

MUĞLA İLİ KENT MERKEZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN, VERİ VE GEOTEKNİK RAPOR DEĞERLENDİRMELERİNE BAĞLI HARİTALANDIRILMASI

MAPPING OF MUĞLA CITY CENTER SOIL CHARACTERISTICS BASED ON DATA AND GEOTECHNICAL REPORT EVALUATIONS

Eda TURAN¹, Süleyman Arda GÜLER², Engin NACAROĞLU³,
Mehmet Rifat KAHYAOĞLU⁴

ÖZET

Yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm bina türü yapıların temellerinin tasarımı için gerekli genel ve özel kuralları belirleyen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. TBDY-2018'de, inşaat alanı zemin koşullarının tanımlanması, yapısal tasarım için gerekli geoteknik parametrelerin belirlenmesi için hazırlanacak Zemin ve Temel Etüd Raporlarının, zemin araştırmaları sonuçlarının sunulacağı Veri Raporu ve tasarıma yönelik olarak hazırlanacak Geoteknik Rapor'dan oluşacağı belirtilmiştir. Bu çalışmada, Muğla ili kent merkezi için hazırlanmış birçok Veri Raporu ve Geoteknik Raporu temin edilmiş, gerekli incelemelerden geçen toplam 130 mevcut rapor düzenlenerek tablo haline getirilmiştir. Arşivlenen geoteknik araştırmaları oluşturan saha ve laboratuvar çalışmaları incelenmiş, bir bütün olarak yorumlanarak Muğla ili kent merkezi zemin özelliklerini içeren geoteknik haritaların oluşturulması amaçlanmıştır. Bununla birlikte bölgede yeni hazırlanacak Geoteknik Raporların sonuç kısımları için ön değerlendirme yapabileceği sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Muğla, Veri Raporu, Geoteknik Rapor, CBS, Geoteknik Haritalar.

ABSTRACT

The Turkish Building Earthquake Code (TBDY-2018) was put into effect in 2019, establishing general and specific rules for the design of foundations for all types of buildings that will be rebuilt, modified, or expanded, both in the public and private sectors. According to TBDY-2018, the characterization of site soil conditions and the determination of geotechnical parameters necessary for structural design require the preparation of Ground and Foundation Investigation Reports, Data Reports presenting the results of site investigations, and Geotechnical Reports prepared specifically for design purposes. In this study, numerous Data Reports and Geotechnical Reports prepared for the city center of Muğla province were obtained and a total of 130 existing reports that have undergone the necessary reviews were compiled and presented in tabular form. The field and laboratory work comprising the archived geotechnical investigations were examined and interpreted as a whole in order to create geotechnical maps containing the soil properties of Muğla City Center.

¹ İnşaat Yüksek Mühendisi, Eda Turan Mühendislik, edaturan048@gmail.com

² İnşaat Yüksek Mühendisi, Geoport Yazılım Mühendislik San. ve Tic. A.Ş., suleymanardaguler@gmail.com

³ Dr. Öğr. Üyesi Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü encaroglu@pau.edu.tr

⁴ Doç. Dr. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü rkahyaoglu@mu.edu.tr (sorumlu yazar)

MUĞLA İLİ KENT MERKEZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN, VERİ VE GEOTEKNİK RAPOR DEĞERLENDİRMELERİNE
BAĞLI HARİTALANDIRILMASI

Keywords: *Muğla, Data Report, Geotechnical Report, GIS, Geotechnical Maps*

GİRİŞ

Yeni yerleşim alanlarının seçimi ya da mevcut yerleşim alanlarının planlanmasında geoteknik çalışmaların önemi büyüktür. Kentsel yerleşimlerde geoteknik parametrelerin tanımlanması, şehir plancılarına ve tasarım mühendislerine mühendislik parametreleri hakkında bilgi sağlamak, doğru imar planları yapmak ve kentsel alanları geliştirmek için gereklidir. Bu çalışmaların kapsamlı ve eksiksiz bir şekilde yürütülmesi önemlidir. Geoteknik bilgiler uygun şekilde saklanmalı ve ileride referans olması için korunmalıdır (Erbil, 2019). Geoteknik zemin parametre haritaları, belirli bir lokasyondaki temel zemin özellikleri ile ilgili verilerin toplanması, korunması ve güncellenmesi ile oluşturulabilir. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımı, zemin ile ilgili verilerin verimli bir şekilde uygulanmasında önemli kolaylıklar sunmaktadır (Canbolat, 2019; Akçal 2010; Kaya, 2019).

Bu çalışma, Muğla il merkezi için hazırlanan Geoteknik Raporlardan elde edilen bilgilerin (kayma dalgası hızı, içsel sürtünme değeri, taşıma gücü) kullanılarak Geoteknik Veri Tabanı geliştirilmesini kapsamaktadır. Arşivlenmiş geoteknik raporlar incelenmiş ve Muğla il merkezi zemin özelliklerini içeren geoteknik haritaların bir bütün olarak yorumlanarak oluşturulması hedeflenmiştir. Geoteknik haritaların oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. İçsel sürtünme açısı, zemin kayma dalgası hızı ($V_{s,30}$) ve izin verilen taşıma kapasitesi değerleri değerlendirilmiş ve Muğla il merkezi zemin özellikleri haritalanmıştır.

1. ÇALIŞMA BASAMAKLARI

2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

Muğla il merkezi deniz seviyesinden 670 metre yükseklikte yer almaktadır. Yerleşim, Kızıldağ Tepe veya Asar Tepe'nin yamaçlarına yapılan eski Muğla evleri ile başlamış, daha sonra dağlık alana paralel olarak ovaya (güneydoğu) doğru yayılmıştır. Bugün Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'nin kurulmasıyla birlikte şehir merkezinden uzaklaşan yerleşim, şehrin kuzeybatısındaki Menteşe Kooperatifi alanı, TOKİ yerleşim alanı, Kötekli ve Yeniköy'de genişlemeye devam etmiştir. Karabağlar yaylasında sit alanı olması nedeniyle sınırlı yerleşimler görülmektedir. İl merkezinin güneydoğusundaki Düğerek ve çevresi gibi alüvyal alanlar, tarımsal amaçlı kullanılması ve yeraltı sularının yüksek olması nedeniyle yerleşime açılmamıştır. Bu çalışmada, Muğla il merkezi ve çevresi dâhil yaklaşık 96 km²'lik bir alanın genel jeolojik ve mühendislik jeolojik özellikleri incelenmiştir.

1.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN MEKANSAL TAHMİN YÖNTEMLERİ

Geoteknik ve jeolojik zemin etüdü raporları kullanılarak geoteknik haritalar oluşturulurken Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte IDW yani Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting) ve Kriging Enterpolasyon Yöntemi uygulanmıştır. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterporasyon Yöntemi (IDW), jeoistatistik ve mekansal analizde yaygın olarak kullanılan bir enterpolasyon yöntemidir. Çevresel modelleme, arazi haritalama ve yeraltı suyu modelleme gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem sadece komşu noktalardan tahminler ürettiği için lokal bir ara değer kestirim yöntemidir (Yıldırım, 2021; Taylan vd., 2016). Yöntemin uygulanması nispeten kolaydır ve verilerin homojen olduğu durumlarda etkili olabilir. Ancak, verilerin seyrek olduğu durumlarda o kadar etkili olmayabilir (Aydın vd., 2013; Kazancı vd., 2014). Kriging Enterporasyon Yöntemi ise, bilinen komşu noktalardan gelen verileri kullanarak diğer noktalardaki verilerin optimal değerlerini tahmin eden bir enterpolasyon tekniğidir. Kriging yöntemini diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik tahmin edilen her nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir (İnal vd., 2002; Yaprak vd., 2008). Yöntem, sıcaklık, yağış, hava kirliliği ve yeraltı suyu seviyeleri gibi bir dizi çevresel değişkeni tahmin etmek için kullanılabilir.

2.3. VERİLERİN ELDE EDİLMESİ, SEÇİLMESİ VE DÜZENLENMESİ

Veri toplamak için, inşaat mühendisi ve jeoloji mühendisleri tarafından daha önce hazırlanmış olan jeoloji veri raporu ve geoteknik raporları toplanmıştır. Toplam 130 rapora ulaşılmıştır. Bunların 117 tanesi Muğla ili Menteşe ilçesi, 10 tanesi Muğla ili Ula ilçesi ve 3 tanesi Muğla ili Yatağan ilçesinde bulunmaktadır. Verilerin 98 adeti geoteknik rapor ve 93 adeti jeoloji veri raporudur. Bazı parsellerin hem jeoloji veri raporu hem de

MUĞLA İLİ KENT MERKEZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN, VERİ VE GEOTEKNİK RAPOR DEĞERLENDİRMELERİNE BAĞLI HARİTALANDIRILMASI

geoteknik raporuna ulaşılrken, bazı parsellerin sadece geoteknik raporu ya da sadece jeoloji raporuna ulaşılmıştır. Aşağıdaki tabloda aynı parseller rapor dağılımları hakkında bilgiler paylaşılmıştır.

Tablo 1. Jeolojik veri raporu ve geoteknik raporların sayısı

| | Sadece geoteknik rapor | Sadece jeoloji veri raporu | Hem geoteknik hem jeolojik veri raporu |
|--------|------------------------|----------------------------|--|
| Sayı | 27 | 42 | 61 |
| TOPLAM | | 130 | |

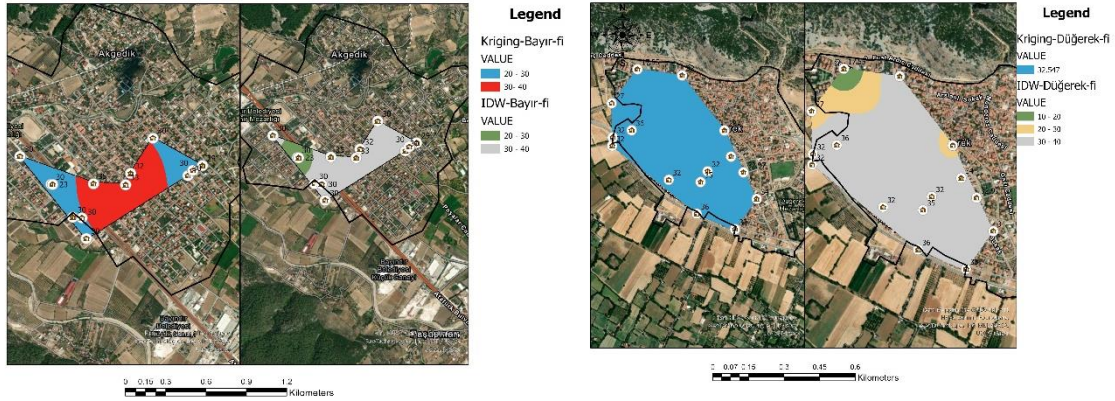
Toplanan jeoloji veri raporu ve geoteknik raporlar verilerin güvenilirliği ve doğruluğunu sağlamak için kontrol edilmiştir. Verilerde bulunan eksikler tamamlanmaya çalışılmış yanlış veriler elimine edilmiştir. Verilerin depolanması ve kullanılması bununla birlikte daha rahat paylaşımı için SQL veri tabanı yerine Excel kullanımı uygun bulunmuştur. Kullanılması planlanan tüm bilgileri içerecek Excel dosyasının içermesi gereken kolon başlıkları belirlenip gerekli tablolar hazırlanmıştır. Veriler, inşaat sahası hakkında bilgiler, yapı hakkında bilgiler, depremsellik, idealize zemin kesiti detayları ve yapı zemin etkileşimi konu başlıklarına göre düzenlenmiştir. Programda analiz olarak kullanılacak olan veri başlıklarına karar verilmiştir. Hazırlanan verilerin görselleştirilmesi ve yukarıda bahsedilen enterpolasyon yöntemlerinin uygulanabilmesi ve gerekli haritaların oluşturulabilmesi için ArcGIS Pro programının kullanımı uygun bulunmuştur.

2. DEĞERLENDİRME VE TAVSİYELER

Bu çalışma için hazırlanan Excel tablosundaki daha önce belirlenen başlıklar (içsel sürtünme açısı, zeminlerin kayma dalgası hızı ve taşıma kapasitesi) üzerinden yapılan enterpolasyon hesaplamaları ve kullanılan iki farklı enterpolasyon metodunun verdiği sonuçlar hakkında değerlendirmeler yapılmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur.

3.1. İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI

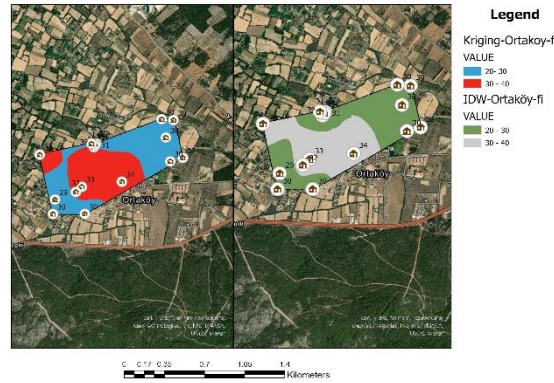
Hem Kriging hem de IDW yöntemleri kullanılarak oluşturulan haritalar içsel sürtünme açısı (ϕ) değerlerine göre değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar görülmektedir.



Bayır Bölgesi'nde Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada (Şekil 1), kırmızı ile gösterilen bölgedeki ϕ değerleri 30° ile 40° arasında, mavi ile gösterilen alanlarda ise 20° ile 30° arasında değiştiği görülmektedir. IDW yönteminde bölgenin ϕ değerlerinin büyük çoğunluğu 30° ile 40° arasında değişirken, küçük bir alanda bu değerler 20° ile 30° arasına düşmektedir. 13 veri noktasından alınan değerler incelendiğinde IDW yönteminin Bayır Bölgesi için daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir. Elbette bölgedeki yeni sondajlardan toplanan numunelerden elde edilen laboratuvar ϕ değerleri hazırlanan Excel dosyasına eklendikçe oluşturulan haritaların doğruluğu artacaktır. Düğerek Bölgesi'nde Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada (Şekil 2), enterpolasyon yönteminin tek bir değer (32.547°) olarak hesaplandığı, dolayısıyla yöntemin hesaplama için kullandığı 15 değerini yansıtmadığı

görülmektedir. IDW yönteminde Bayır Bölgesi'ne benzer şekilde bölgenin büyük bölümünde ϕ değerleri 30° ile 40° arasında değişmektedir değerler arasındaki değişimi net olarak görebilmekteyiz.

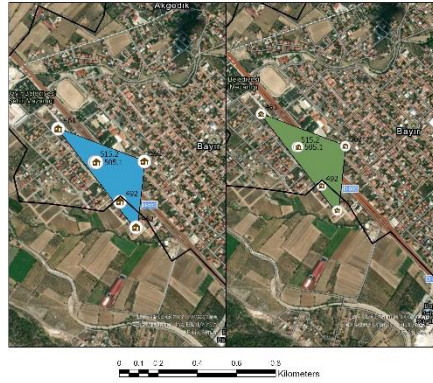
Hem Kriging interpolasyon yönteminde hem de Ortaköy Bölgesi'nde oluşturulan IDW haritalarında (Şekil 3) önemli benzerlikler görülmektedir. Bölgenin ortasında (Kriging haritasında kırmızı, IDW haritasında gri), ϕ değerleri 30° ile 40° arasında değişirken, diğer alanlarda 20° ile 30° arasında değişmektedir. Ortaköy Bölgesi'ndeki 16 farklı lokasyonun ϕ değerleri incelendiğinde, değerlerin çoğunun 30° 'ye yakın veya 30° civarında olduğu görülmektedir. 20° ile 30° arasındaki alanlarda laboratuvar deneylerinden elde edilen ϕ değerlerinin 30° 'ye yakın ve büyük olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle veri noktası sayısı arttıkça ϕ değeri 20° ile 30° arasında olan alan sayısının azalması beklenmektedir.



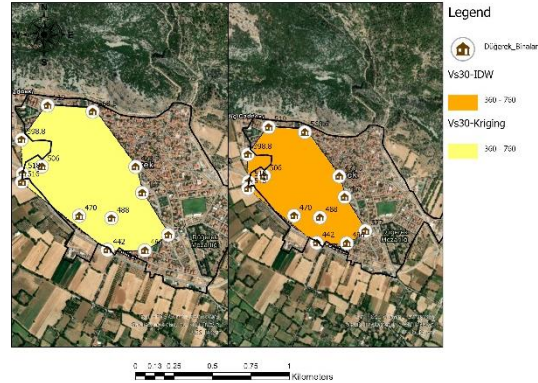
Şekil 3. Ortaköy mahallesi içsel sürtünme açısı haritası

Tüm bölgeler için içsel sürtünme açısı haritaları incelendiğinde genellikle benzer haritalar elde edilmektedir ancak IDW yöntemi daha doğru olduğunu düşündüğümüz sonuçlar vermiştir. İç sürtünme açısı değerlerinin yüksek olduğu aralıklarda daha küçük değer aralıkları sağlanarak daha detaylı haritalar elde etmek mümkün olacaktır.

2.2. KAYMA DALGASI HIZI ($V_{s,30}$) HARİTALARI



Şekil 4. Bayır mahallesi kayma dalgası hızı haritası

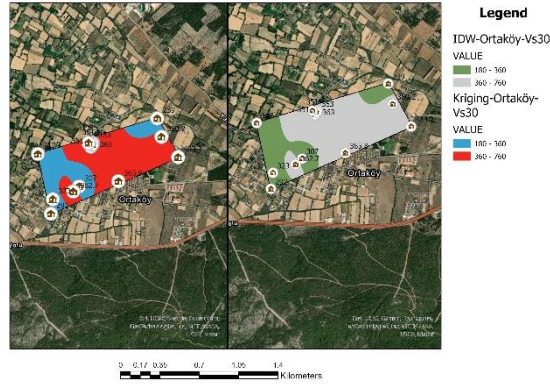


Şekil 5. Dügerek mahallesi kayma dalgası hızı haritası

Kayma hızı dalgası değerleri kullanılarak hesaplanan hem Kriging hem de IDW enterpolasyon methodları sonucu oluşturulan haritalar değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar öngörülmüş ve buna göre çıkarımlarda ve tavsiyelerde bulunulmuştur. Bayır Bölgesi'nde 6 farklı lokasyondan elde edilen $V_{s,30}$ değerlerine dayalı olarak hem Kriging hem de IDW yöntemleri kullanılarak oluşturulan haritalar arasında önemli benzerlikler bulunmaktadır (Şekil 4). 6 farklı lokasyondan elde edilen $V_{s,30}$ değerleri 461 m/s ile 562 m/s arasında değişmektedir. Bu değerler TBDY 2018'e göre ZC (360-760 m/s) yerel zemin sınıfı olarak sınıflandırılmaktadır. Dügerek Bölgesi'nde elde edilen sonuçlar Bayır Bölgesi'ndeki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bölgede 13 farklı lokasyondan elde edilen $V_{s,30}$ değerleri kullanılmıştır (Şekil 5). Jeofizik deneylerden elde edilecek $V_{s,30}$ değerlerinin ZC yerel zemin sınıfına karşılık gelmesi beklenmektedir. Ortaköy bölgesinde 13 farklı lokasyondan elde edilen $V_{s,30}$ değerleri kullanılarak hem Kriging hem de IDW yöntemleriyle oluşturulan haritalarda büyük

MUĞLA İLİ KENT MERKEZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN, VERİ VE GEOTEKNİK RAPOR DEĞERLENDİRMELERİNE BAĞLI HARİTALANDIRILMASI

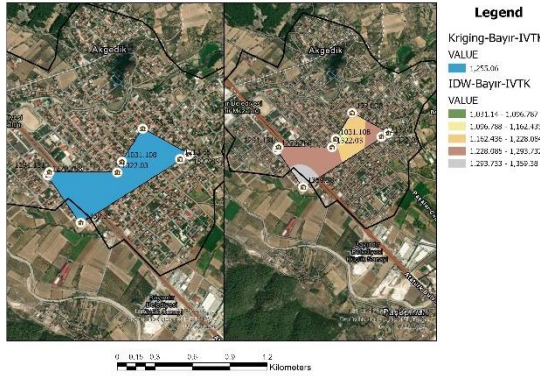
benzerlikler görülmektedir (Şekil 7). Her iki yöntemde de aynı lokasyonlarda iki farklı yerel zemin sınıfı bölgesi (ZC ve ZD) bulunmaktadır.



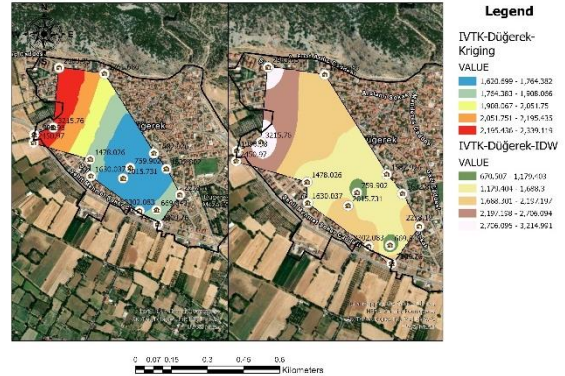
Şekil 6. Ortaköy mahallesi kayma dalgası hızı haritası

Tüm bölgeler için VS30 haritaları incelendiğinde benzer haritaların elde edildiği görülmektedir. Ara bölgelerdeki jeofizik deneylerden elde edilecek $V_{s,30}$ değerlerinin ZC ve/veya ZD yerel zemin sınıfı değerlerine karşılık geleceği tahmin edilmektedir.

2.3. TAŞIMA KAPASİTESİ HARİTALARI

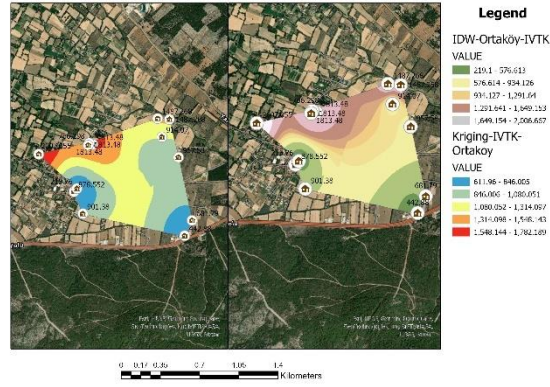


Şekil 7. Bayır mah. İVTG haritası



Şekil 8. Dügerek mah. İVTG haritası

Hem Kriging hem de IDW yöntemleriyle oluşturulan haritalar, geoteknik raporlardan elde edilen izin verilebilir taşıma gücü değerlerine göre değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilir. Bayır Bölgesi'nde 8 farklı lokasyondan elde edilen izin verilebilir taşıma gücü değerleri 1213 kPa ile 1359 kPa arasında değişmektedir (Şekil 7). Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada bölgenin izin verilebilir taşıma gücü değeri ortalama 1255 kPa iken, IDW yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada daha detaylı izin verilebilir taşıma gücü değeri bölgeleri elde edilmiştir. Dügerek Bölgesi'nde 15 farklı lokasyondan elde edilen izin verilebilir taşıma gücü değerleri 669 kPa ile 3215 kPa arasında değişmektedir (Şekil 8). Kriging ve IDW yöntemleri ile oluşturulan haritalar incelendiğinde bazı bölgelerde IDW yönteminin daha yüksek izin verilen taşıma gücü değerleri verdiği, bazı bölgelerde ise Kriging yönteminin daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Bu sonuçlar, bu bölge için izin verilebilir taşıma gücü haritalarının daha detaylı değerlendirilmesinin gerekliliğini göstermektedir. Ortaköy Bölgesi'nde 13 farklı lokasyondan elde edilen izin verilebilir taşıma gücü değerleri 215 kPa ile 2007 kPa arasında değişmektedir (Şekil 9). Kriging ve IDW yöntemleri kullanılarak oluşturulan haritalar incelendiğinde IDW yöntemi ile elde edilen değerlerin daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 9. Ortaköy mahallesi İVTG haritası

Tüm bölgeler için izin verilen taşıma kapasitesi haritaları incelendiğinde, ek saha-laboratuvar testleri ile elde edilen izin verilen taşıma gücü değerleri hesaplanmalı ve mevcut değerlerle karşılaştırılmalıdır. İzin verilen taşıma gücünün temel geometrisi, temel derinliği gibi özelliklere bağlı olduğundan, taşıma gücü için genel bölgeleme haritalarının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, jeolojik ve jeoteknik verilerin arşivlenmesi ve olası risklere karşı alınabilecek önlemlerin tahmin edilmesinde kullanılmasının gerekliliğini göstermek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca bölgede yeni hazırlanacak Geoteknik Raporları için ön değerlendirme imkânı sağlanması amaçlanmıştır. Geoteknik haritalar, jeolojik veri raporları ve geoteknik raporlara dayalı olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) kullanılarak oluşturulmuştur. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW) ve Kriging enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki yöntemle elde edilen haritalar genel olarak benzerlikler gösterse de Kriging ve IDW yöntemleri içsel sürtünme açısı, izin verilebilir taşıma gücü açısından bazı alanlarda farklı sonuçlar vermiştir. Bu sonucun sebebi bu alanlardaki veri eksikliği olmasıdır. Öte yandan, verilerin fazla olduğu ve daha homojen yayıldığı alanlarda haritalar benzerlik göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Erbil, M. (2019), “Geotechnical mapping investigation of a developing urban area (Niğde, Turkey)”, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep.
- Canbolat, A. (2017), “Use of GIS for evaluating the geotechnical properties in Kahramanmaraş, Turkey”, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep.
- Akçal, A.N. (2020), “Antalya ili merkez ilçe zeminlerinin Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılarak geoteknik mikrobölgeleştirilmesi”, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Kaya, D. (2019), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile geoteknik verilerin değerlendirilmesi (Kayseri-Oymağaç Mahallesi)”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Erciyes.
- Yıldırım, M. (2021), “Türkiye’deki yağışların enterpolasyon yöntemlerle alansal incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Taylan, E.D., Damçayırı, D. (2016), “Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterporasyon yöntemleri ile tahmini”, İMO Teknik Dergisi, Vol 459, 7551-7559.
- Aydın, O., Çiçek, İ. (2013), “Ege Bölgesi’nde yağışın mekânsal dağılımı”, Coğrafi Bilimler Dergisi, Vol 11(2), 101-120.
- Kazancı, Z.S., Kayıkçı, T.E., “Konumsal enterpolasyon yöntemleri uygulamalarında optimum parametre seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi günlük ortalama sıcaklık verileri örneği”, 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014, Çorum.
- [16] İnal, C., Turgut, B., Yiğit, C.Ö., “Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Kasım 2002, Konya.
- [17] Yaprak, S., Arslan, E. (2008), “Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu”, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, Vol 98, 36-42.