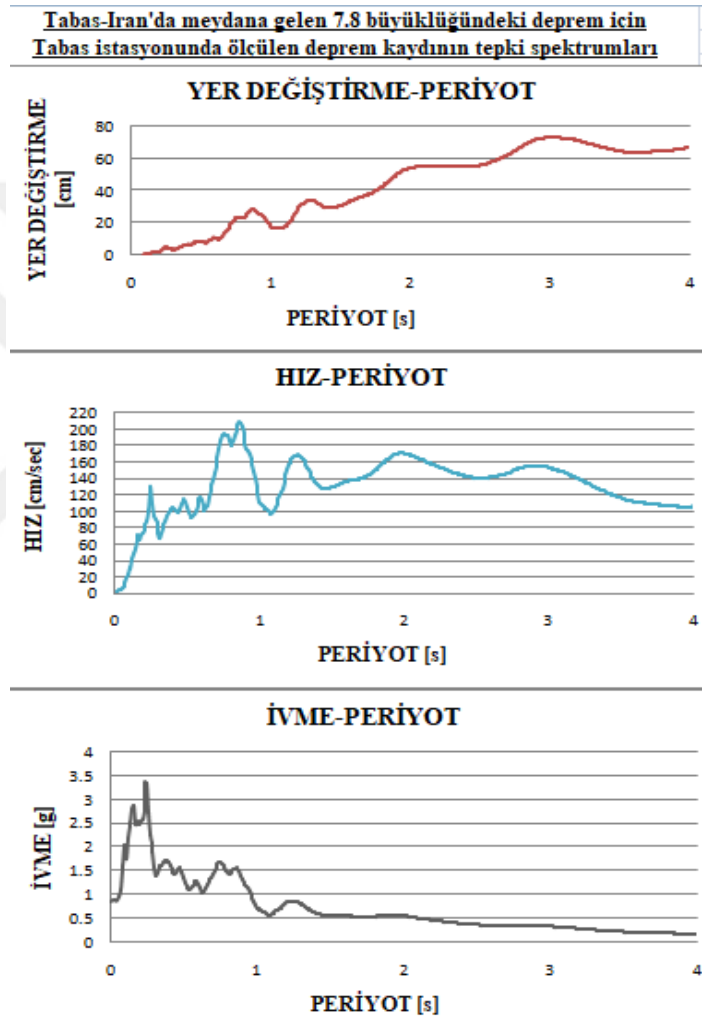
Yer değiştirme, hız veya ivme değerlerinin sistemin doğal periyodu ile değişimini gösteren eğrilere tepki spektrumları denilmektedir. Tepki spektrumları üç çeşittir:

- Yer değiştirme tepki spektrumu
- Hız tepki spektrumu
- İvme tepki spektrumu

İvme tepki spektrumu, yapılara etkiyen kuvveti verir. Bu spektrumdan elde edilen maksimum değer ile yapının kütlesi çarpılırsa deprem sırasında oluşan maksimum kesme kuvveti ortaya çıkar. Deprem sırasında meydana gelen enerjinin bir kısmı yapılar tarafından absorbe edilir. Hız tepki spektrumu, yapılar tarafından absorbe edilen

maksimum enerjiyi verir. Yer değiştirme tepki spektrumu ise yapının yer değiştirmesinin veya şekil değiştirmesinin byklgn gösterir.

Hız, ivme ve yer değiştirme spektrumlarının mutlak olarak maksimum değerleri sırayla spektral hız, spektral ivme ve spektral yer değiştirme olarak ifade edilir (şekil 3.3). Sonuç olarak tepki spektrumu, değişik periyotlara sahip yapıların belirli bir sönüm oranı ile depreme karşı gösterdikleri tepki durumlarıdır.



şekil 3.3. Tepki spektrumu rmeği

Tepki spektrumlarının  çeşit olmasının sebebi ise her birinin farklı fiziksel nicelikler ile ilgili olmasıdır. Ayrıca spektrumlar tasarım için idealleştirilirken her  değişken dikkate alındığında, herhangi birisi ile tek başına çalışmaya kıyasla daha kolay ve doğru sonuç retilenmektedir.

Depreme dayanıklı bir yapı tasarlarırken öncelikle yapının yapılacağı zeminin doğru tanımlanması gerekmektedir. Zeminin yapısı tanımlanırken deprenselliği ve yerel zemin koşulları önemli faktörlerdir. Bu faktörler deprem spektrum eğrileri ile ilişkilidir.

Bir yerde meydana gelmiş deprem kayıtlarını inceleyerek o yerin deprem tepki spektrumu elde edilebilir. Tasarımda kullanmak için hem deprem kayıtlarını hem de meydana gelebilecek muhtemel depremleri de dikkate almamız gerekmektedir. Bundan dolayı da tasarım spektrumları elde etmek gerekmektedir.

Depreme dayanıklı yapı tasarlarırken, deprem durumunda yapılara etkiyecek olan deprem yüklerinin belirlenmesinde, deprem yönetmeliklerinde yer alan tasarım spektrumları ele alınmaktadır. Tasarım spektrumları, yapıların doğal titreşim periyoduna göre sismik etki altındaki düşey veya yatay yükleri belirlemek için kullanılırlar.

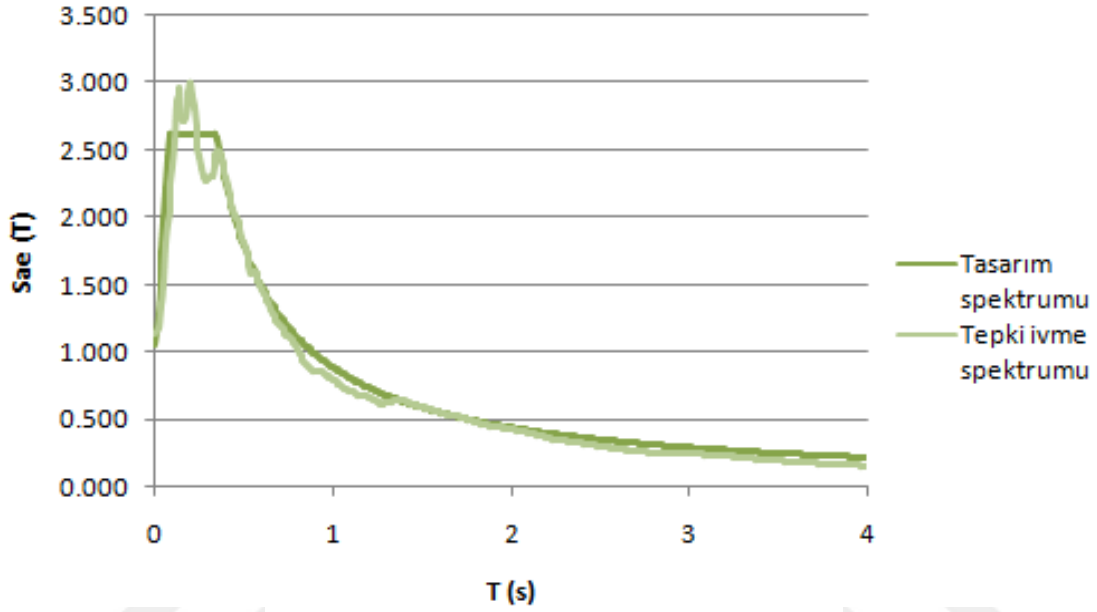
Tasarım spektrumu ise değişik periyotlara sahip yapıların belirli bir sönüm oranı ile seçilen bölgede meydana gelmiş birçok farklı depremlerden istatistiksel analizi ile oluşturulmuş tasarım eğrileridir.

Tasarım spektrumları yeni yapılacak olan yapıların tasarımında kullanılması gereken deprem yükünü belirlemek için kullanılır. Aslında tasarım spektrumu kaydedilmiş belirli bir deprem için değil, gelecekte olması muhtemel depremler için belirlenmektedir.

Bir bölgede gelecekte meydana gelmesi muhtemel depremlere ilişkin tasarım spektrumu elde etmek için ise aynı bölgede daha önce olmuş depremlerden faydalanılır. Fakat eğer o bölgede geçmişe dair yeteri kadar bir kayıt yok ise, o bölgeye benzer özelliklere sahip (yerel zemin sınıfı, fay mekanizması, depremin odak noktasının kayıt yerine olan uzaklığı vb.) başka bölgelerden elde edilmiş olan kayıtlardan yararlanılmalıdır. Çünkü ele alınan deprem kayıt sayısı ne kadar çok olursa istatistiksel olarak elde edilen eğrilerin birbirinden çok farklılığı olmaz ve o kadar düzgün olur.

Özet olarak; deprem tepki spektrumları, farklı doğal titreşim periyoduna sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin, belli bir sönüm oranına göre deprem etkisi altında oluşacak maksimum davranış değerlerini hesaplamak için kullanılır. Deprem tasarım spektrumları, seçilen yerin zemin koşullarını ve sismik özelliklerini de dikkate alarak

oluşabilecek maksimum deprem etkilerini görebilmek için farklı depremlerin ivme kayıtlarından elde edilen tepki spektrumlarına düzeltilmiş bir eğri uydurulmasıyla elde edilmektedir (Şekil 3.4). Ayrıca bazı özel durumlarda deprem tasarım spektrumları, sismik tehlike analizi sonuçlarından da elde edilebilmektedir. Bu özel durumlar her ülkenin deprem yönetmeliği için farklılıklar gösterebilmektedir.



Şekil 3.4. Tasarım ve tepki spektrumu örneği

Şekil (3.4)' te de görüldüğü üzere keskin inişli çıkışlı olan tepki ivme spektrumu tek serbestlik dereceli sistemde oluşacak tepkilerin tepe değerlerini içerirken tasarım eğrisi ise doğal periyot ve sönüme bağlı olarak sismik tasarım kuvvetini belirtmektedir.

## **4. DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ SPEKTRUMLAR**

Bu başlık altında Türkiye- TBDY 2018, Avrupa Birliği- Eurocode 8- EN 1998-1, Hindistan- IS 1893-1, ABD- ASCE/SEI 7-10 ve Yunanistan- EAK 2000 yönetmeliklerindeki tasarım spektrumunun anlatıldığı bölümler ele alınmıştır. Yönetmelikleri seçerken birbirine yakın ülkelerden ziyade Kuzey Amerika, Avrupa, Asya gibi farklı kıtalarda bulunan ülkelerden seçimler yapılmıştır.

### **4.1. Türkiye- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği- Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar (TBDY) (2018)**

Türkiye, Alp- Himalaya Deprem Kuşağı'nda yer aldığından Dünyada depremselliği en yüksek olan ülkelerden birisidir.

Bu yönetmeliğin amacı; yeni inşa edilecek, değiştirilecek resmi ve özel bütün binalar ve bina gibi yapıların deprem etkisi altında tasarlanıp yapılması, mevcut yapıların/binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli olan kuralları ve minimum koşulları belirlemektir. 2019 yılında yayımlanan ilgili yönetmelik 17 bölümden oluşmaktadır. Deprem ve zemin ile ilgili kısım Bölüm 2 ve Bölüm 16'da anlatılmaktadır. 2019 yılında yayımlanan yönetmelikte önceki senelerde yayımlanan yönetmeliklerden farklı olarak 22.01.2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı sonucu yürürlüğe sürülen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları tanımlanmıştır. Bu haritalara “<https://tdth.afad.gov.tr/>” sitesinden ulaşılabilir.

#### **4.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri**

Yayımlanan yönetmelik kapsamında Bölüm 2- Deprem Yer Hareketi başlığı altında ilk ana başlık deprem yer hareketi düzeyleridir. 4 farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

##### **4.1.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)**

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1, spektral büyüklüğün 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve tekrarlama periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini tanımlamaktadır. Bu düzey, olasılığı olan en büyük deprem yer hareketi olarak tanımlanabilmektedir.

#### **4.1.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)**

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2, spektral büyüklüğün 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve tekrarlama periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini tanımlamaktadır. Bu düzey, standart olarak tasarım deprem yer hareketi olarak tanımlanabilmektedir.

#### **4.1.1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)**

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve tekrarlama periyodunun 72 yıl olduğu sık görülen deprem yer hareketini tanımlanmaktadır.

#### **4.1.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)**

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 ve tekrarlama periyodunun 43 yıl olduğu çok sık görülen deprem yer hareketini tanımlamaktadır. Bu düzey, servis deprem yer hareketi olarak görülmektedir.

### **4.1.2. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları**

Deprem yer hareketi spektrumları, bir önceki bölümde tanımlanan deprem yer hareketi düzeylerinden biri seçilerek bunun etkisinde, sabit bir sönüm oranı (%5) için tanımlanırlar. Bu tanımlanma yapılırken harita spektral ivme katsayıları, tasarım spektral ivme katsayıları, yerel zemin etki katsayıları ve gerekli durumlarda sahaya özel deprem tehlike analizleri kullanılır.

#### **4.1.2.1. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları**

Harita spektral ivme katsayıları, birbirine dik olan iki yatay doğrultuda meydana gelen deprem etkilerinin geometrik ortalamasıdır. Seçilen deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu  $[(V_s)_{30} = 760 \text{ m/s}]$  göz önüne alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmesinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz bir katsayı olarak elde edilir.

2 tip harita spektral ivme katsayısı vardır; kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ( $S_s$ ) ve 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ).

Harita spektral ivme katsayıları ( $(S_s), (S_1)$ ) Denklem (4.1) ve (4.2) ile tasarım spektral ivme katsayılarına ( $(S_{DS}), (S_{D1})$ ) dönüştürülür.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (4.1)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (4.2)$$

Denklem (4.1) ve (4.2)' de belirtilen  $F_s$  ve  $F_1$  değerleri yerel zemin etki katsayılarıdır (Tablo (4.1)-(4.2)).

Bu katsayılar yönetmeliğin 16. bölümünde açıklanan yerel zemin sınıflarına bağlıdır (Tablo (4.3)).

Tablo 4.1. Kısa periyot harita spektral ivme katsayısına göre yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı ( $F_s$ )					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s=0,50$	$S_s=0,75$	$S_s=1,00$	$S_s=1,25$	$S_s \geq 1,50$
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	<i>İncelenen sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Tablo 4.2. 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısına göre yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyot 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	<i>İncelenen sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Tablo 4.3. Türkiye- Zemin sınıflandırılması (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	ZEMİN CİNSİ	Üst 30 metrede Ortalama		
		(Vs) <sub>30</sub> m/s	(N <sub>60</sub> ) <sub>30</sub> darbe/30 cm	(c <sub>u</sub> ) <sub>30</sub> kPa
<b>ZA</b>	Sağlam ve sert kayalar.	>1500	--	--
<b>ZB</b>	Az ayrılmış, orta sağlamlıkta kayalar.	760-1500	--	--
<b>ZC</b>	Çok sıkı kum, sert kil ve çakıl tabakaları veya çok çatlaklı, ayrılmış zayıf kayalar.	360-760	>50	>250
<b>ZD</b>	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl ya da çok katı kil tabakaları.	180-360	15-50	70-250
<b>ZE</b>	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları. w> % 40 ve PI> 20 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası içeren profiller.	<180	<15	<70
<b>ZF</b>	Sahaya özel araştırma gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında göçme riskine sahip zeminler (göçebilir zayıf çimentolu zeminler, sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla yüksek plastisiteli (PI > 50) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak ya da orta katı killer.			

Yukarıdaki verilen tabloda yerel zemin sınıfını belirlemek için belirtilen değerler zemin profilinin temel ya da kazık başlığının alt kotundan itibaren aşağıya doğru 30 m kalınlığındaki bölümü için belirlenmektedir. Bu 30 metredeki tabakalar alt tabakalara ayrılarak en üstte i=1 ve en altta i=N olacak şekilde sıralanmaktadır.

Ortalama kayma dalgası hızı (Vs)<sub>30</sub>, ortalama standart penetrasyon darbe sayısı (N<sub>60</sub>)<sub>30</sub> ve ortalama drenajsız kayma dayanımı (c<sub>u</sub>)<sub>30</sub> Denklem (4.3) ile hesaplanmaktadır:

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{(V_{s,i})}} , (N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{(N_{60,i})} \right)} , (c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{(c_{u,i})} \right)} \quad (4.3)$$

Formüllerde belirtilen 'h', tabakaların kalınlığını ifade etmektedir.

### 4.1.3. Tasarım Spektrumları

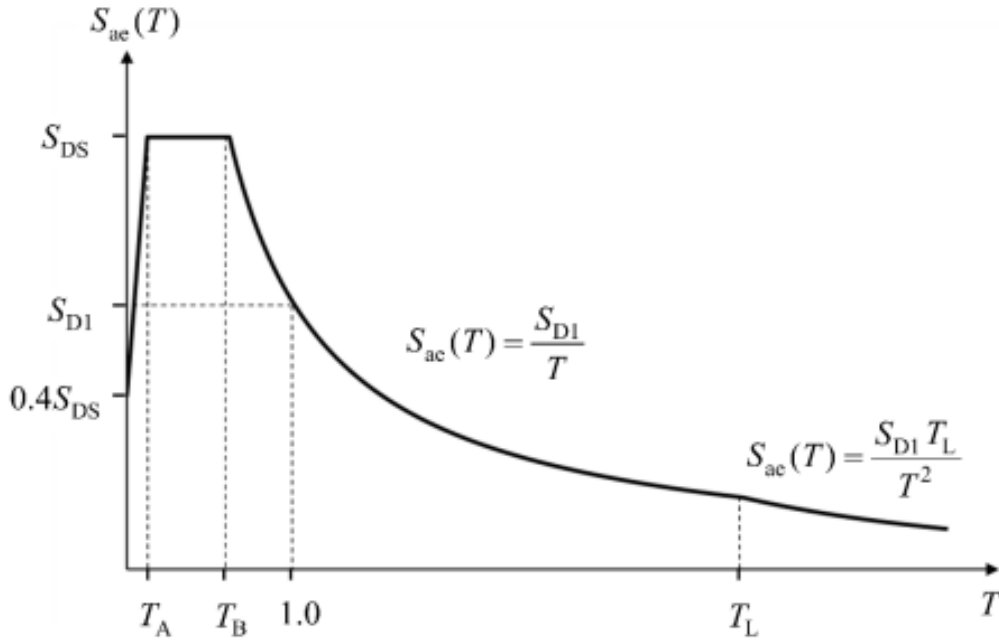
Tasarım spektrumları, yeni yapılacak olan yapıların tasarımları için kullanılacak olan yapıya gelecek deprem yükünü belirlemede kullanılır.

İki tip tasarım spektrumu vardır:

- Yatay elastik tasarım spektrumu
- Düşey elastik tasarım spektrumu

#### 4.1.3.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Yatay elastik tasarım spektrumu grafiği Şekil (4.1)' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Türkiye- Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2018)

Değerlendirilen herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektrumunun ordinat kısmı yatay elastik tasarım spektral ivmelerini  $S_{ac}(T)$ , apsis kısmı ise yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotlarını  $T_A$  ve  $T_B$  göstermektedir.

Yatay elastik tasarım spektrumu grafiğini elde etmek için birden fazla depremin incelemesi yapılmış ve Denklem (4.4)' te verilen formüller elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{SD1}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{SD1 \cdot T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
\end{aligned} \tag{4.4}$$

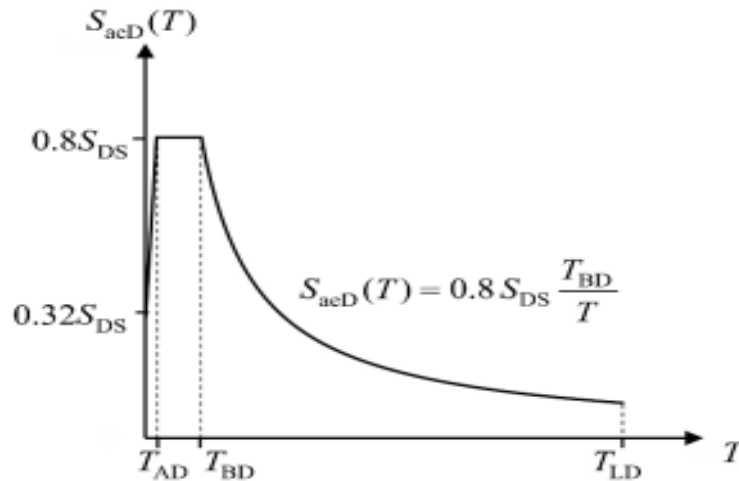
Buradaki  $S_{DS}$  ve  $SD1$  tasarım spektral ivme katsayılarını tanımlamaktadır.  $T$ , doğal titreşim periyodunun simgesidir. Formülde ve grafikte belirtilen  $T_L$  artık sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodudur ve 6 saniye olarak alınır.

Tasarım spektrumunun apsis kısmında yer alan yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$ , tasarım spektral ivme katsayıları olan  $S_{DS}$  ve  $SD1$ ' e bağlıdır ve Denklem (4.5)'de verilmiştir.

$$T_A = 0,2 \frac{SD1}{S_{DS}}, \quad T_B = \frac{SD1}{S_{DS}} \tag{4.5}$$

#### 4.1.3.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Düşey elastik tasarım spektrumu grafiği Şekil (4.2)' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Türkiye- Düşey elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2018)

Değerlendirilen herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım spektrumunun ordinat kısmı düşey elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{aeD}(T)$ ' ni göstermekte, apsis kısmı ise düşey elastik tasarım spektrumunun köşe periyotlarını  $T_{AD}$  ve  $T_{BD}$  göstermektedir. Denklem (4.6) ile düşey spektrum için spektral ivmeler bulunmaktadır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (4.6)$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan  $T_{AD}$  ile  $T_{BD}$  düşey spektrum için köşe periyotları ve  $T_{LD}$  periyodu Denklem (4.7) ile bulunmaktadır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}, \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3}, \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (4.7)$$

#### **4.2. Avrupa Birliği- Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı (EN 1998-1) (2004)**

Eurocode 8 bir Avrupa Standardıdır. Bu Avrupa Standardı 23 Nisan 2004 tarihinde CEN tarafından onaylanmıştır. Bu Avrupa Standardının üç resmi versiyonu (İngilizce, Fransızca, Almanca) mevcuttur. CEN üyeleri Avusturya, Belçika, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Norveç, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık ve Polonya'nın ulusal standart kuruluşlarıdır.

İrlanda, İngiltere, Almanya Hollanda, İsveç, İsviçre, Danimarka, Fransa, Belçika gibi ülkelerin depremselliği az iken İtalya iki fay hattının üzerinde bulunduğundan depremlerin sık yaşandığı bir ülkedir.

EN 1998 standardı, binaların ve inşaat mühendisliği işlerinin dizaynı, standartları ve inşası için geçerlidir. Amacı, deprem meydana geldiğinde şu maddeleri sağlamaktır:

- insan hayatının korunması,
- hasarların sınırlandırılması,
- sivil koruma için önemli olan yapıların kullanılabilir, çalışır durumda kalması.

Eurocode 8- Bölüm 1 standardı 10 ana başlıktan oluşmaktadır. 3. başlık olan 'Zemin Koşulları ve Sismik Etki' ana başlığı altında deprem ve zemin konusu anlatılmıştır.

#### 4.2.1. Zemin Koşulları

İnşaat alanının ve dolgu zemininin yapısı, özellikle deprem esnasında meydana gelebilecek sıvılaşma veya yoğunlaşmanın sebep olduğu zemin çökmesi, şev stabilizesinin bozulması ve zeminde tabaka oturmaları gibi riskli durumlardan uzak olmalıdır.

İnşaat alanına yapılacak olan yapının önem sınıfına ve projenin koşullarına bağlı olarak deprem etkilerinin belirlenmesi için zemin analizleri ve/veya jeolojik/geoteknik araştırmalar yapılmalıdır.

#### 4.2.2. Zemin Türlerinin Tanımlanması

Tablo (4.4)' de verilen A, B, C, D ve E zemin türleri, zemin koşullarının sismik hareket üzerindeki etkisini incelemek için kullanılır. Aynı zamanda da zeminin derin olarak jeolojisinin deprem üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır.

Zemin eğer uygunsa, ortalama kayma dalgası hızı olan  $V_{s,30}$  değerine göre sınıflandırılmalıdır. Aksi takdirde standart penetrasyon testi darbe sayısı olan  $N_{SPT}$  değeri de kullanılabilir.

Ortalama kayma dalgası hızı  $V_{s,30}$  Denklem (4.8)' deki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_i} \right)} \quad (4.8)$$

Denklem (4.8)' de belirtilen  $h_i$  ve  $v_i$  sırasıyla, zeminde üst 30 metrede bulunan toplam N cinsinden  $i$ ' ninci katmanın kalınlığını (metre cinsinden) ve kayma dalgası hızını ( $10^{-5}$  veya daha az kayma gerilmesi seviyesinde) belirtir.

Tablo 4.4. Eurocode 8' deki zemin türleri

Zemin Türü	Zemin türlerinin açıklamaları	Parametreler		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N <sub>SPT</sub> (darbe/30 cm)	$c_u$ (kPa)
<b>A</b>	Yüzeyde en fazla 5 m zayıf malzeme içeren kaya ya da diğer kaya benzeri zeminler.	>800	--	--
<b>B</b>	Mekanik özellikleri derinlikle birlikte artan, en az birkaç tane 10 metre kalınlığında çok yoğun kum, çakıl ya da çok sert killi zeminler.	360-800	>50	>250
<b>C</b>	Kalınlığı 10 metreden yüzlerce metreye kadar uzanan yoğun ya da orta yoğunlukta olan kum, çakıl veya sert killi zeminler.	180-360	15-50	70-250
<b>D</b>	Gevşek-orta derecede kohezyonsuz zeminler ya da çoğunlukla yumuşak-sıkı kohezyonlu zeminler.	<180	<15	<70
<b>E</b>	C veya D tipi kayma dalgası hızı değerlerine sahip ve kalınlığı yaklaşık 5-20 m arasında değişen bir alüvyon tabakasından oluşan, altında $v_s > 800$ m/s olan sert bir malzeme bulunan bir zemin.			
<b>S<sub>1</sub></b>	Yüksek plastisite indeksine ( $PI > 40$ ) ve yüksek su içeriğine sahip, en az 10 m kalınlığında yumuşak kil ya da siltlerden oluşan zemin.	<100 (gösterge niteliğinde)	--	10-20
<b>S<sub>2</sub></b>	Sıvılaşabilir zeminler, hassas kil birikintileri ve diğer zemin türlerine dahil olmayan zeminler.			

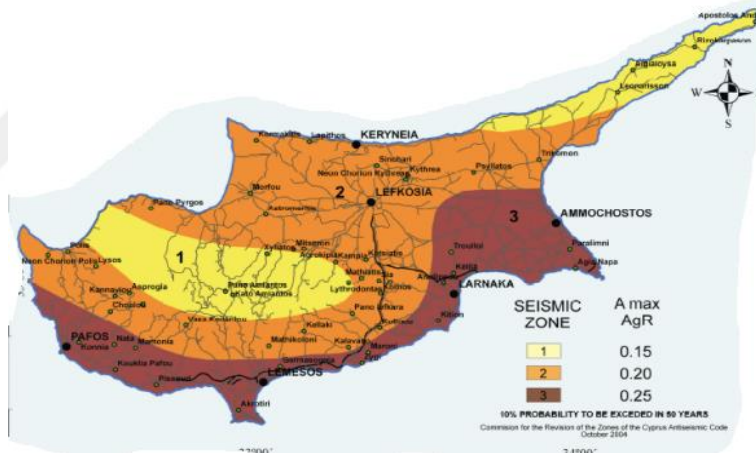
Tabloda verilen  $S_1$  ve  $S_2$  zemin tipleri özel zemin tipleridir. Bu zemin koşullarına sahip zeminler için deprem hareketi de dikkate alınarak özel çalışmalar gerektirmektedir. Çünkü bu tip zeminlerde özellikle de  $S_2$  tipindeki zemin için deprem durumunda zeminin çökme riski bulunacağı için dikkat edilmesi gerekmektedir.

#### 4.2.3. Sismik Etki

##### 4.2.3.1. Deprem Bölgeleri

EN 1998 doğrultusunda, ulusal otoriteler tarafından bölgeler yerel tehlikeye bağlı olarak sismik bölgelere ayrılmaktadır.

EN 1998 uygulamalarının çoğu için tehlike, tek bir parametreyle, yani A tipi zemindeki referans maksimum yer ivmesinin değeri olan  $a_{gR}$  (Şekil (4.3)) ile tanımlanır. Tasarım yer ivmesi  $a_g$ , önem faktörü  $\gamma_1$  (Tablo (4.5)) ile  $a_{gR}$ ' nin çarpımına eşittir.



Şekil 4.3. Kıbrıs için maksimum yer ivmesinin değeri,  $a_{gR}$  değerleri (URL-6)

Tablo 4.5. Önem faktörü,  $\gamma_1$

Önem Sınıfı	Yapılar	Önem Faktörü, $\gamma_1$
I	Halkın güvenliği açısından az öneme sahip binalar (tarımsal binalar vb.).	0,8
II	Diğer kategorilere ait olmayan sıradan binalar.	1,0
III	Depreme direnci önemli olan yapılar (okullar, toplantı salonları, kültürel kuruluşlar vb.).	1,2
IV	Deprem durumunda sivil koruma açısından bütünlüğü hayati önem taşıyan yapılar (hastaneler, itfaiye istasyonları, enerji santralleri vb.).	1,4

#### 4.2.4. Sismik Hareketin Temel Gösterimi

EN 1998 kapsamında, yüzeyde belirli bir noktadaki deprem hareketi "elastik tepki spektrumu" olarak adlandırılır.

Yatay sismik hareket, birbirinden bağımsız olan ve aynı tepki spektrumu ile temsil edilen iki dikey bileşen tarafından tanımlanır. Sismik hareketin üç bileşeni için, depremin odak noktasına ve üretilen deprem büyüklüklerine bağlı olarak bir veya daha fazla alternatif tepki spektrumu elde edilebilir.

Bir yeri etkileyen depremler çok farklı deprem parametreleri ile meydana geldiğinde, tasarım deprem spektrumunu daha doğru tanımlamak için birden fazla spektrum şekli kullanılmalıdır. Bu gibi durumlarda da her tür spektrum için normal olarak farklı maksimum yer ivmesi değerleri gerekmektedir.

##### 4.2.4.1. Yatay Elastik Tepki Spektrumu

Sismik hareketin yatay bileşeni için elastik tepki spektrumu (Şekil (4.4))  $S_e(T)$  aşağıdaki denklemlerle (Denklem (4.9)) tanımlanır:

$$S_e(T) = a_g S \left(1 + \frac{T}{T_B} (\eta^{2,5} - 1)\right) \quad (0 \leq T \leq T_B)$$

$$S_e(T) = a_g S \eta^{2,5} \quad (T_B \leq T \leq T_C) \quad (4.9)$$

$$S_e(T) = a_g S \eta^{2,5} \left(\frac{T_C}{T}\right) \quad (T_C \leq T \leq T_D)$$

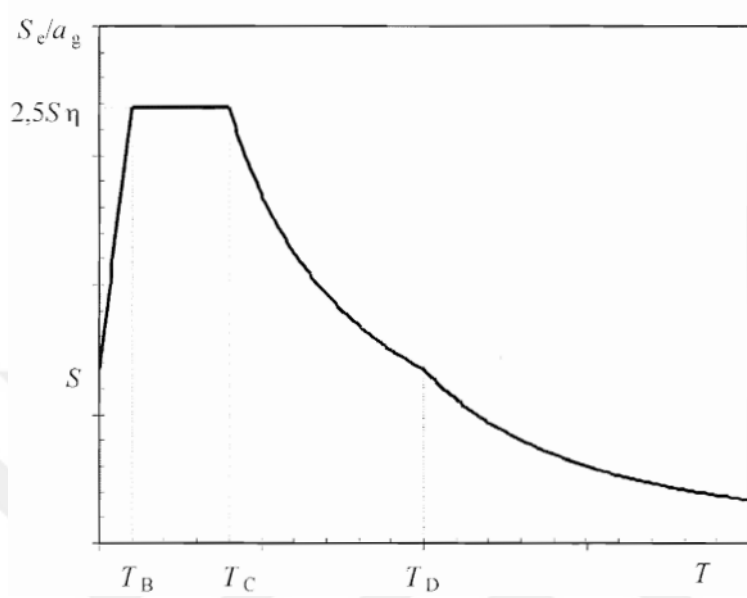
$$S_e(T) = a_g S \eta^{2,5} \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right) \quad (T_D \leq T \leq 4s)$$

$T_B$ ,  $T_C$  ve  $T_D$  değerleri sabit spektral ivme dalının periyotlarının sınır değerleridir. 'S' zemin faktörüdür ve Tablo (4.6)- (4.7)' de değerleri verilmiştir. Elastik tepki spektrumunun şeklini tanımlayan  $T_B$ ,  $T_C$  ve  $T_D$  periyotları ve zemin faktörü 'S' nin değerleri zemin tiplerine bağlıdır.

Sönüm düzeltme faktörünün olan  $\eta$ , Denklem (4.10) ile belirlenebilir:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0,55 \quad (4.10)$$

$\xi$ , yüzde olarak ifade edilen, yapının viskoz sönümlenme oranıdır. Özel durumlar için %5' ten farklı bir viskoz sönümlenme oranı kullanılacaksa bu değer EN 1998'in ilgili bölümünde verilmektedir.



Şekil 4.4. Elastik tepki spektrumu (EN 1998-1, 2004)

Derin jeoloji dikkate alınmıyorsa iki spektrumun kullanılması önerilmektedir: Tip 1 ve Tip 2. Saha için tanımlanan sismik tehlikeye en fazla katkıda bulunan depremlerin yüzey dalgası büyüklüğü  $M_s$ , 5,5'ten büyük değilse, Tip 2 spektrumunun benimsenmesi tavsiye edilmektedir.

A, B, C, D ve E tipi zemin sınıfları için  $S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  ve  $T_D$  parametrelerinin önerilen değerleri Tip 1 spektrum için Tablo (4.6)' de ve Tip 2 spektrum için Tablo (4.7)' de bulunmaktadır.

Tablo 4.6. Tip 1 için önerilen elastik tepki spektrumu parametrelerinin değerleri

Zemin sınıfları	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00

Tablo 4.7. Tip 2 için önerilen elastik tepki spektrumu parametrelerinin değerleri

Zemin sınıfları	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1,00	0,05	0,25	1,20
B	1,35	0,05	0,25	1,20
C	1,50	0,10	0,25	1,20
D	1,80	0,10	0,30	1,20
E	1,60	0,05	0,25	1,20

#### 4.2.4.2. Düşey Elastik Tepki Spektrumu

Sismik hareketin düşey bileşeni için elastik tepki spektrumu  $S_{ve}(T)$  Denklem (4.11)'deki formüller ile tanımlanmaktadır.

$$\begin{aligned}
 S_{ve}(T) &= a_{vg} \left(1 + \frac{T}{T_B} (\eta_{3,0} - 1)\right) & (0 \leq T \leq T_B) \\
 S_{ve}(T) &= a_{vg} \eta_{3,0} & (T_B \leq T \leq T_C) \\
 S_{ve}(T) &= a_{vg} \eta_{3,0} \left(\frac{T_C}{T}\right) & (T_C \leq T \leq T_D) \\
 S_{ve}(T) &= a_{vg} \eta_{3,0} \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right) & (T_D \leq T \leq 4s)
 \end{aligned} \tag{4.11}$$

Düşey spektrumlarından ikisinin kullanılması önerilmektedir: Tip 1 ve Tip 2. Saha için tanımlanan sismik tehlikeye en fazla katkıda bulunan depremlerin yüzey dalgası büyüklüğü  $M_s$ , 5,5'ten büyük değilse, Tip 2 spektrumunun kullanılması önerilmektedir.

A, B, C, D ve E zemin sınıfları için düşey spektrumları tanımlayan parametrelerin önerilen değerleri Tablo (4.8)'de verilmiştir. Bu önerilen değerler  $S_1$  ve  $S_2$  sınıfındaki özel zemin sınıfları için geçerli değildir.

Tablo 4.8. Düşey elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler için önerilen değerler

Spektrum	$a_{vg}/a_g$	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
Tip 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Tip 2	0,45	0,05	0,15	1,0

#### 4.2.4.3. Elastik Analiz İçin Tasarım Spektrumu

Tasarımda elastik olmayan yapısal analizden kaçınmak için, yapının elemanlarının ve/veya diğer mekanizmaların sünek davranışıyla enerjiyi dağıtma kapasitesi "tasarım spektrumu" olarak adlandırılmaktadır. Tasarım spektrumu, tepki spektrumuna azaltma davranış faktörü olan  $q'$  nun eklenmesiyle elde edilir.

Davranış faktörü  $q$ , yapının tepkisinin %5 viskoz sönümlemeyle tamamen elastik olması durumunda karşılaşılabilecek sismik kuvvetlerin, standart elastik analiz modeliyle tasarımda kullanılacak sismik kuvvetlere oranının yaklaşık değeridir.

Çeşitli malzemeler ve yapı sistemleri için %5' ten farklı bir viskoz sönüm oranı hesaba katılacaksa davranış faktörü  $q$  değerleri, EN 1998 standardının çeşitli bölümlerinde süneklik sınıflarına göre verilmiştir.

Depreme dayanıklı betonarme binalar genel olarak sünek davranış sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Tasarlanan betonarme binalar, enerji sönümleme kapasitelerine bağlı olarak orta süneklik (DCM) ve yüksek süneklik (DCH) olmak üzere iki süneklik sınıfına ayrılmaktadır. Buna bağlı olarak davranış faktörünün temel değeri,  $q_0$  Tablo 4.9' da verilmiştir. Davranış faktörü  $q$ , Denklem (4.12) ile hesaplanmaktadır.

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (4.12)$$

$k_w$ , yapısal sistemlerde geçerli olan hasar modunu yansıtan faktördür (çerçeve ve çerçeve eşdeğeri ikili sistemler için 1,0 olarak alınmaktadır.)

Tablo 4.9. Yüksekliği düzenli sistemler için davranış faktörünün temel değeri,  $q_0$

Yapı Türleri	Orta Süneklik (DCM)	Yüksek Süneklik (DCH)
Çerçeve Sistemi, Perdeli Çerçevesiz Sistemler, Boşluklu Perdeli Sistemler	3,0 $a_u/a_1$	4,5 $a_u/a_1$
Boşluksuz Perdeli Sistemler	3,0	4,0 $a_u/a_1$
Burulma Rijitliği Zayıf Sistemler	2,0	3,0
Ters Sarkaç Sistemi	1,5	2,0

$a_u/a_1$  çarpım katsayısının planı düzenli olan binalar için aşağıdaki yaklaşık  $a_u/a_1$  değerleri kullanılabilir:

Çerçeveler veya çerçeveye eşdeğer ikili sistemler;

- Tek katlı binalar= 1,1
- Çok katlı, tek bölmeli çerçeveler= 1,2
- Çok katlı, çok bölmeli çerçeveler veya çerçeveye eşdeğer ikili yapılar= 1,3

Perdeler veya perde eşdeğeri ikili sistemler;

- Yatay yönde yalnızca iki bağlantısız duvar bulunan duvar sistemleri= 1,0
- Diğer bağlantısız duvar sistemleri = 1,1
- Duvar eşdeğeri ikili veya birleşik duvar sistemleri= 1,2

Deprem kuvvetinin yatay bileşenleri için tasarım spektrumu  $S_d(T)$  Denklem (4.13) ile ifade edilmektedir:

$$S_d(T) = a_g S \left( \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right) \quad (0 \leq T \leq T_B)$$
$$S_d(T) = a_g S \frac{2,5}{q} \quad (T_B \leq T \leq T_C) \quad (4.13)$$
$$S_d(T) \begin{cases} = a_g S \frac{2,5}{q} \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (T_C \leq T \leq T_D)$$
$$S_d(T) \begin{cases} = a_g S \frac{2,5}{q} \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (T_D \leq T)$$

Denklemlerde belirtilen  $\beta$ , yatay tasarım spektrumu için alt sınır faktörüdür.  $\beta$  için önerilen değer 0,2'dir.

Deprem kuvvetinin düşey bileşeni için tasarım spektrumu Denklem (4.13) ile ifade edilebilir, ancak; düşey yönde tasarım yer ivmesi,  $a_g$  yerine  $a_{vg}$ ,  $S$  ise 1,0'a eşit olarak alınmalıdır. Düşey bileşen için genel olarak tüm malzemeler ve yapısal sistemler için 1,5'a kadar bir davranış faktörü  $q$  benimsenmelidir. Düşey yönde 1,5'ten büyük  $q$  değerlerinin benimsenmesi için uygun bir analizle gereçlendirilmelidir.

### **4.3. Hindistan- Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı İçin Kriterler- Bölüm 1: Genel Hükümler ve Binalar (Altıncı Revizyon) (IS 1893-1) (2016)**

Hindistan- Delhi yakınında sarsıntılara neden olan 20 aktif fay hattı vardır. Bu nedenle deprem riski açısından yüksek bir bölgedir.

Bu standardın 1. bölümü, çeşitli yapılardaki sismik yüklerin değerlendirilmesi ve binaların depreme dayanıklı bir şekilde tasarlanması ile ilgilidir. Temel hükümleri binalara, yükseltilmiş yapılara, endüstriyel ve yığın benzeri yapılara, köprülere, beton duvarlara ve toprak barajlara, setlere, istinat duvarlarına ve diğer yapılara uygulanır. İskele, geçici kazı gibi geçici elemanların deprem kuvvetlerine göre tasarlanmasına gerek yoktur.

Bu standart, binalarda ve diğer yapılarda depreme dayanıklı tasarımla ilgili inşaat özelliklerini kapsamaz. Binaların depreme dayanıklı inşasına ilişkin rehberlik için belirtilen Hint Standartlarına başvurulabilir: IS4326, IS13827, IS13828, IS13920 ve IS13935.

IS 1893- Bölüm 1 7 ana başlıktan oluşmaktadır. 6. başlık olan 'Genel İlkeler Ve Tasarım Kriterleri' ana başlığı altında deprem ve zemin konusu anlatılmıştır.

#### **4.3.1. Genel İlkeler**

Herhangi bir yerde beklenen sismik hareketin özellikleri (yoğunluğu, süresi vb.), odak derinliğine, merkez üssünden uzaklığına, depremin büyüklüğüne, sismik dalgaların geçtiği tabakaların özelliklerine bağlıdır.

Yapının titreşmesine neden olan deprem yer hareketi birbirine dik herhangi üç yönde çözülebilir. Fakat hâkim yönü genellikle yataydır.

Yer hareketinin düşey bileşeni nedeniyle yerçekimi kuvvetindeki azalma, öngerilmeli yatay elemanlar ve konsollu elemanlar durumunda özellikle zararlı olabilir. Bu nedenle, yer hareketinin düşey bileşeninin öngerilmeli veya konsollu kirişler, kirişler ve döşemeler üzerindeki etkisine özel dikkat gösterilmelidir.

Bu standartta benimsenen tasarım yaklaşımı, yapıların meydana gelen küçük depremlere karşı hasarsız olarak dayanabilecek kadar dayanıma sahip olmasını sağlamak; önemli yapısal hasarlar olmaksızın orta dereceli depremlere dayanabilir ve yapıların büyük bir depreme göçmeden dayanmasını amaçlar.

#### **4.3.2. Zemin-Yapı Etkileşimi**

Zemin-yapı etkileşimi, yapının yapılacağı temel ortamının yapının hareketi üzerindeki etkilerini ifade eder.

Kaya veya kaya benzeri malzemeyle desteklenen yapıların sismik analizinde zemin-yapı etkileşimi dikkate alınmayabilir.

#### **4.3.3. Yük Kombinasyonu ve İzin Verilen Gerilmelerdeki Artış**

##### **4.3.3.1. Yük Kombinasyonları**

Yük kombinasyonları, tüm yük etkilerinden dolayı ilgili standartlarda belirtildiği gibi kabul edilmektedir. Ayrıca deprem etkilerini de içeren bu standartta belirtilenler uygulanmalıdır.

Deprem etkisi içermeyen yük birleşimleri, bunları içeren birleşimlerden daha büyük talepler gösterse dahi bu standartta IS 13920 ve IS 800' de verilen deprem şartlarına ilişkin tasarım, sünek detaylandırma ve yapımla ilgili hükümler esas alınmalıdır.

##### **4.3.3.2. Tasarım Yatay Deprem Yüğü**

Yanal yüke dayanıklı elemanlar dik yatay yön boyunca yönlendirildiğinde, yapı, yatay doğrultuda tasarım deprem yükünden kaynaklanan etkilere göre tasarlanacaktır.

Yanal yük taşıyıcı elemanların dik yatay yönler boyunca yönlendirilmemesi durumunda, yapı, bir yatay yönde tam tasarım deprem yükü artı diğer yönde tasarım deprem yükünün yüzde 30'undan kaynaklanan etkiler için tasarlanacaktır.

Örneğin, bina ( $\mp EL_x \mp 0,3EL_y$ ) ya da ( $\mp 0,3 EL_x \mp EL_y$ ) için tasarlanmalıdır; burada x ve y birbirine dik iki yöndür.

Dikkate alınması gereken yük kombinasyonları Denklem (4.14)' te verildiği gibi olacaktır:

$$\begin{aligned} &1,2 [DL+IL \mp (EL_x \mp 0,3EL_y)] \text{ ve} \\ &1,2 [DL+IL \mp (EL_y \mp 0,3EL_x)]; \\ &1,5 [DL \mp (EL_x \mp 0,3EL_y)] \text{ ve} \quad (4.14) \\ &1,5 [DL \mp (EL_y \mp 0,3EL_x)] ; \\ &0,9 DL \mp 1,5(EL_x \mp 0,3EL_y) \text{ ve} \\ &0,9 DL \mp 1,5(EL_y \mp 0,3EL_x)]. \end{aligned}$$

#### 4.3.3.3. Tasarım Düşey Deprem Yüğü

Aşağıdaki durumlardan herhangi biri olduğunda düşey deprem yüğü dikkate alınacaktır:

- Yapı 4. veya 5. sismik bölgede yer alıyorsa,
- Yapının dikey veya planda düzensizlikleri varsa,
- Yapı yumuşak toprak üzerine oturtulmuşsa,
- Yapı bir köprü ise,
- Yapı uzun açıklıklara sahip ise ve
- Yapısal elemanları veya alt sistemleri büyük yatay çıkıntılara sahip bir yapıysa.

#### 4.3.3.4. Üç Bileşenli Deprem Yer Sarsıntısını Hesaba Katan Kombinasyonlar

Deprem kuvvetinin üç bileşeninden gelen tepkiler dikkate alındığında, bir bileşenden gelen tepki maksimum olduğunda diğer iki bileşenden gelen tepkilerin maksimumlarının yüzde 30'u olduğu varsayımı kullanılarak birleştirilebilir. İşaretteki değişiklikler dahil olmak üzere üç bileşenin ( $EL_x$ ,  $EL_y$  ve  $EL_z$ ) tüm olabilecek kombinasyonları dikkate alınacaktır.

Yapı, Denklem (4.15)' teki deprem yükü etkileri kombinasyonlarına göre tasarlanmalıdır:

$$\begin{aligned} & \mp EL_x \mp 0,3EL_y \mp 0,3EL_z \\ & \mp EL_y \mp 0,3EL_x \mp 0,3EL_z \\ & \mp EL_z \mp 0,3EL_x \mp 0,3EL_y \end{aligned} \quad (4.15)$$

Denklem (4.15)' te verilen x ve y birbirine dik iki yöndür ve z dikey yöndür. Dikkate alınacak deprem etkilerini içeren yük kombinasyonlarını Denklem (4.16)' da detaylı olarak verilmiştir.

$$\begin{aligned} & 1,2 [DL+IL \mp (EL_x \mp 0,3EL_y \mp 0,3EL_z)] \text{ ve} \\ & 1,2 [DL+IL \mp (EL_y \mp 0,3EL_x \mp 0,3EL_z)]; \\ & 1,5 [DL \mp (EL_x \mp 0,3EL_y \mp 0,3EL_z)] \text{ ve} \\ & 1,5 [DL \mp (EL_y \mp 0,3EL_x \mp 0,3EL_z)]; \\ & 0,9 DL \mp 1,5(EL_x \mp 0,3EL_y \mp 0,3EL_z) \text{ ve} \\ & 0,9 DL \mp 1,5(EL_y \mp 0,3EL_x \mp 0,3EL_z)]. \end{aligned} \quad (4.16)$$

Bu formüllere ek olarak üç bileşenin birleşik etkisinden yola çıkılarak kareler toplamının karekökü yöntemiyle de elde edilebilir. Bu yöntem Denklem (4.17)' de verilmiştir.

$$EL = \sqrt{(EL_x)^2 + (EL_y)^2 + (EL_z)^2} \quad (4.17)$$

#### 4.3.4. Tasarım Spektrumu

Sismik etkilerin belirlenmesi için ülke dört deprem bölgesine ayrılmıştır ve bu bölgeler Şekil (4.5)' de gösterilmiştir. Tablo (4.10)' da zemin sınıflamaları verilmiştir.

Bir yapı için tasarım yatay sismik katsayısı  $A_h$  Denklem (4.18) ile belirlenmektedir:

$$A_h = \frac{Z I S_a}{2 R g} \quad (4.18)$$

Tablo 4.10. Hindistan zemin sınıflamaları

<b>Zemin Sınıfları</b>		
<b>Tip 1</b>	<b>Tip 2</b>	<b>Tip 3</b>
<p><b><u>Kaya veya Sert Zemin:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İyi derecelenmiş çakıl veya iyi derecelendirilmiş kum, her ikisinin de yüzde 5'inden azı 75µm elekten geçmesi gerekir.</li> <li>• İnce taneli veya ince taneli olmayan iyi derecelenmiş çakıl-kum karışımları.</li> <li>• Kötü derecelendirilmiş kum veya killi kum, hepsinin N'si 30'un üzerinde olması gerekir.</li> <li>• N' si 30'un üzerinde olan sert ile serte yakın kil.</li> </ul>	<p><b><u>Orta Derecede Zemin:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N'si 10 ila 30 arasında olan, çok az ince taneli veya hiç ince taneli olmayan, zayıf derecelenmiş kumlar veya çakıllı, kötü derecelenmiş kumlar.</li> <li>• Düşük sıkıştırılabilirliğe sahip siltler veya 10 ila 30 arasında N 'ye sahip düşük sıkıştırılabilirliğe sahip kil gibi sert ile orta sertlikte ince taneli zeminler.</li> </ul>	<p><b><u>Yumuşak Zemin:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N&lt;10 olan kötü derecelenmiş kum dışındaki tüm yumuşak zeminler</li> </ul>

Denklem (4.18)' de belirtilen “Z”, bölge faktörü değeridir. Z' nin değerleri Tablo (4.11)' de verilmektedir. Bir bölgedeki yapının maksimum dikkate alınan depremi ve hizmet ömrü içindir. Z' nin paydasındaki 2 faktörü, dikkate alınan maksimum deprem için olan bölge faktörünü tasarıma esas deprem için olan bölge faktörüne indirgemek için kullanılır.

Tablo 4.11. Bölge faktörü, Z

<b>Sismik bölge</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Sismik yoğunluk</b>	<b>Düşük</b>	<b>Orta</b>	<b>Şiddetli</b>	<b>Çok şiddetli</b>
<b>Z</b>	0,10	0,16	0,24	0,36

Denklem (4.18)' de belirtilen “I” önem faktörüdür. Yapıların kullanımına bağlı olarak, yıkılmasının tehlikeli sonuçları, deprem sonrası işlevsel ihtiyaçlar, tarihi değer veya ekonomik önem gibi durumları incelenerek belirlenir. Önem faktörünün değerleri Tablo (4.12)' de verilmektedir.

Tablo 4.12. Önem faktörü, I

Yapı	Önem Faktörü, I
Önemli hizmet ve topluluk binaları, anıt binaları, yaşam hattı ve acil durum binaları, tren istasyonları, havaalanları, gıda depolama binaları, akaryakıt istasyonu binaları, elektrik santrali binaları, itfaiye istasyonu ve büyük topluluk salon binaları	1,5
200'den fazla kişinin yaşadığı konut veya ticari binalar	1,2
Diğer bütün binalar	1,0

Tasarım mühendisi, gerekli görürse yukarıda belirtilen değerlerden daha büyük bir önem faktörü değeri seçebilir. Yukarıda belirtilenlerin kapsamına girmeyen binalar, ekonomiye ve birden fazla konut birimine sahip çok katlı binalar gibi strateji hususlarına bağlı olarak daha yüksek bir önem faktörü değeri ile tasarlanabilir. İskele vb. gibi kısa süreli ve geçici yapılar için geçerli değildir.

Denklem (4.18)' de belirtilen "R", sünek veya gevrek deformasyonlarla karakterize edilen, yapının algılanan sismik hasar performansına bağlı olarak tepki azaltma faktörüdür. Ancak I/R oranı 1'den büyük olmayacaktır.

Moment çerçevesi sistemler için R değerleri Tablo (4.13)' te verilmiştir.

Tablo 4.13. Moment çerçevesi sistemler için tepki azaltma faktörü, R

Yanal Yük Dayanım Sistemi	R
Bina Çerçeve Sistemi;	
Betonarme binalar için sıradan moment dirençli çerçeve	3,0
Betonarme binalar için özel moment dirençli çerçeve	5,0
Çelik yapılar için sıradan moment dirençli çerçeve	3,0
Çelik yapılar için özel moment dirençli çerçeve	5,0

Denklem (4.18)' de verilen "S<sub>a</sub>/g" oranı uygun doğal periyotlara ve yapının sönümüne dayalı olarak, Şekil (4.6)' da verilen, kaya veya toprak sahaları için ortalama tepki ivme katsayısıdır.

“S<sub>a/g</sub>” zemin türlerine bağlı olarak Denklem (4.19), (4.20) ve (4.21) ile bulunmaktadır.

Kaya veya sert topraklı zeminler için;

$$S_{a/g} = \begin{cases} 1 + 15T & 0 \leq T \leq 0,10 \\ 2,50 & 0,10 \leq T \leq 0,40 \\ \frac{1}{T} & 0,40 \leq T \leq 4 \\ 0,25 & 4 \leq T \end{cases} \quad (4.19)$$

Orta derecede zeminler için;

$$S_{a/g} = \begin{cases} 1 + 15T & 0 \leq T \leq 0,10 \\ 2,50 & 0,10 \leq T \leq 0,55 \\ \frac{1,36}{T} & 0,55 \leq T \leq 4 \\ 0,34 & 4 \leq T \end{cases} \quad (4.20)$$

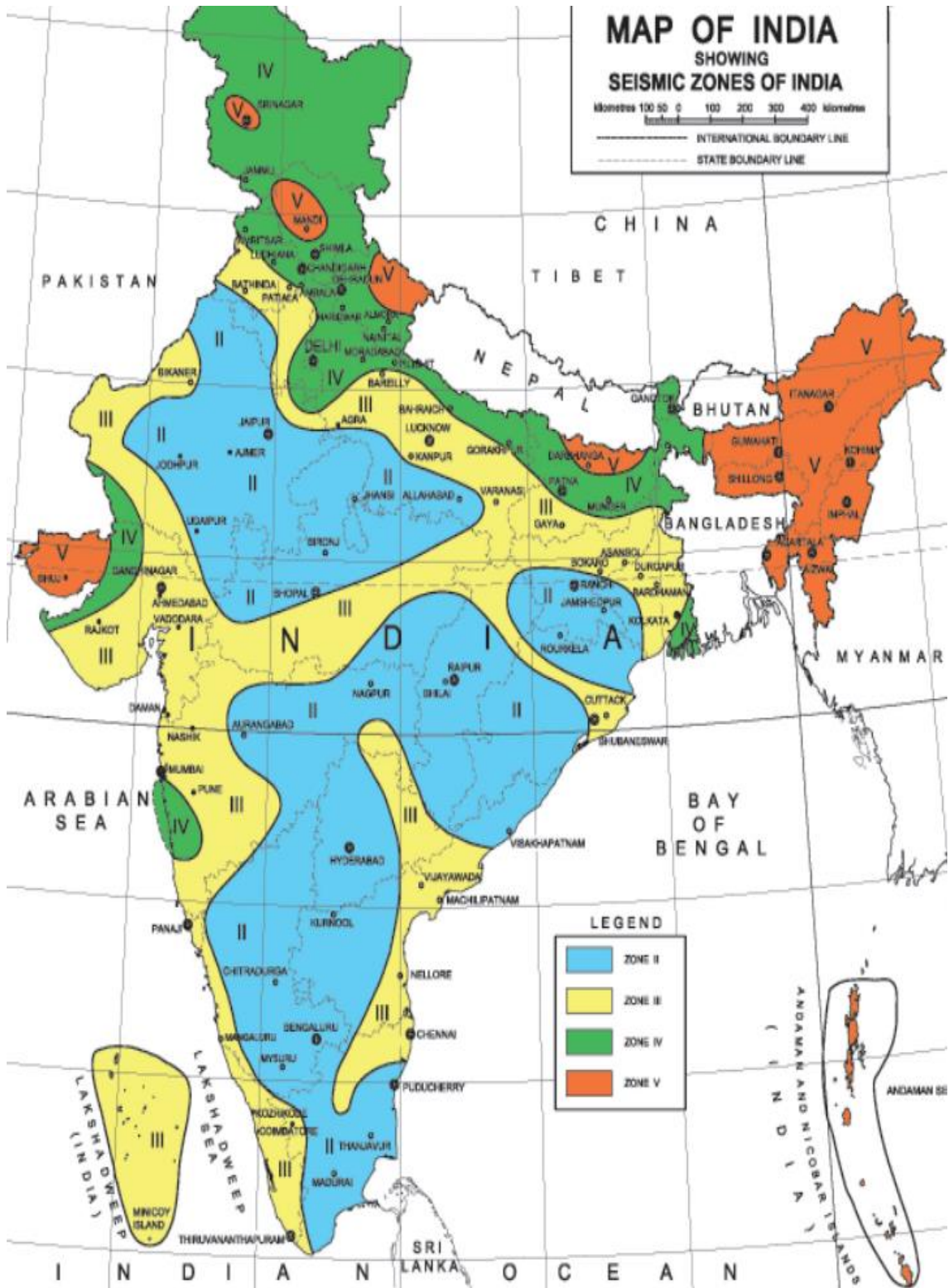
Yumuşak zemin için;

$$S_{a/g} = \begin{cases} 1 + 15T & 0 \leq T \leq 0,10 \\ 2,50 & 0,10 \leq T \leq 0,67 \\ \frac{1,67}{T} & 0,67 \leq T \leq 4 \\ 0,42 & 4 \leq T \end{cases} \quad (4.21)$$

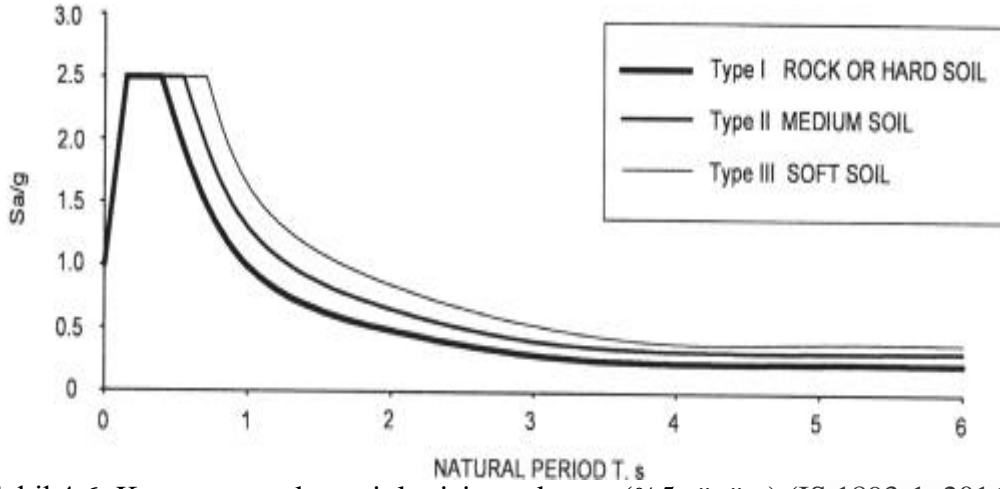
30 m veya daha derindeki yeraltı yapıları ve temelleri için tasarım yatay ivme spektrumu değeri, Denklem (4.18)' den elde edilen değerin yarısı olarak alınacaktır.

Zemin seviyesi ile 30 m derinlik arasına yerleştirilen yapılar ve temeller için, tasarım yatay ivme spektrumu değeri A<sub>h</sub> ile 0,5A<sub>h</sub> arasında doğrusal olarak enterpolasyona tabi tutulacaktır; burada A<sub>h</sub>, Denklem (4.18)' de belirtildiği gibidir.

Düşey tasarım ivme spektrumu, Denklem (4.18)' de belirtilen tasarım yatay ivme spektrumunun üçte ikisi olarak alınabilir.



Şekil 4.5. Hindistan'ın deprem bölgeleri (IS 1893-1, 2016)



Şekil 4.6. Kaya ve toprak zeminler için spektrum (%5 sönüm) (IS 1893-1, 2016)

#### 4.4 ABD- Binalar ve Diğer Yapılar İçin Minimum Tasarım Yükleri (ASCE Standardı-ASCE/SEI 7-10) (2010)

ABD’ de Kaliforniya, Alaska ve Washington eyaletleri en yüksek sıklıkta deprem olaylarının meydana geldiği yerlerdir.

Bu standart, bina yönetmeliği gerekliliklerine tabi olan yapıların tasarımı için minimum yük gerekliliklerini sağlar.

ASCE/SEI 7-10 standardı 31 ana başlıktan oluşmaktadır. 11. başlık olan “Sismik Tasarım Kriterleri” başlığı altında deprem ve zemin konusu anlatılmıştır. Deprem yer hareketine maruz kalan binaların ve diğer yapıların tasarım ve inşasına ilişkin kriterler sunulmaktadır.

Yapısal olmayan bileşenler de dahil olmak üzere her yapı ve onun bir kısmı, bu standartta belirtildiği şekilde sismik hareketin etkilerine dayanabilecek şekilde tasarlanacak ve inşa edilecektir.

Aşağıdaki yapılar bu standardın sismik gerekliliklerinden muafır:

- Spektral ivme parametresi  $S_s$ ' nin 0,4'ten küçük olduğu veya Sismik Tasarım Kategorisinin A, B veya C olduğu yerlerde bulunan müstakil bir ve iki aileli konutlar.

- Müstakil bir ve iki aileli ahşap çerçeveli konutlar.
- Tarımsal depolama yapıları.
- Araç köprüleri, elektrik iletim kuleleri, hidrolik yapılar, gömülü elektrik hatları ve bunların donanımları ile nükleer yapılar gibi özelliklerinin ve çevrelerinin özel olarak dikkate alınmasını gerektiren yapılar.
- Halkın erişimine açık olmayan iskele ve rıhtımlar.

#### **4.4.1. Sismik Yer Hareketi Değerleri**

##### **4.4.1.1. Haritalanmış İvme Parametreleri**

Kısa periyotlarda harita spektral ivme parametresi  $S_s$  ve 1 saniyelik periyotta harita spektral ivme parametresi  $S_1$  değerlerini elektronik olarak istenilen yerin konumuna göre “<https://www.seismicmaps.org/>” sitesinden öğrenilebilmektedir.

##### **4.4.1.2. Zemin Sınıfı**

Zeminin özelliklerine bağlı olarak, zemin sınıfı A, B, C, D, E ve F olarak sınıflandırılmaktadır.

Zemin özelliklerinin, zemin sınıfını belirlemek için yeterli derecede bilinmediği durumlarda, E veya F zemin türünün mevcut olduğu belirlenmediği sürece zemin sınıfı D sınıfı olarak kullanılmalıdır.

Zemin sınıflandırılması için gerekli parametreler Tablo (4.14)’ de ft- cinsinden, Tablo (4.15)’ de m- cinsinden verilmektedir.

Zemin sınıflandırılması için parametreler; “ $v_s$ ”, üst 100 ft’ teki (30 m) kayma şekil değiştirmelerindeki ortalama kayma dalgası hızı, “ $s_u$ ” drenajsız kayma dayanımı, “N” üst 100 ft (30 m) için ortalama zemin standardı penetrasyon direnci ve “ $N_{ch}$ ” üst 100 ft (30 m) için kohezyonsuz zemin katmanları için ortalama standart penetrasyon direncidir.

Tablo 4.14. ABD- Zemin sınıflandırılması (1)

Zemin Sınıfı	Açıklaması	$v_s$	$N_{ya}$ da $N_{ch}$	$s_u$
A	Sert kaya	>5000 ft/s	--	--
B	Kaya	2500-5000 ft/s	--	--
C	Çok yoğun zemin ve yumuşak kaya	1200-2500 ft/s	>50	>2000 psf
D	Sert zemin	600-1200 ft/s	15-50	1000-2000 psf
E	Yumuşak killi zemin	<600 ft/s	<15	<1000 psf
F	Sahaya özel tepki analizi gerektiren zemin			

Tablo 4.15. ABD- Zemin sınıflandırılması (2)

Zemin Sınıfı	Açıklaması	$v_s$	$N_{ya}$ da $N_{ch}$	$s_u$
A	Sert kaya	>1524 m/s	--	--
B	Kaya	762-1524 m/s	--	--
C	Çok yoğun zemin ve yumuşak kaya	365,76-762 m/s	>50	>95,76 kN/m <sup>2</sup>
D	Sert zemin	182,88-365,76 m/s	15-50	47,88-95,76 kN/m <sup>2</sup>
E	Yumuşak killi zemin	<182,88 m/s	<15	<47,88 kN/m <sup>2</sup>
F	Sahaya özel tepki analizi gerektiren zemin			

Bir zeminin F sınıfı olarak sınıflandırılması için aşağıdaki koşullardan herhangi birinin karşılanması gerekmektedir:

- Sıvılaştırılabilir zeminler, hassas kil ve çökebilir zayıf çimentolu zeminler gibi deprem anında göçme veya çökmeye karşı hassas zeminler.
- Turbalar ve/veya yüksek oranda organik kil içeren zeminler. ( $H > 10$  ft (3 m) ( $H$ =toprağın kalınlığı))
- Çok yüksek plastisiteli killi zeminler. ( $H > 25$  ft (7,6 m),  $PI > 75$ )
- Çok kalın yumuşak/orta sert killi zeminler. ( $H > 120$  ft (37 m),  $s_u < 1.000$  psf (50 kPa))

#### 4.4.1.3. Maksimum Dikkate Alınan Deprem (MCE<sub>R</sub> (Maximum Considered Earthquake)) Spektral Tepki İvme Parametreleri

Zemin sınıfı etkilerine göre ayarlanan maksimum dikkate alınan depremin kısa periyot ( $S_{MS}$ ) ve 1 s' deki ( $S_{M1}$ ) spektral tepki ivme parametreleri Denklem (4.22) ile belirlenmektedir.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (4.22)$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Denklem (4.22)' de belirtilen  $F_a$  ve  $F_v$ , saha katsayılarıdır ve sırasıyla Tablo (4.16) ve (4.17)' de değerleri verilmektedir.

Tablo 4.16. Saha katsayısı,  $F_a$

Zemin Sınıfları	Kısa Periyot Spektral Tepki İvme Parametresi				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s \geq 1,25$
<b>A</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>B</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>C</b>	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
<b>D</b>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
<b>E</b>	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
<b>F</b>	<i>Sahaya özel tepki analizi gerektiren zemin</i>				

Tablo 4.17. Saha katsayısı,  $F_v$

Zemin Sınıfları	1 sn Periyot Spektral Tepki İvme Parametresi				
	$S_1 \leq 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 \geq 0,50$
<b>A</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>B</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>C</b>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
<b>D</b>	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
<b>E</b>	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
<b>F</b>	<i>Sahaya özel tepki analizi gerektiren zemin</i>				

#### 4.4.1.4. Tasarım Spektral İvme Parametreleri

Kısa periyot tasarım spektral tepki ivme parametresi  $S_{DS}$  ve 1 s periyot için tasarım spektral tepki ivme parametresi  $S_{D1}$  Denklem (4.23) ile belirlenmektedir.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (4.23)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

#### 4.4.1.5. Tasarım Spektrumu

Bu standart tarafından bir tasarım tepki spektrumunun gerekli olduğu ve sahaya özel yer hareketi prosedürlerinin kullanılmadığı durumlarda, tasarım davranış spektrum eğrisi, Şekil (4.7)' de gösterildiği gibi ve aşağıdaki şekilde geliştirilecektir:

1.  $T_0$ 'dan daha düşük periyotlar için tasarım spektral tepki ivmesi  $S_a$ , Denklem (4.24)' te verilmektedir.

$$S_a(T) = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (4.24)$$

2.  $T_0$ 'a eşit veya daha büyük ve  $T_S$ ' ye eşit veya daha küçük periyotlar için tasarım spektral tepki ivmesi  $S_a$ ,  $S_{DS}$ ' ye eşit alınacaktır.

3.  $T_S$ ' den büyük ve  $T_L$ 'den küçük veya eşit periyotlar için tasarım spektral tepki ivmesi  $S_a$ , Denklem (4.25)' te verilmektedir.

$$S_a(T) = \frac{SD1}{T} \quad (4.25)$$

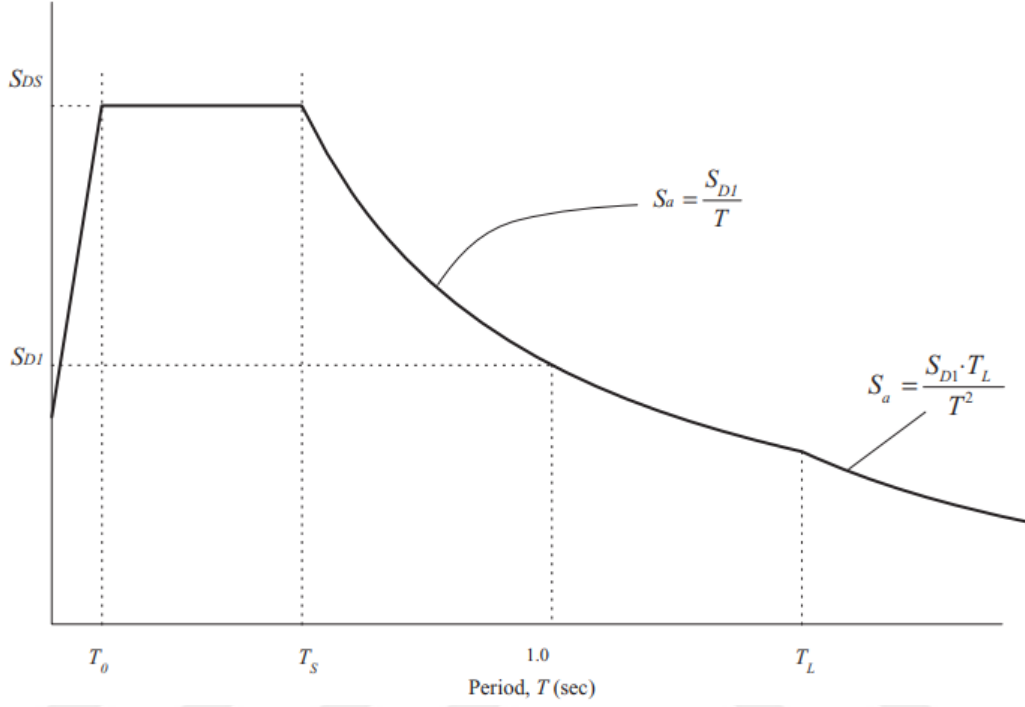
4.  $T_L$ 'den büyük süreler için  $S_a$  Denklem (4.26)' da verilmektedir.

$$S_a(T) = \frac{SD1.TL}{T^2} \quad (4.26)$$

Denklemlerde belirtilen “T” saniye cinsinden yapının temel periyodu, “ $T_L$ ” ise uzun periyot geçiş periyodudur ve ilgili yönetmeliğin eklerinde bölgelere göre değerleri verilmiştir.  $T_0$  ve  $T_S$  periyot değerleri ise Denklem (4.27)' de verilmektedir.

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SDS} \quad (4.27)$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SDS}$$



Şekil 4.7. ABD- Yatay tasarım spektrumu (ASCE/SEI 7-10, 2010)

#### 4.4.2. Sismik Tasarım Kategorisi

Tablo (4.18)' de verilen risk kategorilerine göre ve Denklem (4.23) ile belirlenen tasarım spektral ivme parametreleri olan  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ' e bağlı olarak sismik tasarım kategorisi belirlenecektir.  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ' e bağlı olarak belirlenen sismik tasarım kategorileri Tablo (4.19) ve (4.20)' de verilmektedir.

$S_1$ ' in 0,75'ten büyük veya ona eşit olduğu ve risk kategorisi I, II veya III yapıları sismik tasarım kategorisi E' ye atanacaktır.  $S_1$ ' in 0,75'ten büyük veya ona eşit olduğu ve risk kategorisi IV olan yapılar sismik tasarım kategorisi F' ye atanacaktır.

Tablo 4.18. Binaların ve diğer yapıların sel, rüzgâr, kar, deprem ve buz yükleri açısından risk kategorisi

<b>Yapılar</b>	<b>Risk kategorisi</b>
Göçme durumunda insan hayatı açısından düşük risk oluşturan yapılar	I
Risk Kategorileri I, III ve IV' te olanlar dışındaki tüm binalar ve diğer yapılar	II
Göçme durumunda insan hayatı için önemli bir risk oluşturabilecek binalar ve diğer yapılar	III
Risk Kategorisi IV' e dahil olmayan, önemli ekonomik etkiye ve/veya göçme durumunda günlük sivil yaşamın büyük ölçüde bozulmasına neden olabilecek binalar ve diğer yapılar	III
Miktarının yargı yetkisine sahip makam tarafından belirlenen eşik miktarını aşan ve serbest bırakılması durumunda kamu için tehdit oluşturan, Risk Kategorisi IV' e dahil olmayan binalar ve diğer yapılar (tehlikeli yakıtlar, tehlikeli kimyasallar, tehlikeli atıklar veya patlayıcılar gibi maddeleri üreten, işleyen, depolayan, kullanan veya bertaraf eden tesisler vb.)	III
Temel tesisler olarak belirlenen binalar ve diğer yapılar	IV
Göçme durumunda toplum için önemli bir tehlike oluşturabilecek binalar ve diğer yapılar	IV
Yeterli miktarda yüksek düzeyde toksik madde içeren, yargı yetkisine sahip makam tarafından belirlenen ve serbest bırakıldığında kamu için tehlike teşkil edecek ve serbest bırakıldığında kamu için tehdit oluşturmaya yeterli olacak şekilde belirlenen eşik miktarını aşan binalar ve diğer yapılar (tehlikeli yakıtlar, tehlikeli kimyasallar veya tehlikeli atıklar gibi maddeleri üreten, işleyen, depolayan, kullanan veya bertaraf eden tesisler vb.)	IV
Risk Kategorisi IV yapılarının işlevselliğini sürdürmek için gereken binalar ve diğer yapılar.	IV

Tablo 4.19. Kısa periyot ivme parametresine göre sismik tasarım kategorisi

<b>S<sub>DS</sub> değerleri</b>	<b>Risk Kategorisi</b>	
	<b>I-II-III</b>	<b>IV</b>
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tablo 4.20. 1 sn periyot ivme parametresine göre sismik tasarım kategorisi

<b>S<sub>D1</sub> değerleri</b>	<b>Risk Kategorisi</b>	
	<b>I-II-III</b>	<b>IV</b>
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sismik tasarım kategorisi C, D, E veya F olan yapılar için aşağıda verilen potansiyel jeolojik ve sismik tehlikelerin değerlendirilmesini içeren bir inceleme yapılarak ve bir rapor sunulacaktır:

- Şev stabilitesi,
- Sıvılaşma,
- Toplam ve farklı oturmalar,
- Faylanma veya sismik kaynaklı yanal yayılma veya yanal akış nedeniyle yüzey yer değiştirmesi.

Rapor, oluşabilecek tehlikelerin etkilerini hafifletmeye yönelik temel tasarımları veya diğer önlemlere ilişkin tavsiyeleri de içermelidir.

#### **4.5. Yunanistan- Depreme Dayanıklı Yapılara İlişkin Yunan Yönetmeliği (EAK 2000)**

Yunanistan, Doğu Akdeniz'de Afrika Levhası ile Avrasya Levhası arasındaki karmaşık sınır bölgesinde yer almaktadır. Yunanistan'ın Kuzey kısmı Avrasya Levhası, Güney kısmı ise Ege Denizi Levhası üzerinde yer almaktadır. Sonuç olarak Yunanistan, Türkiye 'ye komşu olduğu için büyük depremlerin yaşandığı bölgelerin başında gelmektedir.

Bu yönetmelik, yapıların depreme karşı tasarlanabilmesi için gereklidir. Ancak yönetmelik, kısmi veya tam deprem yalıtımlı yapılar için kullanılmamaktadır. Yönetmelikte bulunan tasarım kuralları ve parametreler genel olarak kullanılabilmesi gibi uygulama kuralları esas olarak binalar için geçerlidir.

Bir yapının tasarımı yapılırken, inşasının ve kullanımının deprem kuvvetine yeterince dayanıklı olması gerekmektedir. Tasarım depremi altında yapıda sınırlı ve onarılabilir hasarlara izin verilir. Sismik etkiler kapsamında tasarlanan yapılarda aşağıdaki durumlar göz önüne alınmalıdır:

- Çökme olmamalı
- Hasar sınırlanmalı
- Minimum hizmet verilebilirlik seviyesi gerekli (depreme maruz kaldıktan sonra)

EAK 2000 standardı 5 bölümden oluşmaktadır. 2. bölüm olan “Tasarım Sismik Hareketleri” başlığı altında deprem ve zemin konusu anlatılmıştır

##### **4.5.1. Tasarım Sismik Hareketleri**

Tasarım sismik hareketleri, yapıların tasarımı yapılırken zeminin olası bir depremden dolayı oluşan salınım hareketi olarak tanımlanabilir. Bundan dolayı bu hareket, zeminin sismik titreşimleri veya zeminin sismik uyarımı olarak tanımlanabilmektedir.

Tasarım sismik hareketinin derecesi, yapının yapılacağı yerin sismik risk bölgesine bağlı olarak tasarım ivmesi olan “A” ile belirlenmektedir ve Tablo (4.21)' de değerleri verilmektedir.

Yapılar deprem durumunda insan hayatı açısından tehlikeli olabilecek bazı durumlara sahip olabilir. Aynı zamanda yapılarda meydana gelebilecek herhangi bir olumsuz durumda yapı işleyişi kesintiye uğrayarak sosyoekonomik sonuçlara yol açabilmektedir. Buna bağlı olarak yapılar önem kategorilerine göre dörde ayrılmaktadır. Tablo (4.22)' de önem kategorilerine göre  $\gamma_I$ ' in değerleri verilmektedir.

“A” değeri yapıların önem kategorilerine bağlı olarak ( $\gamma_I \cdot A$ ) aynı bölge içerisinde değişiklik gösterebilir. (g:yer çekimi ivmesi)

Tablo 4.21. Zemin sismik ivmesi, (A=a.g)

<b>Sismik Risk Bölgeleri</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>a</b>	0,12	0,16	0,24	0,36

Tablo 4.22 Önem kategorisi,  $\gamma_I$

<b>Önem Kategorileri</b>		<b><math>\gamma_I</math></b>
$\Sigma 1$	<b>Halk güvenliği açısından az öneme sahip binalar (Tarımsal binalar, barakalar, ahırlar vb.)</b>	0,85
$\Sigma 2$	<b>Sıradan konut ve ofis yapıları, endüstriyel binalar, oteller vb.</b>	1,00
$\Sigma 3$	<b>Okul binaları, kamu toplantı binaları, havaalanları, genellikle günün büyük bir bölümünde çok sayıda insanın toplandığı binalar ve büyük ekonomik değere sahip tesisleri (bilgisayar merkezleri, özel endüstriler vb.)barındıran binalar</b>	1,15
$\Sigma 4$	<b>Hem deprem sırasında hem de sonrasında kullanılması oldukça önemli olan binalar (Telekomünikasyon binaları, enerji santralleri, hastaneler, itfaiye istasyonları, kamu hizmet binaları vb.). Sanatsal değere sahip eserleri barındıran binalar (müzeler vb.).</b>	1,30

#### 4.5.2. Sismik Uyarıların Modellenmesi

Deprem meydana geldiğinde zeminin herhangi bir noktasındaki sismik hareket, birbirine dik iki yatay bileşen ve bir düşey bileşen tarafından belirlenmektedir. Bu üç bileşenin istatistiksel olarak birbirinden bağımsız olduğu kabul edilmektedir.

Sismik hareket zemin yüzeyinde, temel seviyesinde veya katlarında sabit olarak kabul edilmektedir. Farklı temel seviyelerine sahip binalarda, tasarım sismik hareketinin tüm seviyelerde aynı olduğu varsayılır.

Sismik hareketin iki yatay bileşeni, Denklem (4.28)' de verilen elastik ivme spektrumu  $\Phi_e$  ile belirlenmektedir. Düşey bileşenin ivme spektrumu ise, yatay bileşenin ivme spektrumunun 0,70 ile çarpılmasıyla elde edilir.

$$\begin{aligned}\Phi_e(T) &= A \cdot \gamma_1 \cdot (1 + (n \cdot \beta_0 - 1) \cdot (T/T_1)) & (0 < T < T_1) \\ \Phi_e(T) &= A \cdot \gamma_1 \cdot n \cdot \beta_0 & (T_1 < T < T_2) \\ \Phi_e(T) &= A \cdot \gamma_1 \cdot n \cdot \beta_0 \cdot (T_2/T) & (T_2 < T < T_3)\end{aligned}\tag{4.28}$$

“ $\beta_0$ ”, spektral amplifikasyon faktörüdür ve sabit olarak 2,50 alınmaktadır. “n” ifadesi ise eğer %5’ ten farklı bir sönüm oranı kullanılacaksa düzeltme faktörüdür.

Denklem (4.28)' de belirtilen sınır değerleri  $T_1$  ve  $T_2$  Tablo (4.23)'de verilen saniye cinsinden karakteristik periyotlardır. Tablo (4.23)' de yer alan zemin sınıfları 4.5.3.5. başlıkta anlatılmaktadır.

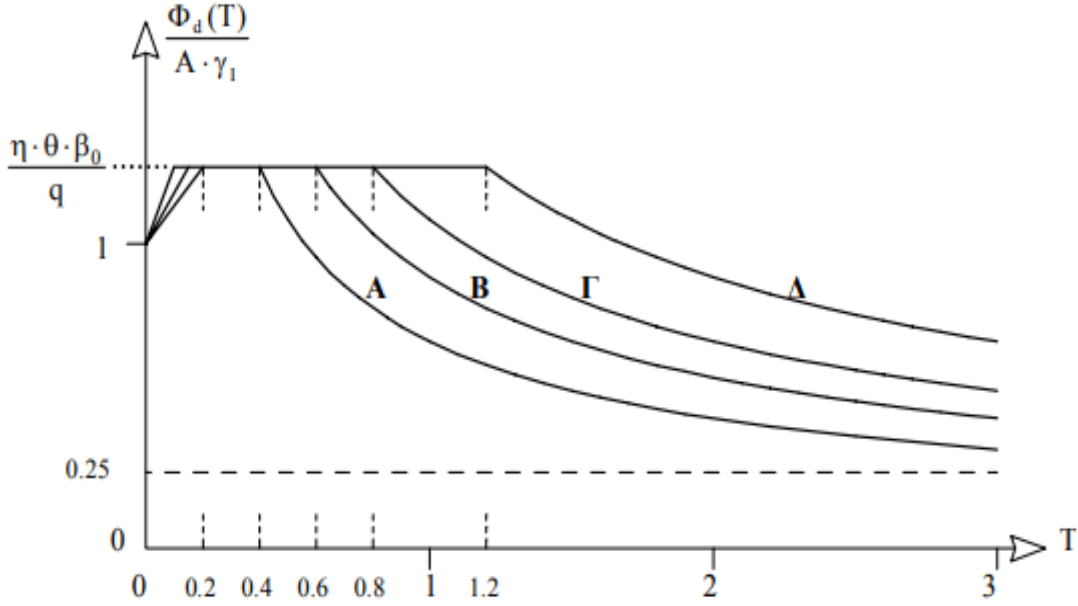
Tablo 4.23.  $T_1$  ve  $T_2$  periyotlarının değerleri

Periyotlar	Zemin Sınıfları			
	A	B	Γ	Δ
T1	0,10	0,15	0,20	0,20
T2	0,40	0,60	0,80	1,20

### 4.5.3. Tasarım Spektrumları

#### 4.5.3.1. Yatay Tasarım Spektrumu

Deprem yatağı bileşenlerinin tasarım spektrumu Şekil (4.8) ve Denklem (4.29) ile belirlenmektedir.



Şekil 4.8. Yunanistan- Yatay tasarım spektrumu (EAK 2000)

$$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \left(1 + \left(\frac{T}{T_1}\right) \cdot \left(\frac{\eta \cdot \theta}{q} \cdot \beta_0 - 1\right)\right) \quad (0 \leq T < T_1)$$

$$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta}{q} \cdot \beta_0 \quad (T_1 \leq T \leq T_2) \quad (4.29)$$

$$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta}{q} \cdot \beta_0 \cdot \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} \quad (T_2 < T)$$

Denklem (4.29)' de belirtilen yapının davranış faktörü “q”, zemin sınıflandırılmaları ve temelin etki faktörü “θ” sırasıyla 4.5.3.4, 4.5.3.5, 4.5.3.6. başlıkları altında anlatılmıştır.

Daha önce elastik ivme spektrumunda da belirtildiği gibi “β<sub>0</sub>”, spektral amplifikasyon faktörüdür ve sabit olarak 2,50 alınmaktadır. Denklem (4.29)' da belirtilen “η” sembolü sönümleme modifikasyon faktörüdür ve Denklem (4.30) ile hesaplanır.

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} \geq 0,7 \quad (4.30)$$

Denklem (4.30)' daki kritik sönüm değerlerini ifade eden “ $\zeta$ ” sembolünün değerleri tüm yapı türleri için Tablo (4.24)' te verilmiştir.

Tablo 4.24. Kritik sönüm değerleri,  $\zeta$

Yapı Türleri		$\zeta$ %
Çelik	Kaynaklı Birleşimler	2
	Cıvatalı Birleşimler	4
Beton	Güçlendirilmemiş	3
	Güçlendirilmiş	5
	Ön Gerilmeli	4
Yığma yapı	Güçlendirilmiş	6
	Sınırlı	5
Ahşap	Yapıştırılmış Birleşimler	4
	Cıvatalı Birleşimler	4
	Çivili Birleşimler	5

Yüksek sönüm oranına sahip olan yapılarda,  $\eta$  katsayısının alt sınırı, proje sahibinin önceden onayı ve ilgili kurumun özel izni alınarak 0,5 değerine kadar düşürülebilir. Bu iznin verilmesi için, yüksek sönüm oranının nedenini açıklayan ayrıntılı özel bir çalışma gereklidir.

#### 4.5.3.2. Düşey Tasarım Spektrumu

Düşey bileşenin tasarım spektrumunu elde ederken yatay elastik tasarım spektrumundan faydalanılır. Yatay elastik tasarım spektrumu için olan formüllere aşağıdaki değişimler yapılarak düşey elastik tasarım spektrumu elde edilmektedir:

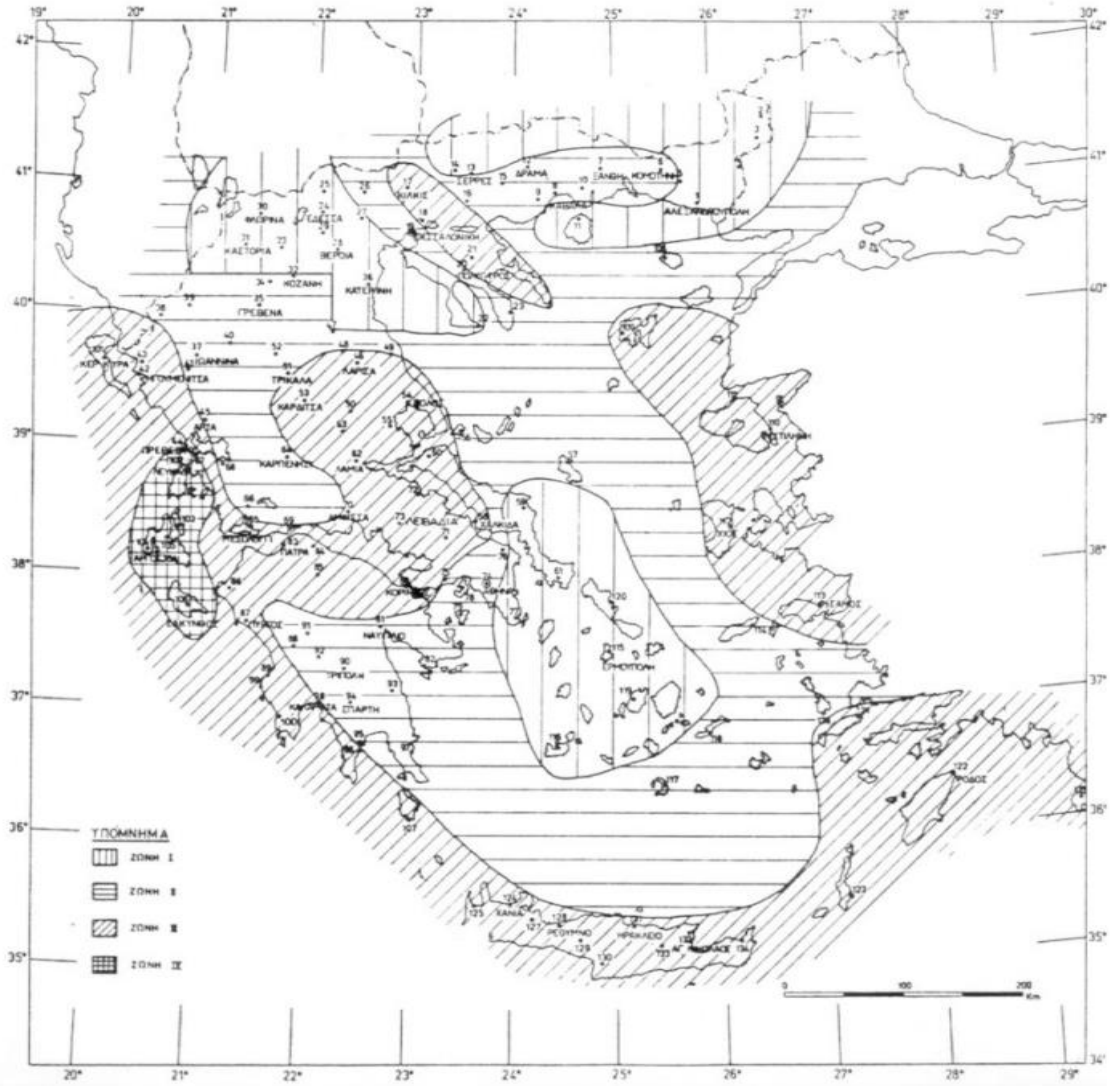
- Yatay yer ivmesi A yerine, düşey bileşen  $A_v$  kullanılır ve bu değer 0,70 A' ya eşit olarak alınır.
- Davranış faktörü q yerine,  $q_v = 0,5q \geq 1,0$  kullanılır.
- Temelin etki faktörü  $\theta'$  nın değeri her zaman 1' e eşit alınır.

#### 4.5.3.3. Zemin Sismik İvmesi

Bu yönetmeliğin uygulanabilmesi için Yunanistan 4 adet sismik risk bölgesine ayrılmıştır. Her sismik risk bölgesine karşılık gelen yer ivmesi A değeri vardır (Tablo (4.21)).

Sismik risk bölgeleri I, II, III ve IV olarak adlandırılıp bölgelerin sınırları Şekil (4.9)'daki Yunanistan Sismik Risk Haritasında tanımlanmıştır.

Tablo (4.25)'te Yunanistan'ın yerleşim alanları, Şekil (4.9)'da bulunan haritadaki harita numaralarını ve bu alanların Sismik Risk Bölgeleri tanımlanmıştır.



Şekil 4.9. Yunanistan- Sismik risk bölgesi haritası (EAK 2000)

Tablo 4.25. Yunanistan- Yerleşim alanlarının sismik risk bölgeleri

Yer adı	No	Sismik risk bölgesi	Yer adı	No	Sismik risk bölgesi	Yer adı	No	Sismik risk bölgesi
AEGINA	79	II	IGOYMENITSA	42	III	MYTILINI	110	III
AEGION	84	III	IOANNINA	37	II	NAOYSA	29	I
AGIA	49	II	IRAKLEIO	131	III	NAUPAKTOS	69	III
AGIOS KYRIKOS	114	II	ISTIAIA	60	III	NAUPLIO	81	II
AGIOS NIKOLAOS	132	III	ITHACA	103	IV	NIGRITA	16	II
AGRINIO	66	II	KALAMATA	98	III	N. DODONI	41	II
ALEXANDRO UPOLIS	1	I	KALAMBAKA	52	II	NEA ZICHNI	15	II
ALMYROS	55	III	KALAMOS	76	II	ORESTIADA	2	I
AMARION	129	III	KALAVRITA	85	III	PALIOYRI	22	I
AMFILOCHI A	68	II	KALYMNOS	136	II	PAROS	119	I
AMFISSA	70	III	KANTANOS	126	III	PATRA	83	III
AMORGOS	118	II	KARDITSA	53	III	POLYGYROS	20	II
ANDRAVIDA	86	III	KARPATOS	123	III	PORTOCHELI	82	II
ANDRITSAIN A	88	II	KARPENISI	64	II	PREVEZA	44	III
ANDROS	120	I	KARYSTOS	61	I	PTOLEMAİS	33	I
AREOPOLIS	96	II	KASTELION	133	III	PYLOS	100	III
ARGOSTOLI	104	IV	KASTELORIZO	135	III	PYRGOS	87	III
ARIDAIA	25	I	KASTORIA	31	I	RETHYMNO	128	III
ARNAIA	21	III	KATERINI	36	I	RODOS	122	III
ARTA	45	II	KAVALA	8	II	SALAMINA	78	II
ATALANTI	72	III	KERKYRA	101	III	SAMI	105	IV
ATHENS	74	II	KILKIS	17	III	SAMOS	113	III
CHALKIDA	58	III	KISSAMOS	125	III	SAMOTHRAKI	108	II
CHANIA	124	III	KOMOTINI	6	II	SAPPAL	5	I
CHIOS	112	III	KONITSA	39	II	SARTI	23	II
CHRYSOUPO LIS	10	II	KOS	121	III	SERRES	13	I
CORINTH	80	III	KOZANI	32	II	SIATISTA	34	I
CYME	59	I	KYPARISSIA	89	III	SIDIROKASTRO	14	I
DELVINAKIO	38	II	KYTHIRA	107	III	SITIA	134	III
DIDYMOTIC HO	3	I	LAMIA	62	III	SKIATHOS	56	II
DIMITSANA	91	II	LANGADAS	18	III	SKYROS	57	II
DOMOKOS	63	III	LARISSA	46	III	SOUFLI	4	I
DRAMA	12	II	LAYRIO	77	I	SPARTA	94	II
EDESSA	24	I	LEHAINA		III	THASSOS	11	I
ELASSON	47	II	LEONIDION	93	II	THEBES	71	III
ELEFTHERO UPOLIS	9	II	LEVADIA	73	III	THESSALONIK I	19	II
ERMOUPOLI S	115	I	LEYKADA	102	IV	THIRA	117	II
FARSALA	50	III	MEGALOPOLIS	92	II	TRIKALA	51	II
FILIATRA	99	III	MEGARA	75	II	TYLOS		III
FILIATTAI	43	III	MESOLOGGI	65	II	TYRNAVOS	48	II
FLORINA	30	I	METSOVO	40	II	VAMOS	127	III
GAIUS		III	MILOS	116	I	VERIA	28	I
GIANNITSA	27	I	MOIRAI	130	III	VOLOS	54	III
GOYMENTITS A	26	II	MONEMVASIA	97	II	VONITSA	67	III
GREVENA	35	II	MYRINA	109	III	XANTHI	7	II
GYTHIO	95	II	MYTHIMNA	111	III	ZAKYNTHOS	116	IV

#### 4.5.3.4. Davranış Faktörü, q

Davranış faktörü, sonsuz elastik sistemin analiziyle elde edilenlerle karşılaştırıldığında, gerçek sistemin elastik sonrası davranışının neden olduğu sismik yüklerde bir azalma sağlar.

Yapının taşıyıcı sisteminin malzemesine ve türüne göre maksimum davranış faktörü q' nun değerleri Tablo (4.26)' da verilmektedir. Bu değerler, sistemin tasarım depreminde akmaya başlaması (ilk plastik mafsalın oluşması) ve yüklemenin daha da artmasıyla yeterli sayıda plastik mafsal oluşturularak güvenilir bir akma mekanizmasının oluşması koşuluyla geçerlidir.

Elastik davranışın gerekli olduğu durumlarda davranış faktörü q, 1'e eşit olarak alınır.

Tablo 4.26. Davranış faktörü, q

Malzeme	Yapı Sistemi	q
Betonarme	Çerçeveler Veya İkili Sistem	3,50
	Konsol Görevi Gören Duvarlardan Oluşan Yapılar	3,00
	Toplam Kütlenin En Az %50'sinin Sistem Yüksekliğinin Üst 1/3'ünde Bulunduğu Sistemler	2,00
Çelik	Moment Dirençli Çerçeveler	4,00
	Dışmerkez Destekli Çerçeveler	4,00
	Eş Merkezli Destekli Çerçeveler	
	• Çapraz Destekler	3,00
	• V ğ L Tipi Destekler	1,50
	• K Tipi Destekler (İzin Verilen Yerlerde*)	1,00
Yığma	Yatay Bağ Kirişli	1,50
	Yatay ve Dikey Bağ Elemanları İle	2,00
	Güçlendirilmiş Yığma (Dikey ve Yatay)	2,50
Ahşap	Konsollar	1,00
	Kirişler – Kemerler – Yapıştırılmış Paneller	1,50
	Cıvatalı Bağlantılara Sahip Çerçeveler	2,00
	Çivili Paneller	3,00

#### 4.5.3.5. Zemin Sınıflandırılması

Sismik tehlike bakımından zeminler Tablo (4.27)' de belirtildiği gibi A, B, Γ, Δ ve X olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır.

Tablo 4.27. Yunanistan- Zemin sınıfları

Zemin Sınıfı	Açıklaması
A	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aşırı derecede ayrışma olmaması kaydıyla büyük alanda ve geniş derinlikte uzanan kaya veya yarı kayadan oluşan zemin.</li><li>• Kalınlığı 70 m' den az olan, çok az miktarda silt-kil karışımı içeren yoğun granüler malzemedan oluşan zemin.</li><li>• Kalınlığı 70 m' den az olan konsolide olmuş kil üzerindeki sert katmanlardan oluşan zemin.</li></ul>
B	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mekanik özellikleri açısından granüler malzeme olarak kabul edilebilecek, fazla miktarda ayrışmış kayalar veya topraklardan oluşmuş zemin.</li><li>• Kalınlığı 5 m' den derin olan orta yoğunluklu veya 70 m' den fazla kalınlığa sahip olan yüksek yoğunluklu granüler malzeme katmanlarından oluşan zemin.</li><li>• Konsolide olmuş kil üzerinde kalınlığı 70 m' yi aşan sert tabakalardan oluşan zemin.</li></ul>
Γ	<ul style="list-style-type: none"><li>• 5 m' nin üzerinde kalınlığa sahip düşük yoğunluğa sahip veya 70 m' nin üzerinde kalınlığa sahip orta yoğunlukta granüler malzeme katmanlarından oluşan zemin.</li><li>• 5 m' den fazla derinliğe sahip düşük mukavemetli silt-kil topraklarından oluşan zemin.</li></ul>
Δ	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toplam kalınlığı 12 m' nin üzerinde olan, yüksek plastisite indeksli (<math>I_p &gt; 60</math>) yumuşak killi zemin.</li></ul>
X	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sıvılaşabilecek gevşek ince taneli siltli kumlu zemin.<ul style="list-style-type: none"><li>• Görünür tektonik faylara yakın zemin.</li><li>• Gevşek molozlarla kaplı dik yamaçlar.</li></ul></li><li>• Dinamik sıkışma veya mukavemet kaybı açısından tehlikeli olduğu kanıtlanmış gevşek taneli zeminler veya yumuşak siltli killi zeminler.<ul style="list-style-type: none"><li>• Gevşek dolgular.</li><li>• Organik zeminler.</li></ul></li><li>• Aşırı dik eğime sahip Γ sınıfı zeminler.</li></ul>

Belirtilen X sınıfı zeminde yapı yapılmadan önce detaylı bir araştırma ve çalışmalar yapılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve mevcutta bulunan problemlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Zemin tabakalarını incelerken kalınlığı 5 m' den az olan X sınıfı hariç herhangi bir zemin sınıfıyla karşılaşıldığında, bu tabakanın bir önce görülmüş olan zemin sınıfına ait olduğu düşünülebilir.

#### 4.5.3.6. Temel Faktörü, $\theta$

Temel faktörü  $\theta$ , genellikle temellerin derinliğine ve sertliğine bağlıdır.

Zemin sınıfı A veya B olduğunda, temel faktörü  $\theta$  "1" değerini alır.  $\Gamma$  ve  $\Delta$  zemin sınıflarında, Tablo (4.28)' de belirtilen koşullardan en az birinin sağlanması ve elde edilen tasarım spektral ivmesinin B sınıfı zemin için elde edilenden daha az olmaması koşuluyla,  $\theta$  değeri Tablo (4.28)' de verilmiş olan değerleri almaktadır.

Tablo 4.28. Temel faktörü,  $\theta$

Koşullar	$\theta$
<ul style="list-style-type: none"><li>• Binanın bir bodrum katı bulunmaktadır.</li><li>• Binanın radye temeli vardır.</li><li>• Binanın temeli kazık başlık kirişlerini taşıyan kazıklardan oluşmaktadır.</li></ul>	0,90
<ul style="list-style-type: none"><li>• Binanın en az iki bodrum katı vardır.</li><li>• Binanın en az bir bodrum katı ve hasır temeli vardır.</li><li>• Binanın temeli ortak bir kazık başlığı ile birbirine bağlanan kazıklardan oluşmaktadır.</li></ul>	0,80
NOT: Bir yapının taban döşemesi çevre duvarlarına sahip olduğunda ve dolayısıyla bağlı döşemelerin pratik olarak hareketsiz olduğu kabul edilerek bu durum bodrum katı olarak kabul edilir.	

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1. Zemin Sınıflamaları

Tablo (5.1)' de seçilen 5 ülkenin zemin sınıflamaları verilmiştir. Bir örnek olarak bakıldığında; Türkiye- TBDY 2018' de ZC zemin sınıfına ait bir zemin, sınıflandırılma parametreleri dikkate alındığında, Avrupa Birliği-Eurocode 8 yönetmeliğinde B sınıfı, Hindistan- IS 1893-1 yönetmeliğinde Tablo (4.10)' da ki açıklamalar dikkate alındığında Tip-2 zemin, ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğine göre C sınıfı ve Yunanistan- EAK 2000 yönetmeliğine göre ise Tablo (4.27)' de ki açıklamalar dikkate alındığında yaklaşık olarak  $\Gamma$  sınıfına uygun olmaktadır.

Tablo 5.1. Ülkelerin zemin sınıflamaları

ÜLKELER	Zemin sınıfları	Zemin sınıflandırma parametreleri		
		Kayma dalgası hızı	Standart penetrasyon darbe sayısı	Drenajsız kayma dayanımı
TÜRKİYE	ZA	>1500	--	--
	ZB	760-1500	--	--
	ZC	<b>360-760</b>	<b>&gt;50</b>	<b>&gt;250</b>
	ZD	180-360	15-50	70-250
	ZE	<180	<15	<70
	ZF	--	--	--
AVRUPA	A	>800	--	--
	<b>B</b>	<b>360-800</b>	<b>&gt;50</b>	<b>&gt;250</b>
	C	180-360	15-50	70-250
	D	<180	<15	<70
	E	--	--	--
HİNDİSTAN	TİP 1	--	>30	--
	<b>TİP 2</b>	--	<b>10-30</b>	--
	TİP 3	--	<10	--
ABD	A	>1524	--	--
	B	762-1524	--	--
	<b>C</b>	<b>365,76-762</b>	<b>&gt;50</b>	<b>&gt;95,76</b>
	D	182,88-365,76	15-50	47,88-95,76
	E	<182,88	<15	<47,88
	F	--	--	--
YUNANİSTAN	A B $\Gamma$ $\Delta$ X	Tablo 4.27' de tanımlama yapılarak zemin sınıflandırılması yapılmıştır.		

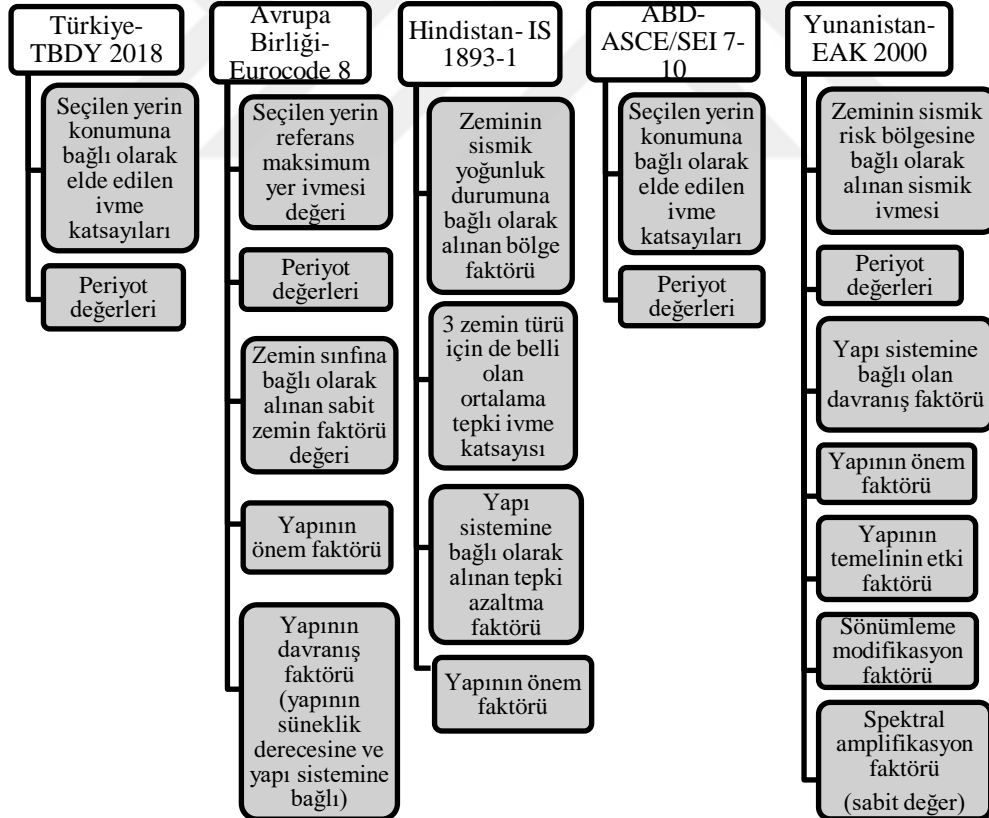
Zemin sınıflandırılması için parametreler Tablo (5.2)' de verilmektedir.

Tablo 5.2. Zemin sınıflandırmalarının karşılaştırılması

Deprem yönetmelikleri	Zemin sınıfı sayısı	Zemin sınıflandırma parametreleri
Türkiye- TBDY 2018	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kayma dalgası hızı</li> <li>Standart penetrasyon darbe sayısı</li> <li>Drenajsız kayma dayanımı</li> </ul>
Avrupa Birliği- Eurocode 8	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kayma dalgası hızı</li> <li>Standart penetrasyon darbe sayısı</li> <li>Drenajsız kayma dayanımı</li> </ul>
Hindistan- IS 1893-1	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standart penetrasyon darbe sayısı</li> </ul>
ABD- ASCE/SEI 7-10	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kayma dalgası hızı</li> <li>Standart penetrasyon darbe sayısı</li> <li>Drenajsız kayma dayanımı</li> </ul>
Yunanistan- EAK 2000	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeminin tabaka kalınlıkları incelenerek sınıflama yapılıyor.</li> </ul>

Deprem tasarım spektrumları çizilirken ele alınan parametreler her ülkenin deprem yönetmeliğinde farklılıklar göstermektedir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Ülkelerin deprem tasarım spektrumlarına etki eden parametreler



## 5.2. Ülkelerin Spektrumları

Bu çalışma kapsamında seçilen ülkelerin spektrumları hakkında özet bilgiler Tablo (5.4)' te verilmektedir.

Tablo 5.4. Ülkelerin spektrumları hakkında özet

	<b>TÜRKİYE-TBDY 2018</b>	<b>AVRUPA BİRLİĞİ- EUROCODE 8</b>	<b>HİNDİSTAN- IS 1893-1</b>	<b>ABD- ASCE/SEI 7-10</b>	<b>YUNANİSTAN- EAK 2000</b>
Tasarım spektrumu; Sahaya özel mi? Bölge tanımlamasıyla mı?	Sahaya özel	Bölge tanımlamasıyla (Sismik bölgelere ayrılmış.)	Bölge tanımlamasıyla (Deprem bölgelerine ayrılmış.)	Sahaya özel	Bölge tanımlamasıyla (Sismik bölgelere ayrılmış.)
Spektrumlar % kaç sönüm için hazırlanmış?	%5	%5	%5	%5	%5
Spektrum grafiği çizerken zeminin etkisi hangi değerler ile ele alınıyor?	Tasarım spektral ivme katsayıları olarak adlandırılan; $S_{DS}$ ve $S_{D1}$ ile zemin değerleri ele alınır. $S_{DS} = S_s F_s$ $S_{D1} = S_1 F_1$ $F_s$ ve $F_1$ değerleri yerel zemin etki katsayılarıdır. (Tablo 4.1-4.2)	Maksimum yer ivmesinin değeri $a_{gR}$ (Şekil 4.3), önem faktörü $\gamma_1$ (Tablo 4.5), davranış faktörü $q$ ve A, B, C, D ve E tipi zemin sınıfları için $S$ , $T_B$ , $T_C$ ve $T_D$ değerleri spektrum grafiği çizilirken ele alınır (Tablo 4.6-4.7).	Tasarım yatay sismik katsayısı $A_h$ değerini etkileyen faktörler; bölge faktörü $Z$ , önem faktörü $I$ , bina sistemleri için tepki azaltma faktörü $R$ ve ortalama tepki ivme katsayısı $S_a/g$ . $S_a/g$ ; kaya veya sert topraklı zeminler, orta derecede zeminler ve yumuşak zeminler için sabit olarak verilmiştir (Şekil 4.6).	Zemin sınıfı etkilerine göre ayarlanan maksimum dikkate alınan depremin kısa periyot ( $S_{MS}$ ) ve 1 s' deki ( $S_{M1}$ ) spektral tepki ivme parametreleri; $S_{MS} = F_a S_s$ $S_{M1} = F_1 S_1$ $F_a$ ve $F_v$ , saha katsayılarıdır (Tablo 4.16-4.17).	Tasarım sismik hareketinin derecesi, proje sahası olan yerin sismik risk bölgesine bağlı olarak tasarım ivmesi olan "A" ile belirlenmektedir (Tablo 4.21).
Zemin sınıflandırma koşulları nelerdir?	Ortalama kayma dalgası hızı $(v_s)_{30}$ , ortalama standart penetrasyon darbe sayısı $(N_{60})_{30}$ ve ortalama drenajsız kayma dayanımı $(c_u)_{30}$ .	Ortalama kayma dalgası hızı $v_{s,30}$ , standart penetrasyon testi darbe sayısı $N_{SPT}$ , ortalama drenajsız kayma dayanımı $(c_u)_{30}$ .	Tablo 4.10' da standart penetrasyon değeri $N'$ ye bağlı olarak zemin türleri belirlenmiştir.	" $v_s$ ", üst 30 m' deki ortalama kayma dalgası hızı, " $s_u$ " drenajsız kayma dayanımı, " $N$ " üst 30 m için ortalama zemin standardı penetrasyon direnci, " $N_{ch}$ " üst 30 m için kohezyonsuz zemin katmanları için ortalama standart penetrasyon direnci.	Sismik tehlike bakımından zeminler A, B, $\Gamma$ , $\Delta$ ve X olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 4.27).

Tablo 5.4. (Devam) Ülkelerin spektrumları hakkında özet

	TÜRKİYE-TBDY 2018	AVRUPA BİRLİĞİ- EUROCODE 8	HİNDİSTAN- IS 1893-1	ABD- ASCE/SEI 7-10	YUNANİSTAN- EAK 2000
Yatay tasarım spektrumu denklemleri nelerdir?	$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS}$ $(0 \leq T \leq T_A)$ $S_{ae}(T) = S_{DS}$ $(T_A \leq T \leq T_B)$ $S_{ae}(T) = \frac{SD1}{T}$ $(T_B \leq T \leq T_L)$ $S_{ae}(T) = \frac{SD1 \times TL}{T^2}$ $(T_L \leq T)$	$S_d(T) = a_g S \left(\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3}\right)\right)$ $(0 \leq T \leq T_B)$ $S_d(T) = a_g S \frac{2,5}{q}$ $(T_B \leq T \leq T_C)$ $S_d(T) \begin{cases} = ag S \frac{2,5}{q} \left(\frac{TC}{T}\right) \\ \geq \beta ag \\ (T_C \leq T \leq T_D) \end{cases}$ $S_d(T) \begin{cases} = ag S \frac{2,5}{q} \left(\frac{TC TD}{T^2}\right) \\ \geq \beta ag \\ (T_D \leq T) \end{cases}$	<p>Tasarım yatay sismik katsayısı <math>A_h</math>;</p> $A_h = \frac{Z I S_a}{2 R g}$ <p><math>S_a/g</math>; kaya veya sert topraklı zeminler, orta derecede zeminler ve yumuşak zeminler için sabit olarak verilmiştir (Şekil 4.6).</p>	$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right)$ $(T \leq T_0)$ $S_a = S_{DS}$ $(T_0 \leq T \leq T_s)$ $S_a = \frac{SD1}{T}$ $(T_s \leq T \leq T_L)$ $S_a = \frac{SD1 TL}{T^2}$ $(T_L \leq T)$	$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot (1 + (T/T_1) \cdot \left(\frac{n, \theta}{q} \cdot \beta_0 - 1\right))$ $(0 \leq T < T_1)$ $\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{n, \theta}{q} \cdot \beta_0$ $(T_1 \leq T \leq T_2)$ $\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{n, \theta}{q} \cdot \beta_0 \cdot ((T_2/T)^{(2/3)})$ $(T_2 < T)$

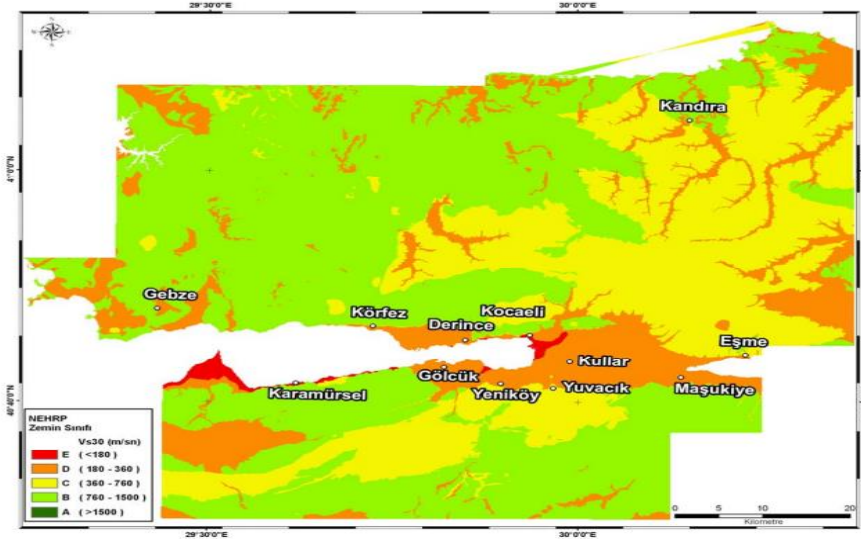
Tablo 5.4. (Devam) Ülkelerin spektrumları hakkında özet

	<b>TÜRKİYE- TBDY 2018</b>	<b>AVRUPA BİRLİĞİ- EUROCODE 8</b>	<b>HİNDİSTAN- IS 1893 -1</b>	<b>ABD- ASCE/SEI 7-10</b>	<b>YUNANİSTAN- EAK 2000</b>
Tasarım spektrumu denklemlerindeki değerler?	$S_{DS}$ ve $S_{D1}$ tasarım spektral ivme katsayıları. T, doğal titreşim periyodu.	$a_g$ , A tipindeki zemin için tasarım yer ivmesi. S, zemin faktörüdür. $T_B$ , $T_C$ ve $T_D$ değerleri sabit spektral ivme dalının periyotlarının sınır değerleridir. $q$ , davranış faktörüdür. $\beta$ , yatay tasarım spektrumu için alt sınır faktörüdür.	Bölge faktörü "Z", önem faktörü "I", tepki azaltma faktörü "R", ortalama tepki ivme katsayısı " $S_a/g$ ".	Kısa periyot tasarım spektral tepki ivme parametresi $S_{DS}$ ve 1 s periyot için tasarım spektral tepki ivme parametresi $S_{D1}$ . $T_0$ , $T_S$ , $T_L$ periyot sınır değerleri.	Tasarım ivmesi A (Tablo 4.21), önem kategorilerine göre $\gamma_I$ (Tablo 4.22), spektral amplifikasyon faktörü $\beta_0$ , sönümleme modifikasyon faktörü $\eta$ , yapının davranış faktörü $q$ (Tablo 4.26), temel etki faktörü $\theta$ (Tablo 4.28).
Tasarım spektrumu grafiğinin periyot değerleri?	$T_A=0,2 \frac{SD1}{SDS}$ , $T_B=\frac{SD1}{SDS}$ $T_L=6$ s $T_A$ ve $T_B$ , tasarım spektral ivme katsayıları. $T_L$ , sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodudur.	$T_B$ , $T_C$ ve $T_D$ değerleri tasarım spektrumu grafiğinin periyot değerleridir (Tablo 4.6-4.7).	Tasarım spektrumu grafiğinin periyot değerleri sabit değerler olarak Denklem (4.19-4.20-4.21)' de verilmiştir.	$T_0=0,2 \frac{SD1}{SDS}$ $T_S=\frac{SD1}{SDS}$ $T_L$ ise ilgili yönetmeliğin eklerinde bölgelere göre değerleri verilmiştir.	$T_1$ ve $T_2$ Tablo 4.23'te verilen saniye cinsinden karakteristik periyotlardır.

Tablo 5.4. (Devam) Ülkelerin spektrumları hakkında özet

	<b>TÜRKİYE- TBDY 2018</b>	<b>AVRUPA BİRLİĞİ- EUROCODE 8</b>	<b>HİNDİSTAN- IS 1893-1</b>	<b>ABD- ASCE/SEI 7-10</b>	<b>YUNANİSTAN - EAK 2000</b>
Düşey elastik tasarım spektrumu?	$S_{aeD}(T) = \left( 0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS}$ $(0 \leq T \leq T_{AD})$ $S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS}$ $(T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$ $S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T}$ $(T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$	<p>Yatay elastik tasarım spektrumu için verilen denklemler düşey için de kullanılabilir. Ancak; düşey yönde tasarım yer ivmesi, <math>a_g</math> yerine <math>a_{vg}</math>, S ise 1,0'a eşit olarak alınmalıdır. Düşey bileşen için genel olarak tüm malzemeler ve yapısal sistemler için 1,5'a kadar bir davranış faktörü q benimsenmelidir.</p>	<p>Düşey tasarım ivme spektrumu, tasarım yatay ivme spektrumunun üçte ikisi olarak alınmaktadır.</p>	<p>Düşey elastik tasarım spektrumu hakkında bir bilgi verilmemiştir.</p>	<p>Yatay elastik tasarım spektrumundaki: Yatay yer ivmesi A yerine, düşey bileşen <math>A_v</math> kullanılır ve bu değer 0,70 A' ya eşittir. Davranış faktörü q yerine, <math>q_v = 0,5q \geq 1,0</math> kullanılır. Temelin etki faktörü <math>\theta'</math> nın değeri 1' e eşit alınır.</p>

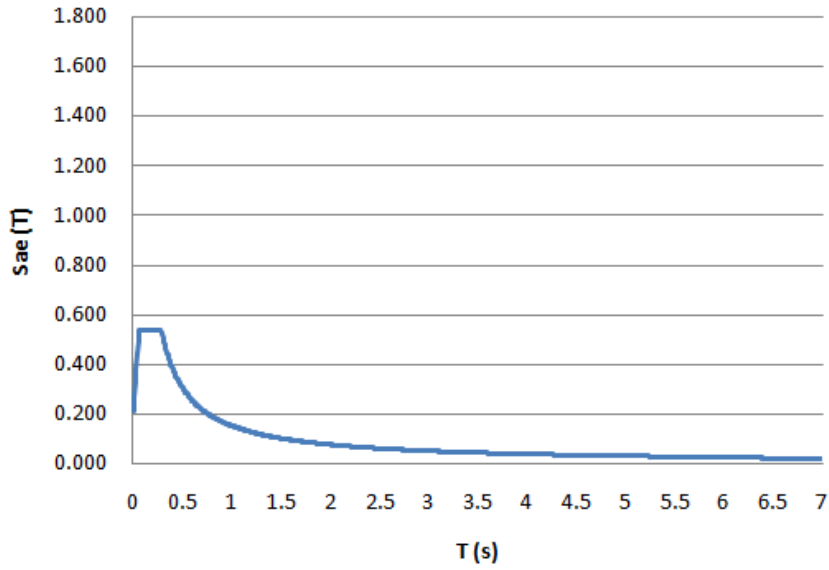




Şekil 5.2. Kocaeli zemin haritası (URL-8)

Tablo 5.5. Kocaeli ZA zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Deprem yer hareketi düzeyi</b>	DD-2
<b>Zemin sınıfı</b>	ZA
<b>Harita spektral ivme katsayıları</b>	$S_S: 0,671$ $S_1: 0,190$
<b>Yerel zemin etki katsayıları</b>	$F_S: 0,800$ $F_1: 0,800$
<b>Tasarım spektral ivme katsayıları</b>	$S_{DS}: 0,537$ $S_{D1}: 0,152$
<b>Köşe periyotları</b>	$T_A: 0,057$ $T_B: 0,283$ $T_L: 6,000$



Şekil 5.3. Kocaeli ZA zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZA zemin sınıfına giren zemin; Avrupa Birliği- Eurocode 8' e göre de A sınıfına girmektedir. Eurocode 8 yani Avrupa yönetmeliğinin geçerli olduğu ülkeler içerisinde depremselliği yüksek olan ülkelere biri olan "İtalya" seçilmiştir. Eurocode 8' e göre tasarım spektrumu çizerken ilk önce belirlememiz gereken konu yapının yapılacağı zeminin sınıfı ve seçilen ülke için sismik risk durumuna bağlı olarak ortaya çıkan maksimum yer ivmesi değeridir.

İtalya için Şekil (5.4)' te sismik tehlike haritası ve maksimum yer ivmesi değerleri Şekil (5.5)' te ise İtalya'nın zemin sınıflandırması verilmiştir. İtalya için;

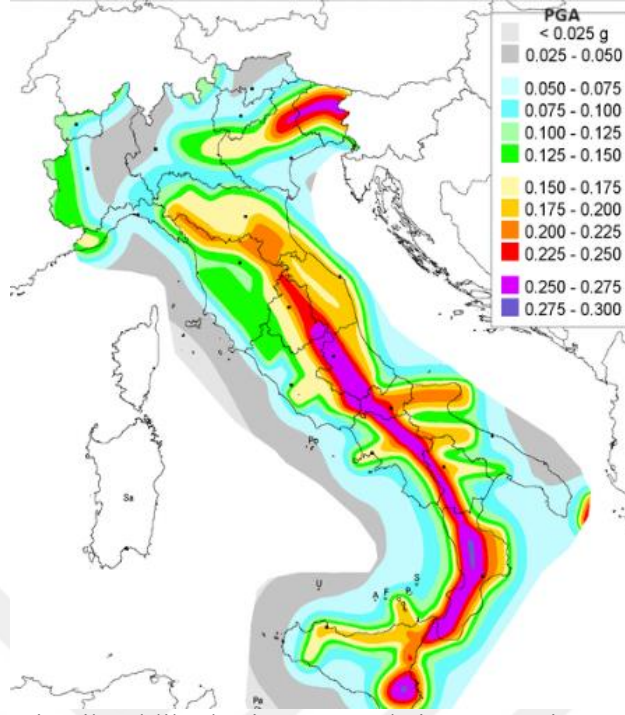
- Bölge 1: Yüksek depremsellik (0,25 g' nin üzerinde PGA)
- Bölge 2: Orta-yüksek depremsellik (PGA 0,15 ile 0,25 g arasında)
- Bölge 3: Orta-düşük depremsellik (PGA 0,05 ile 0,15 g arasında)
- Bölge 4: Düşük depremsellik (PGA 0,05 g' dan az)

Zemin sınıfı belli olduktan sonra zemin faktörü S ve periyot değerleri olan  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ' nin değerleri elde edilmektedir. Daha sonra ise yapılacak yapının türüdür. Bir okul binası inşa edileceği düşünüldüğü için ona uygun bir önem faktörü değeri belirlenmektedir. Son olarak davranış faktörü q' nun belirlenmesi için önce yapılacak yapının enerji sönmeme kapasitesine bağlı olarak yüksek/orta süneklilik derecesi seçilmelidir. Sonrasında yapı türlerine göre bir davranış faktörü belirlenmektedir.

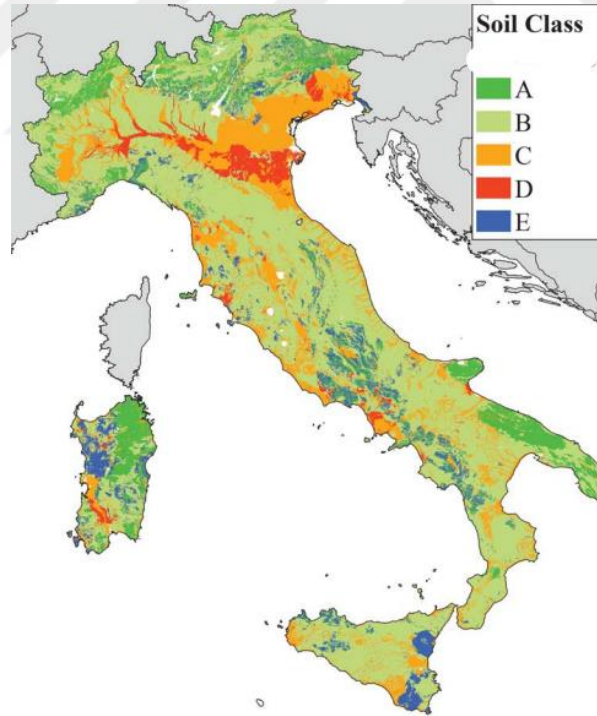
Ele alınan değerler Tablo (5.6)' da verilmektedir. Tablo (5.6)' da verilen değerler Şekil (5.6)' da spektrum grafiği haline getirilmiştir.

Tablo 5.6. İtalya A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

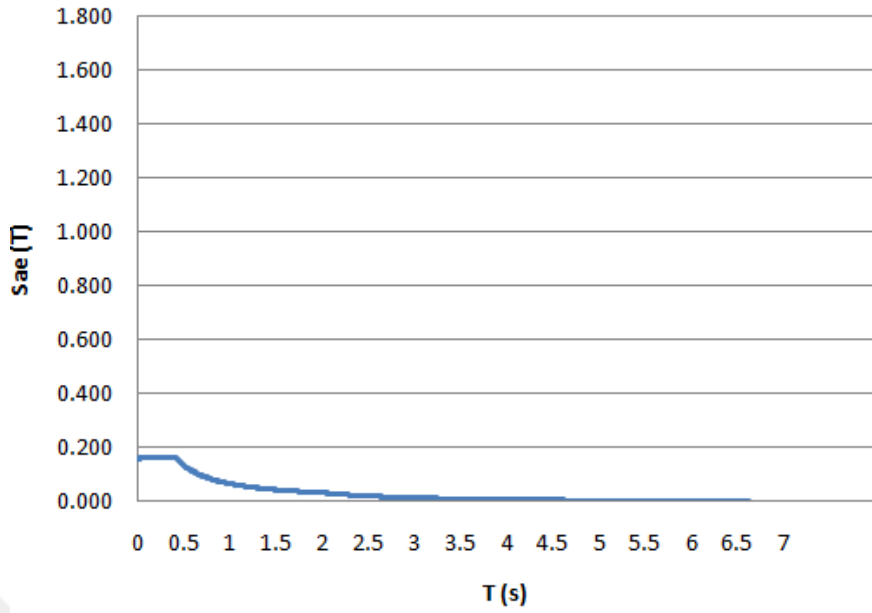
<b>Zemin sınıfı</b>	A
<b>Spektrum</b>	Tip 1
<b>Zemin faktörü, S</b>	1,00
<b>Periyot değerleri</b>	$T_B: 0,150$ $T_C: 0,400$ $T_D: 2,000$
<b>Maksimum yer ivmesi değeri, <math>a_{gR}</math></b>	0,200
<b>Önem faktörü, <math>\gamma_1</math></b>	1,200
<b>Tasarım yer ivmesi, <math>a_g</math></b>	0,240
<b>Süneklilik sınıfı</b>	Orta süneklilik
<b>Hasar modunu yansıtan faktör, <math>k_w</math></b>	1,00
<b>Davranış faktörünün temel değeri, <math>q_0</math></b>	3,60
<b>Davranış faktörü, q</b>	3,60



Şekil 5.4. İtalya'nın sismik tehlike haritası ve maksimum yer ivmesi değerleri (URL-9)



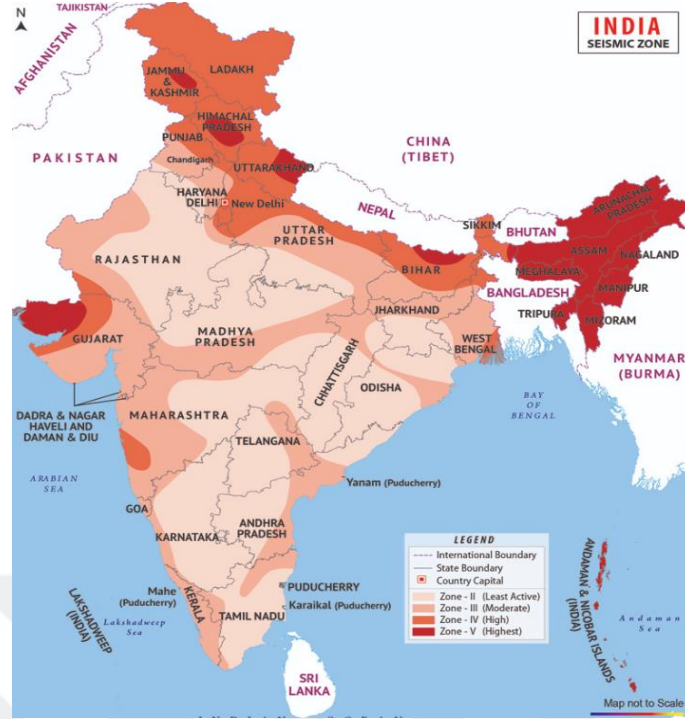
Şekil 5.5. İtalya'nın zemin sınıflandırması (URL-10)



Şekil 5.6. İtalya A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZA zemin sınıfına giren zemin; Hindistan- IS 1893-1 yönetmeliğine göre Tip 1 grubuna girmektedir. Şekil (5.7)' de Hindistan'ın sismik tehlike haritası verilmiştir. Delhi yakınlarında sarsıntılara neden olan 20 aktif fay hattı bulunduğu için özellikle bu bölgenin yakınlarının sismik risk açısından yüksek bölgede olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında yüksek riskli bölgeleri seçtiğimiz için Hindistan için de Uttarakhand bölgesi seçilmiştir.

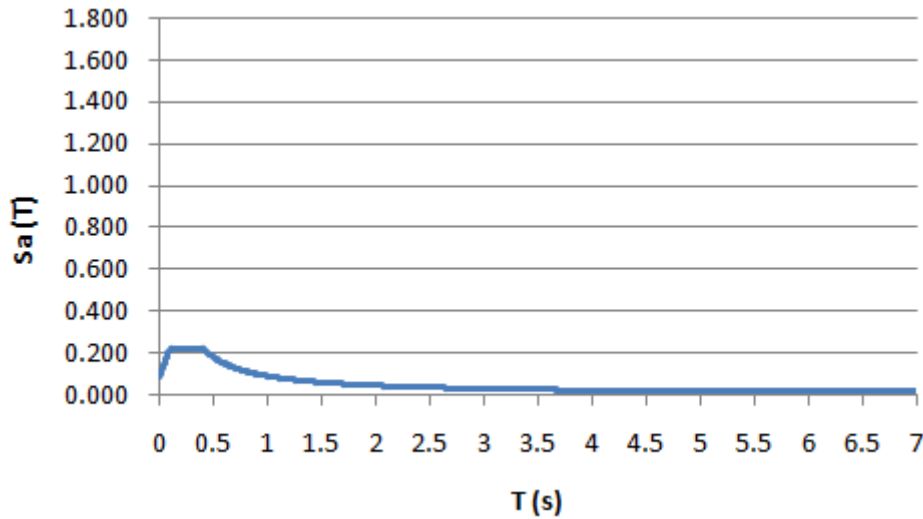
Hindistan- IS 1893-1 yönetmeliğine göre tasarım spektrumu için kullanılan ortalama tepki ivme katsayısı  $S_a/g$  sadece zemin sınıflarına göre değişmektedir. Tasarım yatay sismik katsayısı  $A_h$  değerini etkileyen faktörler; önem katsayısı, sismik risk durumuna bağlı olan bölge faktörü ve yapı türüne bağlı olan tepki azaltma faktörüdür. Tasarım spektrumu çizerken bu faktörlerin değerleri seçilerek çizdirilir. Seçilen değerler Tablo (5.7)' de verilmiştir. Tablo (5.7)' de verilen değerler ile Şekil (5.8)' deki spektrum grafiği çizilmiştir.



Şekil 5.7. Hindistan'ın sismik tehlike haritası (URL-11)

Tablo 5.7. Hindistan Tip 1 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

Zemin sınıfı	Tip 1
Bölge faktörü, Z	0,36
Önem faktörü, I	1,5
Bina sistemleri için tepki azaltma faktörü, R	3 (Sıradan RC moment dirençli çerçeve)

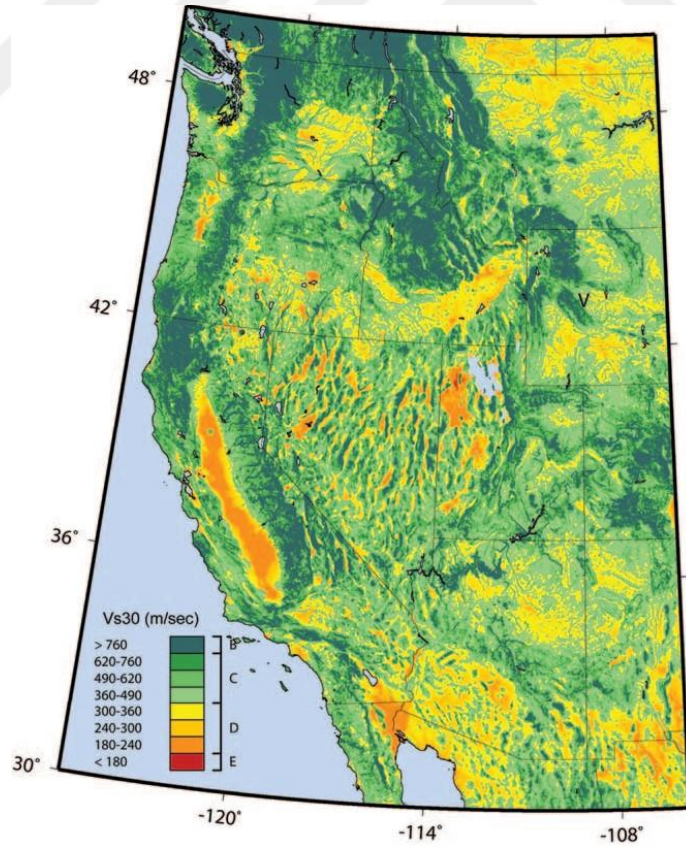


Şekil 5.8. Hindistan Tip 1 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZA zemin sınıfına giren zemin; ABD- ASCE/SEI 7-10' a göre A zemin sınıfına girmektedir. ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğinin geçerli olduğu yerler içerisinde depremselliği yüksek olan eyaletlerden biri olan “Kaliforniya” seçilmiştir.

ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğine göre tasarım spektrumu çizerken ilk önce “<https://www.seismicmaps.org/>” sitesine girerek yapının yapılacağı yerin konum bilgilerine, zemin sınıfına, risk kategorisine ve referans alınan yönetmeliğe göre harita spektral ivme katsayıları ( $S_s$ ,  $S_1$ ), spektral tepki ivme parametreleri ( $S_{MS}$ ,  $S_{M1}$ ) ve tasarım spektral ivme parametreleri ( $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$ ) değerlerini elde etmemiz gerekmektedir. Şekil (5.9)' da Kaliforniya civarının zemin koşullarını anlatan bir görsel verilmiştir.

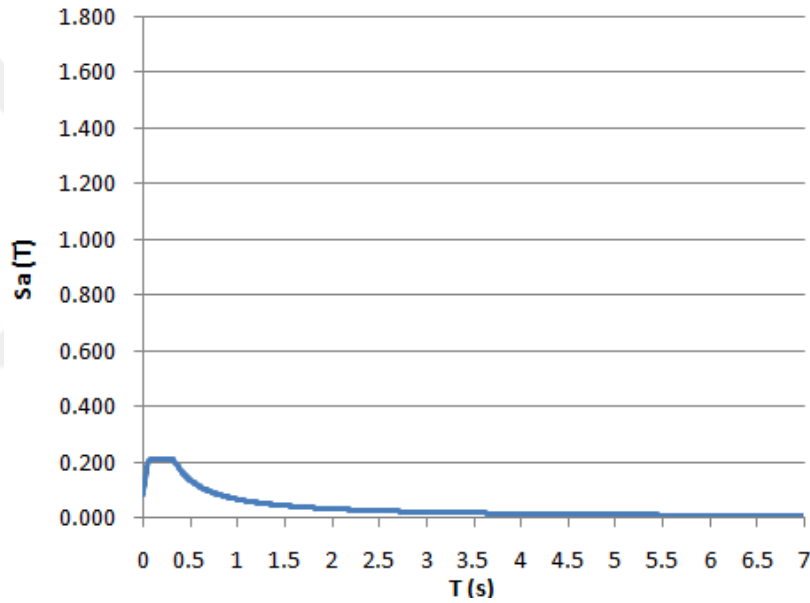
A sınıfı zemine uygun olacak şekilde seçilen yer için elde edilen değerler Tablo (5.8)' de verilmiştir. Tablo (5.8)' de verilen değerler ile çizilen spektrum grafiği Şekil (5.10)' da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Kaliforniya civarı için Vs(30) değerleri (Wald, DJ. ve Allen, TI., 2007)

Tablo 5.8. Kaliforniya A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	A
<b>Tasarım kodu</b>	ASCE7-10
<b>Risk kategorisi</b>	III
<b>Harita spektral ivme katsayıları</b>	$S_S: 0,402$ $S_1: 0,129$
<b>Spektral tepki ivme parametreleri</b>	$S_{MS}: 0,322$ $S_{M1}: 0,103$
<b>Tasarım spektral ivme katsayıları</b>	$S_{DS}: 0,214$ $S_{D1}: 0,069$
<b>Saha katsayıları</b>	$F_a: 0,800$ $F_v: 0,800$
<b>Periyot değerleri</b>	$T_0: 0,064$ $T_S: 0,322$ $T_L: 6,000$

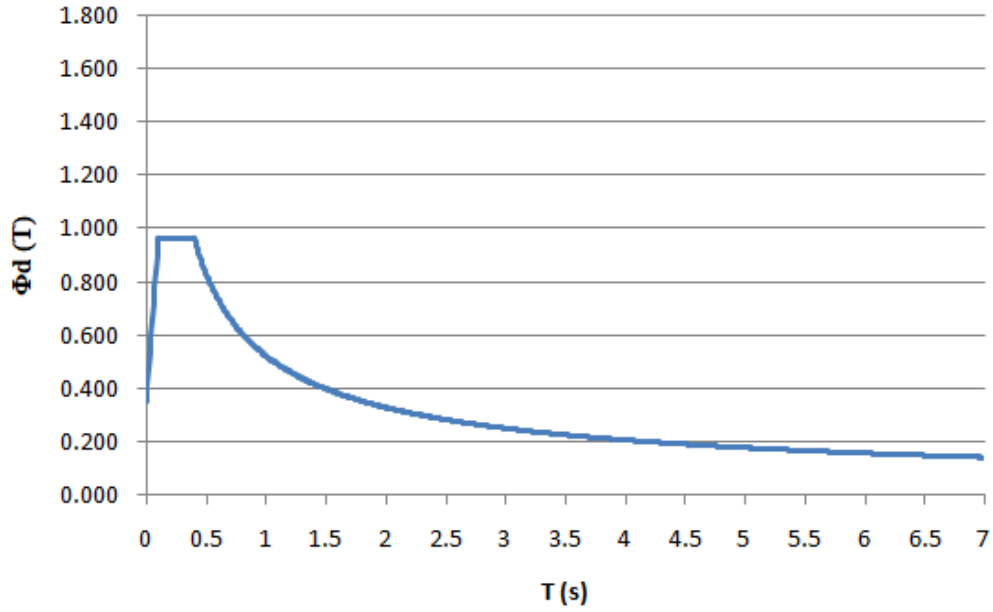


Şekil 5.10. Kaliforniya A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZA zemin sınıfına giren zemin; Yunanistan- EAK 2000' e göre de A zemin sınıfına girmektedir. Yunanistan genel olarak depremselliği yüksek olan bir ülkedir. Yunanistan- EAK 2000 yönetmeliğine göre tasarım spektrumu çizerken ilk önce belirlememiz gereken konu yapının yapılacağı yerin konumunun hangi sismik risk bölgesine girdiğini belirlemektedir. Sonrasında ise yapı türüne göre bir önem faktörü seçilir ve zemin sınıfı belirlenir. A sınıfı zemine uygun olacak şekilde seçilen yer için elde edilen değerler Tablo (5.9)' da verilmiştir. Tablo (5.9)' da verilen değerler ile çizilen spektrum grafiği Şekil (5.11)' de gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Yunanistan A zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	A
<b>Zemin sismik ivmesi, a</b>	0,12
<b>Tasarım ivmesi, A</b>	1,177
<b>Önem faktörü, <math>\gamma_1</math></b>	1,15
<b>Periyot değerleri</b>	T <sub>1</sub> : 0,100 T <sub>2</sub> : 0,400
<b>Spektral amplifikasyon faktörü, <math>\beta_0</math></b>	2,50
<b>Kritik sönüm değeri, <math>\zeta</math></b>	5 (beton- güçlendirilmiş)
<b>Sönümleme modifikasyon faktörü, <math>\eta</math></b>	1
<b>Temel faktörü, <math>\theta</math></b>	1
<b>Davranış faktörü, q</b>	3,50 (betonarme, çerçeveler veya ikili sistem)



Şekil 5.11. Yunanistan A zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

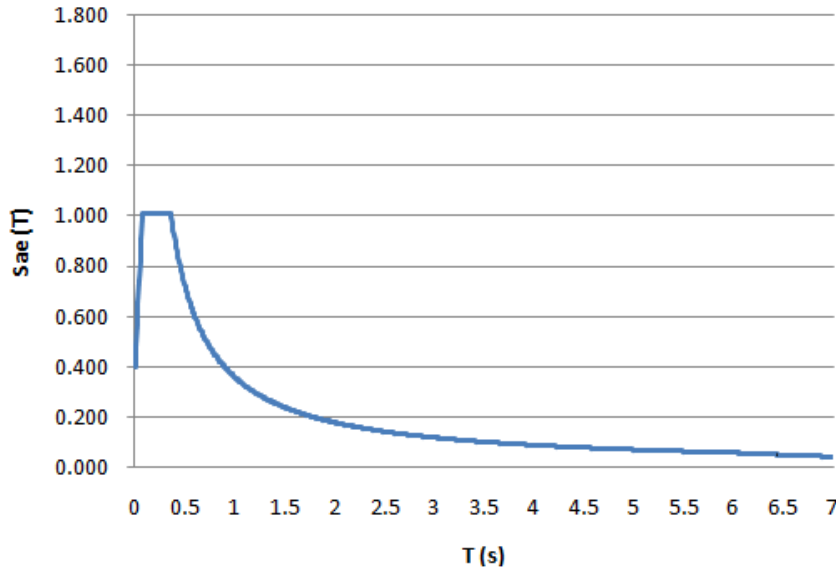
### 5.3.2. ZC- Zemin Sınıfı İçin Tasarım Spektrumları

5.3.1. başlıkta ZA zemin sınıfı için yapılan işlemler bu başlık altında Türkiye- TBDY 2018 standardına göre ZC zemin sınıfına giren zemin için yapılmıştır.

Türkiye için Kocaeli ilinde ZC zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.10)' da örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.12)' de tasarım spektrumu çizilmiştir.

Tablo 5.10. Kocaeli ZC zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Deprem yer hareketi düzeyi</b>	DD-2
<b>Zemin sınıfı</b>	ZC
<b>Harita spektral ivme katsayıları</b>	S <sub>S</sub> :0,941 S <sub>I</sub> :0,266
<b>Yerel zemin etki katsayıları</b>	F <sub>S</sub> : 1,200 F <sub>I</sub> : 1,500
<b>Tasarım spektral ivme katsayıları</b>	S <sub>DS</sub> : 1,129 S <sub>DI</sub> : 0,399
<b>Köşe periyotları</b>	T <sub>A</sub> : 0,071 T <sub>B</sub> : 0,353 T <sub>L</sub> : 6,000

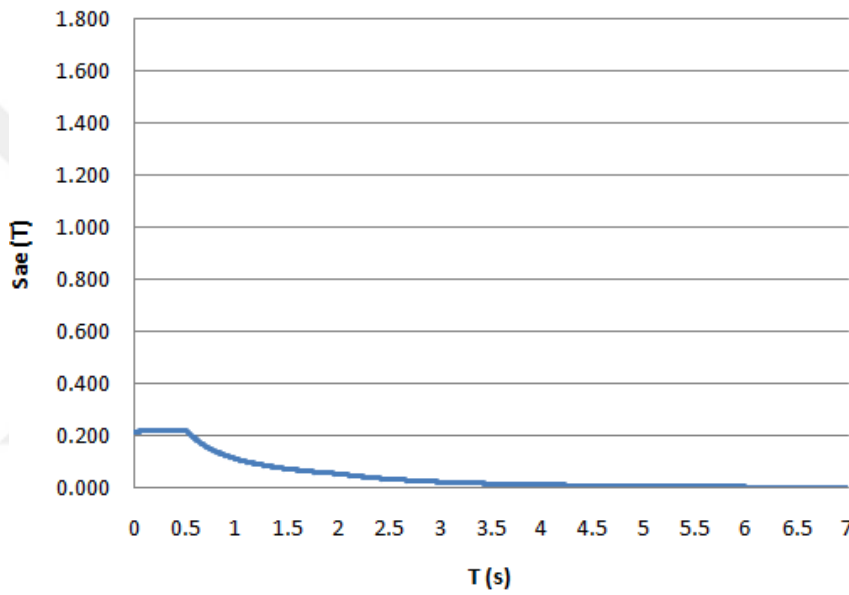


Şekil 5.12. Kocaeli ZC zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZC zemin sınıfına giren zemin; Avrupa Birliği- Eurocode 8' e göre B sınıfına girmektedir. İtalya' da B zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.11)' de örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.13)' te tasarım spektrumu çizilmiştir

Tablo 5.11. İtalya B zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	B
<b>Spektrum</b>	Tip 1
<b>Zemin faktörü, S</b>	1,20
<b>Periyot değerleri</b>	$T_B: 0,150$ $T_C: 0,500$ $T_D: 2,000$
<b>Maksimum yer ivmesi değeri, <math>a_{gR}</math></b>	0,225
<b>Önem faktörü, <math>\gamma_I</math></b>	1,200
<b>Tasarım yer ivmesi, <math>a_g</math></b>	0,270
<b>Süneklik sınıfı</b>	Orta süneklik
<b>Hasar modunu yansıtan faktör, <math>k_w</math></b>	1,00
<b>Davranış faktörünün temel değeri, <math>q_0</math></b>	3,60
<b>Davranış faktörü, q</b>	3,60

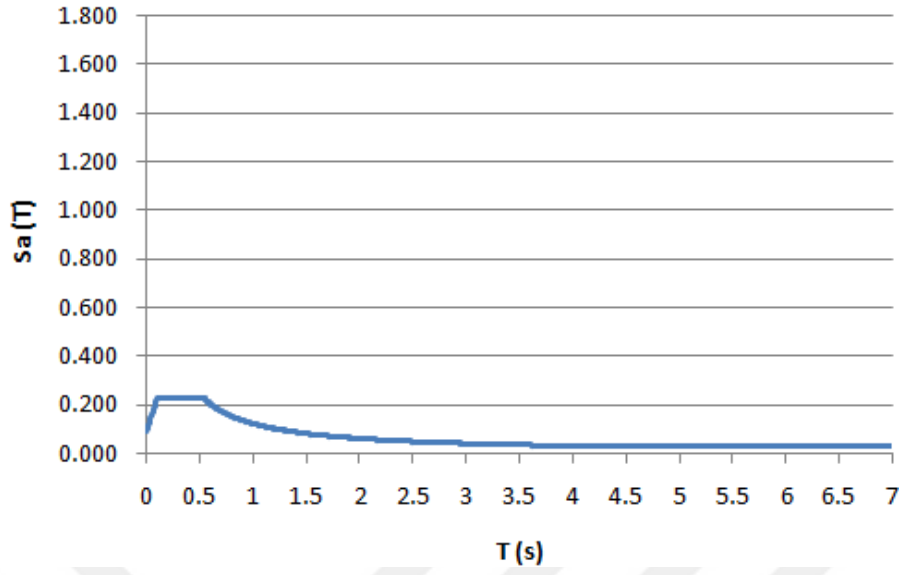


Şekil 5.13. İtalya B zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZC zemin sınıfına giren zemin; Hindistan- IS 1893-1 yönetmeliğine göre Tip 2 zemin grubuna girmektedir. Hindistan IS 1893-1 Tip 2 zemin grubuna giren zemin için Tablo (5.12)' de örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.14)' te tasarım spektrumu çizilmiştir.

Tablo 5.12. Hindistan Tip 2 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	Tip 2
<b>Bölge faktörü, Z</b>	0,36
<b>Önem faktörü, I</b>	1,5
<b>Bina sistemleri için tepki azaltma faktörü, R</b>	3 (Sıradan RC moment dirençli çerçeve)

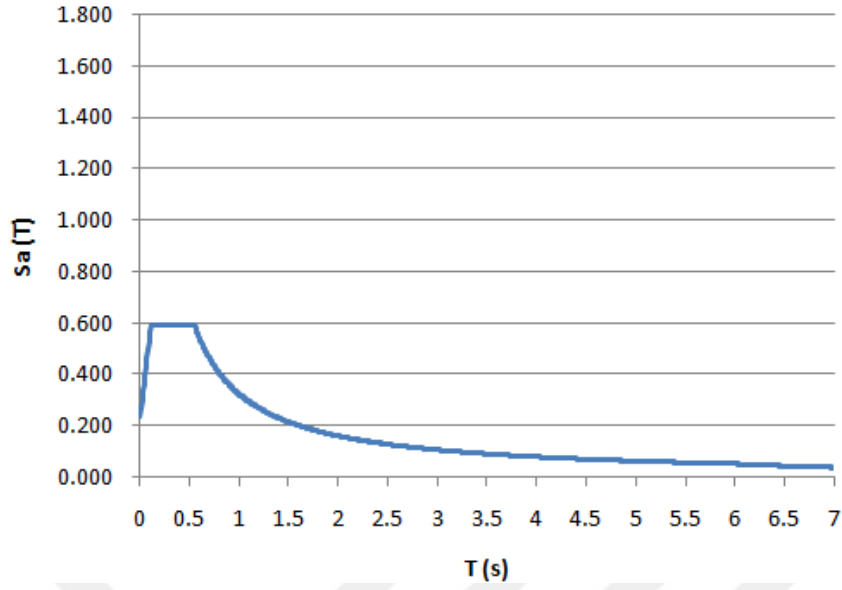


Şekil 5.14. Hindistan Tip 2 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZC zemin sınıfına giren zemin; ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğine göre C zemin sınıfına girmektedir. ABD- Kaliforniya' da C zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.13)' te örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.15)' te tasarım spektrumu çizilmiştir

Tablo 5.13. Kaliforniya C zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

Zemin sınıfı	C
Tasarım kodu	ASCE7-10
Risk kategorisi	III
Harita spektral ivme katsayıları	$S_S: 0,839$ $S_I: 0,332$
Spektral tepki ivme parametreleri	$S_{MS}: 0,894$ $S_{M1}: 0,487$
Tasarım spektral ivme katsayıları	$S_{DS}: 0,595$ $S_{D1}: 0,325$
Saha katsayıları	$F_a: 1,065$ $F_v: 1,468$
Periyot değerleri	$T_0: 0,109$ $T_S: 0,546$ $T_L: 6,000$

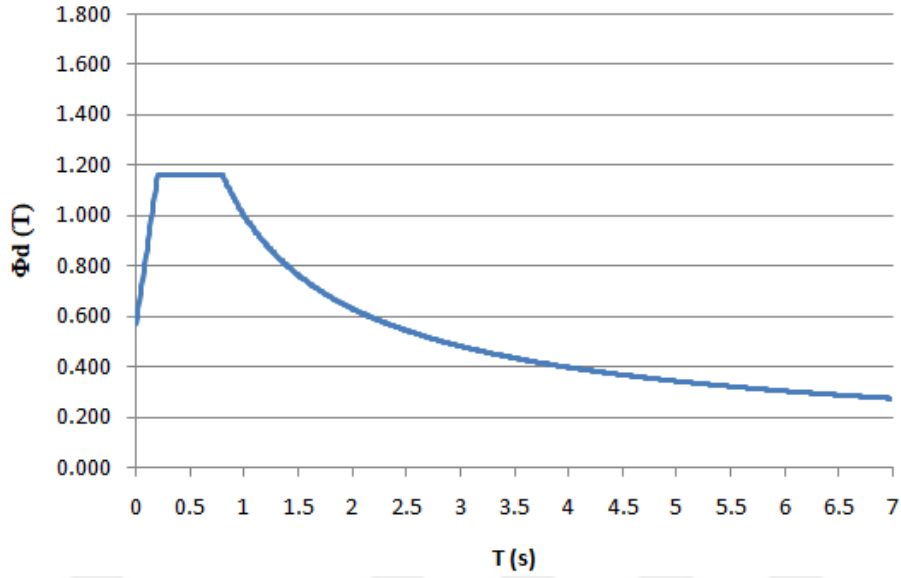


Şekil 5.15. Kaliforniya C zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZC zemin sınıfına giren zemin; Yunanistan- EAK 2000' e göre  $\Gamma$  zemin sınıfına girmektedir.  $\Gamma$  sınıfı zemine uygun olacak şekilde seçilen yer için elde edilen değerler Tablo (5.14)' te verilmiştir. Tablo (5.14)' te verilen değerler ile çizilen spektrum grafiği Şekil (5.16)' da gösterilmiştir.

Tablo 5.14. Yunanistan  $\Gamma$  zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

Zemin sınıfı	$\Gamma$
Zemin sismik ivmesi, $a$	0,16
Tasarım ivmesi, $A$	1,570
Önem faktörü, $\gamma_1$	1,15
Periyot değerleri	$T_1$ : 0,200 $T_2$ : 0,800
Spektral amplifikasyon faktörü, $\beta_0$	2,50
Kritik sönüm değeri, $\zeta$	5 (beton- güçlendirilmiş)
Sönümlenme modifikasyon faktörü, $\eta$	1
Temel faktörü, $\theta$	0,90
Davranış faktörü, $q$	3,50 (betonarme, çerçeveler veya ikili sistem)



Şekil 5.16. Yunanistan  $\Gamma$  zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

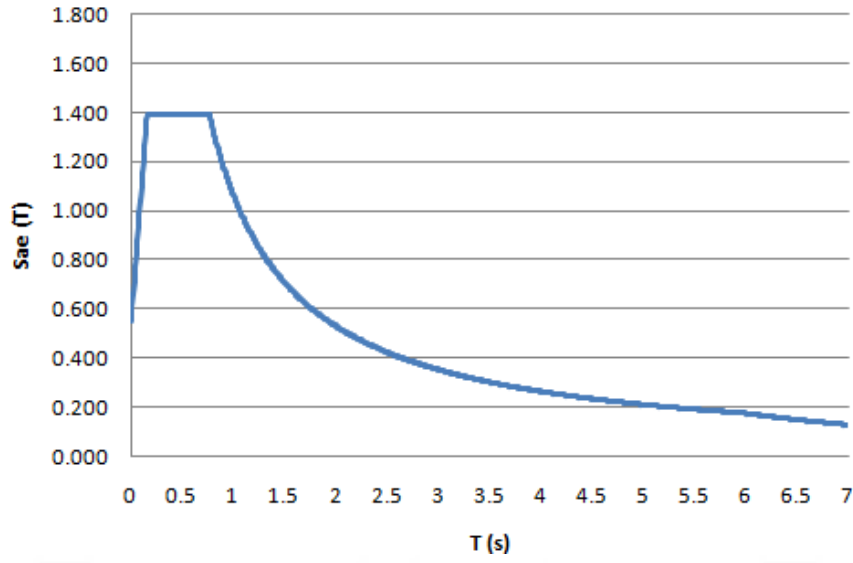
### 5.3.3. ZE- Zemin Sınıfı İçin Tasarım Spektrumları

Bu çalışma kapsamında son olarak Türkiye- TBDY 2018 standardına göre ZE zemin sınıfına giren zeminler için yapılmıştır.

Türkiye- TBDY 2018 için Kocaeli ilinde ZE zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.15)' te örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.17)' de tasarım spektrumu çizilmiştir.

Tablo 5.15. Kocaeli ZE zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Deprem yer hareketi düzeyi</b>	DD-2
<b>Zemin sınıfı</b>	ZE
<b>Harita spektral ivme katsayıları</b>	$S_S: 1,736$ $S_I: 0,470$
<b>Yerel zemin etki katsayıları</b>	$F_S: 0,800$ $F_I: 2,260$
<b>Tasarım spektral ivme katsayıları</b>	$S_{DS}: 1,389$ $S_{D1}: 1,062$
<b>Köşe periyotları</b>	$T_A: 0,153$ $T_B: 0,765$ $T_L: 6,000$

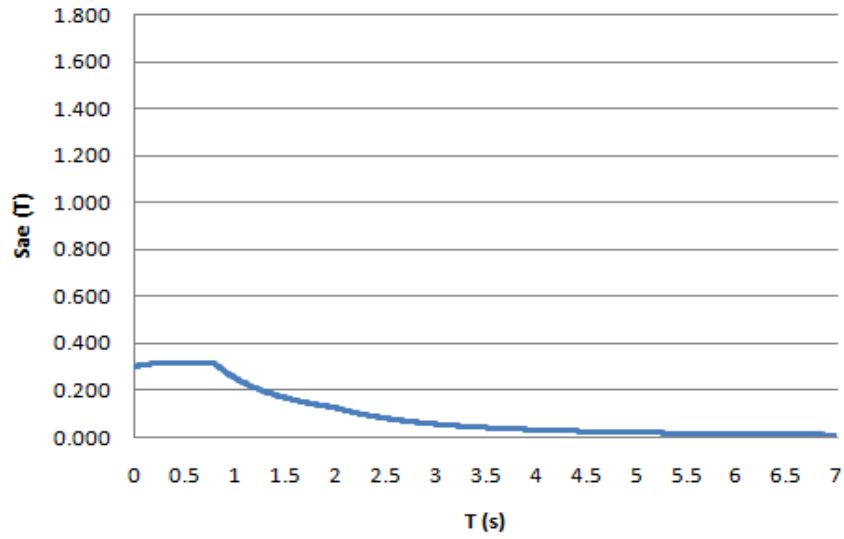


Şekil 5.17. Kocaeli ZE zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZE zemin sınıfına giren zemin; Avrupa Birliği- Eurocode 8' e göre D sınıfına girmektedir. İtalya' da D zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.16)' da örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.18)' de tasarım spektrumu çizilmiştir

Tablo 5.16. İtalya D zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	D
<b>Spektrum</b>	Tip 1
<b>Zemin faktörü, S</b>	1,35
<b>Periyot değerleri</b>	$T_B: 0,200$ $T_C: 0,800$ $T_D: 2,000$
<b>Maksimum yer ivmesi değeri, <math>a_{gR}</math></b>	0,280
<b>Önem faktörü, <math>\gamma_1</math></b>	1,200
<b>Tasarım yer ivmesi, <math>a_g</math></b>	0,336
<b>Süneklik sınıfı</b>	Orta süneklik
<b>Hasar modunu yansıtan faktör, <math>k_w</math></b>	1,00
<b>Davranış faktörünün temel değeri, <math>q_0</math></b>	3,60
<b>Davranış faktörü, q</b>	3,60

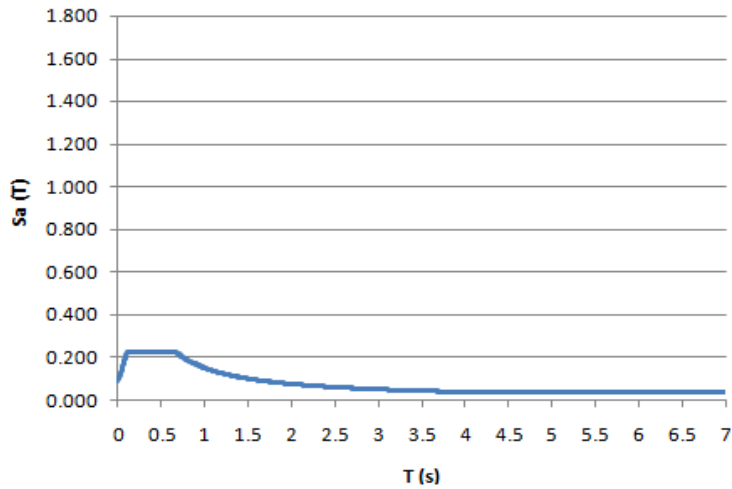


Şekil 5.18. İtalya D zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZE zemin sınıfına giren zemin; Hindistan- IS 1893-1 yönetmeliğine göre Tip 3 zemin grubuna girmektedir. Hindistan- IS 1893-1 Tip 3 zemin grubuna giren zemin için Tablo (5.17)' de örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.19)' da tasarım spektrumu çizilmiştir

Tablo 5.17. Hindistan Tip 3 zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	Tip 3
<b>Bölge faktörü, Z</b>	0,36
<b>Önem faktörü, I</b>	1,5
<b>Bina sistemleri için tepki azaltma faktörü, R</b>	3 (Sıradan RC moment dirençli çerçeve)

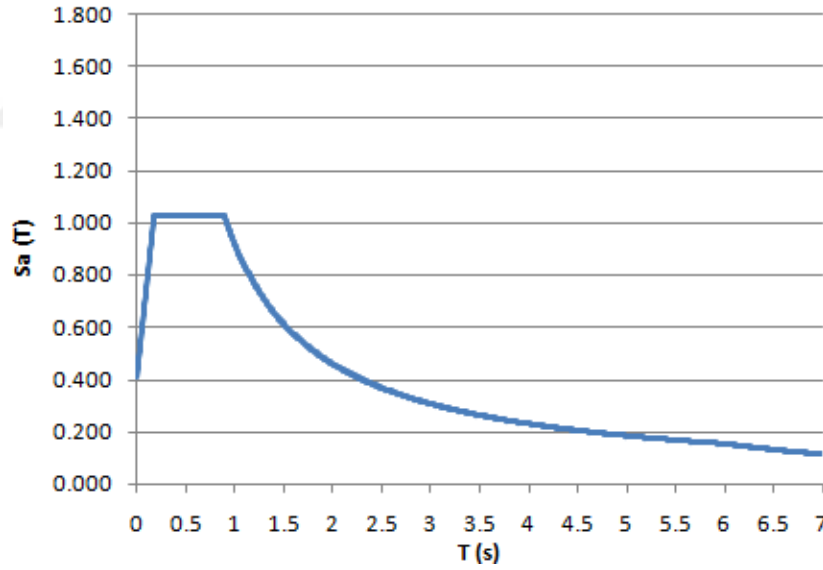


Şekil 5.19. Hindistan Tip 3 zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZE zemin sınıfına giren zemin; ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğine göre E zemin sınıfına girmektedir. ABD- Kaliforniya’ da E zemin sınıfına giren zemin için Tablo (5.18)’ de örnek değerler verilmiştir. Verilen değerler ile Şekil (5.20)’ de tasarım spektrumu çizilmiştir.

Tablo 5.18. Kaliforniya E zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

<b>Zemin sınıfı</b>	E
<b>Tasarım kodu</b>	ASCE7-10
<b>Risk kategorisi</b>	III
<b>Harita spektral ivme katsayıları</b>	$S_S: 1,708$ $S_I: 0,573$
<b>Spektral tepki ivme parametreleri</b>	$S_{MS}: 1,537$ $S_{M1}: 1,375$
<b>Tasarım spektral ivme katsayıları</b>	$S_{DS}: 1,025$ $S_{D1}: 0,917$
<b>Saha katsayıları</b>	$F_a: 0,900$ $F_v: 2,400$
<b>Periyot değerleri</b>	$T_0: 0,179$ $T_S: 0,894$ $T_L: 6,000$

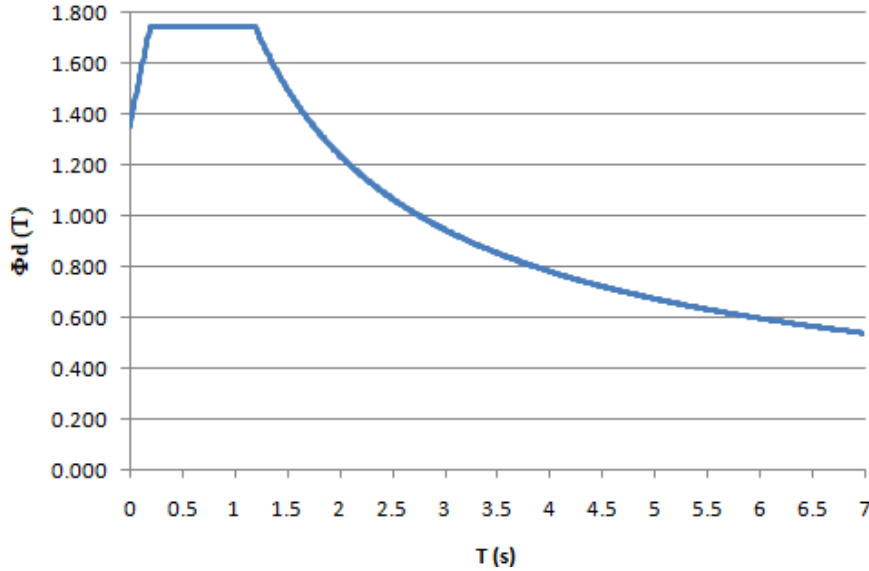


Şekil 5.20. Kaliforniya E zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

Türkiye- TBDY 2018 zemin sınıflamasına göre ZE zemin sınıfına giren zemin; Yunanistan- EAK 2000’ e göre  $\Delta$  zemin sınıfına girmektedir.  $\Delta$  sınıfı zemine uygun olacak şekilde seçilen yer için elde edilen değerler Tablo (5.19)’ da verilmiştir. Tablo (5.19)’ da verilen değerler ile çizilen spektrum grafiği Şekil (5.21)’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.19. Yunanistan  $\Delta$  zemin sınıfı için örnek olarak alınan değerler

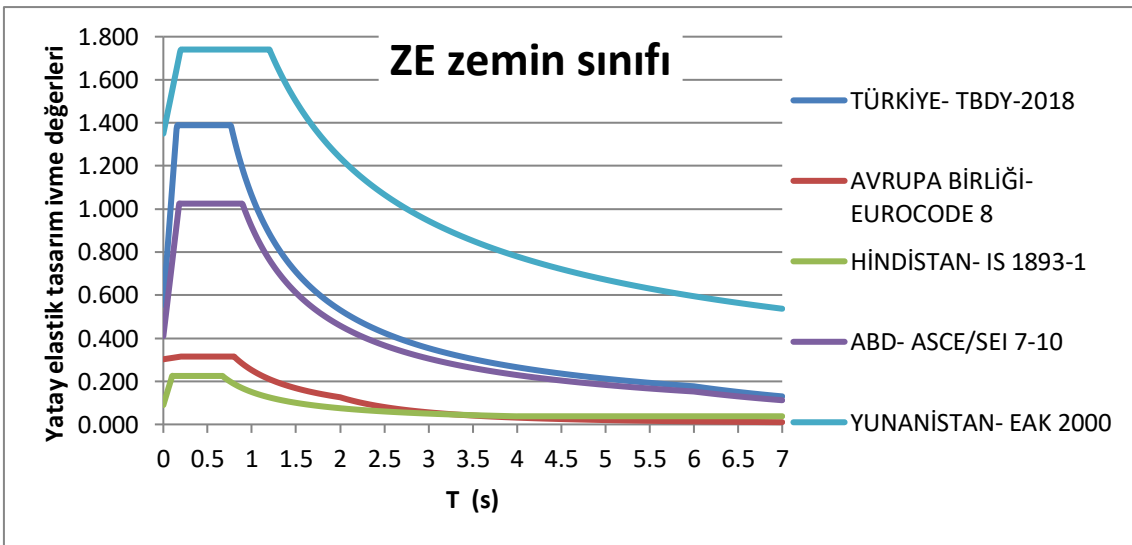
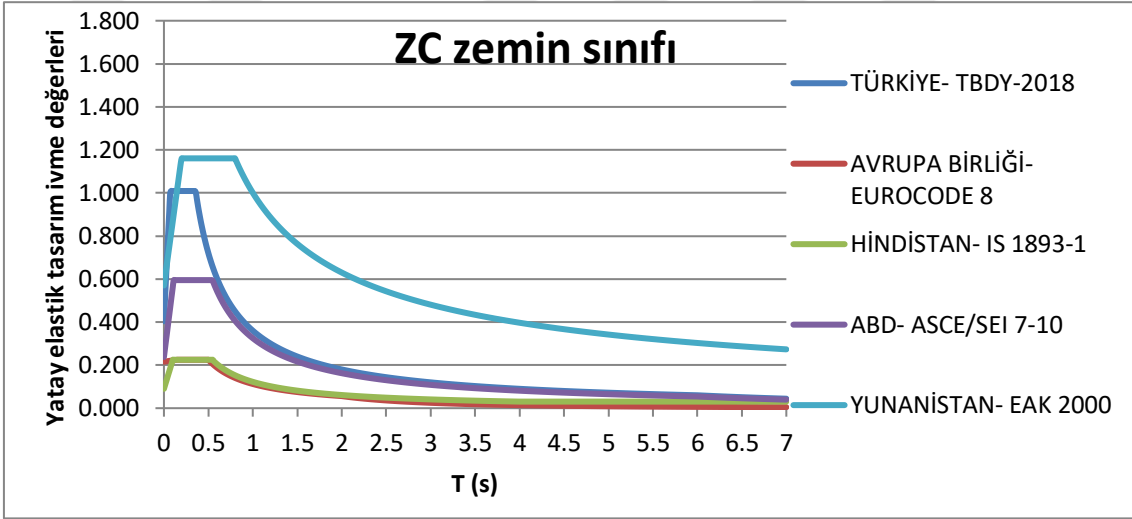
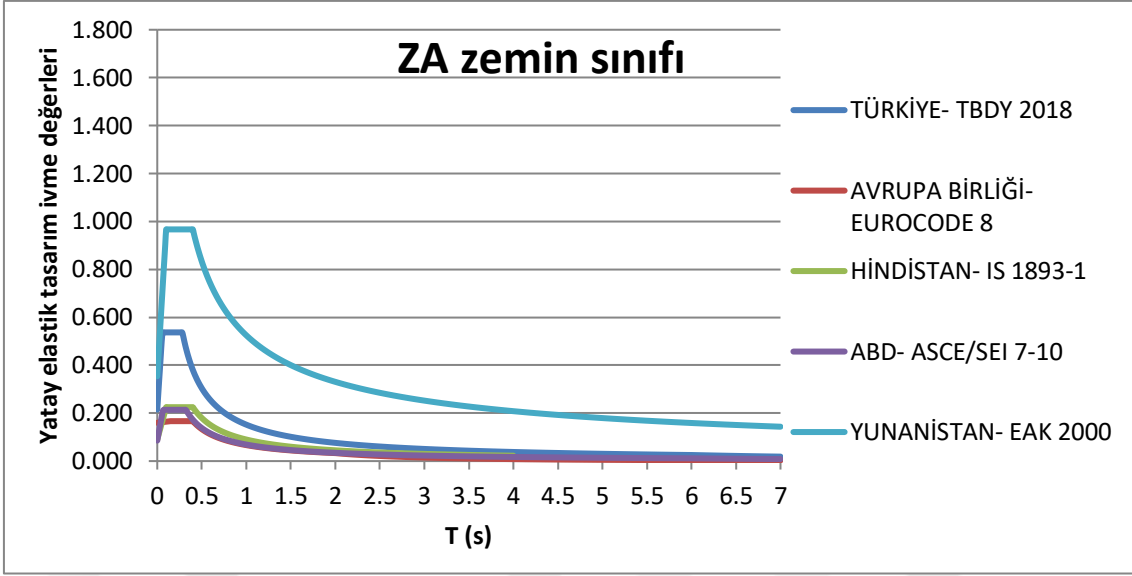
<b>Zemin sınıfı</b>	$\Delta$
<b>Zemin sismik ivmesi, a</b>	0,24
<b>Tasarım ivmesi, A</b>	2,354
<b>Önem faktörü, <math>\gamma_1</math></b>	1,15
<b>Periyot değerleri</b>	T <sub>1</sub> : 0,200 T <sub>2</sub> : 1,200
<b>Spektral amplifikasyon faktörü, <math>\beta_0</math></b>	2,50
<b>Kritik sönüm değeri, <math>\zeta</math></b>	5 (beton- güçlendirilmiş)
<b>Sönümlenme modifikasyon faktörü, <math>\eta</math></b>	1
<b>Temel faktörü, <math>\theta</math></b>	0,90
<b>Davranış faktörü, q</b>	3,50 (betonarme, çerçeveler veya ikili sistem)



Şekil 5.21. Yunanistan  $\Delta$  zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu

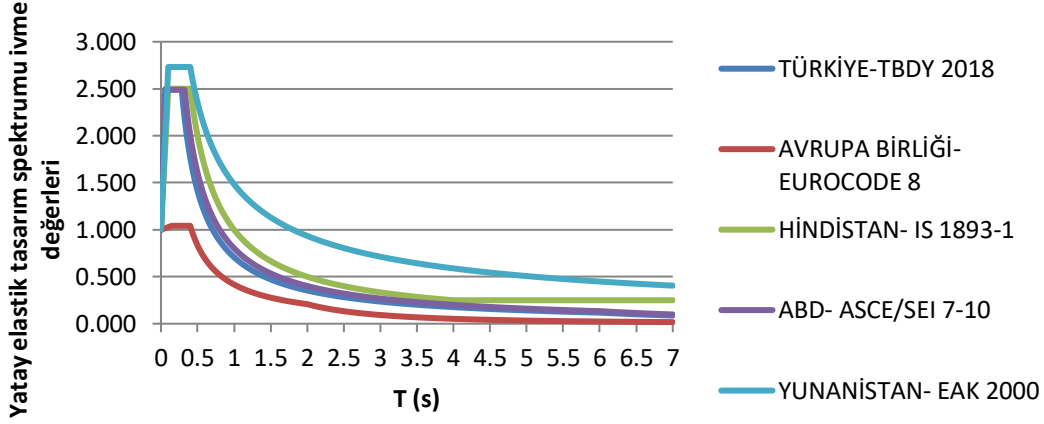
#### 5.4 Normalizasyon Yapılmış Spektrumlar

Farklı zemin sınıfları ve yönetmelikler için çizilen tasarım spektrumlarını (Şekil 5.22) daha iyi bir karşılaştırma yapmak için bir normalizasyon yapılmıştır. Normalizasyon şu şekilde yapılmıştır; her bir spektrum grafiği için periyot değerinin sıfır olduğu ( $T=0$ ) andaki ivme değeri alınarak bütün ivme değerleri bu değere bölünmüştür. Sonuç olarak her bir spektrum grafiğinin ivme değeri 1' den başlayacak şekilde çizdirilmiştir (Şekil 5.23).

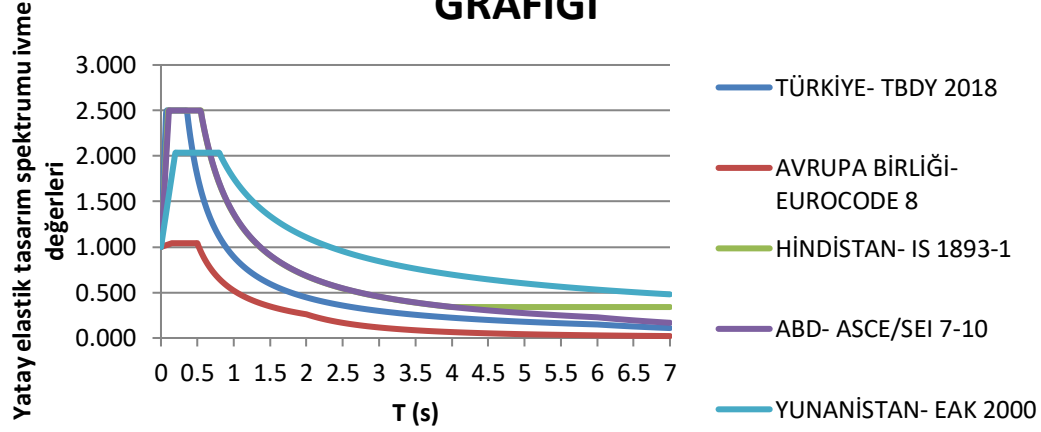


Şekil 5.22 ZA-ZC ve ZE zemin sınıfları için çizilen tasarım spektrum grafikleri

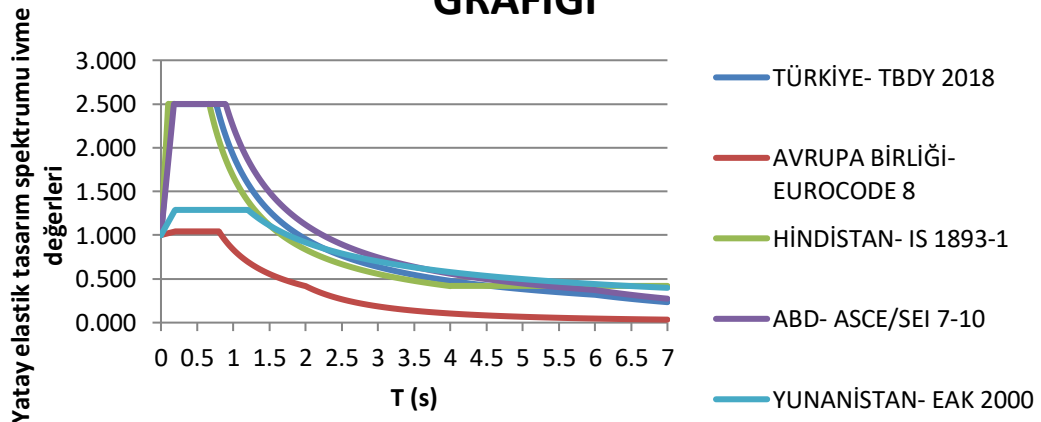
## ZA ZEMİN SINIFI İÇİN NORMALİZASYON GRAFIĞI



## ZC ZEMİN SINIFI İÇİN NORMALİZASYON GRAFIĞI



## ZE ZEMİN SINIFI İÇİN NORMALİZASYON GRAFIĞI



Şekil 5.23. Normalizasyon yapılmış tasarım spektrumları

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Türkiye- TBDY 2018, Avrupa Birliği- Eurocode 8- EN 1998-1, Hindistan- IS 1893-1, ABD- ASCE/SEI 7-10 ve Yunanistan- EAK 2000 deprem yönetmeliklerindeki deprem tasarım spektrumları ayrı ayrı incelenmiştir. Her yönetmeliğin geçerli olduğu ülkede depremselliğin en çok olduğu yerde bir okul binası inşa edileceği düşünülmüştür. Depremselliğin en çok olduğu ve sırasıyla ZA- ZC ve ZE zemin sınıflarına uygun zeminler seçilerek deprem tasarım spektrumları 5 yönetmelik için de çizilmiştir.

Zemin sınıflandırması yapılırken ele alınan parametrelerin çoğunlukla aynı olduğu görülmektedir. Sadece Yunanistan için sayısal değerlerden ziyade tabaka kalınlıklarındaki değişimler incelenerek bir sınıflama yapılmıştır. Hindistan için de zemin sınıfları oldukça az olmakla birlikte sınıflama parametresi de sadece bir tanedir. Daha iyi bir araştırma yapmak için parametre çeşidi daha çok arttırılırsa zemin sınıfı sayısı da o kadar artacaktır.

Ülkelerin deprem tasarım spektrumlarına etki eden parametreler incelendiğinde benzerlik ve farklılıkların da olduğu görülmektedir. Deprem durumunda zemin koşulunun önemli olduğu bilinmektedir. Türkiye- TBDY 2018 ve ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğinde parsel bazlı olarak inşa yapılacak zeminin değerleri alınmaktadır. Fakat Avrupa Birliği- Eurocode 8, Hindistan- IS 1893-1 ve Yunanistan- EAK 2000 yönetmeliklerinde ülkeler deprem durumlarına göre sismik bölgelere ayrılarak her bölge için sabit bir değer belirlenmiştir. Deprem durumunda zemin kadar bu zemine yapılan yapının türünün ve sisteminin de bir önemi vardır. Bu konuya ise Türkiye- TBDY 2018 ve ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliğinde yer verilmezken diğer yönetmeliklerde dikkat edilerek tasarım spektrumu çizilirken dikkate alınmıştır. Türkiye- TBDY 2018 ve ABD- ASCE/SEI 7-10 yönetmeliklerinde de bunların dikkate alınması daha iyi olabilir.

Bu çalışma içinde okul binası için çizilen tasarım spektrumları incelendiğinde farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

- Zemin sınıfları ZA' dan ZE' ye doğru gittikçe tasarım ivme değerlerinin arttığı görülmektedir. Yalnızca Hindistan- IS 1893-1 için incelendiğinde maksimum ivme değerleri aynı kalmıştır. Çünkü Hindistan- IS 1893-1 için tasarım spektrumu denklemleri sabit değerler içermektedir. Daha önceki sonuçlarda da görüldüğü gibi Hindistan- IS 1893-1' in zemin sınıflama parametreleri arttırılıp buna bağlı olarak zemin sınıfları çeşitlenmeli ve 3 zemin türü için de belli olan ortalama tepki ivme katsayıları üzerine çalışılmalıdır.
- Tasarım spektrumları 3 zemin türü için de incelendiğinde en yüksek değerlerin Yunanistan- EAK 2000 için ortaya çıktığı görülmektedir. Yunanistan konum gereği hem depremselliği yüksek olan İzmir'e yakınlığı hem de kendisinin Afrika Levhası ile Avrasya Levhası arasındaki karmaşık sınır bölgesinde yer almasından dolayı yüksek değerler verip buna göre tasarım yapılması güvenli tarafta kalmaktadır.
- Türkiye- TBDY 2018, Avrupa Birliği- Eurocode 8 ve ABD- ASCE/SEI 7-10' un tasarım spektrumları ZA' dan ZE' ye doğru gittikçe tasarım ivme değerleri de yaklaşık 2- 3 kat artış meydana geldiği görülmektedir. Yunanistan- EAK 2000 için daha az bir artış olmasına rağmen yine de en yüksek değerler Yunanistan- EAK 2000 için elde edilmiştir.
- Zemin sınıfları ZA' dan ZE' ye doğru gittikçe tasarım spektrumlarındaki maksimum değerler elde edildiği ve aynı zamanda periyot değeri arttıkça ivme değerinin sabit kaldığı sürenin arttığı görülmektedir. Bu durum bütün deprem yönetmelikleri için de aynıdır.

## KAYNAKLAR

Earthquake Engineering Sectional Committee. (2016). *Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures – Part 1: General Provisions and Buildings (Sixth Revision)* (IS 1893-1). New Delhi, India.

Environment Planning And Public Works. (2000). *Greek Code For Seismic Resistant Structures* (EAK 2000). Athens.

Korkmaz, H.H., Uzun, M., (2019). Deprem Bölgesindeki Bazı Ülkelerde Eşdeğer Deprem Yüğü Metodunun Karşılaştırılması. *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, c.7(1), 189-212.

Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* (ASCE/SEI 7-10). Reston, Virginia.

The European Union. (2004). *Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings* (EN 1998-1). Brussels, Belgium.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (2018). *T.C. Resmi Gazete* (30364, 18 Mart 2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

URL-1: <https://insapedia.com/fay-hareketleri-normal-ters-sag-atimli-sol-atimli-fay-nedir/> , (Ziyaret tarihi: 30 Ağustos 2023)

URL-2: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremnedir/index.htm#:~:text=Bu%20birim%20yer%20de%C4%9Fi%C5%9Firme%20hareketlerini,bu%20k%C4%B1r%C4%B1mlar%20sonucu%20depremler%20olu%C5%9Fmaktad%C4%B1r.>, (Ziyaret tarihi: 30 Ağustos 2023)

URL-3: <https://www.bilgicik.com/yazi/deprem-seizma/> , (Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2023)

URL-4: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/altyapi/editordosya/Gun%201\\_Ders%201\\_Temel%20Kavramlar\(5\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/altyapi/editordosya/Gun%201_Ders%201_Temel%20Kavramlar(5).pdf) , (Ziyaret tarihi: 1 Şubat 2024)

URL-5: <https://www.fizikist.com/rezonansla-yikilan-kopru-tacoma-narrow-koprusu>, (Ziyaret tarihi: 10 Şubat 2024)

URL-6: [https://www.researchgate.net/figure/Seismic-Zoning-Map-of-Cyprus-from-EC8-National-Annex-CYS-EN-1998-12004\\_fig1\\_309166318](https://www.researchgate.net/figure/Seismic-Zoning-Map-of-Cyprus-from-EC8-National-Annex-CYS-EN-1998-12004_fig1_309166318) , (Ziyaret tarihi: 10 Şubat 2024)

URL-7: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi> , (Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2024)

- URL-8: [https://www.kocaeli.bel.tr/webfiles/userfiles/files/birimler/imar-ve-sehircilik-dairesi-baskanligi/zemin-deprem-inceleme-sube-mudurlugu/2010\\_PANO\\_faaliyet\\_muziksiz.pdf](https://www.kocaeli.bel.tr/webfiles/userfiles/files/birimler/imar-ve-sehircilik-dairesi-baskanligi/zemin-deprem-inceleme-sube-mudurlugu/2010_PANO_faaliyet_muziksiz.pdf), (Ziyaret tarihi: 25 Şubat 2024)
- URL-9: [https://www.researchgate.net/figure/Italy-seismic-hazard-map-horizontal-PGA-with-475-year-return-period\\_fig3\\_353681453](https://www.researchgate.net/figure/Italy-seismic-hazard-map-horizontal-PGA-with-475-year-return-period_fig3_353681453) , (Ziyaret tarihi: 5 Mart 2024)
- URL-10: [https://presentations.copernicus.org/EGU2020/EGU202018087\\_presentation.pdf](https://presentations.copernicus.org/EGU2020/EGU202018087_presentation.pdf) , (Ziyaret tarihi: 6 Mart 2024)
- URL-11: <https://www.mapsofindia.com/maps/india/india-map-seismiczone.jpg> , (Ziyaret tarihi: 9 Mart 2024)
- URL-12: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>, (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2023)
- URL-13: <https://www.seismicmaps.org/>, (Ziyaret tarihi: 29 Aralık 2023)
- URL-14: [https://ngawest2.berkeley.edu/users/sign\\_in?unauthenticated=true](https://ngawest2.berkeley.edu/users/sign_in?unauthenticated=true), (Ziyaret tarihi: 2 Şubat 2024)
- URL-15: [https://www.makgunjeofizik.com/lecture/deprem%20zemin%20ortak%20davran%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1n%20parametreleri%20\(revize\).pdf](https://www.makgunjeofizik.com/lecture/deprem%20zemin%20ortak%20davran%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1n%20parametreleri%20(revize).pdf) , (Ziyaret tarihi: 1 Şubat 2024)
- Wald, D. J., & Allen, T. I. (2007). Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1379-1395.

## ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli' de tamamladı. 2016 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü' nden 2021 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2021 yılında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Geoteknik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2023 yılında 8 ay boyunca özel bir şirkette İnşaat Mühendisi olarak çalıştı.

