

BURDUR DEPREM RİSKİ VE HASAR TAHMİNİ

Uğur Şafak ÇAVUŞ¹, Can AKYOL²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta, ugurcavus@sdu.edu.tr

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Isparta

ÖZET

Bu çalışma da Burdur için deprem risk çalışması ve hasar tahmini yapılmıştır. Deprem risk çalışmalarında, deprem geçmişinin ve şiddetli deprem ivme kayıtlarının elde edilmesi, mevcut ve potansiyel fay oluşumlarının belirlenmesi, zemin büyütmelerinin mikro ölçekte ne olacağının tespiti, yapı stoğunun çıkarılarak, yapı tipi ve kat sayısına bağlı risk sınıflandırmasının yapılması, yaşayan nüfus yoğunluğu ve bunlara bağlı potansiyel hasar ve kayıpların tahmini gereklidir. Buna yönelik olarak, Burdur ili açısından deprem riski, Burdur ili aktif faylarının konumu, deprem büyüklükleri ve ana kaya ivme şiddetleri açısından değerlendirilmiş ve sonra zemin şartları (jeoloji ve zemin genel karakteristikleri), yerleşim yerlerinin fay kırıklarına olan uzaklığı, mikro zemin büyütmeleri, zemin sıvılaşma potansiyeli ve yapı envanteri açısından hasar riski üzerine genel düşüncüler sunulmuştur. Yerel jeoloji ve zemin koşulları depremin büyüklüğü, frekans içeriği ve süresini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle bu çalışmada farklı zemin koşullarının zemin hareketine ve deprem ivmeleri üzerine olan azaltma ve/veya artırma etkisi ve ilişkili olarak Burdur ili mikro bölge zemin sınıflandırmasının yapılmasının önemine değinilmiştir. İlave olarak, Burdur için, deprem büyüklüğü, aletsel şiddeti ve ana kaya ivme değerlerine bağlı olarak titreşimin hissedilme derecesi ve olası hasar büyüklüğü üzerine genel bir sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Ayrıca, spektral ivme, periyot ve zemin ilişkisi sunulmuştur. Bununla birlikte ayrıca sismik hasar modelleri özet olarak verilmiş, hasar ve kayıp olasılık hesapları anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, sismik risk, hasar tahmini, kayıp tahmini

BURDUR EARTHQUAKE RISK AND DAMAGE ASSESSMENT

ABSTRACT

In this study, earthquake risk and damage risk estimation is performed. In the seismic risk studies, earthquake history and strong ground motion records, existing and potential fault locations, soil amplifications for micro scale, structure stock and type of building classifications as well as intensity areas of population have to be determined to make hazard and damage estimation as well as potential losses. Therefore, seismic risk of Burdur is evaluated depending on faults, historical earthquakes and bedrock accelerations. Then, considerations on the potential damage and loss are presented depending on the geological and soil characteristics on the micro scale, soil amplifications, distances to the active faults and structure types and intensity. Local soil conditions significantly affect the amplitude of the earthquake acceleration, frequency and duration. Therefore, in this study, the effects of the different soil conditions as well as the importance of micro scale soil classification for the city of Burdur on the acceleration amplification are also emphasized. In addition, a general hazard classification for Burdur is done depending on the bedrock accelerations, magnitudes, feeling degree of shaking. Moreover, a general relationship among spectral acceleration, period and soil types is provided. Finally, general damage and loss estimation methods are summarized.

Keywords: Earthquake, seismic risk, hazard estimation, loss estimation

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)

Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu

7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

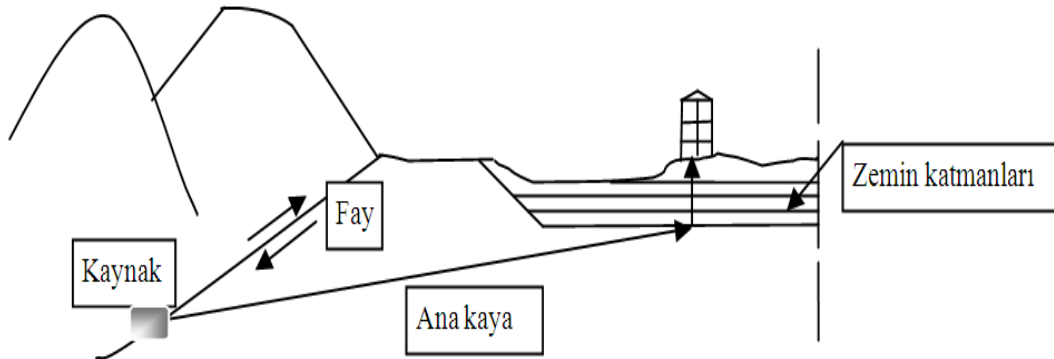
1. GİRİŞ

Aktif faylar tarihsel geçmişlerinde yer değiştirme yapmış olan faylardır. Aktif olmayan faylar da ise hareket gözlenmemiştir. Fakat aktif olmayan faylarında aktif olma potansiyeli her zaman için vardır. Gelecekte herhangi bir anda hareket edebilirler. Depremler birkaç saniyeden birkaç dakikaya kadar sürebilir ve bu titreşimler artçı depremlerle birkaç güne kadar farklı frekans ve genliklerde devam edebilir. Bir depremde doğrudan faydaki yırtılmadan ve zeminin yer değiştirmesinden kaynaklanan hasar veya ölüm olayları oldukça sınırlı ve azdır. Deprem sonucunda oluşan hasarların, yaralanmaların veya ölümlerin çoğu, deprem dalgalarının yapılarda meydana getirdiği titreşimlerin neticesinde oluşan yapı elemanlarındaki kesit zorlarının artmasından ve yapı taşıyıcı elemanlarının göçmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, deprem titreşimleri sebebiyle zemin sıvılaşmasına bağlı yapı göçmeleri, yangınlar, heyelanlar, eşya düşmeleri de kayıp ve ölümlere deprem neticesinde neden olabilmektedir. Kayıpların, hasarların veya ölümlerin büyüklüğünün aşağıdaki nedenlere bağlı olarak artma riski yüksektir.

- ✓ Yoğun kentleşme
- ✓ Kaçak yapılaşma
- ✓ Arazinin hatalı kullanımı (heyelan ve zemin sıvılaşması riski olan bölgelere yapı yapılması)
- ✓ Proje ve inşaat hataları
- ✓ Denetimsizlik veya denetim eksikliği

Depremler neticesinde, iletişim, enerji, içme suyu hatları ile ulaşım yolları ve barajlar hasar görebilirler. Bunlar bir yerleşim yerinin yaşam damarları olup, deprem sonrasında acil yardım planlarının uygulanmasında gecikmelere, aksamalara ve diğer güçlüklerle sebep verebilirler. Bu açıdan bütün bu yaşam tesislerinin, insan yoğunluğu fazla olan ve bir deprem sonrasında acilen servisine ihtiyaç olan hastanelerin ve yıkılması durumunda büyük tahribatlara sebep olan barajların depreme karşı çok iyi planlanması, projelendirilmesi ve depreme dayanıklı inşa edilmesi önem arz etmektedir (Burrows, 2005).

Aktif fayların uzunluğu, kırılma boyu, kırılma yerinin yerleşim yerine olan uzaklığı ve derinliği deprem titreşimlerinin vereceği hasarın boyutu ile doğrudan ilişkilidir (Şekil 1). Bazen aktif ana fay yerleşim yerine bölgesel bir faydan çok daha uzak ise, deprem ivmelerinin uzaklığa bağlı olarak azalması nedeniyle daha az zarar verirler. Yüze yakın depremler ise derin depremlere göre zarar verme olasılıkları daha fazladır. Depremlerin büyüklükleri fayda açığa çıkan veya fay uzunluğuna bağlı olarak açığa çıkması muhtemel olan enerjinin büyüklüğüne bağlı olarak moment (magnitüd) büyüklüğüne bağlı olarak Richter ölçeğine göre veya depremin canlı veya yapılar üzerindeki etki şiddetine (Mercalli şiddetine) bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Richter sınıflandırmasına göre depremlerin sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir. Deprem büyüklüğü (M) ile Mercalli şiddeti arasındaki ilişki ise Tablo 2’de özetlenmiştir (Burrows, 2005).



Şekil 1. Deprem kaynağından yerleşim yerine dalgaların yayılması (şematik görünüş)

Tablo 1. Richter sınıflandırmasına göre depremlerin sınıflandırılması (Celep ve Kumbasar, 2004)

Deprem sınıfı	Magnitüd, M
Çok büyük	$M \geq 8$
Oldukça büyük	$7 \leq M < 8$
Büyük	$6 \leq M < 7$
Orta	$5 \leq M < 6$
Küçük	$4 \leq M < 5$
Çok küçük	$3 \leq M < 4$
Mikro	$M < 3$

Tablo 2. Deprem büyüklüğü (M) ile Mercalli şiddeti arasındaki ilişki (Celep ve Kumbasar, 2004)

Magnitüd (Richter)	Şiddet (Mercalli)	Tanım
1.0-2.8	I-III	Hissedilmez veya çok hassas aletlerle ölçülür veya yüksek katlarda oturan bazı kişilerce hissedilebilir. Titreşim en fazla bir kamyonun geçmesi esnasındaki titreşim kadardır.
2.8-4.6	IV-VI	Dışarıda veya yapı içerisinde olan pek çok insan tarafından hissedilir, mutfak eşyaları tabak vs düşer, bazı pencereler veya kapılar hasar görebilir, bir kısım insanlar korku ile dışarı koşabilir.
4.6-5.9	VII-VIII	Herkes dışarı koşar, yapı tipine bağlı olarak yapısal bazı iç hasarlar ve duvarlarda çatlaklar oluşur, araç sürücülere de titreşimi hisseder
5.9-7.1	IX- X	Bina temelleri yer değiştirir, bina taşıyıcı elemanlarında çatlaklar kırılmalar oluşur, yer altı boru sistemleri kırılır, çoğu yığma yapılar yıkılır, heyelanlar ve zeminde çatlaklar olur, sıvılaşma oluşabilir, demiryolları eğilir
7.1-8.3	XI-XII	Çok az sayıda yapı ayakta kalır, köprüler yıkılır, heyelanlar olur, zemin yarılar, sıvılaşma oluşabilir, pek çok eşya havaya fırlar, deprem dalgalarının hareketi zemin yüzünde görünür.

2. DEPREM RİSK TAHMİNLERİ

Belirli bir saha veya bölgedeki sismik tehlikeleri değerlendirmek için, sismik aktivitenin muhtemel tüm kaynakları teşhis edilmeli ve bunların gelecekte deprem oluşturma potansiyeli olasılığa olarak

değerlendirilmelidir. Sismik kaynakların tespit edilmesi ayrıntılı bir incelemeyi gerektirir. Bazıları gayet belirgin ve bazıları da gizlenmiş ya da engellenmiş olan doğal ipuçlarının gözlenmesi ve yorumlanması gerekir. Modern sismograflar ve bunların oluşturduğu ağlar günümüzdeki depremlerin gözlenmesi ve yorumlanmasını oldukça kolaylaştırmıştır. Belirli bir alanda herhangi bir kuvvetli hareketin aletsel olarak kaydedilmemiş olması gerçeği, burada geçmişte deprem olmadığı anlamına gelmemelidir ve gelecekte olmayacağı da garanti edilemez. Aletsel sismik kayıtların bulunmadığı yerlerde, deprem aktivitesinin diğer ipuçları ortaya çıkarılmalıdır. Bunlar, jeolojik ve tektonik kanıtlar veya tarihsel (aletsel dönem öncesi) depremsellik olabilir (Kutaniş, 2005).

Risk değerlendirme metodolojisi ayrıca Şekil 2 de verilmiştir. Deprem risk tahminleri başlıca beş adımda yapılır. Bunlar başlıca, deprem sismik tehlike analizi, yerleşim yeri arazi jeolojik ve geoteknik şartlarının belirlenmesi, yerleşim alt ve üst yapı özelliklerinin belirlenmesi, yapı envanterinin çıkarılması, hasar tahmin modellerinin oluşturulması ve hasar tahminlerinin yapılmasıdır (Tablo 3).

Deprem tehlike risk çalışmalarında başlıca iki metod kullanılır. Bunlar i) Deterministik ve ii) Probabilistik yöntemlerdir. Deterministik yöntemlerde aktif bir fayın üretebileceği birkaç kuvvetli yer hareketi büyüklüğü belirlenerek bunlara karşılık gelen ivme genliklerinin ve bunların deprem kaynağından olan uzaklığa bağlı azalım ilişkilerinin hesaplanması daha sonra yerleşim alanındaki yüzey ivme değerlerinin ve zamana bağlı genliklerinin zemin büyütme dikkate alınarak analiz edilmesidir. Son aşamada ise yüzey ivme genliklerine ve periyotlarına bağlı olarak yapıların davranışı modellenerek hasar ve kayıp tahminleri yapılır. Probabilistik deprem tehlikesi hasar yapıcı yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme ihtimali olarak tanımlanır. Bundan sonraki adımlar ise deterministik yöntemdeki gibi yapılır.



Şekil 2. Risk tahmin metodu (Algermissen, 1989)

Tablo 3. Deprem risk tahmini için yapılması gereken çalışmalar (Burrows, 2005)

Deprem tehlike analizi (sismik risk)	<ol style="list-style-type: none">1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi: Mevcut fayların konumu, yapısı, uzunluğu, aktifliği, kayıt altındaki tarihi deprem geçmişi, moment büyüklükleri, episantr ve hiposantr merkezleri.2. Deprem kaynağının risk analizi: $M > 5$ den üretebileceği maksimum moment büyüklüğüne kadar kuvvetli yer hareketlerinin analizi, bunların belli yıllar içinde gelme olasılıkları, ana kaya maksimum yer ivmesinin analizi, deprem kaynağı ile çalışılan yerleşim bölgesi arasındaki deprem dalgalarının azalım ilişkisinin ve yerleşim yerindeki ana kayada oluşan ivme-zaman genliklerinin belirlenmesi.
Yerleşim bölgesinin jeolojik ve geoteknik karakteristikleri	Deprem dalgalarına yerleşim bölgesinin arazi etkilerinin analizi: Zemin büyütmesi analizi, sıvılaşma ve heyelan risk analizleri, yüzey fay kırıklarının tespiti
Yerleşimin alt ve üst yapı özellikleri	<ol style="list-style-type: none">1. Deprem den dolayı hasara uğrayabilecek bütün yapıların, yaşam hatlarının (ulaşım, enerji, iletişim, içme suyu vs.), hastane, baraj, zehirli atık depoları vs. belirlenmesi2. Bütün bu yapıların hasara uğrama risklerine göre sınıflandırılması3. Mesken ve işyerlerindeki nüfus yoğunluklarının belirlenmesi
Hasar Modelleri	<ol style="list-style-type: none">1. Risk sınıflandırması yapılmış bütün alt ve üst yapıların deprem şiddeti ve bölgesel zemin koşullarına bağlı olarak titreşim özelliklerine göre yapıların davranışlarının ve göçme durumlarının analizi2. Söz konusu edilen deprem şiddetlerine bağlı olan yapıların hasar oranlarının ve hasar fonksiyonlarının belirlenmesi3. Olası yapı hasarlarının analizi4. Yangın, heyelan ve diğer hasarların analizi
Kayıp tahminleri	<ol style="list-style-type: none">1. Canlı ölüm oranlarının tahmini2. Toplam göçen yapı ve tesis bedellerinin tahmini3. Hasar tamir masraflarının tahmini4. Yeni tesis etme bedellerinin tahmini

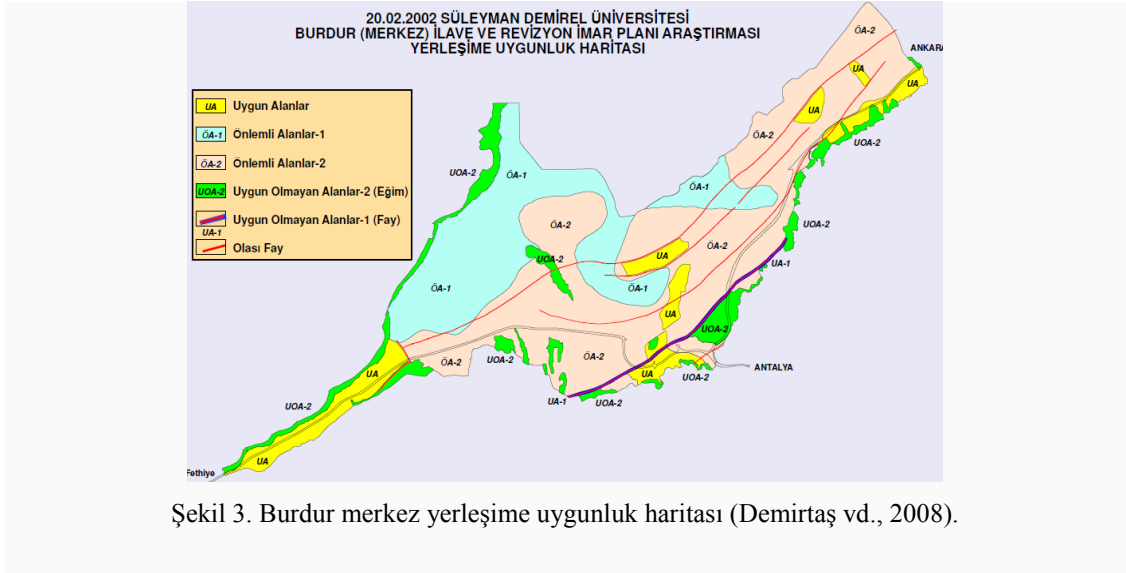
3. BURDUR İLİ DEMOGRAFİK YAPISI VE İMAR DURUMU

Burdur nüfusu 2014 yılına göre 256.898 olup nüfusun % 49,5'i erkek, %50,5'i bayandır. Burdur nüfusunun % 65,29 kısmı il ve ilçe merkezlerinde, % 34,71 kısmı ise köy ve beldelerde yaşamaktadır. Yüz ölçümü ise 7.174 km² ve nüfus yoğunluğu 36/km²'dir (Anonim, 2015).

Burdur Merkez Belediyesinin ilk imar çalışması 1948 tarihinde yapılmış olup bu imar planı 1972 yılında ilaveler ile tadil edilmiştir. Bundan sonra 1978 yılında Burdur kenti revizyon ve ilave imar planı, 1/5000 ölçekli ve 1/1000 ölçekli olarak hazırlanmış ve bu da 1987 yılına kadar belli aralıklar ile genel tadilatlar geçirmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi tarafından hazırlanan 20.02.2002 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne onaylatılmış. "Burdur Belediyesi Kent Merkezi

ve Yakın Çevresinin Depremselliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi” adlı rapor gereğince imar planına yönelik öneriler sunulmuştur.

Bu raporda “inceleme alanında yaklaşık 5 km uzunlukta 3 olası fay haritalanmış ve bu basamaklı fay düzlemlerinden herhangi birinde olacak aktivite yerleşim alanının tamamı için bir risk oluşturacağı ifade edilmiştir. Raporda, en güneyde olan fay, aktif fay olarak tanımlanmış ve 1971 ve 1914 depremlerinin bu fay boyunca yüzey faylanması oluşturduğu belirtilerek 40 metrelik tampon bölge oluşturulmuştur. Aynı raporda, %10-40 arası eğimli alanlar ile Burdur Gölü kıyı kenar çizgisi (860 m kotu) ile göl arasında kalan bölge Uygun Olmayan Alan olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Burdur yerleşim alanında, gösel çökeller ve birikinti konilerinin bulunduğu alanlarda, zemin sıvılaşma riskinin olduğu alanlar, “Önlemliy Uygun Alanlar-1” ve sıvılaşma riski taşımayan alanlar ise “Önlemliy Uygun Alanlar-2” olarak tanımlanmıştır. Söz konusu raporda yerleşime uygunluk kriteri değerlendirilmesinde, Uygun Alanlar için (UA) 4 kat, Önlemliy Alanlar-1 (ÖA-1) için bodrum + 2 kat ve Önlemliy Alanlar-2 için ise bodrum + 3 kat sınırlaması getirilmiştir (Şekil 3) (Demirtaş vd., 2008).



Şekil 3. Burdur merkez yerleşime uygunluk haritası (Demirtaş vd., 2008).

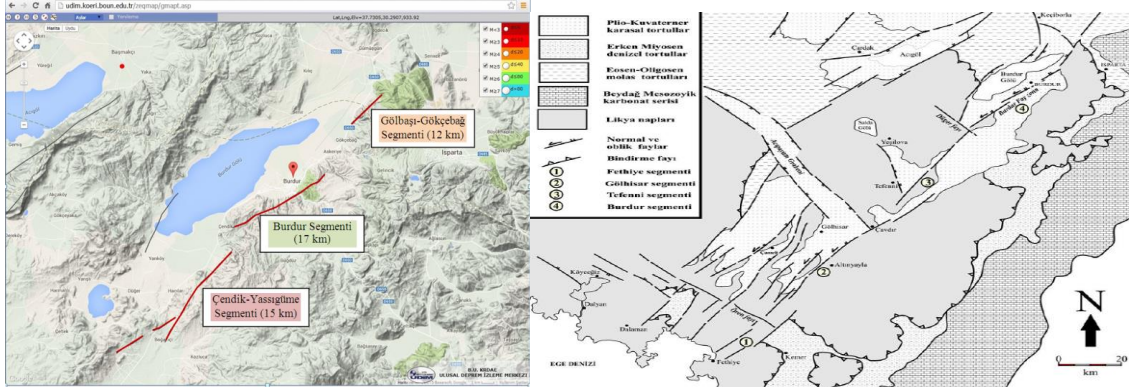
4. TEKTONİK YAPI VE DEPREM DURUMU

Burdur gölü ve çevresinde, Burdur havzasını doğu ve batıdan sınırlayan kuzeydoğu-güneybatı gidişli faylar, Burdur fayı olarak adlandırılmıştır. Bölgenin en önemli aktif fayı, KD yönünde uzanan Fethiye-Burdur fayı olup bu fayın uzunluğu yaklaşık olarak 300 km dir. fay zonunun genişliği 3-10 km arasında değişmekte olup basamaklı yapıdadır. Burdur fay zonu tek bir çizgi halinde olmayıp, birbirine paralel gelişmiş sol oblik atımlı faylardan oluşmaktadır (Yağmurlu vd., 2009). Burdur fay zonu kuzeydoğudan güneybatıya doğru, (1) Gölbaşı-Gökçebağ segmenti, (2) Burdur segmenti, ve (3) Çendik-Yassıgüme segmenti olmak üzere, farklı uzunlukta 3 fay segmentinden oluşmaktadır. **Gölbaşı-Gökçebağ Segmenti** Burdur'un doğusunda yer alan 12 km uzunlukta ve kuzeydoğu-güneybatı gidişli faydır. **Burdur Segmenti**, Burdur gölü güneyinde, Hacılar köyü doğusunda, yaklaşık 17 km uzunlukta. Fay, Üst Miyosen-Pliyosen Burdur Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı gösel-akarsu çökellerini kesmektedir. **Çendik-Yassıgüme Segmenti**, Burdur Gölü güneybatısında yaklaşık 15 km uzunlukta. Fay, Pliyosen yaşlı birimler ile Jura yaşlı birimleri ayırır. Güneyde eski seki dolgularında izlenir ve genç alüvyonları etkiler (Şekil 4). 1914, 1963 ve 1971 depremleri bu alandaki fayların diriliğini gösteren önemli depremlerdir. 1914 depreminde 40 km uzunluğunda bir yüzey faylanması meydana gelmiştir (Demirtaş vd., 2008).

Burdur'u kapsayan bölgede yaygın olarak görünen formasyonlar Mesozoyik ve Tersiyer dönemlerine aittir. Kuvaterner çökelleri ise bölgenin çöküntü alanlarında yer alır (Ertunç vd., 2001). Neotektonik deprem faaliyetleri neticesinde, ova ve göl kesimlerinde çökmeler dağlarda ise yükselmeler olmuştur. Erozyon ve diğer

aşınma etkileri ile de bugünkü topoğrafya meydana gelmiştir (Görmüş vd., 2005). Burdur gölü bir çöküntü (graben) gölüdür.

Fethiye ile Burdur arasında uzanım gösteren, Burdur fayı yakın zamanda birçok deprem oluşturmuş, önemli kırık hatlarından biridir. Tablo 4’ de Burdur ilini etkileyen tarihsel depremler verilmiştir (Ertunç vd., 2001).



Şekil 4. Fethiye körfezi ve Burdur gölü arasındaki bölgede Burdur fayı segmentleri ve diğer fay sistemleri (Yağmurlu ve Şentürk, 2005).

Tablo 4. Burdur İlini Etkileyen Tarihsel Depremler (Ertunç vd., 2001).

TARİH	DERİNLİK (km)	BÜYÜKLÜK	TARİH	DERİNLİK (km)	BÜYÜKLÜK
03.10.1914	14	7.1	26.03.1965	11	5.0
04.10.1914	15	5.0	13.06.1965	33	5.7
04.10.1914	15	5.1	29.03.1956	0	5.0
11.10.1914	15	5.2	25.09.1966	44	5.1
16.01.1918	10	5.7	22.02.1971	47	5.0
07.08.1925	20	5.9	12.05.1971	30	5.5
16.08.1925	15	5.1	12.05.1971	29	6.2
18.12.1925	15	5.1	12.05.1971	33	5.3
01.03.1926	10	6.4	09.09.1971	49	5.2
03.03.1926	0	5.0	24.02.1989	10	5.0
07.02.1927	10	5.0	18.07.1990	26	5.1
19.07.1933	40	6.0	21.11.1990	20	5.0
12.08.1936	30	5.0	15.01.1991	1	5.3
02.02.1951	20	5.4	11.03.1991	113	5.2

26.01.1959	70	5.4	01.10.1995	5	6.0
11.03.1963	40	5.5	21.04.2000	15	5.2
30.01.1964	59	5.5	16.11.2007	5	5.0
			24.08.2014	7.6	4.8 (5.1)

ZETEM Mühendislik raporuna göre, Burdur Yerleşim yerlerinde açılan sondaj kuyularından yer altı suyuna rastlanılanlar Tablo 5’de verilmiştir (Demirtaş vd., 2008). Yerleşim yerinin büyük kesimi gölsel çökeller üzerinde olduğundan bu bölgelerdeki zemin gurubu Tablo 6’da sunulmaktadır.

Tablo 5. Yeraltı suyunun gözlemlendiği sondaj kuyuları ve derinlikleri (Demirtaş vd., 2008).

Kuyu No	Derinlik (m)	Birim	YASS (m)
SK-2	15.50	Tb	10.00
SK-23	17.00	Qg	8.00
SK-26	17.00	al	8.00
SK-30	12.50	Tb	8.00
SK-32	12.50	Tb	10.00
SK-34	20.00	Tb	12.00
SK-38	14.00	al	2.00
SK-60	14.00	Qg	10.00
SK-62	12.50	Qg	10.00
SK-73	12.50	Tb	6.00
SK-75	15.50	al	2.60

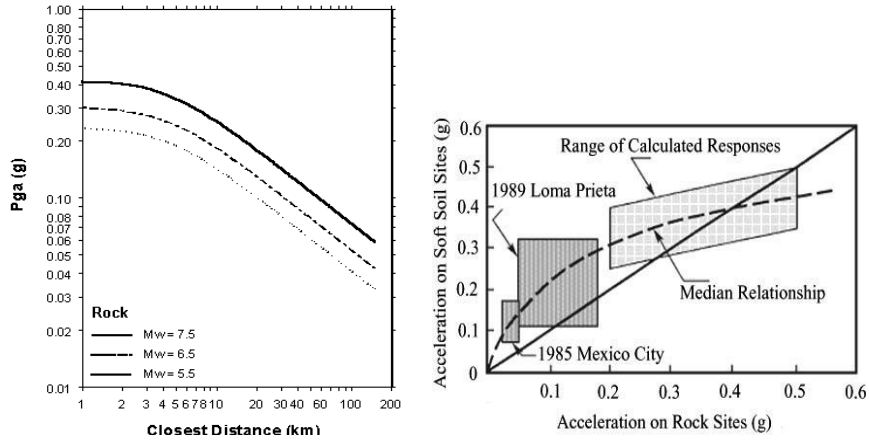
Not: **Tb** :Burdur Formasyonu, **Qg** :Gölsel Çökel, **al** :Güncel Alüvyon

Tablo 6. Çalışma alanındaki gölsel çökellerin zemin grubu dağılımları (Demirtaş vd., 2008)

BİRİM	ZEMİN GRUBU				
	SC (%)	SM (%)	ML (%)	CH (%)	CL (%)
GÖLSEL ÇÖKELLER	8	29	2	6	55

5. BURDUR İLİ DETERMİNİSTİK DEPREM RİSKİ

Burdur deprem geçmişine baktığımızda $M \geq 5$ depremleri içerisinde, $M = 5, 5.5, 6.0, 6.2, 6.4$ ve 7.1 'e kadar deprem büyüklükleri yaşanmıştır. Buna göre deterministik deprem analizinde sırasıyla, $M=5.5, 6.5$ ve 7.5 büyüklüklerine karşılık gelen ana kaya ivme değerleri Şekil 5a'da ki korelasyon kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra yerleşim yerindeki zemin katmanlarının büyütmesi pratik olarak Şekil 5b'de ki korelasyon vasıtasıyla Tablo 7'de verildiği üzere bulunmuştur. Analizde deprem kaynağının sırasıyla, 3 km, 20 km ve 40 km olması durumları dikkate alınarak her duruma ve her farklı deprem büyüklüğüne bağlı olarak zemin büyütmesi neticesinde olması beklenen farklı yüzey ivmeleri elde edilmiştir. Deprem kaynağı yerleşim yerine yaklaştıkça gerek ana kayadaki gerekse yüzeydeki ivme değerleri büyümektedir. Kaynaktan uzaklaştıkça ivmeler azalmaktadır.



Şekil 5. a) Kayada pik ivme –fay uzaklığı korelasyonu (Polat ve Kalkan, 2002), b) Pik kaya ivmesi-yumuşak zemin ivmesi korelasyonu (Idriss, 1990).

Tablo 7. Burdur yerleşim yeri ana kaya ve zemin yüzeyi ivmeleri

Magnitüd (M)	Faya olan uzaklık $D = \sqrt{(Epi\text{sentir}^2 + hiposentir^2)}$			Burdur yerleşimi ana kaya ivmesi			Zemin büyütmesine bağlı yüzey ivmesi		
				3 km	20 km	40 km	3 km	20 km	40 km
5.5	3 km	20 km	40 km	0.23g	0.10g	0.07g	0.32g	0.21g	0.18g
6.5	3 km	20 km	40 km	0.30g	0.14g	0.09g	0.37g	0.26g	0.20g
7.5	3 km	20 km	40 km	0.40g	0.19g	0.12g	0.40g	0.29g	0.24g

6. SONUÇLAR

- ✓ Bu çalışmada deprem risk metodları ve deprem riski için yapılması gereken işlemler özetlenmiş daha sonra Burdur fayından yerleşim yerlerinde olabilecek en büyük yüzey ivme değerleri korelasyonlardan elde edilmiştir.

- ✓ Buna göre en büyük deprem büyüklüğü için ($M=7.5$), yerleşim yeri zemin yüzeyinde Burdur fayı dolayısıyla yaklaşık 0.40g kadar bir ivme genliği olacağı söylenebilir. Ancak deprem dalgalarının zemin içerisinde kayadan yüzeye doğru yayılmasını modelleyen bir veya iki boyutlu (SHAKE) gibi ileri metotlar kullanılırsa daha gerçekçi netice elde etmek mümkündür. Bu tür simülasyonlar için ise, ana kaya ile Burdur arasındaki zemin katmanlarının kalınlıklarının, cinslerinin, birim hacim ağırlıklar ve kayma hızları ile modüllerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır.
- ✓ Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Depremselliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi işi kapsamında hazırlanan rapor neticesinde, Burdur yerleşim alanında, görsel çökeller ve birikinti konilerinin bulunduğu alanlarda, zemin sıvılaşma riskinin olduğu alanlar, “Önlemlili Uygun Alanlar-1” ve sıvılaşma riski taşımayan alanlar ise “Önlemlili Uygun Alanlar-2” olarak tanımlanmıştır. Bu alanların Tablo 7 de verilen ivme değerleri, Burdur kuyu loglarından elde edilen SPT, N sonuçları ve zemin kayma dalgası hızları ile birlikte zemin katmanlarının ve yer altı suyu derinliklerine bağlı olarak tekrar değerlendirilmesinde fayda vardır. Tablo 5 ve 6 değerleri dikkate alındığında, YAS seviyeleri 8m'nin altında gözükmemektedir. Sıvılaşma riski 6 m den derin yer altı suyu için az veya orta derecede olmaktadır. Bunun yanı sıra Tablo 6'dan görüldüğü üzere ince dane yüzdesi 5 'in altında olabilecek gevşek kumlu zemin gurubu az gözükmemektedir. İnce dane oranı % 5 in altındaki temiz kum veya kumlu siltli zeminlerde yüksek olmakta %5-30 arasında orta derecede olmakta %30 un üzerinde ise sıvılaşma riski çok azalmaktadır. Sıvılaşmaya etki eden pek çok faktör olduğundan bütün bu faktörlerinde Burdur sıvılaşma riskinde dikkate alınması tavsiye edilir.

KAYNAKLAR

- Burrows, J., 2005, City of Roseville Hazard Mitigation Plan, *Pre-Adoption Review Draft*, June 2005, Roseville/CA.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İstanbul.
- Kutanis, M. 2005. Sismik Tehlike Analizi (Kramer), S.10,11,12,13,15,16 Slaytlar.
- Algermissen, S.T. 1989, *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, Vol. 22, No. 4, December 1989, Christchurch/Yeni Zelanda
- Anonim 2015. *Burdur İli Nüfusu* <http://www.nufusu.com/il/burdur-nufusu> (21.02.2015 17:35)
- Demirtaş R., Yağyemez B., Penirci O., Uğraş M., 2008. Zetem Mühendislik Burdur Merkez Belediyesi İmar Planı Revizyonuna Esas Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporu ve Etkileri. Burdur
- Yağmurlu F., ve diğ., 2009, TÜBİTAK Proje Raporu 1, Investigation of active seismotectonic features and seismic hazards of the southern part of Aegean-Peloponnisos-plate in the area between Burdur and Muğla, SW Turkey
- Ertunç. A., ve diğ.; 2001, Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Depremselliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi Sonuç Raporu Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta
- Görmüş M., Yağmurlu F., Şentürk M., Uysal K., 2005. 1. Burdur Sempozyumu, Jeolojik Sentez – Burdur Gölü Çevresi, Burdur
- Yağmurlu F. ve Şentürk M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun Güncel Tektonik Yapısı. Türkiye Kuvatemer Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 02-03 Haziran 2005, 55-61, İstanbul
- Polat G, Kalkan E., 2002, Attenuation Modeling of Recent Earthquakes in Turkey. *Journal of Seismology* (6): 397-409
- Idriss, IM. , 1990, Response of soft soil sites during earthquakes. *Proc., H. B. Seed Memorial Symp.*, Vol. 2, BiTech Publisher, Vancouver.; 273-289