



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 03.12.2019
Kabul Tarihi : 27.04.2020

Received Date : 03.12.2019
Accepted Date : 27.04.2020

STANDARD PENETRASYON TESTİ (SPT) İLE AFYONKARAHİSAR MERKEZ UYDUKENT BÖLGESİ ZEMİNLERİNİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF AFYONKARAHİSAR CENTRAL UYDUKENT REGION SOILS BY STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

Süleyman GÜCEK^{1*} (ORCID: 0000-0002-4839-1851)
*İsmail ZORLUER*² (ORCID: 0000-0001-5017-084X)

^{1,2} Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Süleyman GÜCEK, sgucek@aku.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, Afyonkarahisar il merkezinde 9 mahalleyi kapsayan Uydukent bölgesinin olası bir deprem etkisinde, yerleşim alanı içerisindeki alüvyal zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin, arazi (SPT) verileri kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla 70 noktada yapılan SPT verileri kullanılmıştır.

Akşehir-Gediz Fay Sistemi, bölgeyi etkileyebileceği ve en büyük ivmeyi yaratabileceği varsayılarak araştırmaya esas alınmıştır. Güncellenen 2019 deprem haritası üzerinden 0,4g büyüklüğünde yatay deprem ivmesi oluşabileceği hesaplanmış, Mw=5.0, 6.0, 7.0 olan senaryo deprem büyüklüklerinde SPT verileri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre çalışma sahasını temsilen, bölge genelinde orta ve yüksek dereceli sıvılaşma riski olasılıkları belirlenmiş ve buna göre sıvılaşma risk haritası ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: SPT, Sıvılaşma Risk Haritası, Afyonkarahisar Uydukent Bölgesi

ABSTRACT

This study includes determination of the liquefaction potential of alluvial soils in the settlement area by using land (SPT) data in a possible earthquake impact of the 9 districts of Afyonkarahisar Uydukent region. For this purpose, SPT data were used at 70 points.

The Akşehir-Gediz Fault System is based on the research assuming that it can affect the region and create the greatest acceleration. On the updated 2019 earthquake map, it is calculated that 0.4g magnitude horizontal earthquake acceleration may occur and liquefaction analyzes are performed using SPT data at scenario earthquake magnitudes of Mw = 5.0, 6.0, 7.0. According to the results of the analysis, the probabilities of medium and high degree liquefaction risk were determined throughout the region and liquefaction risk map was presented accordingly.

Keywords: SPT, Liquefaction Risk Map, Afyonkarahisar Uydukent Region

ToCite: GÜCEK, S., & ZORLUER, İ., (2020). STANDARD PENETRASYON TESTİ (SPT) İLE AFYONKARAHİSAR MERKEZ UYDUKENT BÖLGESİ ZEMİNLERİNİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23, 118-126.

GİRİŞ

Kentsel mikrobölgeleme çalışmaları; bölgesel tehlike analizleri, yerel tehlike analizleri ve bölgeyi temsil edebilecek doğrulukta jeolojik, geoteknik ve jeofizik araştırmaları içerir. Bu tür araştırmalar karşılaşılabilecek olası doğal tehlikelerin kentsel yaşam alanlarımızdaki etki derecelerini ve etki biçimlerini belirlememizi sağlar.

Tanımlanmaya çalışılan problemin çözümü, birden fazla meslek disipliniyle ele alınabilmesi durumunda ancak mümkün olacaktır. Farklı meslek disiplinleri tarafından ve birden çok yöntem kullanılarak elde edilen verilerin depolanması, coğrafi veri formatına dönüştürülmesi, kolay ulaşılabilir ve sorgulanabilir olması, analiz edilmesi ve yorumlanması ancak bilgi sistemi kullanılarak mümkün olabilir. Bu kapsamda coğrafi bilgi sistemi tekniklerinden yararlanılır. Ayrıca bu tür bilgi sistemleri, araziden toplanan coğrafi verilerin kullanıcı bağımlı olmadan değerlendirilmesi ve yorumlanmasına imkan tanır (Tün, Avdan ve Güney, 2010).

Depremler esnasında suya doygun zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza dönüşme olarak nitelendirilebilecek sıvılaşma olayının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Zeminlerin sıvılaşabilirliği tane boyutu ve dağılımı yanında, jeolojik yaşı ve çökeltme koşulları, başlangıç sıklık derecesine bağlı hacim değişim potansiyeli ve su geçirgenliği gibi özellikleri yanında depremin büyüklüğü, süresi ve uzaklığı gibi sismik faktörlere bağlıdır (Özaydın, 2007).

Sıvılaşma olayı, pek çok depremde gelişmesine karşın ülkemizde, 1992 Erzincan depremiyle dikkate alınmaya başlanmış, 1999 Marmara depreminde meydana gelen sıvılaşma olayları ile bu olgunun önemi tüm kesimlerin ilgisini çekerek önem kazanmıştır. Deprem etkisinin yanı sıra zemindeki yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla birlikte zeminin gevşek şartlarda olması, zeminin sıvılaşması için etkili olan koşullardandır. Çalışma bölgesinin zemin profili de bu şartlara müsait olduğu için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Özellikle de Afyonkarahisar ve yakın çevresi, Ege Bölgesi'nin genişlemeli tektoniğinin etkisine bağlı olarak farklı zamanlarda değişik magnitudlerde depremler meydana getirmiştir. Yakın zamanda 6.1 magnitudündeki 1995 Dinar depremi, 6.0 ve 6.5 magnitudlerindeki 2000 ve 2002 Sultandağı ile yine 2002 yılındaki Çay depremleri çalışma bölgesi için risk oluşturmaktadır (Eyidoğan ve Jackson, 1985; Koçyiğit ve Deveci, 2007).

Afyonkarahisar merkezinde bulunan Uydukent bölgesinin zemininin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir depreme karşı dayanıklılığının tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında elde edilen SPT verileri kullanılarak bölgede alüvyal zeminlerin sıvılaşma riski değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölgenin jeolojisinden, depremselliğinden, olası deprem odaklarının uzaklığı ile oluşturacakları yer ivmesi ilişkilerinden, zemine ait granülometri değerlerinden ve SPT verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır. Afyonkarahisar Uydukent bölgesi yerleşim yerinde jeolojik, geoteknik, jeofizik araştırmalar ve yapı envanter bilgilerinin toplanmasına yönelik çalışmalar yapılmış, toplanan veriler coğrafi veri formatında değerlendirilerek kentsel mikrobölgeleme haritaları üretilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma Alanının Tanımlanması

İnceleme alanı; Afyonkarahisar ili, Merkez ilçesinde 9 mahallenin bulunduğu Uydukent bölgesidir. İnceleme alanında eğim yoktur. İnceleme alanında düz ovalar ve dere yatakları boyunca görülen alüvyonlar geniş alanlar kaplarlar. Çalışma alanının bulunduğu alan alüvyonal bir düzlük üzerinde yer almaktadır (**Şekil 1**). Bayramgazi şistleri ve Oyuklutepe Mermerlerinden oluşan Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfikleri inceleme alanındaki temel kayalardır. Paleozoyik birimlerin üzerine uyumsuz olarak konglomera, kumtaşı seviyeleri, killi kireçtaşı, kumtaşı, volkanik cam, trakiandezitik tüf, karbonat çimentolu tüfit seviyeleri içeren Ömer-Gecek formasyonu gelmektedir. Üst Miyosen yaşlı volkanik kayalar ve alüvyon ise bölgedeki en genç birimlerdir (Yıldız, Dumlupınar, Bağcı, Ulutürk, Başaran ve Erdoğan, 2012).

İnceleme alanında, gözlemsel olarak yapılan değerlendirmeler ve İmar Planına Esas Jeolojik Etüt Raporuna göre; morfolojik ve jeolojik açıdan inşaat yapımına engel bir sorun olmayıp, heyelan, kaya düşmesi, sel, çökme, vb. gibi afet oluşturacak unsurlar bulunmamaktadır. Yağış sularının kolayca bölgeyi terk edebilmesi amacıyla bölge merkezinde bulunan Akarçay kanalına gerekli drenaj ağları oluşturulmuştur. İl merkezinde karasal iklim hüküm

sürmekte olup yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi soğuk ve yağışlı olmaktadır. Bu etkenlere göre çalışma bölgesinin yer altı su seviyesi değişkenlik gösterirken, yaz aylarında ortalama 5 m iken, kış aylarında ise bu seviye daha da artmaktadır (Ulutürk, 2009).



Şekil 1. Afyonkarahisar Merkez Çalışma Bölgesi

İnceleme Alanının Jeolojisi

Afyon ve çevresini içine alan bölgede farklı litolojik ve tektonik özelliklere sahip kuşaklar yer almaktadır. Bunlar Toros ve İç Toros tektonik kuşaklardır. Afyon ve dolayında birbirinden tektonik dokanakla ayrılmış iki temel kaya topluluğu mevcuttur. Bunlardan birisi Toros Kuşağına ait Sultan Dağları'nın devamını oluşturan Toros Paleozoik ve Mesozoyik birimleridir. Diğeri ise İç Toros Kuşağında yer alan ve Afyon'un KD, K, KB ve B'sında Neojen Örtüsü altında geniş alanlar kaplayan "Afyon Metamorfikleri"dir. Diğeryandan Sandıklı'nın kuzey kesiminde, altta "Afyon Metamorfikleri" üzerine transgressif bir konglomera ile Afyon ve çevresindeki diğerybenzerlerinden tamamen farklıdır (Metin, Genç ve Bulut, 1987).

İnceleme Alanının Mühendislik Jeolojisi

Çalışma alanı, üstte alüvyon örtü olarak adlandırdığımız, kuvaterner yaşlı detritik, kohezyonsuz birimlerden oluşmuştur. İnce çakıl, kum, silt ve kilin karmaşık derecelenmesinden oluşan alüvyonun kalınlığı, yaklaşık 130 mt. kadardır. Alüvyonda kil ve siltin oranı daha fazladır. Kil, düşük plastisiteli inorganik olup ince çakıl, trakit orijinlidir. Alüvyon formasyonunun porozitesi ve permeabilitesi yüksektir (Metin, Genç ve Bulut, 1987).

Zemin Profilinin Yorumlanması

İnceleme alanını oluşturan birim Kuvaterner yaşlı yumuşak kıvamda, gri renkli, siltli ve çakıllı kumlardan oluşan Alüvyon formasyonudur. Dikkate alınan SPT sonuçlarına göre, genel zemin profili 0-7 m arası CH-CL, 7-18 m arası SM-SC ve sonrasında ise tekrar killi zemin formasyonu olduğu görülmektedir. Söz konusu parsel civarında açılan sondaj kuyularında statik yeraltı su seviyesi yaklaşık 6,00 m civarındadır.

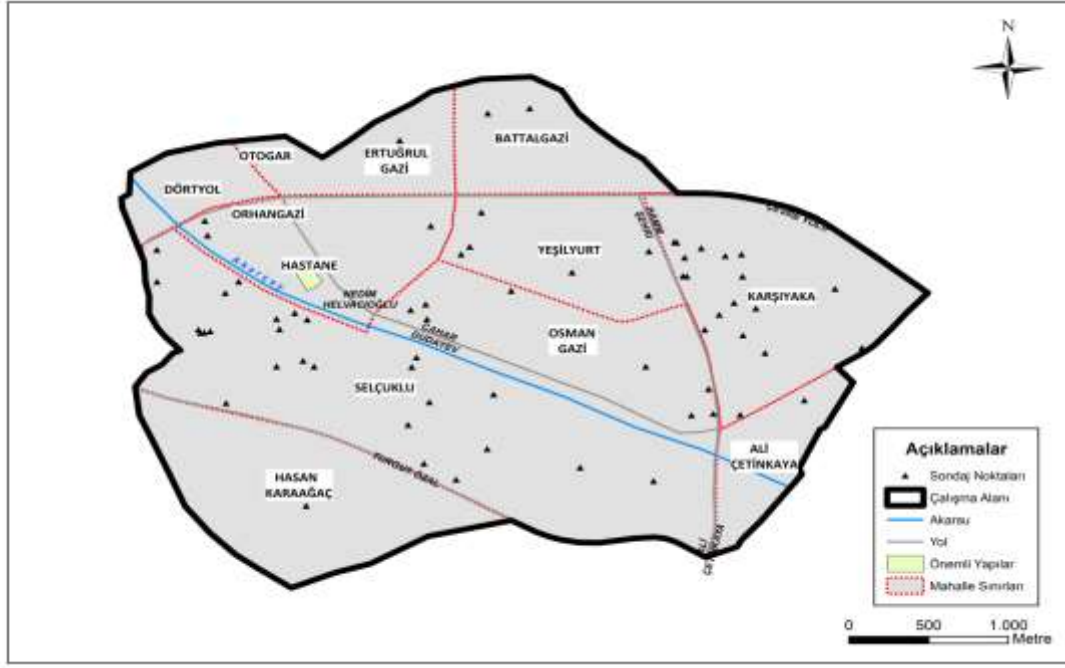
Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi

Afyonkarahisar ili ve çevresi, yakın tektonik sistemlerin yönlendirdiği deprem rejimine göre, bugüne kadar en az 4,0 büyüklükte ($M > 4$) 252 deprem yaşanmıştır. Batı Anadolu'da etkin olan Gediz Graben sistemi, Dinar fay sistemi ile Afyonkarahisar'ın güneydoğusundan kuzeybatısına doğru uzanan Akşehir fay sistemi ve Emirdağ fay

Arazi Verileri

Çalışmada, geleneksel sıvılaşma potansiyeli hesaplamalarının yapılması için, derinlikleri en az 15 m olan 70 adet zemin sondajının SPT (Standard Penetrasyon Test) verileri özel yapı denetim firmalarından alınmıştır (**Şekil 4**).

Zemin sondajları; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de SPT deneyi yapılmış ve örselenmiş örnekler alınarak elde edilmiştir. Çalışma alanından elde edilen parametreler kullanılarak mühendislik değerlendirmesi ve analizleri yapılmıştır.



Şekil 4. Çalışma Bölgesi Sondaj Noktaları Dağılımı

Yer Altı Suyu Durumu

Sıvılaşma potansiyeli olan bölgeleri belirlemede, dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerden birisi de, yer altı suyunun yüzeyden itibaren derinliğidir. Çalışma alanında yeraltı suyu yaz ve kış aylarında mevsimsel olarak değişmektedir. Sondaj raporları sonuçlarına göre bölgenin yer altı su seviyesi yaz aylarında yaklaşık 6 m olup, kışın ise 4.5 m seviyesine kadar yükselmektedir.

Deneyde Kullanılan Yazılımlar

Bu çalışmada, Arazi verilerinin sıvılaşma potansiyel hesaplamalarında, HS Jeotek yazılımı kullanılmıştır. Program kullanımı sırasında analiz için; N_{30} değeri, 200 nolu elekten geçen değer, doğal birim hacim ağırlık ve zemin birimi detaylı olarak girilmektedir.

Metot

Bu çalışma kapsamında çalışma alanından elde edilen SPT verileri esas alınarak, orjinal olarak Seed ve Idriss(1971) tarafından geliştirilen ve daha sonra Youd, Idriss, Andrus, Arango ve Castro (2001) tarafından revize edilen sıvılaşma analiz yöntemine göre HS Jeotek yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır.

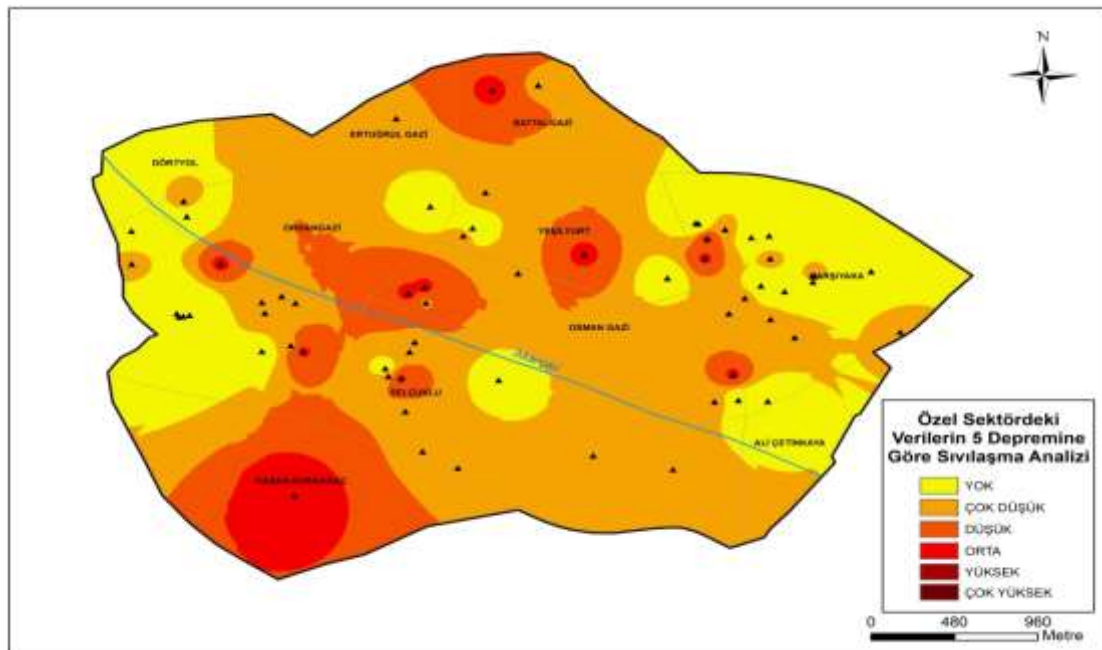
Deprem anında meydana gelen sıvılaşma, üst yapıda büyük hasarlara neden olabilecek bir zemin problemidir. Sıvılaşma kaynaklı hasarı minimuma indirmek için, sıvılaşmanın olabileceği yerler önceden belirlenip zemin iyileştirme metotlarının uygulanması gerekmektedir. Afyonkarahisar Uydükent bölgesi çalışma alanında sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi amacıyla 70 ayrı noktadaki SPT sonuçları dikkate alınmıştır. Ayrıca yapılan sondaj çalışmaları ile alınan zemin numunelerinin fiziksel özellikleri özel sektördeki laboratuvarlarda yapılan deneyler sonucunda belirlenmiştir. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde SPT deney verileri ile yapılan hesaplamalarda Seed ve Idriss tarafından önerilen eşitlik kullanılmıştır.

Sıvılaşma oluşumu efektif düşey gerilme tarafından kontrol edilmektedir. Günümüze değin meydana gelen sıvılaşma olayları incelendiğinde 15 m'nin altındaki derinliklerde rapor edilmiş bir sıvılaşma olayı gerçekleşmemiştir (Özaydın, 2007). Bu durum, bu derinlikte meydana gelen sıvılaşma olayı etkilerinin yüzeye ulaşmadığını ya da belirli bir derinliğin altında sıvılaşma meydana gelmediğini göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı çalışma bölgemizde sondaj kuyusunda 20 m sınır noktası seçilmiş ve analizler bu derinliğe göre yapılmıştır (Tablo 1).

Ancak sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde güvenlik katsayısının (FS) literatürde yapılan çalışmalar neticesinde tek başına yeterli olmadığı görülmüş (Seed ve Idriss, 1971) ve bunun için sıvılaşma risk indeksi (Ls) parametresi belirlenerek bölgenin sıvılaşma risk haritası hazırlanmıştır. Sıvılaşma risk indeksi (Youd, Idriss, Andrus, Arango ve Castro, 2001) $M_w=5.0, 6.0, 7.0$ olan senaryo bir deprem büyüklüğüne göre belirlenmiş ve sonuçlar hazırlanan haritalar üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 1. Verilerin SPT'ye Dayalı Sıvılaşma Riski Analiz Sonuçları

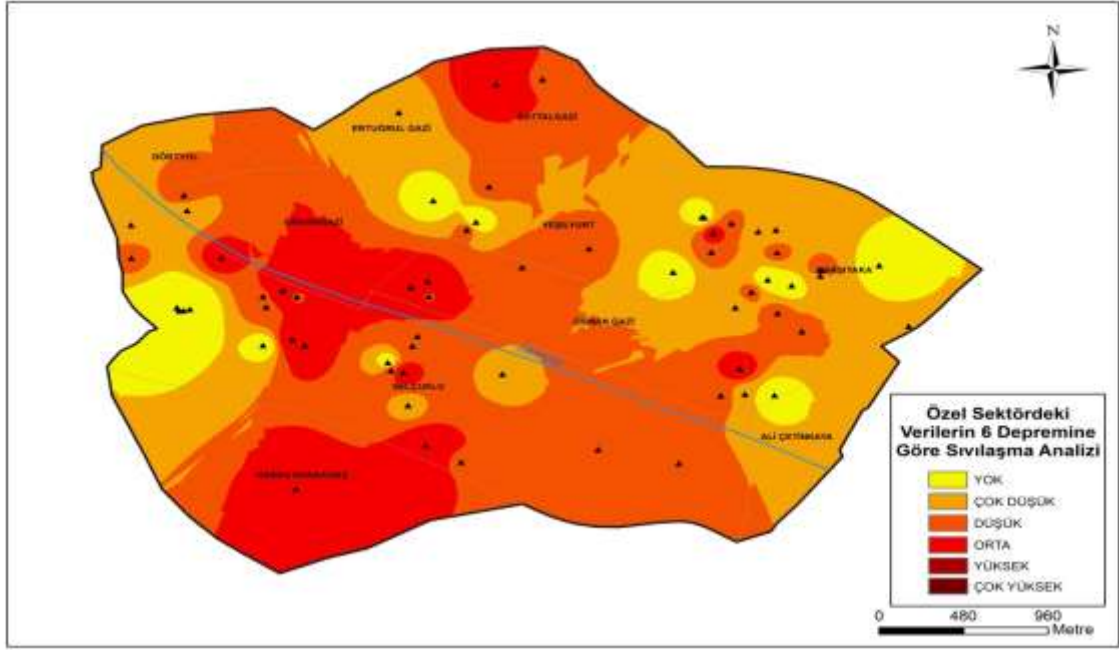
SONDAJ VERİLERİNE GÖRE(%)	YOK	ÇOK DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK	GENEL SIVILAŞMA RİSKİ(%)
M_w: 5 DEPREMİNE GÖRE	30,55	52,77	15,27	1,38	-	-	69,44
M_w: 6 DEPREMİNE GÖRE	18,05	19,44	41,66	20,83	-	-	81,94
M_w: 7 DEPREMİNE GÖRE	13,88	9,72	40,27	36,11	-	-	86,11



Şekil 5. M_w:5 Depremine Göre Sıvılaşma Risk Analiz Haritası

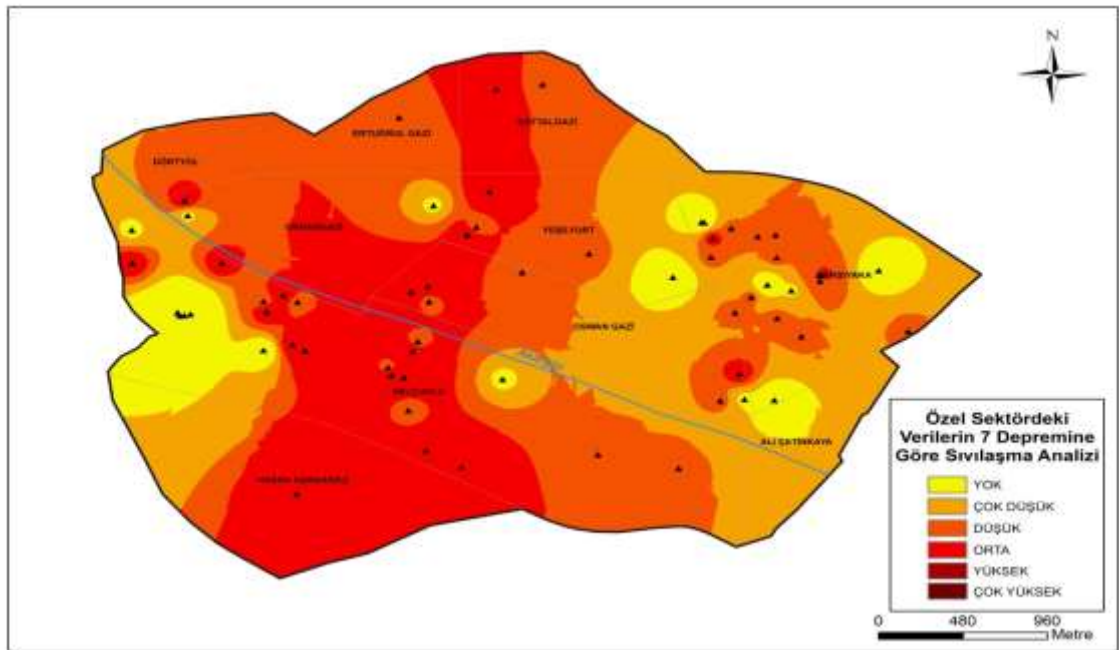
M_w: 5 Depremine göre çalışma alanında Battalgazi, Yeşilyurt, Orhangazi, Selçuklu ve Hasan Karaağaç mahallelerinde sıvılaşma riski "Yüksek" olarak tespit edilmişti. Karşıyaka, Ali Çetinkaya ve Dört Yol mahallelerinin

genelinde ise sıvılaşma riski “Yok” olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin geneline baktığımızda ise %69,44 sıvılaşma riski olduğu görülmektedir(Şekil 5).



Şekil 6. M_w : 6 Depremine Göre Sıvılaşma Analizi Haritası

M_w : 6 Depremine göre çalışma alanında Battalgazi, Yeşilyurt, Osmangazi, Orhangazi, Selçuklu ve Hasan Karağaç mahallelerinde sıvılaşma riski “Yüksek” olarak tespit edilmiştir. Karşıyaka, Ali Çetinkaya ve Dört Yol mahallelerinin belirli bölgelerinde ise sıvılaşma riski “Yok” olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin geneline baktığımızda ise %81,94 sıvılaşma riski olduğu görülmektedir(Şekil 6).



Şekil 7. M_w :7 Depremine Göre Sıvılaşma Analizi Haritası

M_w: 7 Depremine göre çalışma alanında Battalgazi, Ertuğrulgazi, Dört Yol, Yeşilyurt, Orhangazi, Selçuklu ve Hasan Karaağaç mahallelerinde sıvılaşma riski “Orta” veya “Yüksek” olarak tespit edilmiştir. Karşıyaka, Ali Çetinkaya ve Dört Yol mahallelerinin belirli bölgelerinde ise sıvılaşma riski “Yok” olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin geneline baktığımızda ise %86,11 sıvılaşma riski olduğu görülmektedir(**Şekil 7**).

SONUÇLAR

Bu çalışmada, imara açılmış olan ve sıvılaşma potansiyeli taşıyan alandaki standart penetrasyon testi (SPT) verileri ile deprem kaynağı olarak Akşehir Simav Fay Sistemi (ASFS) tespit edilmiştir. Bu fay sisteminin üretmesi beklenen senaryo depremlerin magnitudü 5.0, 6.0, 7.0 olarak, yeni deprem yönetmeliğine göre de maksimum yatay deprem ivmesi 0,4g olarak hesaplanmış olup bu parametrelere göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analizler sonucu, Bölgede orta ve yüksek sıvılaşma potansiyeli gösterebilen noktalar belirlenmiştir.

Değerlendirilen veriler sonucunda M_w: 5.0, 6.0, 7.0 olan senaryo deprem büyüklükleri dikkate alınarak HS Jeotek analiz programında ayrı ayrı sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan analizlere göre; 5 büyüklüğündeki depreme göre bölgenin %69,44'ü, 6 büyüklüğündeki depreme göre bölgenin %81,94'ü, 7 büyüklüğündeki depreme göre bölgenin %86,11'i sıvılaşma riskine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sıvılaşma analizi için yapılan hesaplamaların kullanılabilmesi için, yönetmeliklerde ve literatürde de belirtildiği üzere sondaj kaya zemine ulaşmıyorsa en az 20 m derinlik için yapılması gerekmektedir. Haritaya göre bazı bölgelerde sıvılaşmaya karşı zemin iyileştirmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Demirtaş, R., İravul, Y., & Yaman M. (2002). 3 Şubat 2002 Eber ve Çay Depremleri Ön Raporu, Jeoloji Mühendisliği Haber Bülteni, 1 (2), 58-63.

Eyidoğan, H., & Jackson, J. (1985). A Seismological Study of Normal Faulting in The Demirci, Alas, Ehir and Gediz Earthquakes of 1969-70 in Western Turkey: Implications For The Nature and Geometry of Deformation in The Continental Crust Geophys, 81, 569-607.

Koçyiğit, A., & Deveci, Ş. (2005). Akşehir-Simav Fay Sistemi: Güneybatı Türkiye’de Neotektonik Rejimin Başlama Yaşı ve Depremsellik, Deprem Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, Kocaeli, 26-27.

Koçyiğit, A., & Deveci, Ş. (2007). ANS Trending Active Extensional Structure, The Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of the Extensional Neotectonic Period in the Isparta Angle, SW Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 391-416.

Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27 (1), 1-15.

Metin, S., Genç, Ş., & Bulut, V. (1987). Afyon ve Yakın Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Rap. No: 8103, Ankara.

Özaydın, K. (2007). Zeminlerde Sıvılaşma, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 231-255.

Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1971). Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical Engineering, Asce, 97(9), 1249-1273.

Sönmez, H. (2006). HS JEOTEK Sıvılaşma Analizi Yazılımı.

Tün, M., Avdan, U., & Güney, Y. (2010). Kentsel Mikrobölgeleme Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerinden Yararlanılması, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Kocaeli, 11-13.

Ulutürk, Y. (2009). Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi ve Suların Kökenselel Yorumu, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Yıldız, A., Dumlupınar, İ., Bağcı, M., Ulutürk, Y., Başaran, C., & Erdoğan, E. (2012). Afyonkarahisar ve Çevresinin Depremselliği, Fen Bilimleri Dergisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., & Castro, G. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report From The 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Journal of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering, Asce, 127(10), 817-832.

<https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> / Accessed 03.05.19.