

BURDUR KENT MERKEZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİ

SOIL PROPERTIES OF BURDUR SETTLEMENT AREA

Mehmet ALPYÜRÜR¹, Musaffa Ayşen LAV²

ÖZET

Burdur kent merkezi Fethiye-Burdur fay zonunda bulunan ve Batı Anadolu'nun önemli aktif faylarından biri olan Burdur fayı üzerinde kurulmuştur. Burdur kent merkezinin önemli bir bölümü Kuvaterner gölsel çökeller ve genç dere alüvyonları üzerine bulunmaktadır. Geoteknik açıdan olumsuz olan bu duruma kentin tektonik durumu da eklenince depremsellik açısından tehlike artmaktadır. Bu çalışmada Burdur kent merkezinin mikrobölgeleme çalışmalarının bir basamağını oluşturan zemin özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarına ait bilgiler sunulmuştur. Bu kapsamda resmi ve özel kurumlardan elde edilen güvenilir veriler derlenmiş ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) programı vasıtasıyla en üst 30 metre kalınlığındaki tabakanın ortalama kayma dalgası hızı (V_{s30}) haritası, V_{s30} 'a bağlı olarak farklı araştırmacılar tarafından önerilen yöntemlere göre zemin büyütme haritaları, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY18)'ne göre zemin sınıfı haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, çalışma alanında gerçekleştirilen 154 tekil mikrotremor ölçümü sonucunda, çalışma alanı için hâkim titreşim periyodu (T_g), zemin büyütmesi (A_g) ve Nakamura tarafından önerilen sismik hasar görebilirlik indisi (K_g) değerleri, HVSr (yatay/dikey spektral oran) yöntemine göre belirlenmiştir. K_g değerleri kullanılarak Burdur yerleşim alanının deprem hasar potansiyeli değerlendirilmiştir. 10'dan büyük K_g değerleri genellikle en savunmasız alanların göstergesidir. Burdur Gölü kıyı şeridinde yakın, gevşek zemin katmanlarına sahip derin alüvyonlu sahalarda depremlerin en fazla hasara yol açacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Burdur, Zemin büyütmesi, Mikrotremor, H/V spektral oran, Hasar görebilirlik indisi

ABSTRACT

Burdur settlement area is established on the Burdur fault, which is located in the Fethiye-Burdur fault zone and is one of the most important active faults in Western Anatolia. An important part of Burdur settlement area is located on Quaternary lacustrine deposits and young alluvium. When the tectonic situation of the area is added to this geotechnical situation, the danger in terms of seismicity increases. In this study, soil properties of Burdur settlement area are presented. In this context, reliable data obtained from various

¹ MsC, İstanbul Teknik Üniversitesi, alpyurur@itu.edu.tr (Sorumlu yazar)

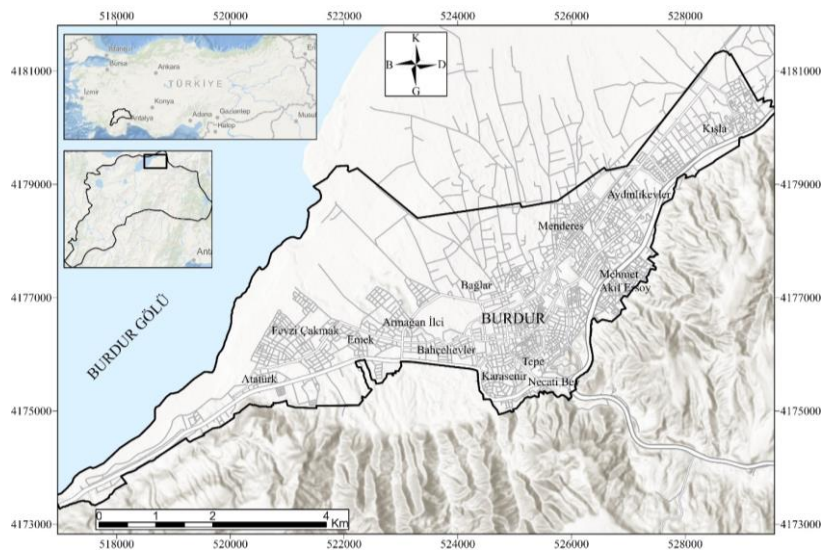
² Prof. Dr, İstanbul Teknik Üniversitesi, lavay@itu.edu.tr

institutions was compiled. The average shear wave velocity (V_{S30}) map of the top 30 m thick layer was prepared by means of a geographic information system (GIS) program. Site amplification maps were prepared using the methods suggested by different researchers based on V_{S30} . Soil class map was created according to Turkey Building Earthquake Code-2018 (TBDY18). Moreover, the predominant site periods, H/V peak amplitudes, and vulnerability index (K_g) distributions for the study area were estimated based on the HVSR (horizontal/vertical spectral ratio) of microtremors. Using K_g values, the earthquake damage potential of the Burdur settlement area was evaluated. K_g values greater than 10 are usually indicative of the most vulnerable areas. It has been determined that earthquakes will cause the most damage to sites with deep alluvial loose soil layers near Lake Burdur's coastline.

Keywords: Burdur, Site amplification, Microtremor, H/V spectral ratio, Vulnerability index

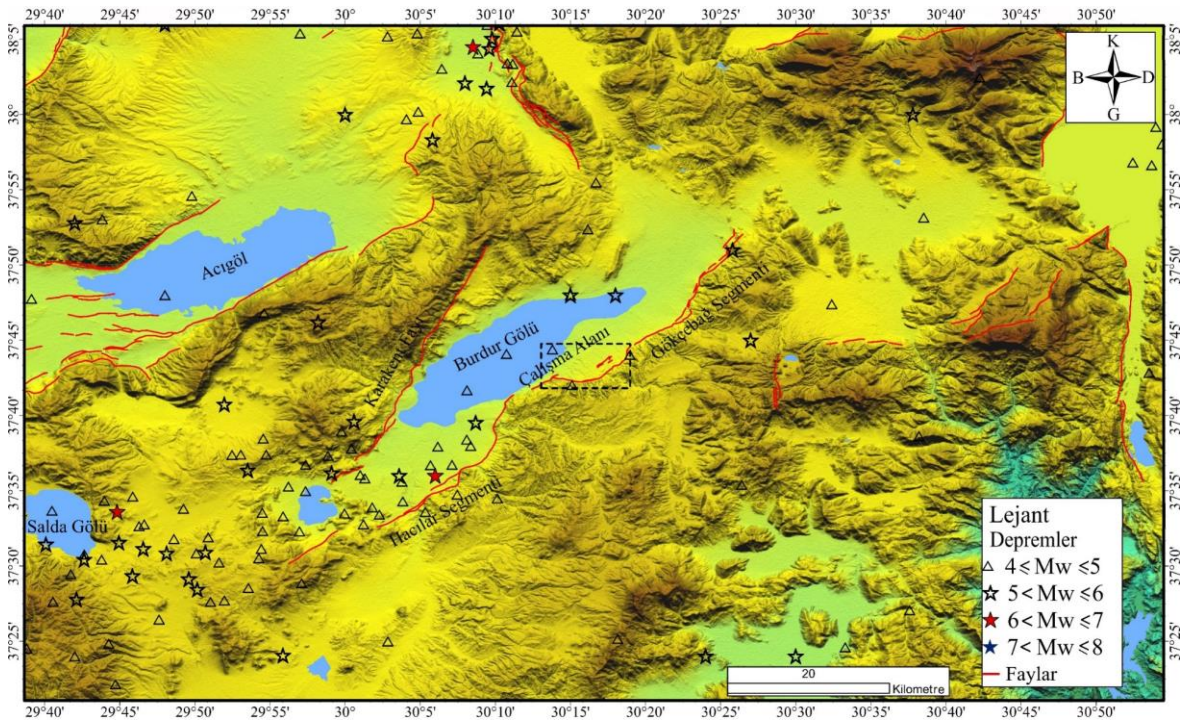
1. GİRİŞ

Bir sahadaki deprem etkisi ve yer hareketi özellikleri esas olarak üç faktör tarafından yönetilir ve bunlar deprem kaynağının türü, kaynağa olan uzaklık ve genellikle "yerel saha etkileri" olarak bilinen yüzey ve yer altı jeolojik ve topoğrafik koşullardır (Kiliç vd., 2006). Saha koşulları, belirli bir sahadaki yer hareketinin etkisini büyütebilir ya da azaltabilir. Deprem etkilerini büyütecek şekilde kendini gösteren saha etkileri 1999 Gölcük depremi ($M_w = 7.4$), 1999 Düzce depremi ($M_w = 7.2$) ve 2011 Van depremi ($M_w = 7.2$) de dahil olmak üzere birçok depremde fark edilmiştir (Akkaya vd., 2015; Firat vd., 2016; Tezcan vd., 2002). Son yıllarda yaşanan yıkıcı depremler, yerel saha koşullarının altyapı, üstyapı ve çevre üzerindeki sismik hasar dağılımında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Depreme dayanıklı yapı inşa etmek ve sismik riskleri azaltmak amacıyla, mühendislik yapıları tasarlanırken saha etkilerinin dikkate alınması kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, saha etkilerinin dikkatle ele alındığı mikrobölgeleme çalışması yürütmek, deprem riski bulunan bir bölgede sismik hasar görebilirliği etkin bir şekilde azaltmada değerli bir faktördür. Burdur kent merkezi (Şekil 1), Türkiye'nin güneybatısındaki Fethiye-Burdur Fay Zonunda (FBFZ) üzerinde kurulmuş, Burdur Gölü'nün bitişğinde yer alan ve büyük kısmı gevşek alüvyon zemin üzerine inşa edilmiş deprem riskli bir alandır (Bozcu vd., 2007).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Yüzey dalgası büyüklükleri (M_s) 7.0 ve 6.2, cisim dalga büyüklükleri (M_b) sırasıyla 7.3 ve 6.0 olan 3 Ekim 1914 ve 12 Mayıs 1971 depremleri, sismik olarak aktif Burdur yerleşim bölgesi ve çevresinde ciddi hasara neden olmuştur. Önceki felaket büyük kayıplarla sonuçlanmış, 4.000'den fazla can kaybı meydana gelmiş ve yapıların %90'ı hasar görmüştür. İkinci depremin etkileri daha yerel gerçekleşmiş ve Burdur Gölü'nün güneydoğu kıyısındaki birkaç köy ile gölün güneybatısındaki havzada bulunan köylerle sınırlı kalmıştır. Yine de 12 Mayıs 1971 depreminde 57 kişi hayatını kaybetmiştir (Taymaz ve Price, 1992). Bölgenin depremselliği Şekil 2'deki haritada görülmektedir. Bu nedenle, saha tepkisi, saha büyütmesi, sismik hasar görebilirlik indisleri ve saha baskın periyodu gibi sahanın geoteknik özelliklerinin değerlendirilmesi, Burdur yerleşim alanının sismik riskinin azaltılması için esastır. Bu çalışmada, bu amaçla gerçekleştirilen Burdur kent merkezinin sismik mikrobölgeleme çalışmalarının bir kısmı ele alınmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin depremselliği

2. GEOTEKNİK VERİ

Zeminlerin kayma dalgası hızını (V_s) belirlemek ve saha tepki analizlerini yapmak için gerekli dinamik özelliklerini elde etmek için 241 sondaj, 141 sismik kırılma testi ve 105 rezistivite ölçümünü içeren kapsamlı bir veri tabanı derlenmiştir. Derin yeraltı jeolojisinin araştırılması amacıyla Devlet Su İşleri tarafından gerçekleştirilen 103 ile 200 m arasında 28 derin sondaj da veritabanına eklenmiştir. Bu derin sondajlardan zemin katmanlarının mühendislik özelliklerine ek olarak yeraltı suyu seviyesi ve anakaya derinliği verileri de elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında 154 noktada mikrotremor ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sondaj kuyularının minimum derinliği 10 m, maksimum derinliği 33 m'dir. Düzenlenen sondaj veritabanı, sondaj tanımlama numarası, enlem, boylam, Standart Penetrasyon Testi (SPT) derinliği, SPT darbe sayısı (N_{30}), elek analizi test sonuçları, su içeriği, kıvam limitleri, doğal birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, yeraltı suyu tablası derinliği, Birleşik Zemin Sınıflandırma

Sistemi (USCS) sembolü bilgilerini içermektedir. Zeminlerin kayma dalgası hızları (V_s) doğrudan sismik kırılma deneylerinden ve dolaylı olarak literatürde sıklıkla kullanılan Tablo 1'deki ampirik formüller kullanılarak düzeltilmemiş SPT darbe sayılarından (N_{30}) elde edilmiştir.

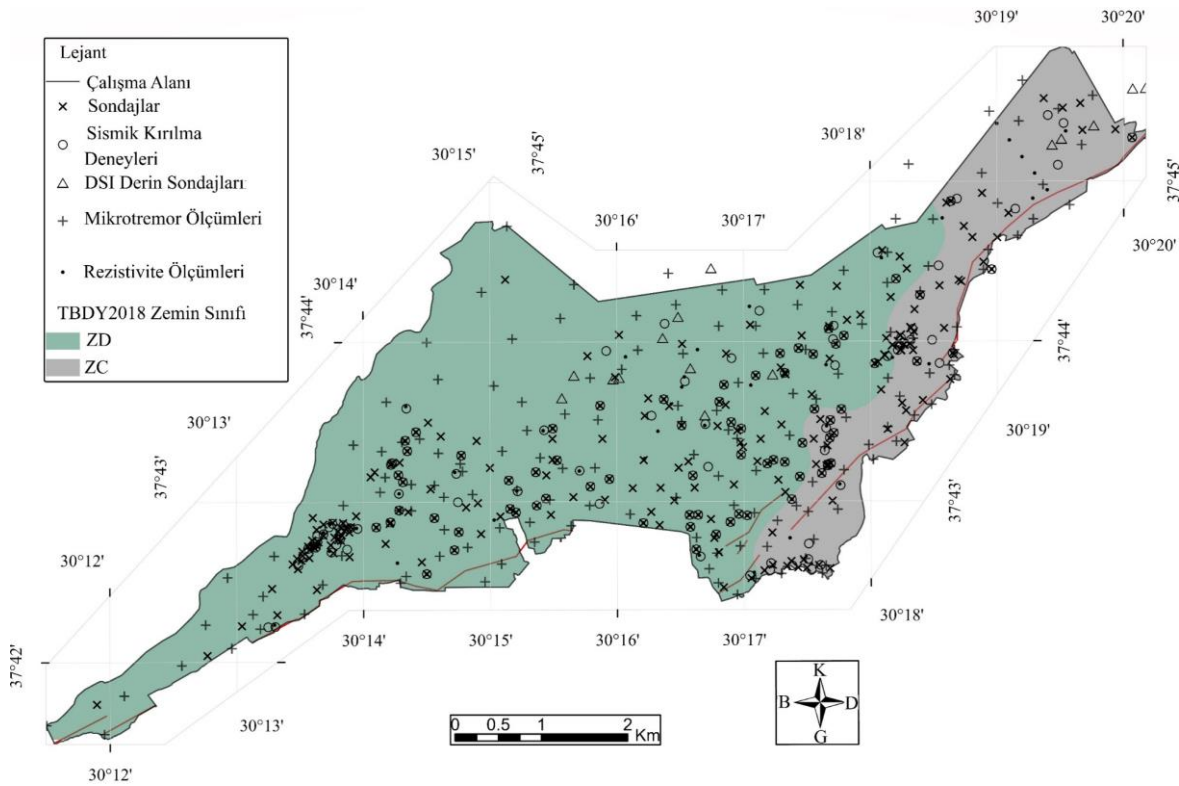
Tablo 1. Çalışmada kullanılan SPT-N ve V_s (m/s) arasındaki ampirik korelasyonlar

Araştırmacı	Formül
Dikmen (2009)	$V_s = 58 \times N^{0.39}$
Hasancebi ve Ulusay (2007)	$V_s = 90 \times N^{0.308}$
İyisan (1996)	$V_s = 51.5 \times N^{0.516}$

Denklem 1 ile hesaplanan, zeminin en üst 30 m'sinin ortalama kayma dalgası hızı değeri (V_{s30}) birçok standartta olduğu gibi Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği – 2018 (TBDY2018)'de zemin sınıflandırma için kullanılır.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N d_i/v_i} \quad (1)$$

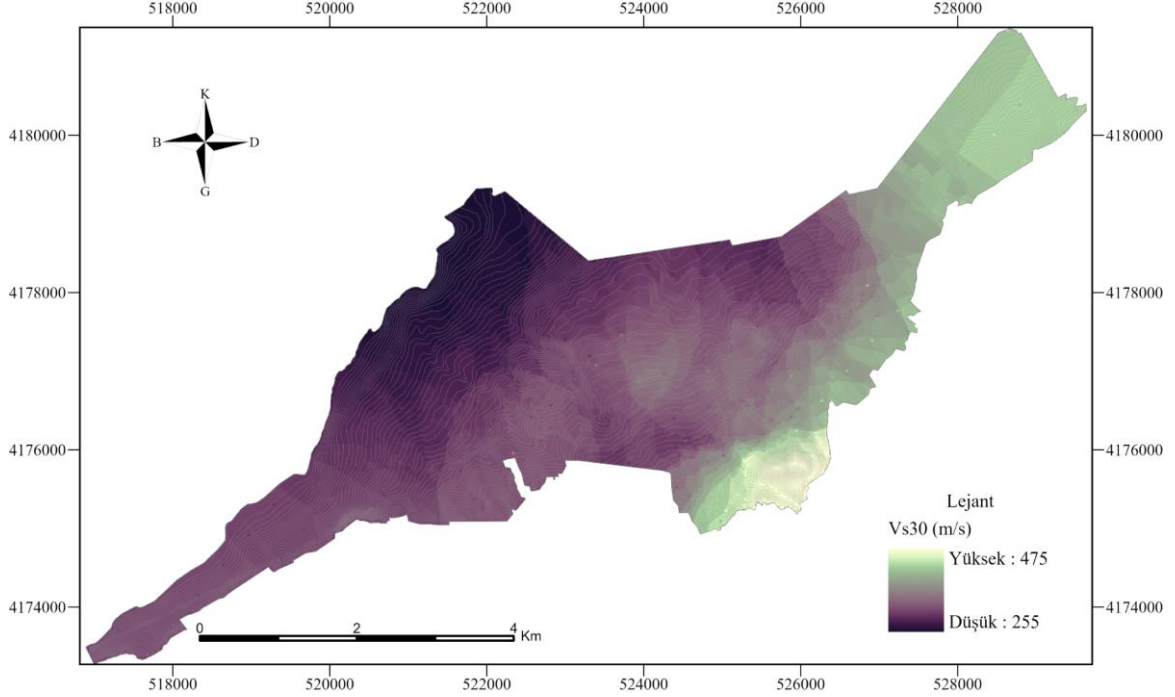
Burada d_i zemin tabakası kalınlığını (metre olarak), v_i tabakanın m/s cinsinden kayma dalgası hızını ve N 30 m içindeki tabaka sayısını gösterir. Burdur kent merkezinin, TBDY2018'e göre yapılan zemin sınıflandırması ZD ($V_s = 180 - 360$ m/s) ve ZC ($V_s = 360 - 760$ m/s) sınıflarıyla sonuçlanmıştır. Çalışma alanının büyük bir kısmı ZD sınıfı olarak belirlenmiştir. Saha deneylerinin konumları, çalışma alanının zemin sınıfı haritası ile birlikte Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Saha deneylerinin konumları ve zemin sınıfı haritası

3. V_{S30} 'A BAĞLI ZEMİN BÜYÜTME ANALİZLERİ

Zemin büyütme katsayıları V_{S30} 'a bağlı farklı ampirik denklemler ile bulunmuş ve Mikrotremor ölçümleri sonucunda yapılan HVSR analizlerinden bulunan büyütme ile kıyaslanmıştır. Sismik kırılma deneyleri ve V_S – SPT/N korelasyonları ile bulunan kayma dalgası hızları kullanılarak çalışma alanının V_{S30} haritası Şekil 4'teki gibi hazırlanmıştır.



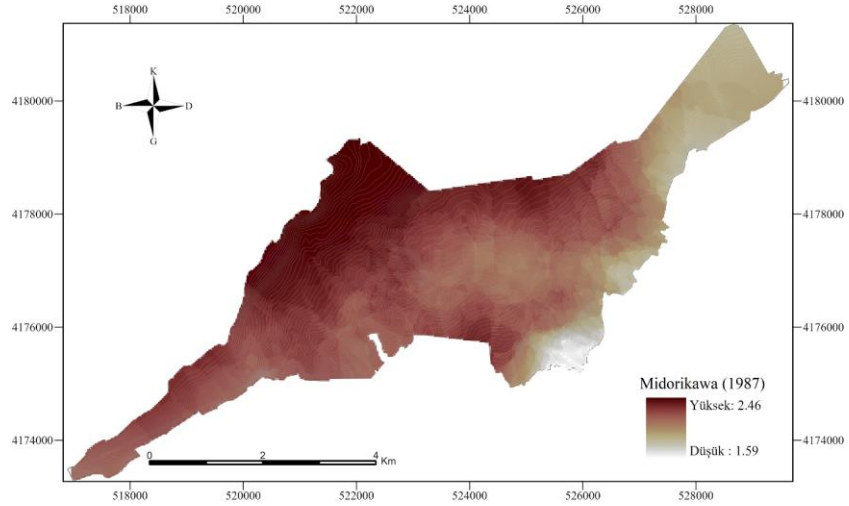
Şekil 4. Çalışma alanının V_{S30} haritası.

Tablo 2'de verilen eşitlikler ile ifade edilen Midorikawa (1987), Joyner ve Fumal (1984) ve Borcherdt (1994) ampirik yöntemleri kullanılarak çalışma alanı için zemin büyütme katsayıları belirlenmiştir.

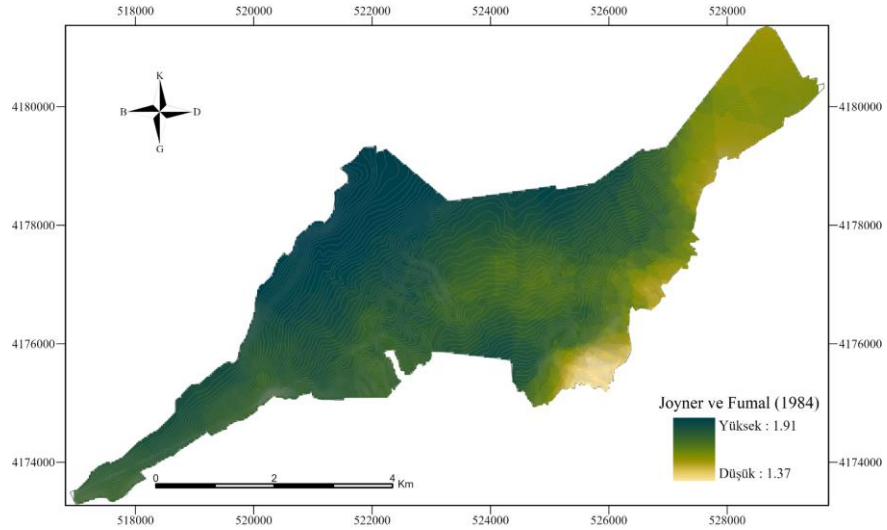
Tablo 2. Zemin büyütme katsayıları ile kayma dalgası hızı arasındaki ampirik korelasyonlar

Araştırmacı	Formül	Açıklamalar
Midorikawa (1987)	$A = 68 \times V_{S30}^{-0.6}$	$V_{S30} < 1100$ m/s
	$A = 1$	$V_{S30} > 1100$ m/s
Joyner ve Fumal (1984)	$A = 23 \times V^{-0.45}$	V : İlgili periyodun dörtte bir dalga boyundaki bir derinlik üzerinden ortalama kayma dalgası hızı
Borcherdt (1994)	$A = 700/V_{S30}$	Zayıf yer hareketi (ZYH)
	$A = 600/V_{S30}$	Kuvvetli yer hareketi (KYH)

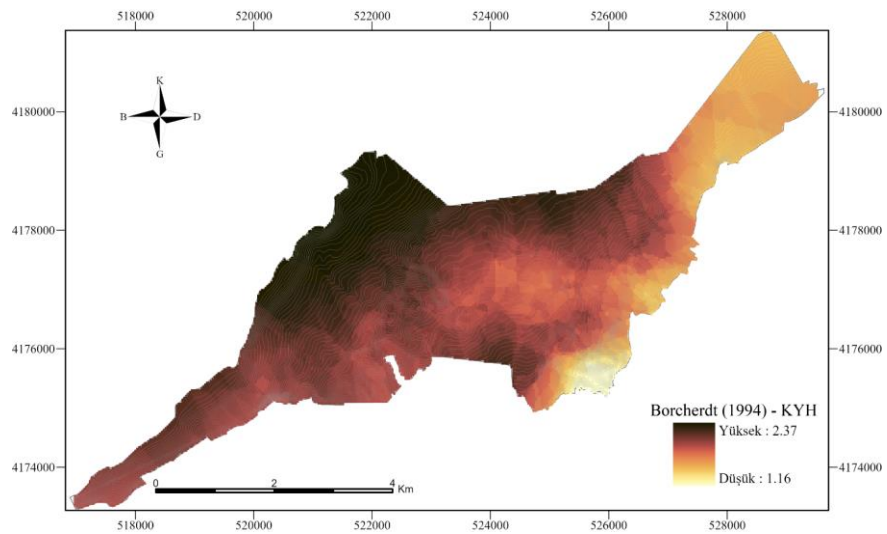
Midorikawa (1987) ampirik yaklaşımlardan elde edilen zemin büyütme katsayıları, Şekil 5'te görüldüğü üzere 1.59-2.46 aralığında değişmektedir. Joyner ve Fumal (1984) denklemi ile elde edilen büyütme faktörlerinin ise 1.37-1.91 aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 6). Borcherdt (1994) denkleminde kuvvetli yer hareketleri için (Şekil 7) zemin büyütme katsayıları 1.16-2.37 aralığında hesaplanırken, zayıf yer hareketleri (Şekil 8) için büyütme katsayılarının 1.35-2.77 aralığında olduğu belirlenmiştir.



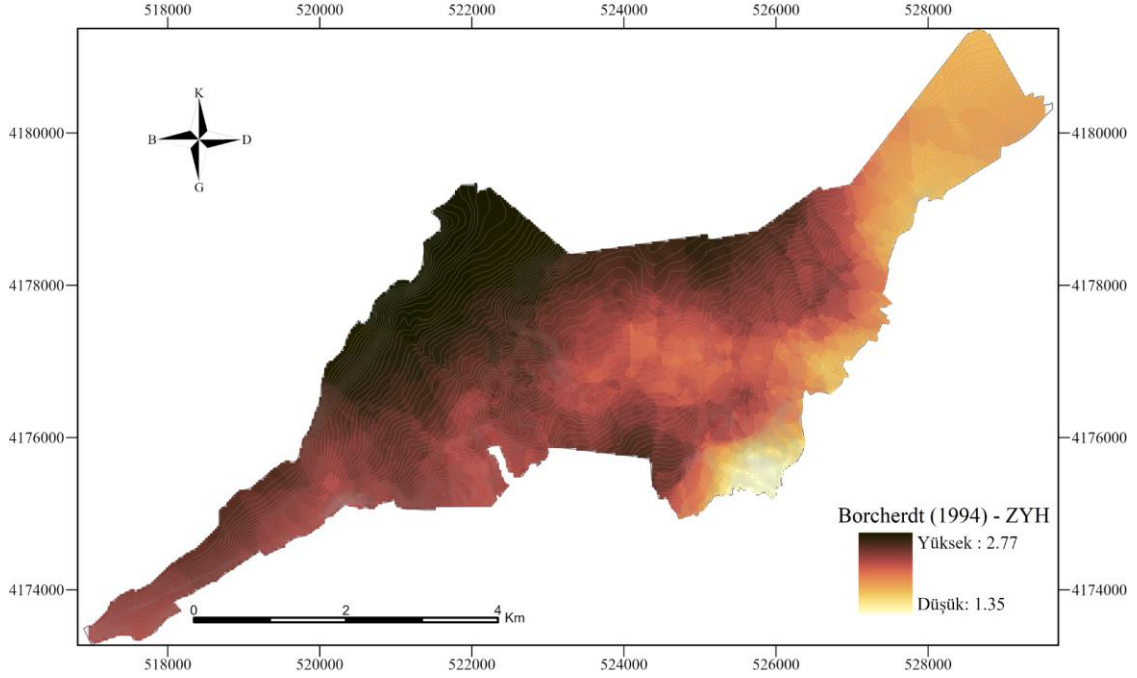
Şekil 5. Midorikawa (1987) yöntemine göre hesaplanan zemin büyütme katsayıları



Şekil 6. Joyner ve Fumal (1984) yöntemine göre hesaplanan zemin büyütme katsayıları



Şekil 7. Borcherdt (1987)-KYH yöntemine göre hesaplanan zemin büyütme katsayıları



Şekil 8. Borcherdt (1987)-ZYH yöntemine göre hesaplanan zemin büyütme katsayıları

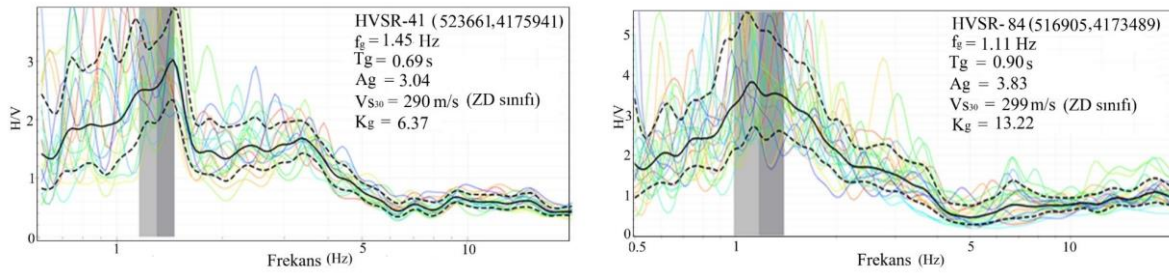
4. MİKROTREMOR ÖLÇÜMLERİ

Yatay-dikey spektral oranı (HVSr) yönteminin ortam gürültüsü kayıtlarına uygulama yaklaşımı, zemin koşullarını değerlendirmenin popüler yollarından biridir (Nakamura, 1989). H/V tekniği, sadece hâkim titreşim periyodu için değil, aynı zamanda zemin büyütme katsayısı gibi yerel zemin etkisini belirlemek için de kullanılır. HVSr yaklaşımı, bir sahanın zayıf noktalarının bir göstergesi olan sismik hasar görebilirlik indisinin (K_g) düşük maliyet ile etkin bir şekilde tahmin edilmesi için de kullanılmaktadır. Bu çalışmada 154 ölçüm noktasından toplanan mikrotremor verileri ile HVSr yöntemi uygulanmıştır. Veriler Nakamura'nın yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiş ve sismik hasar görebilirlik indisi (K_g), hâkim titreşim periyodu (T_g) ve büyütme (A_g) değerleri elde edilmiştir. Nakamura (1997), K_g değerinin hasar verici bir depremden önce bir sahanın sismik hasarını tahmin etmek için kullanılabileceğini öne sürmüştür.

Çalışma kapsamında belirlenen noktalarda yapılan tekil mikrotremor ölçümlerinde üç bileşenli SARA GeoBox 24-Bit 3 kanallı sismik kayıt cihazı kullanılmıştır. Mevcut çalışmada, aşağıdaki denklem kullanılarak mikrotremor ölçümlerinden sismik hasar görebilirlik indisi değerleri hesaplanmıştır.

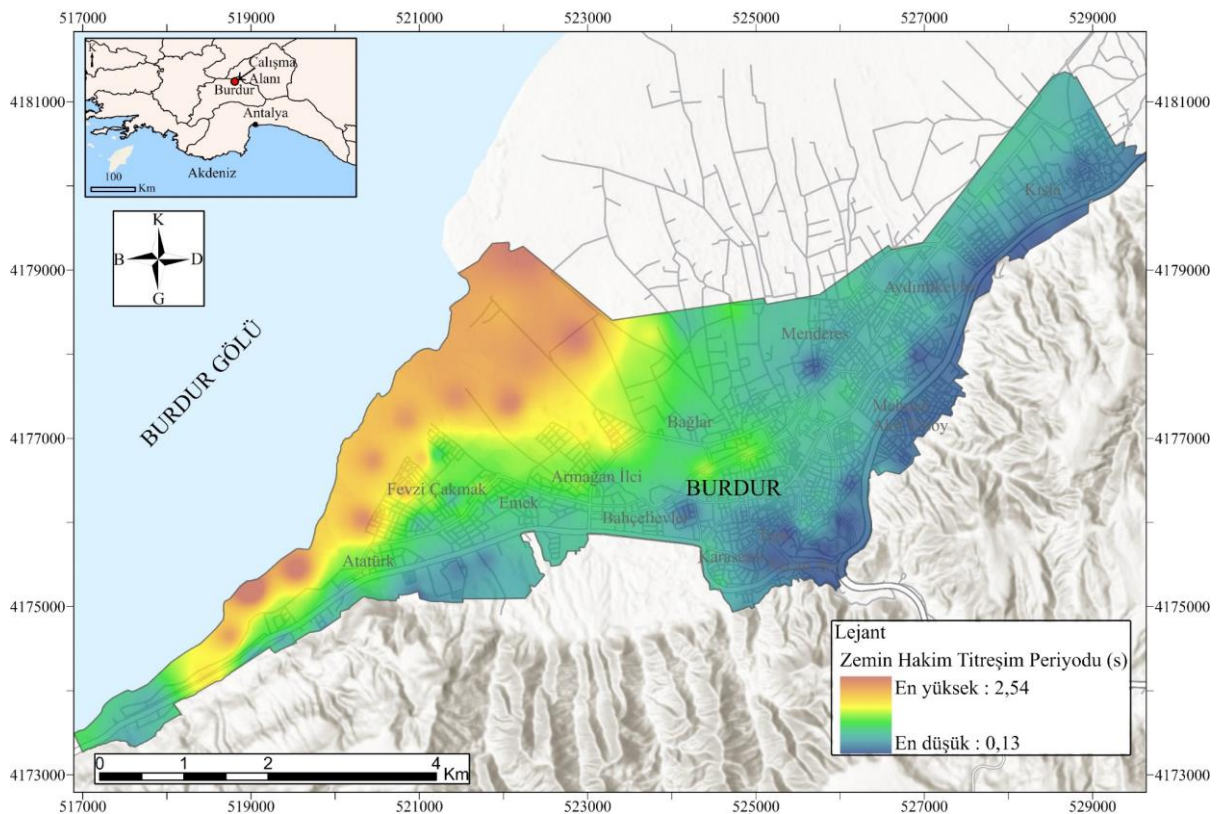
$$K_g = A_g^2 / f_g \quad (2)$$

Burada f_g zemin hâkim titreşimini ifade etmektedir. Şekil 9'da 41 ve 84 numaralı mikrotremor ölçümlerine ait grafikler ve hesaplanan değerler gösterilmiştir.



Şekil 9. Çalışma alanında gerçekleştirilen mikrotremor kayıtları ile HVSR uygulamasına ait örnekler

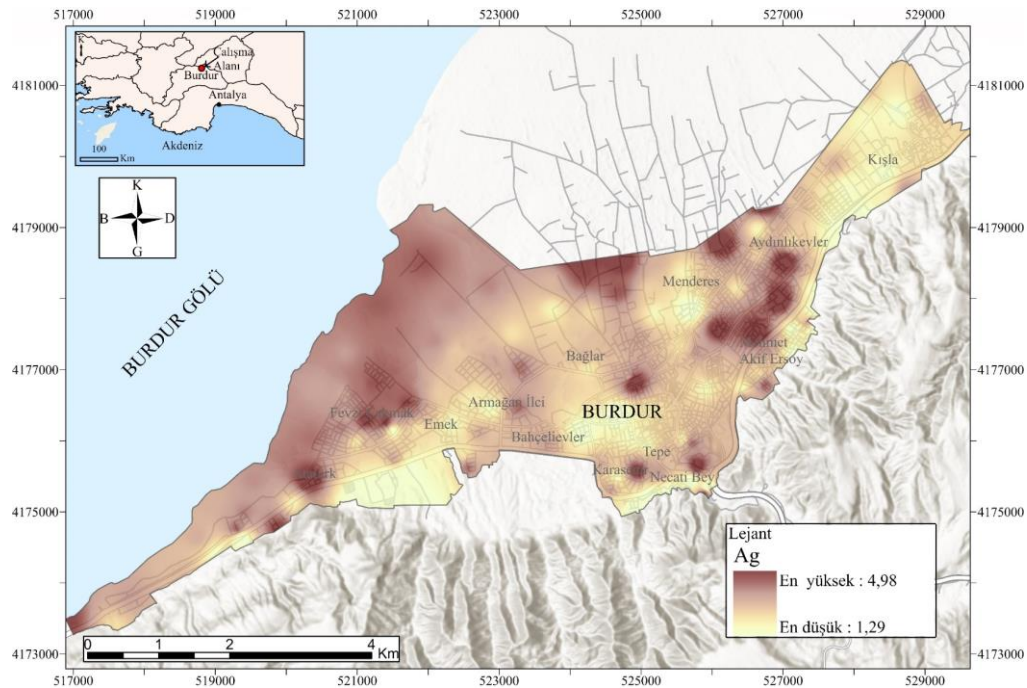
Tekil mikrotremor ölçümleri Burdur yerleşim alanındaki zemin koşullarının değerlendirilmesi için önemli bilgiler sağlamıştır. Araştırma alanında, Şekil 10'da gösterildiği gibi, 0.13 ile 2.54 s arasında değişen çok çeşitli baskın periyot değerleri olduğu belirlenmiştir. Konsolide olmayan gevşek zemin katmanları ile kalın alüvyon oluşumlarına sahip alanlar, yüksek hâkim titreşim periyodu (T_g) değerlerine sahiptir. En yüksek T_g değerleri Burdur Gölü kuzey kıyılarında Kuvaterner yaşlı gölsel çökellerde, en düşük değerler ise çalışma bölgesinin daha iyi geoteknik özelliklere sahip doğu kesimlerinde görülmüştür.



Şekil 10. Çalışma alanında zemin hâkim titreşim periyodu dağılımı.

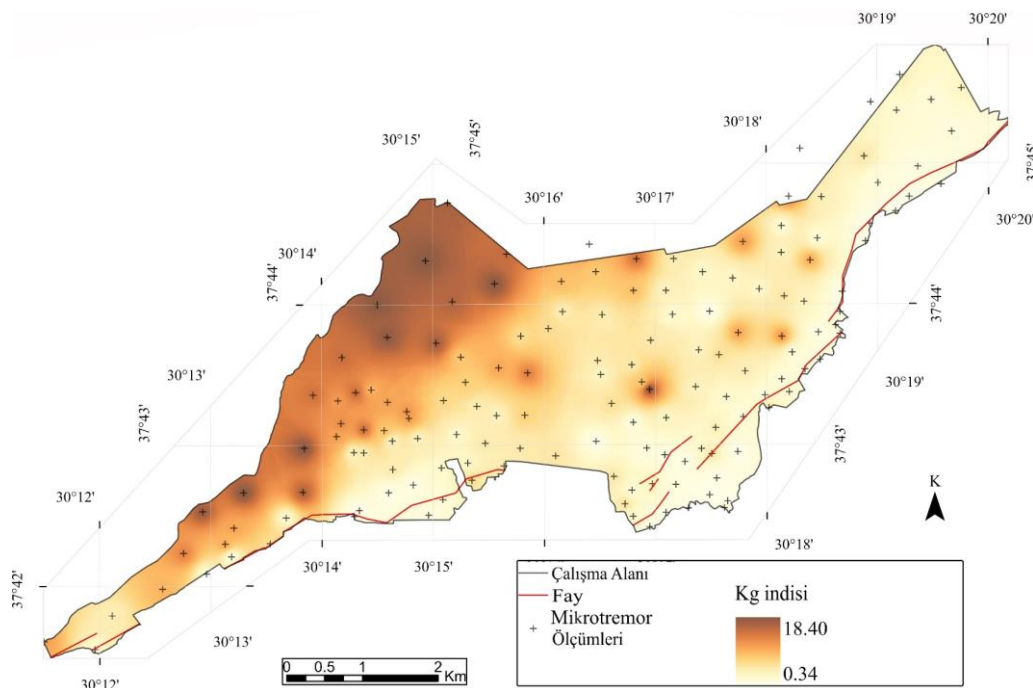
Burdur yerleşim alanının zemin büyütme katsayısı (A_g) dağılımının Burdur Gölü'nün doğu kıyılarındaki Kuvaterner çökellerinin kalınlığı ile ilişkili olabileceği Şekil 11'den görülmektedir. Batıya doğru, T_g ve A_g değerlerinin genel olarak arttığı, alüvyonlu gevşek zemin tabakası kalınlığının artması ile tutarlılık göstermektedir. Çalışma alanında hesaplanan A_g değerlerinin 1.29 ile 4.98 aralığında değiştiği ve V_{S30} 'a bağlı olarak ampirik

yöntemler ile hesaplanan zemin büyütme katsayılarından daha yüksek değerler elde edilmiştir.



Şekil 11. Çalışma alanında zemin büyütme değerlerinin (A_g) dağılımı

Burdur yerleşim alanındaki çeşitli noktalar için afet derecesini değerlendirmek için sismik hasar görülebilirlik indisi (K_g) kullanılmıştır. 10'dan büyük K_g değerleri, araştırma alanındaki en savunmasız kısımları temsil etme eğilimindedir. Şekil 12, Burdur yerleşim bölgesindeki K_g değerlerinin dağılımını göstermektedir.



Şekil 12. Çalışma alanında sismik hasar görebilirlik indisi (K_q) dağılımı

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Burdur kent merkezinin, geniş bir veritabanı kullanılarak coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı V_{S30} haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan V_{S30} haritası incelendiğinde, çalışma alanının doğusundaki Burdur gölü alüvyonları üzerinde bulunan kısımlarının daha düşük V_{S30} değerine sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanının batı kısımlarının nispeten daha iyi zemin mühendislik özelliklerine sahip olduğu değerlendirilmiştir. V_{S30} 'a bağlı olarak farklı araştırmacılar tarafından önerilen yöntemlere göre zemin büyütme haritaları ile TBDY18'e göre zemin sınıfı haritaları oluşturulmuştur. TBDY zemin sınıflandırmasına göre çalışma alanının büyük bir kısmı ZD sınıfı olarak belirlenmiştir. Midorikawa (1987) ampirik yaklaşımlardan elde edilen zemin büyütme katsayılarının 1.59-2.46 aralığında, Joyner ve Fumal (1984) denklemi ile elde edilen büyütme faktörlerinin ise 1.37-1.91 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Borchardt (1994) denkleminde kuvvetli yer hareketleri için zemin büyütme katsayıları 1.16-2.37 aralığında hesaplanırken, zayıf yer hareketleri için büyütme katsayılarının 1.35-2.77 aralığında olduğu belirlenmiştir. Hazırlanan zemin büyütme haritaları incelendiğinde çalışma alanının doğusunda bulunan, TBDY2018 zemin sınıfının ZC ve kayma dalgası hızlarının nispeten yüksek olduğu, alanlarda büyütme katsayılarının daha düşük olduğu sonucu elde edilmiştir. Burdur Gölü kıyısındaki gevşek suya doygun zemin tabakalarının bulunduğu alanlarda ise kayma dalgası hızları en düşük olarak belirlenmiştir ve zemin büyütme katsayılarının daha büyük olduğu hesaplanmıştır.

Ayrıca, mikrotremor ölçümlerinin HVSr analizleri sonucunda, çalışma alanı için hâkim titreşim periyodu (T_g), zemin büyütmesi (A_g) ve Nakamura tarafından önerilen sismik hasar görebilirlik indisi (K_g) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile Burdur yerleşim alanının çeşitli haritaları oluşturulmuştur. Fevzi Çakmak ve Atatürk mahallelerinde 10 ile 26.70 arasında değişen yüksek sismik hasar görebilirlik indisi değerleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanının sismik hasar görebilirlik potansiyeli değerlendirildiğinde, Burdur Gölü kıyı şeridinde yakın, gevşek zemin katmanlarına sahip derin alüvyonlu sahalarda depremlerin en fazla hasara yol açacağı bu bölgelerdeki yapıların depremlerden en fazla zarar göcekleri sonucuna varılmaktadır. Buna karşılık, çalışma alanının doğusundaki Karasenir, Tepe, Necati Bey, Mehmet Akif Ersoy ve Kışla ilçeleri gibi nispeten düşük sismik hasar görebilirlik indisi değerlerine sahip alanların daha az deprem hasarına sahip olacağı sonucu elde edilmiştir. Hem kayma dalgası hızına bağlı yapılan zemin büyütme analizlerinde, hem de arazide gerçekleştirilen mikrotremor ölçümlerinin analizi sonucunda en olumsuz zemin mühendislik özelliklerine sahip alanların Burdur Gölü kıyıları olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar geoteknik veriler için Burdur Belediyesi'ne ve Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür eder. Yazarlar, araştırma fonu (proje no: 42458) için İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Akkaya, İ., Özvan, A., Tapan, M. ve Şengül, M.A. (2015), "Determining the Site Effects of 23 October 2011 Earthquake (Van Province, Turkey) on the Rural Areas Using HVSR Microtremor Method", Journal of Earth System Science, 124(7):1429–43. doi: 10.1007/s12040-015-0626-1.
- Borcherdt, R.D. (1994), "Estimates of Site-Dependent Response Spectra for Design (Methodology and Justification)", Earthquake Spectra, 10(4):617–53.
- Bozcu, M., Yağmurlu, F. ve Şentürk M. (2007), "Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye Some Neotectonic and Paleosismological Features of the Fethiye-Burdur Fault Zone, SW- Anatolia", Jeoloji Muhendisligi Dergisi, 31(1):25–48.
- Dikmen, U. (2009), "Statistical Correlations of Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Soils", Journal of Geophysics and Engineering, 6(1):61–72. doi: 10.1088/1742-2132/6/1/007.
- Seyhan, F., Isik, N.S., Arman, H., Demir, M. ve Vural, İ. (2016), "Investigation of the Soil Amplification Factor in the Adapazari Region" Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 75(1):141–52. doi: 10.1007/s10064-015-0731-z.
- Hasancebi, N., ve R. Ulusay. (2007), "Empirical Correlations between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Ground Shaking Assessments", Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 66(2):203–13. doi: 10.1007/s10064-006-0063-0.
- Iyisan, R. (1996), "Correlations between Shear Wave Velocity and In-Situ Penetration Test Results" Teknik Dergi-Tmmob Insaat Muhendisleri Odasi, 7:371–74.
- Joyner, W.B. ve Fumal T.E. (1984) "Use of Measured Shear-Wave Velocity for Predicting Geologic Site Effects on Strong Ground Motion." Pp. 777–83 in Proc. of the 8th World Conf. on Earthquake Engineering. Vol. 2.
- Kılıç, H., Özener, P. T., Ansal, A., Yıldırım, M., Özaydın, K., ve Adatepe, Ş. (2006), "Microzonation of Zeytinburnu Region with Respect to Soil Amplification: A Case Study" Engineering Geology 86(4):238–55. doi: 10.1016/j.enggeo.2006.04.007.
- Midorikawa, S. (1987), "Prediction of Isoseismal Map in the Kanto Plain Due to Hypothetical Earthquake", Journal of Structural Engineering, 33:43–48.
- Nakamura, Y. (1989), "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface" Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports, 30(1).
- Nakamura, Y. (1997), "Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor" in World Congress on Railway Research in Florence, Italy.
- Taymaz, T. ve Simon P. (1992), "The 1971 May 12 Burdur Earthquake Sequence, SW Turkey: A Synthesis of Seismological and Geological Observations", Geophysical Journal International, 108(2):589–603. doi: DOI 10.1111/j.1365-246X.1992.tb04638.x.
- Tezcan, S.S., Erdem K., Bal I.E. ve Özdemir Z. (2002), "Seismic Amplification at Avcılar, İstanbul", Engineering Structures, 24(5):661–67. doi: 10.1016/S0141-0296(02)00002-0.

SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
A_g	Zemin büyütmesi	M_b	Cisim dalgası büyüklüğü
CBS	Coğrafi bilgi sistemi	TBDY18	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
f_g	Zemin hakim titreşim frekansı (Hz)	SPT	Standart penetrasyon deneyi
HVSR	Yatay/dikey spektral oran	T_g	Zemin hakim titreşim periyodu (s)
K_g	Sismik hasar görülebilirlik indisi	USCS	Birleşik zemin sınıflandırma sistemi
KYH	Kuvvetli yer hareketi	V_{s30}	En üst 30 metre kalınlığındaki tabakanın ortalama kayma dalgası hızı
M_w	Moment büyüklüğü	ZYH	Zayıf yer hareketi
M_s	Yüzey dalgası büyüklüğü		