Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences

ISSN: 2564-6605

Araştırma / Research

YENİ TÜRKİYE SİSMİK TEHLİKE HARİTASININ EGE BÖLGESİ İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Evren SEYREK[1,*]

[1]*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye*

ÖZET

Ülkemizde özellikle 1999 Adapazarı ve Düzce depremlerinden sonra yerel zemin koşullarının yapı davranışı üzerinde önemli etkisi olduğunu gösteren çok sayıda tecrübe yaşanmıştır. Geoteknik mühendisliğindeki önemli gelişmeleri de dikkate alacak şekilde hazırlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 yılında Resmi Gazete 'de yayımlanmış ve 2019 yılından sonra yürürlüğe girmiştir. TBDY ile birlikte daha önce kullanılmakta olan Deprem Bölgeleri Haritası da değişmiş ve yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritası (TSTH) hazırlanmıştır. Sıvılaşma analizleri, dayanma yapılarının ve şevlerin deprem etkisi altında tasarımı, yapı-zemin etkileşimi gibi problemlere girdi sağlayan sismik parametreler bu revize edilmiş haritadan elde edilmektedir. Bu çalışma kapsamında Ege bölgesi için 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip tehlike seviyesi esas alınarak en büyük yer ivmesi değerleri eski ve yeni tehlike haritasına göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca Ege bölgesinde yer alan sekiz il merkezi için yerel zemin koşullarının eski ve yeni deprem yönetmeliğine göre oluşturulan tasarım spektrumları üzerinde etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yerel zemin koşulu, Sismik tehlike, Tasarım spektrumu, Ege bölgesi

EVALUATION OF NEW SEISMIC HAZARD MAP OF TURKEY FOR AEGEAN REGION

ABSTRACT

In Turkey, especially after the 1999 Adapazarı and Düzce earthquakes, there have been many experiences showing that local site conditions have an important effect on structural behavior. Turkish Earthquake Building Code (TEBC) prepared as to take into consideration important developments on geotechnical engineering was published in the Official Gazette in 2018 and also come into force after 2019. Earthquake Zonation Map was also changed simultaneously with TEBC and the new Seismic Hazard Map of Turkey was prepared. Seismic parameters providing input to problems such as liquefaction analysis, design of retaining structures and slopes under earthquake effect and structure-soil interaction are obtained from this revised map. Within the scope of this study, peak ground acceleration values were compared according to old and new hazard maps based on hazard level having a 10 percent probability of exceedance in 50 years for Western Anatolia Region. In addition, effect of local site conditions on design spectrums created for eight city centers in Aegean Region according to old and new earthquake regulation were investigated.

Keywords: Local site condition, Seismic hazard, Design spectrum, Aegean region

1. GİRİŞ

Son 30 yılda geoteknik deprem mühendisliğinde önemli gelişmeler olmasına karşın bunlar Türkiye Deprem Yönetmeliğine yeterince yansıtılamamıştır. Deprem sonrası yapısal hasar incelemeleri ve aletsel zemin yüzeyi sarsıntı şiddeti ölçümleri, deprem sırasında temel zemini davranışı ile bina davranışı arasında yakın ilişki olduğunu ortaya koymuştur [1].

Bir inşaat mühendisliği projesindeki en riskli eleman içerdiği belirsizlikler nedeni ile temel zeminidir. Temel zeminin üzerinde bulunduğu mühendislik yapısının deprem kuvvetlerine karşı davranışının sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikli olarak sismik tehlikenin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sayede oluşacak deprem sonrası ekonomik ve sosyal kayıplar en aza indirgenecektir. Bu kayıpları azaltmanın yolu da depreme dayanıklı yapı tasarımı ile mümkün olmaktadır. Mühendislik yapılarına etkiyen deprem kuvvetleri yerel zemin etkileri de dikkate alınarak tasarım spektrumu değerlerine dayalı olarak deprem yönetmeliklerinde belirtilen çerçevede ve deprem tehlike haritasına göre hesaplanmaktadır. Bu

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: evren.seyrek@dpu.edu.tr
Geliş / Recieved: 09.09.2019 Kabul / Accepted: 18.10.2019 doi: 10.28948/ngumuh.617268

gibi haritalar, depremden etkilenecek yapıların projelendirilmesi aşamasında mühendislere tehlikenin seviyesini belirlemek ve yapıların emniyetli şekilde tasarlanmasını sağlamak için veriler sunmaktadır [2].

Türkiye, deprem tehlikesi ve deprem zararlarının azaltılması konusundaki resmi çalışmalarının başlamasına neden olan can ve mal kaybına yol açan çok sayıda deprem yaşamıştır. 1939 Erzincan depremi, 1941 Niksar depremi, 1943 Adapazarı-Hendek depremi ve 1944 Bolu-Gerede depremi bunlar içerisinde en önemli olanlardır. Türkiye'de 1945 yılında Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası olarak yayımlanan ilk resmi deprem bölgeleri haritasını takiben sismo-tektonik veriler ve deprem mühendisliği alanındaki gelişmelere bağlı olarak 1947, 1963, 1972 ve 1996 yıllarında güncellenen deprem bölgeleri haritaları yayımlanmıştır. 1945 ve 1947 yılında yayınlanan Yersarsıntısı Bölgeleri Haritaları hasar verisine göre oluşturulurken, 1963 ve 1972 yıllarında yayınlanan Türkiye Deprem Bölgesi haritaları deterministik yönteme göre elde edilmiştir [3]. 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri haritası ise olasılık yöntem kullanılarak hazırlanmış ve Gülkan vd. [4] tarafından 50 yılda %10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yer ivmesi cinsinden çizilen eş-ivme kontur haritasına göre oluşturulmuştur. Akkar vd. [5], 1996 yılından önceki deprem bölgeleri haritaları hazırlanırken farklı sismik aktivite seviyesine sahip bölgeleri ayırmak için makrosismik şiddet ve deprem kaynaklı yapısal hasar verilerinin kullanıldığını ifade etmiştir.

Ülkemizde özellikle 1999 Adapazarı ve Düzce depremlerinden sonra depreme dayanıklı yapı tasarımı ve zemin dinamiği çalışmalarında kullanılan sismik parametrelerin daha sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerektiğini ortaya çıkaran çok sayıda tecrübe yaşanmıştır. Ekim 1995 ve 1999 Adapazarı depreminde hasar görmüş yapılar incelendiğinde yerel zemin koşullarının etkileri açıkça görülmüştür [6,7]. Bakır [7], 1999 Adapazarı depremi sonrası saha büyütme analiz sonuçlarına göre mevcut deprem yönetmeliğinin tasarım spektrumuna ilişkin önemli eksikliklerini vurgulamış, mevcut deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış yapıların öngörülenin çok üzerinde sismik kuvvetlere maruz kalabileceğini ifade etmiştir. Edinilen deneyimlerden sonra Deprem Yönetmeliğinin tarif ettiği tasarım spektrumunun ve bu spektruma girdi hazırlayan tehlike haritasının da güncellenmesinin gerekliliği anlaşılmıştır.

Ayrıca 1996 Deprem Bölgeleri Haritasının yürürlüğe girmesinden bu yana geçen süre içerisinde, güncel deprem konuları ve yer hareketi tahmin denklemleri vb. ile ilgili pek çok gelişme ve deneyim yaşanmıştır. Bu sebeple tehlike haritasının yenilenmesi için 2013 yılında "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı bir proje başlatılmıştır [8]. Başlatılan projede farklı kurum ve disiplinlerden pek çok araştırmacının katılımı ile değişik tekrarlanma periyotları için referans kaya ortamı (V_{s30} = 760 m/s) esas alınarak en büyük yer ivmesi, en büyük yer hızı, 0.2s ve 1.0s periyotlarındaki spektral ivmeler cinsinden deprem tehlike haritaları üretilmiştir [9]. Projenin sonuç çıktısı olarak üretilen Deprem Tehlike Haritası 18 Mart 2018 tarihli Resmi Gazete 'de yayınlanmış ve 1 Ocak 2019 tarihinde de yürürlüğe girmesi kararı alınmıştır.

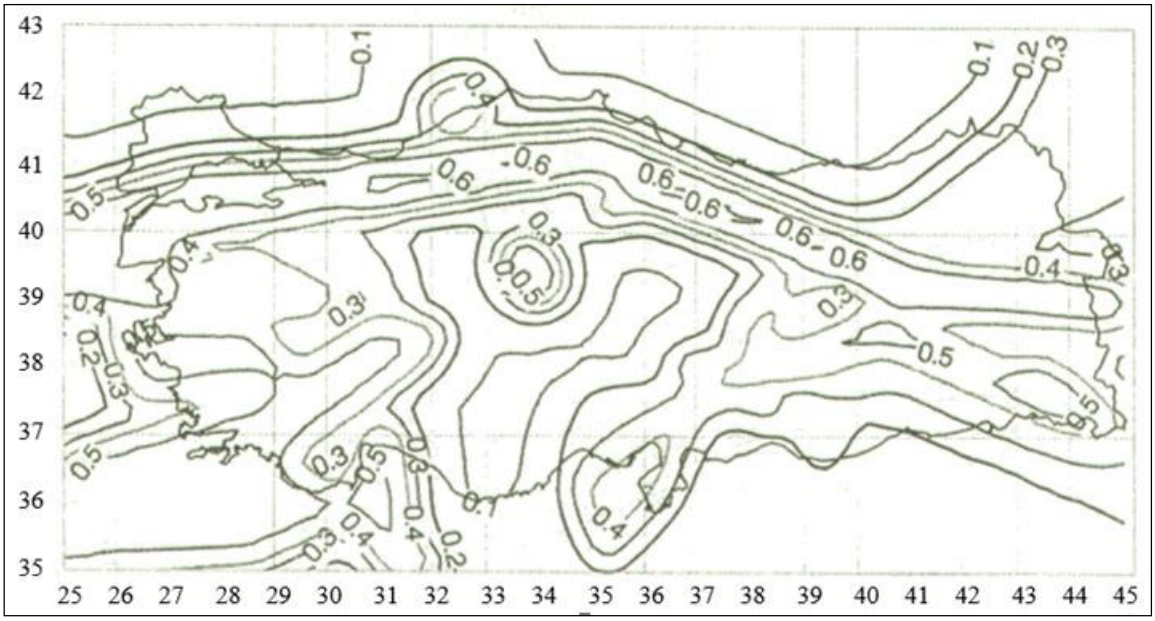
Bu çalışmanın amacı Ege bölgesi için 50 yılda %10 tehlike seviyesindeki en büyük yer ivmesi değerlerinin eski ve yeni haritaya göre mukayese edilmesi ve değişimin mekânsal olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bir harita ile incelenmesidir. Ayrıca Ege bölgesi içinde yer alan sekiz ayrı il merkezi için farklı zemin koşulları için oluşturulan tasarım spektrumları eski ve yeni deprem yönetmeliğine göre incelenmiş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. 1996 Deprem Bölgeleri Haritası

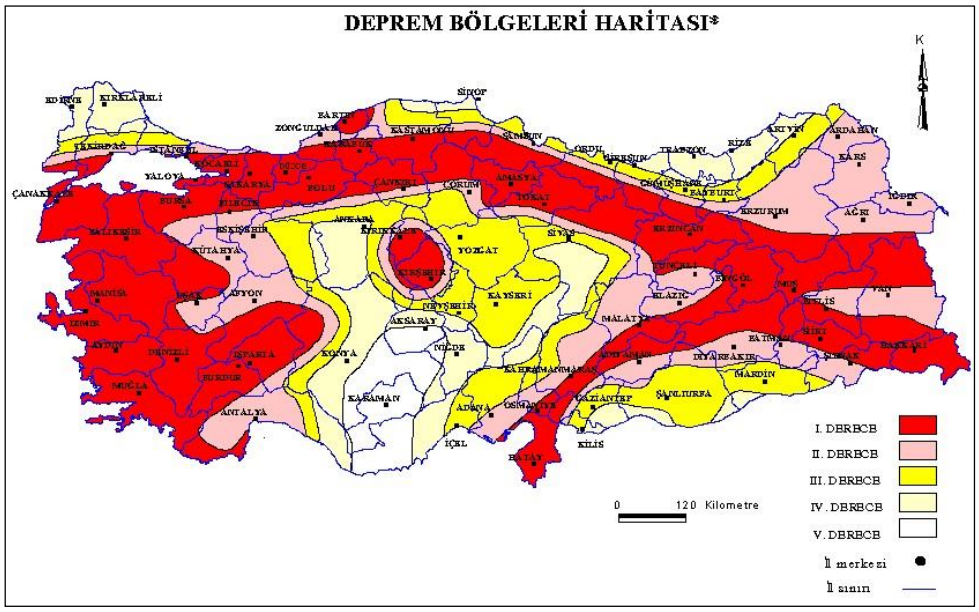
1996 Deprem Bölgeleri haritası yayımlanmadan önce yürürlükte olan harita 1972 yılında oluşturulan Deprem Bölgeleri haritasıydı. 1972 yılında oluşturulan Deprem Bölgeleri haritasının yeni veriler ışığında düzenlenmesi için bir çalışma başlatılmış, deprem kaynak zonlarını belirleyen bir taslak harita hazırlanmış ve daha sonra Orta Doğu Teknik Üniversitesi'ne "En Son Verilere göre Türkiye'nin Deprem Tehlikesi Haritası" nın olasılık yöntemi esas alınarak hazırlanması için bir proje olarak verilmiştir [3].

Söz konusu proje için Ayhan vd. [10] tarafından oluşturulan deprem kataloğu kullanılmış ve Türkiye'nin aktif sismik kaynakları yeniden değerlendirilerek alan kaynaklar için stokastik deprem tekrar modelleri geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında tehlike hesaplarına esas teşkil edecek 17 deprem kaynak bölgesi belirlenmiştir. Joyner ve Boore [11] tarafından önerilen yer hareketi tahmin denklemleri kullanılarak farklı dönüş periyoduna sahip PGA kontur haritaları oluşturulmuştur [4]. Proje sonucunda, yeni deprem bölgeleri haritası için aşağıda sunulan 475 yıl tekerrür süresine sahip kontur haritasının temel alınabileceği ifade edilmiştir.



Şekil 1. 475 yıllık dönüş periyoduna sahip PGA kontur haritası (Gülkan vd. 'den [4] alınarak yeniden düzenlenmiştir)

Gülkan vd. [4] tarafından belirlenen 475 yıllık PGA değerleri ve önerilen ivme aralıkları dikkate alınarak tüm Türkiye beş sismik bölgeye ayrılmış ve her bir bölgeye etkin yer ivmesi katsayısı (A_o) atanarak 1996 yılında yürürlüğe giren ve Şekil 2'de verilen Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası oluşturulmuştur. Etkin yer ivmesi katsayısı 1., 2., 3., ve 4. Derece deprem bölgeleri için sırasıyla 0.4, 0.3, 0.2 ve 0.1 değerlerini almaktadır [12].



Şekil 2. 1996 Deprem Bölgeleri haritası [12]

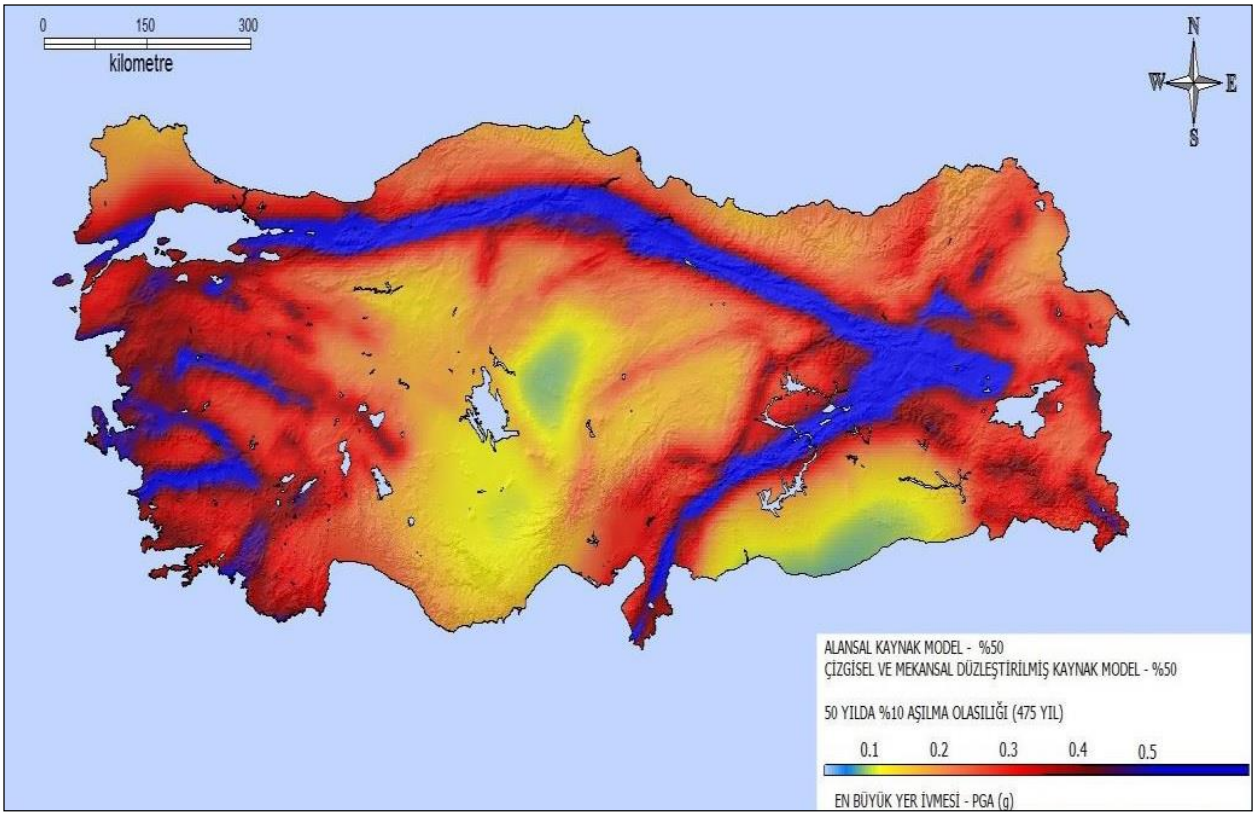
Şekil 2 incelendiğinde Afyon, Kütahya ve Uşak'ın bazı bölgeleri dışında Ege bölgesinde yer alan illerin tamamının 1. Derece deprem bölgesinde yer aldıkları görülmektedir. Bu sonucun ortaya çıkmasındaki en önemli etmen Türkiye'nin önemli sismik kaynaklarından biri olan Ege graben sisteminin bölgenin içerisinde yer alması ve bu sistemin çok sık aralıklarla orta büyüklükte depremler üretmesidir. Bozkurt [13], Batı Anadolu'nun sismik açıdan dünyanın en aktif ve en hızlı genişleyen bölgelerden biri olduğunu ifade etmiştir. Genel olarak bölgede, aletsel dönemde hasar yapıcı ve yüzey kırığı meydana getirmiş $M \geq 5.5$ büyüklüğünde pek çok deprem meydana gelmiştir.

2.2. Yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritası

1996 yılında yürürlüğe giren ve 2019 yılına kadar kullanılan Deprem Bölgeleri Haritası olasılık yöntem kullanılarak hazırlanan ilk harita olması bakımından oldukça öneme sahipti. Ancak sismik tehlike hesapları ile ilgili yöntemler, yer hareketi ve sismik kaynak modellemesindeki belirsizliklerin ele alınış şekillerinin gelişmesiyle beraber bu haritanın da güncellenmesi gerekliliği kaçınılmaz hale gelmiştir [9]. Bu değerlendirmeler sonucunda ülkemizde deprem tehlikesinin azaltılması için yapılması gereken temel araştırmalar Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP-2023) kapsamında belirlenmiştir. Bu amaçla, Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi (UDAP – Ç 3-06) projesi oluşturulmuş ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yürütülen Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) kapsamında desteklenen ulusal düzeyde katılımla çalışmalar gerçekleştirilmiştir [8,9].

Bu proje kapsamında alt çalışma grupları oluşturulmuş ve sismik kaynaklar ve deprem katalogları, deprem tekerrür modelleri, yer hareketi tahmin denklemleri, model belirsizlikleri ve sismik tehlike hesapları ayrı ayrı incelenmiştir. İncelemeler sonucunda Türkiye kara sınır alanları için diri fay kaynakları olarak MTA tarafından yenilenen aktif Türkiye Diri Fay Haritası [14] veri tabanı kullanılmıştır. Bu veri tabanı son dönem içinde elde edilen bulguların ışığında belirlenmiş olup deprem tehlike değerlendirmelerinde gerekli olan parametrik bilgileri içermektedir [5,9,15].

Çalışmalara girdi sağlayan ve ulusal ve uluslararası kuruluşlardan derlenerek oluşturulan 1900 ve sonrası aletsel deprem kataloğu ise M≥ 4.0 olan depremleri içermektedir [16]. 1900 öncesine ait tarihsel depremler de çalışma kapsamında dikkate alınmıştır [5,9]. Sismik kaynak modeli oluşturulurken ise alan kaynak ve çizgisel ve mekânsal olarak düzleştirilmiş sismik kaynak modelleri eşit ağırlıkta birleştirilmiştir. En büyük yer ivmesi, 0.2 ve 1.0 s periyotları için spektral ivmeler ve en büyük yer hızı değerlerinin hesaplanması sırasında ise güncel yer hareketi tahmin denklemleri aktif sığ kabuk içi bölgeler ve dalma-batma zonu için ayrı ayrı seçilmiş ve farklı ağırlıklar verilerek birleştirilmiştir. Farklı çalışma gruplarının sağladığı bilgiler ışığında, projenin sonuç çıktıları olan 43, 72, 475 ve 2475 yıllık tekerrür periyotları için referans kaya ortamındaki deprem tehlike haritaları üretilmiştir [5,9]. Aşağıda Türkiye için 50 yılda %10 aşılma olasılığı (475 yıllık tekerrür) için oluşturulmuş PGA değerini gösteren tehlike haritası verilmektedir.

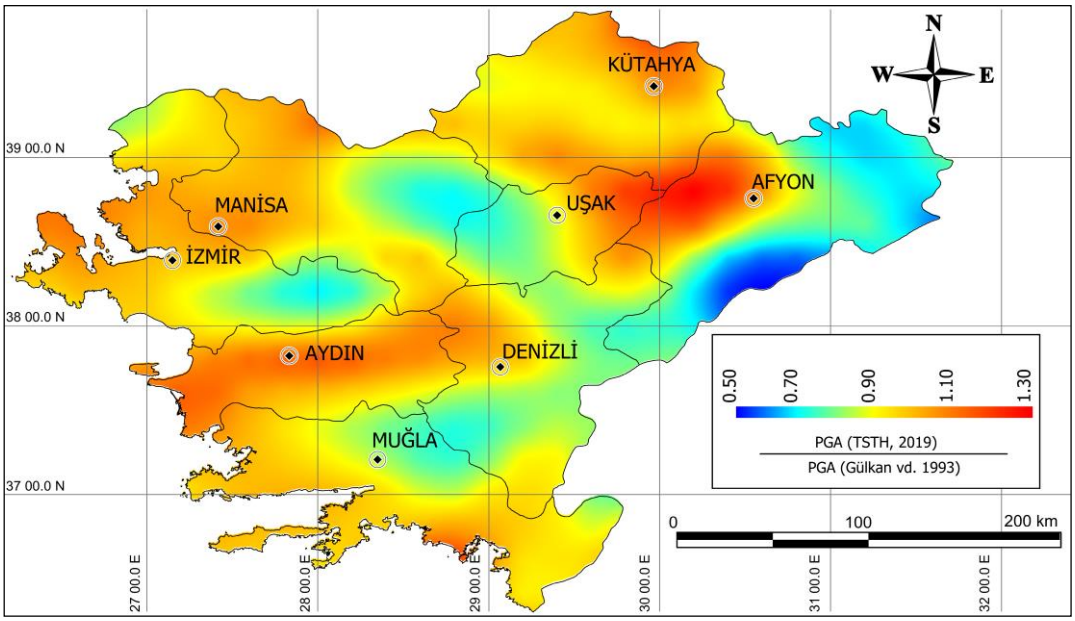


Şekil 3. 475 yıllık tekerrür için en büyük yer ivmesi değerlerinin dağılımı [9]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Sismik Tehlike Haritalarının Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında, Ege bölgesi için 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip tehlike seviyesine ait en büyük yer ivmesi değerlerinin değişimi incelenmiştir. Karşılaştırmaya esas veriler, AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve interaktif web uygulaması [17] ile 1996 Deprem Bölgeleri haritasına girdi oluşturan ve Gülkan vd. [4] tarafından gerçekleştirilmiş çalışmadan elde edilmiştir. Elde edilen mukayese sonuçlarının değişiminin mekânsal olarak incelenmesine olanak sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı MapInfo [18] yazılımı bu amaçla kullanılmış ve Şekil 4'de verilen kontur haritası elde edilmiştir. Haritada modellenen değerler yeni ve eski sismik tehlike haritasından elde edilen en büyük yer ivmesi değerlerinin oranını göstermektedir.



Şekil 4. Ege için en büyük yer ivmesi oranlarının değişimi

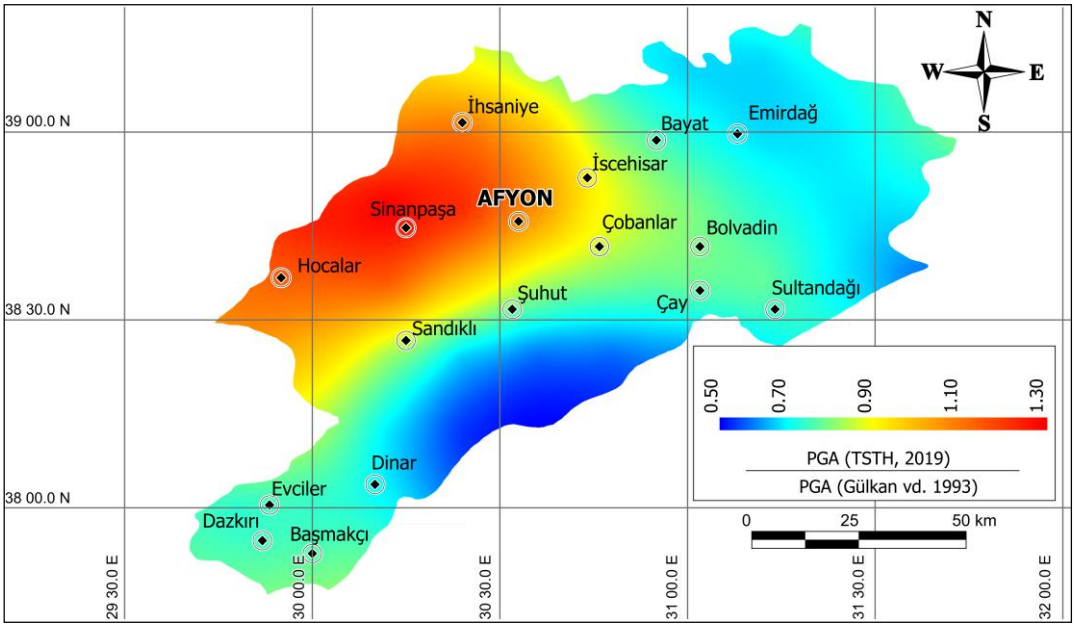
İvme oranlarının değişimini gösteren ve Şekil 4'de verilen harita incelendiğinde, Ege bölgesine ait ivme oranı değerlerinin 0.50 ile 1.25 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Ancak alansal olarak, ivme oranı değerinin 1.0'dan büyük olduğu kısımlar Ege bölgesi yüzölçümü alanının oldukça küçük bir kısmını kapsamaktadır. İvme oranı değerinin 1.0'dan büyük olduğu bölgelerin fay segmentleri boyunca gözlemlendikleri belirtilmelidir. İvme oranının değişimini daha iyi anlayabilmek için MapInfo programı içerisinde oluşturulan kontur haritası grid bazlı olarak değerlendirilmiş ve elde edilen histograma göre ivme oranı değerinin 0.80 ile 0.90 arasında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ege bölgesi içerisinde yer alan sekiz il için ivme oranı değerlerinin değişimi il sınırlarına göre ayrı ayrı incelenmiş ve aşağıdaki tabloda verilen değişim değerleri elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İvme oranlarının il sınırları içerisindeki değişimi

İl Adı	PGA (TSTH, 2019)/ PGA (Gülkan vd. 1993)		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Afyon	0.50	1.25	0.75
Aydın	0.74	1.18	0.94
Denizli	0.63	1.02	0.80
İzmir	0.54	0.97	0.80
Kütahya	0.67	1.06	0.85
Manisa	0.60	1.10	0.82
Muğla	0.64	0.91	0.80
Uşak	0.65	1.18	0.84

Tablo 1'den görüleceği gibi Yeni Türkiye Sismik Tehlike haritasına göre İzmir ve Muğla il sınırlarının tamamı içerisinde bir önceki tehlike haritasına oranla daha düşük sismik tehlike öngörülmektedir. Geri kalan altı il sınırı içerisinde ise hem daha yüksek hem de daha düşük sismik tehlikenin beklendiği bazı bölgelerin mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Ancak sismik tehlikenin daha büyük öngörüldüğü bölgeler daha önce ifade edildiği gibi oldukça küçük alana sahiptir. İnceleme alanı içerisinde ivme oranının en düşük ve en büyük değeri Afyon il sınırı içerisinde elde edilmiş ve ortalama değeri 0.75 olarak tespit edilmiştir.

Değişimin en fazla olduğu Afyon ili için Şekil 5'de verilen harita oluşturulmuş ve bu sayede Afyon ilinde yer alan ilçe merkezleri içerisindeki değişimin daha detaylı olarak incelenmesi fırsatı bulunmuştur. Buna göre Sinanpaşa, Hocalar ve İhsaniye ilçelerinde Yeni Sismik Tehlike haritası bir önceki sismik tehlike haritasına oranla göre daha yüksek sismik tehlike öngörmektedir. Afyon il merkezinin güneyinde yer alan ve Dinar ile Çay arasında uzanan bölgede ise diğer bölgelere oranla daha düşük sismik tehlike beklenmektedir. Benzer değerlendirmeler diğer iller için de ayrı ayrı yapılmış ancak örnek olması açısından sadece Afyon'a ait detaylı değerlendirmeleri içeren harita makale içerisinde verilmiştir.



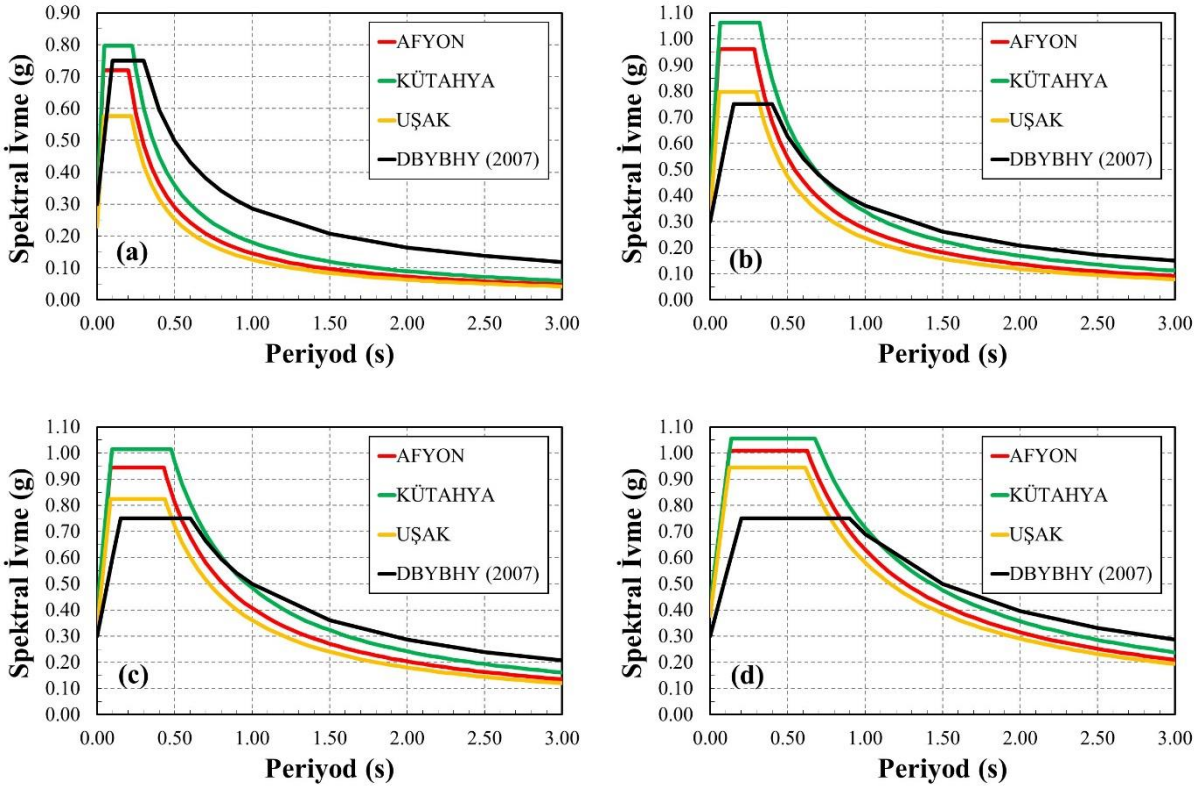
Şekil 5. Afyon ili için en büyük yer ivmesi oranlarının değişimi

3.2. Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, bir mühendislik yapısına etkiyecek olan deprem yüklerinin belirlenmesinde, deprem yönetmeliklerinde tarif edilen tasarım spektrumları kullanılmaktadır. Bu amaçla, Türkiye'de 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)'nden [19] önce 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY) [20] kullanılmaktaydı.

DBYBHY'e [20] göre deprem bölgeleri haritasından belirlenen etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) ile tasarım spektrumu ordinatları düşey yönde ölçeklendirilirken bu hesap 2019 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinde S_S ve S_1 spektral ordinatları ile yapılmaktadır. 2007 deprem yönetmeliğinde zemin etkileri yalnızca T_A ve T_B spektral köşe periyodlarının farklı değerler alması ile dikkate alınırken, güncellenen 2019 deprem yönetmeliğinde ise zemin etkileri referans kaya zeminler için verilen S_S ve S_1 spektral ordinatların yerel zemin katsayıları ile çarpılması sonucu dikkate alınmaktadır. Yerel zemin etkileri için düzeltilmiş S_{DS} ve S_{D1} spektral ordinatları ile hesaplanan T_A ve T_B köşe periyodları yer hareketinin frekans içeriğindeki değişimi de içermektedir [15].

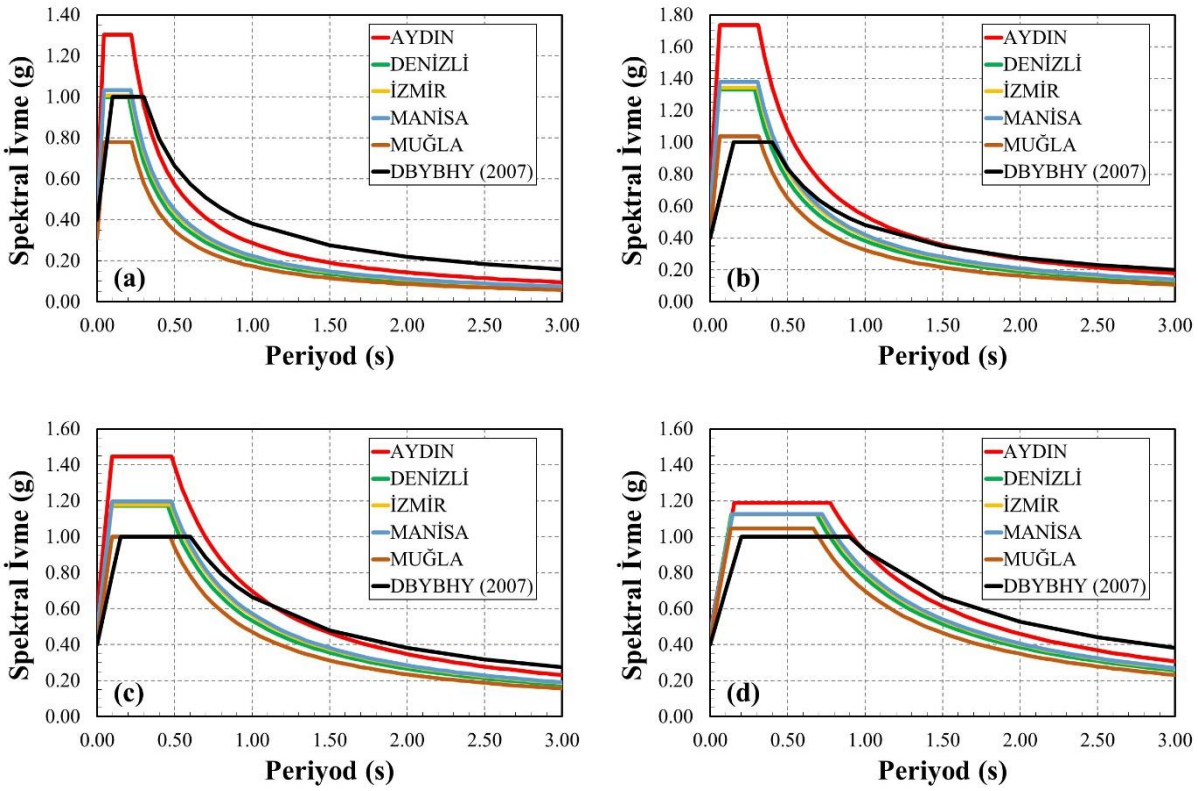
Çalışma kapsamında Ege bölgesi içerisinde yer alan sekiz ayrı il merkezi koordinatı dikkate alınarak 2007 ve 2019 deprem yönetmeliklerine göre ayrı ayrı yatay elastik tasarım spektrumları oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Karşılaştırmaların 50 yılda %10 olasılıklı tehlike seviyesi için yapıldığı belirtilmelidir. Karşılaştırmalar yapılırken dört farklı zemin grubu dikkate alınmıştır. 2007 yönetmeliğinde Z_1, Z_2, Z_3 ve Z_4 olarak tarif edilen yerel zemin gruplarının 2019 yönetmeliğinde sırasıyla Z_B, Z_C, Z_D ve Z_E yerel zemin sınıflarına karşılık geldikleri kabul edilmiştir. Farklı bölgeler için literatürde yapılmış çalışmalar incelendiğinde de zemin sınıflarının eşdeğerliliği ile ilgili benzer kabullerin yapıldığı görülmektedir [15,21,22]. Şekil 6 ve Şekil 7 sırasıyla 2. Derece ve 1. Derece deprem bölgesinde yer alan il merkezleri için oluşturulmuştur.



Şekil 6. Afyon, Kütahya ve Uşak il merkezleri için DBYBHY (2007) ve TSTH (2019) tasarım spektrumlarının farklı yerel zemin sınıfları için karşılaştırılması a) Z_1 (Z_B) b) Z_2 (Z_C) c) Z_3 (Z_D) d) Z_4 (Z_E)

Şekil 6 incelendiğinde, yeni deprem yönetmeliğine göre, Z_B yerel zemin sınıfında sadece Kütahya il merkezindeki en büyük spektral ivme değerinin bir önceki deprem yönetmeliğine göre daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum 0.2s'den daha küçük periyotlarda gözlenmiştir. Yerel zemin sınıfları Z_B'den Z_E'ye doğru gittikçe, 2019 yılı deprem yönetmeliğine göre kısa periyotlardaki spektral ivme değerleri Afyon, Kütahya ve Uşak il merkezleri için artmakta ve DBYBHY'e [20] göre hesaplanan spektral ivme değerleri ile arasındaki farklar da artmaktadır. Uzun periyotlarda ise DBYBHY [20] esasında belirlenen spektral ivme değerleri TBDY [19]'e göre daha büyük olarak gerçekleşmektedir. Kütahya il merkezi hariç, diğer iki il merkezinde en büyük spektral ivme değeri Z_E sınıfında gözlenirken, Kütahya il merkezi için bu durum Z_C sınıfında elde edilmiştir. Z_E sınıfı dikkate alınarak bir değerlendirme yapılırsa, TBDY'deki [19] en büyük spektral ivme değerindeki artış DBYBHY'e [20] göre % 41 ile Kütahya il merkezinde gerçekleşmiştir. Afyon ve Uşak il merkezlerinde de aynı durumda artış değeri sırasıyla % 34 ve % 26 olarak olarak hesaplanmıştır.

1. Derece deprem bölgesinde yer alan il merkezleri için oluşturulan ve aşağıda verilen Şekil 7'den de görüldüğü gibi, Z_B sınıfında TBDY'ne [19] göre en büyük spektral ivme değerinin sadece Aydın il merkezinde DBYBHY'e [20] kıyasla daha büyük olduğu, Denizli, İzmir ve Manisa il merkezlerinde çok küçük değişiklikler olduğu, Muğla il merkezinde ise azaldığı anlaşılmaktadır. Şekil 7'de dikkati çeken bir diğer durum ise yeni deprem yönetmeliğinde Aydın, Denizli, İzmir ve Manisa il merkezlerinde en büyük spektral ivme değeri Z_C zemin sınıfında gözlenirken, Muğla il merkezinde Z_E sınıfında ortaya çıkmasıdır. Yerel zemin sınıflarının Z_B'den Z_C'ye değişmesi durumunda tüm il merkezleri için, yeni deprem yönetmeliğine göre kısa periyotlardaki spektral ivme değerleri artmakta ve bir önceki deprem yönetmeliğine göre göreceli olarak daha büyük değerler almaktadır. Z_C sınıfında TBDY'da [19] DBYBHY'e [20] kıyasla en büyük spektral ivme değerindeki artış miktarı %74 ile Aydın il merkezinde gerçekleşmektedir. Benzer değerlendirme ile artış miktarının Denizli, İzmir ve Manisa il merkezleri için % 33 ile % 38 arasında değiştiği, en küçük artış miktarının ise Muğla il merkezinde % 4 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Aydın il merkezi dışında kalan diğer il merkezlerinde tüm zemin sınıflarında uzun periyotlarda DBYBHY [20] esasında belirlenen spektral ivme değerleri TBDY'e [19] göre daha büyüktür.



Şekil 7. Aydın, Denizli, İzmir, Manisa ve Muğla il merkezleri için DBYBHY (2007) ve TSTH (2019) tasarım spektrumlarının farklı yerel zemin sınıfları için karşılaştırılması a) Z_1 (Z_B) b) Z_2 (Z_C) c) Z_3 (Z_D) d) Z_4 (Z_E)

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında Ege bölgesi için sismik tehlike ve tasarım spektrumu yeni ve eski tehlike haritalarına göre 50 yılda %10 olasılığa sahip tehlike seviyesi için incelenmiş ve aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir.

i. Yeni Türkiye Sismik Tehlike haritası ile 1996 Deprem Bölgeleri haritasına girdi oluşturan ve Gülkan vd. [4] tarafından gerçekleştirilmiş çalışmadan elde edilen en büyük yer ivmesi (PGA) değerinin Ege Bölgesi için farklılıklar içerdiği anlaşılmaktadır. Bu sonucun üzerinde kaynak modellemesine esas Diri Fay Haritasının güncellenmiş olması, kaynak modellemesindeki gelişmeler ve yer hareketi tahmin denklemlerinin özellikle zemin koşulunu modellemedeki farklılıkların etkisinin olduğu düşünülmektedir.

ii. Ege bölgesi için yeni ve eski tehlike haritalarına göre belirlenmiş en büyük yer ivmesi değerleri arasındaki oran 0.50 ile 1.25 arasında değişmekte olup inceleme bölgesinin büyük bir kısmında ivme oranı değerinin 0.80 ile 0.90 arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum Ege bölgesinin genelinde Yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritasının eskisine kıyasla daha küçük ivme değerleri verdiği şeklinde yorumlanabilir. Ancak yeni tehlike haritasında daha yüksek sismik tehlikenin beklendiği bazı lokal bölgelerin de mevcut olduğu ve bu bölgelerin fay segmentleri boyunca oluştuğu belirlenmiştir. İvme oranının en düşük ve en büyük değeri Afyon il sınırı içerisinde 0.50 ve 1.25 olarak elde edilmiştir.

iii. İkinci Derece Deprem Bölgesinde yer alan Afyon, Kütahya ve Uşak il merkezlerinde yerel zemin sınıfları Z_B'den Z_E'ye doğru gittikçe, 2019 yılı deprem yönetmeliğine göre kısa periyotlardaki spektral ivme değerleri artmakta ve DBYBHY'e [20] kıyasla arasındaki farklar da artmaktadır. Uzun periyotlarda ise eski deprem yönetmeliği esasında belirlenen spektral ivme değerleri yeni deprem yönetmeliğine göre daha büyük olarak gerçekleşmektedir. Afyon ve Uşak il merkezlerinde en büyük spektral ivme değeri Z_E sınıfında gözlenirken, Kütahya il merkezinde Z_C sınıfındadır.

iv. Yeni deprem yönetmeliğine göre en büyük spektral ivme değeri Aydın, Denizli, İzmir ve Manisa il merkezlerinde Z_C zemin sınıfında, Muğla il merkezinde ise Z_E sınıfında görülmektedir. Yerel zemin sınıflarının Z_B'den Z_C'ye değişmesi durumunda tüm il merkezleri için, 2019 yılı deprem yönetmeliğine göre kısa periyotlardaki spektral ivme değerleri artmakta ve DBYBHY'e [20] göre göreceli olarak daha büyük değerler almaktadır. Ayrıca Aydın il merkezi dışında

kalan diğer il merkezlerinde tüm zemin sınıflarında uzun periyotlarda eski deprem yönetmeliği esasında belirlenen spektral ivme değerleri yeni deprem yönetmeliğine göre daha büyüktür.

v. Tanımlanan tasarım spektrumları arasında önemli bir farklılık da spektrumun köşe periyotlarının belirlenmesinde gözlenmiştir. DBYBHY'e [20] göre tasarım spektrumun köşe periyotları sadece yerel zemin sınıfına bağlı olarak değişirken, TBDY'de [19] yerel zemin sınıfına göre düzeltilmiş S_{DS} ve S_{D1} spektral ordinatlara göre platonun uzunluğu değişmektedir.

KAYNAKLAR

[1] K. Özaydın, "Yeni deprem yönetmeliği: Geoteknik mühendisliği uygulama kuralları", 7. Geoteknik Sempozyumu, İstanbul, 2017, 25-38.

[2] Ö. Kale, S., Akkar, "Tasarım spektrumu köşe periyotları ve zemin amplifikasyon katsayılarının olasılıksal sismik tehlike analizleri ile belirlenmesi", 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir, 2015, 1-10.

[3] B. Özmen, "Türkiye deprem bölgeleri haritalarının tarihsel gelişimi", Türkiye Jeoloji Bülteni, cilt. 55, sayı.1, 43-55, 2012.

[4] P. Gülkan, A. Koçyiğit, M.S. Yücemen, V. Doyuran, V. Başöz, En Son Verilere göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Rapor No:METU/EERC 93-01. Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 1993.

[5] S. Akkar, T. Azak, T. Çan, U. Çeken, M.B. Demircioğlu, T. Y. Duman, M. Erdik, S. Ergintav, F.T. Kadirioğlu, D. Kalafat, Ö. Kale, R.F. Kartal, K. Kekovalı, T. Kılıç, S. Özalp, S.A. Poyraz, K. Şeşetyan, S. Tekin, A. Yakut, M.T. Yılmaz, M.S. Yücemen, Ö. Zülfikar, "Evolution of seismic hazard maps in Turkey", Bull. Earthquake Engineering, vol. 16, no. 8, pp. 3197-3228, 2018.

[6] E. Yalçınkaya, Ö. Alptekin, "Dinar'da zemin büyütmesi ve 1 Ekim 1995 depreminde gözlenen hasarla ilişkisi", Yer bilimleri, cilt. 24, sayı. 27, 1-13, 2003.

[7] S. Bakır, "Yerel zeminlerin sismik yapı hasarı üzerindeki etkileri: Adapazarı'ndan öğrenilenler", 1. Geoteknik Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 2005,171-195.

[8] U. Çeken, İ. Dalyan, N. Kılıç, S. Köksal, B.M. Tekin, "Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması", 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir, Türkiye, 2017, 8s.

[9] S. Akkar, T. Eroğlu Azak, T. Çan, U. Çeken, M.B. Demircioğlu, T. Duman, S. Ergintav, F.T. Kadirioğlu, D. Kalafat, Ö. Kale, R.F. Kartal, T. Kılıç, S. Özalp, K. Şeşetyan, S. Tekin, A. Yakut, M.T. Yılmaz, Ö. Zülfikar, Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi (UDAP – Ç – 13-06). Ankara: Ulusal Deprem Araştırma Programı, 2014.

[10] E. Ayhan, E. Alsan, N. Sancaklı, S.B. Üçer, Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu 1881-1980. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 1984.

[11] W.B. Joyner, D.M. Boore, "Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, Earthquake", Bull. Seismol. Soc. Am., vol. 71, no. 6, pp. 2011–2038, 1981.

[12] BİB, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 1996.

[13] E. Bozkurt, "Neotectonics of Turkey-a synthesis", Geodinamica Acta, vol. No. 1-3, 14, 3-30, 2011.

[14] Ö. Emre, T.Y. Duman, S. Özalp, H. Elmacı, Ş. Olgun, F. Şaroğlu, Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası: Ölçek 1:1.250.000, VI+89s.+bir pafta. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi-30, 2013.

[15] S. Akkar, T.E. Azak, T. Çan, U. Çeken, M.B. Demircioğlu, T. Duman, S. Ergintav, F.T. Kadirioğlu, D. Kalafat, Ö. Kale, R.F. Kartal, T. Kılıç, S. Özalp, K. Şeşetyan, S. Tekin, A. Yakut, M.T. Yılmaz, Ö. Zülfikar, "Türkiye yeni deprem tehlike haritası deprem yönetmeliğine yansıması", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülten, sayı. 135, 11-22, 2016.

[16] F.T. Kadirioğlu, R.F. Kartal, T. Kılıç, D. Kalafat, T.Y. Duman, T.E. Azak, S. Özalp, Ö. Emre, "An improved earthquake catalogue (M ≥4.0) for Turkey and its near vicinity (1900–2012)", Bull. Earth. Eng., vol. 16, no. 8, pp. 3317-3338, 2018.

[17] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, "Türkiye deprem tehlike haritası", http://tdth.afad.gov.tr/TDTH [Erişim: Ağustos 15, 2019) .

[18] Mapinfo, Mapinfo Professional Ver. 12.0, User Guide, Newyork: Mapinfo Corporation, 598 p, 2013.

[19] TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete, Tarih: 18 Mart 2018, Sayı: 30364, 2018.

[20] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. AFAD-Deprem Daire Başkanlığı, 2007.

[21] E. Gökbulut, B. Sevim, "YTÜ Davutpaşa Kampüsündeki yapılara ait tasarım spektrumlarının TDBY 2016 ve DBYBHY 2007'ye göre kıyaslanması", 7. Geoteknik Sempozyumu, İstanbul, 2017, 707-716.

[22] M. Koçer, A. Nakipoğlu, B. Öztürk, M.G. Al-Hagri, M.H. Arslan, "Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılması", Selçuk-Teknik Dergisi, cilt. 17, sayı. 2, 43-58, 2018.