



## Güncı Tandır Kilinin Geoteknik Özellikleri ve İnşaat Uygulamalarında Kullanılabilirliği\*

Ömür ÇİMEN<sup>1, a, ✉</sup>, Burak DERELİ<sup>2, b</sup>, Halil İbrahim GÜNAYDIN<sup>3, c</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Bitlis, Türkiye

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Antalya, Türkiye

ORCID: <sup>a</sup>0000-0002-6138-6029; <sup>b</sup>0000-0003-4062-0792; <sup>c</sup>0000-0002-0879-1869

✉ Sorumlu yazar: [omurcimen@sdu.edu.tr](mailto:omurcimen@sdu.edu.tr)

**Özet:** Kil ve kil mineralleri çevresel sorunların çözümünde ve inşaat uygulamalarında yaygın olarak kullanılan doğal bir malzemedir. Bu malzeme; kara ve demir yolu dolguları, havaalanları, toprak ve kaya dolgu barajları, seddeler ve su kanallarında doğrudan inşaat malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araştırmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Bitlis'in Güroymak ilçesine bağlı Güncı Tandır beldesinden örselenerek alınan tandır kilinin kimyasal ve mineralojik bileşimi ile zemin indeks ve mühendislik özellikleri incelenmiştir. Güncı Tandır kili kimyasal, XRD ve SEM analizleri yönünden incelendiğinde, bu kilin illit türü kil minerali içerdiği belirlenmiştir. Zemin indeks deneylerine göre bu kil ASTM D2487 standartına göre düşük plastisiteli (CL) kil sınıfına girmektedir. Standart kompaksiyon deneyi sonucunda Güncı Tandır kilinin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevası belirlenmiş, bu değerlerden yararlanılarak permeabilite, iğne deliği ve dağılma deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylere göre bu kilin geçirimsiz olduğu ve dispersif özellik göstermediği belirlenmiştir. Sonuç olarak; bu çalışmada kimyasal ve mineralojik bileşimi ile zemin indeks ve mühendislik özellikleri incelenen Güncı Tandır kilinin mühendislik uygulamalarında kullanılabilir bir inşaat malzemesi olabileceği ortaya konulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Güncı Tandır kili, Geoteknik özellikler, Bitlis

## Geotechnical Properties of Güncı Tandır Clay and Usability in Construction

**Abstract:** Clay and clay minerals are a natural material that is widely used in solving environmental problems and in construction. It is widely used as a direct construction material in road and railway embankments, airports, earth and rock fill dams, embankments and water channels. In this research, the chemical and mineralogical composition, soil index and engineering properties of Güncı Tandır clay, which was taken from the Güncı town of the Güroymak district of Bitlis in the Eastern Anatolia Region, were examined. Its chemical, XRD and SEM analyzes were examined and it was determined that this clay contained illite type clay mineral. According to soil index tests, this clay is classified as low plasticity clay (CL) according to ASTM D2487 standard. As a result of the standard proctor test, the maximum dry unit weight and optimum water content of Güncı Tandır clay were determined, and permeability, pinhole and dispersion tests were carried out by using these values. In the experiments, it was determined that this clay is impermeable and does not show dispersive properties. As a result; it was concluded that Güncı Tandır clay, which was examined in this study according to its chemical and mineralogical composition, soil index and engineering properties, may be a construction material that can be used in engineering applications.

**Keywords:** Güncı Tandır clay, Geotechnical properties, Bitlis

### 1. Giriş

Zemin; kayaçların fiziksel parçalanması ve kimyasal ayrışması ile meydana gelerek içinde su, hava ve organik maddeler içerebilen doğal malzemelerdir (Uzuner, 2005). İnsanlar ilk çağlardan beri ihtiyaçlarını karşılamak için inşa ettikleri yapılarda zeminleri genel olarak temel veya yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Günümüzde de kara ve demir yolu dolguları, havaalanları, toprak ve kaya dolgu

barajları, seddeler ve su kanalları gibi birçok inşaat mühendisliği projelerinde zeminler doğrudan inşaat malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mühendislik yapılarının ekonomik tasarımı için bu malzemelerin inşaat alanı ve çevresinden sağlanması önemlidir (Holtz ve Kovacs, 1981; Bell, 2004). Zeminler kabaca iri ve ince daneli olarak sınıflandırılabilir. Mühendislik yapısının türü ve özelliğine göre kullanılan zeminler farklı özellikler gösterebilir. Geoteknik mühendisliğinde silt ve kil minerallerinden oluşan ince daneli zeminler; özellikle baraj gövdelerinin çekirdek dolgularında, temel dolgu şeklinde yol yapılarında ve katı atık depolama tesislerinin taban sızdırmazlığında doğal malzeme olarak etkili bir şekilde kullanılmaktadır. İnce daneli zeminlerin içinde bulunan kil minerali zeminin mühendislik özelliklerini etkileyebildiğinden (Holtz ve Kovacs, 1981; Bell, 2004), kullanılan bu doğal malzemelerin mühendislik özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Kil ve kil mineralleri çevresel sorunların çözümünde ve inşaat uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Murray, 2007). Kil mineralleri; bazı kaya yapıcı minerallerin kimyasal ayrışmaları sonucu meydana gelen kristalli yapıdaki maddelerdir. Bu minerallerin oluşumu, su veya akışkan-kayaç etkileşimi ile ilişkilidir. İklimsel koşullar, suyun oranı, kimyasal reaksiyonun türü ve hızı oluşacak kil mineralinin türünü belirler (Holtz ve Kovacs, 1981; Clauer ve Chaudhuri, 1995; Velde, 1995; Uzuner, 2005). Kimyasal ayrışma sonucu oluşan bu kil minerallerinden yaygın olarak kullanılanlar illit, montmorillonit ve kaolinitir (Mitchell ve Soga, 2005). Kil mineralleri genel olarak 0.002 mm boyutlarında olup, elektrokimyasal olarak çok aktif bir yapıya sahiptir. Bu mineraller herhangi bir zemin kütlelerinde çok az miktarda bulunsalar bile, zeminin mühendislik özelliklerini etkileyebilmektedir (Holtz ve Kovacs, 1981; Uzuner, 2005). Bundan dolayı killi zeminlerin göstereceği davranışın sağlıklı olarak belirlenmesi, yapılacak tasarım açısından önemlidir. Killi zeminlerin dane dağılımı, birim hacim ağırlığı ve kıvam limitlerinden oluşan indeks özellikleri, zeminin davranışı hakkında bilgi vermektedir. İndeks özellikleri ile birlikte killi zeminin kimyasal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi de, kilin davranışlarının tam olarak ortaya konulması açısından önemlidir.

Zeminlerin sınıflandırılmasında yapılması gereken ilk uygulama dane boyu dağılımının belirlenmesidir. Ancak, sadece bu özelliğin belirlenmesi silt, kil ve kum karışımı olan zeminlerde çok net sonuçlar vermemektedir. Boşluklardaki suyun varlığı, özellikle ince daneli zeminleri etkilemektedir. Bu etkilerin belirlenebilmesi için kıvam, plastik ve büzülme limitleri olarak sınıflandırılan Atterberg limitlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Zeminin plastik olduğu durumlarda, su muhtevası aralığı plastisite indeksi ile belirlenmektedir (Holtz ve Kovacs, 1981).

Mühendislikte doğru tanımlama ve tasarım yapılmadığında yapılarda göçme, oturma, büzülme, şişme, sızma ve borulanma problemleri oluşabilmektedir. Baraj ve karayolu dolgularında görülen bu tür sorunlara su içinde dağılma eğilimi gösteren killer sebep olmaktadır. Bunlar aynı zamanda dispersif kil zemin olarak da tanımlanmaktadır. Yapısal olarak duraylı (stabil) olamayan bu zeminler su ile kolayca dağılabilir ve erozyona uğrayabilir (Zorluer, 2020).

Bu araştırma Bitlis'in Güroymak ilçesine bağlı Günkırı beldesinden elde edilen tandır kilinin kimyasal ve mineralojik bileşimi ile zemin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin mühendislik uygulamalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada kullanılan tandır kili örnekleri Bitlis'in Güroymak ilçesine bağlı Günkırı belde merkezinin yaklaşık 1 km kuzeybatısından tüm araziye temsil edecek şekilde örselenerek alınmıştır (Şekil 1). Alınan örnekler çevre faktörlerinden etkilenmemesi amacıyla Tatvan Meslek Yüksekokulu Kampüs alanına serilen bir branda üzerine yığınlar halinde dökülmüş ve daha sonra deneylerde kullanılacak kil örneği çeyrekleme yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 1. Numunenin alındığı arazi (38°35'49.51"K; 41°57'37.21"D)

### 2.1. Kimyasal ve Mineralojik Analizler

Çeyrekleme yöntemi ile elde edilen kil örneği Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarında 105 °C'de 24 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulan bu kilin bir kısmı kimyasal ve mineralojik analizler için toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen killerin kimyasal bileşimleri Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma Laboratuvarındaki ICP-OES cihazında belirlenmiştir.

Bu killerin mineralojik özellikleri Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezinde X-ışınları kırınımı yöntemiyle (XRD) belirlenmiş, killerin görüntüleri de taramalı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiştir.

## 2.2. Zemin İndeks Analizleri

Zemin sınıflandırılması amacıyla Günkırı tandır kilinin dane boyu dağılımı elek analizi yöntemiyle, silt ve kil içeriği hidrometre analizi yöntemiyle (TS EN ISO 17892-4, 2016) ve zemin danelerinin bağlı yoğunluğu ise piknometre yöntemi (TS EN ISO 17892-3, 2016) ile belirlenmiştir. Bu kilin likit limit, plâstik limit ve büzülme limitleri (TS 1900-1, 2006) de tespit edilmiştir.

## 2.3. Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi

Günkırı tandır kilinin optimum su muhtevası ve maksimum birim hacim ağırlığının belirlenmesi kompaksiyon deneyine (standart proctor) göre yapılmıştır (TS 1900-1, 2006). Buradan elde edilen maksimum kuru hacim ağırlığı ve optimum su içeriği sonuçlarına göre de permeabilite, iğne deliği ve dağılma deneyleri yapılmıştır (TS 1900-2T1, 2007).

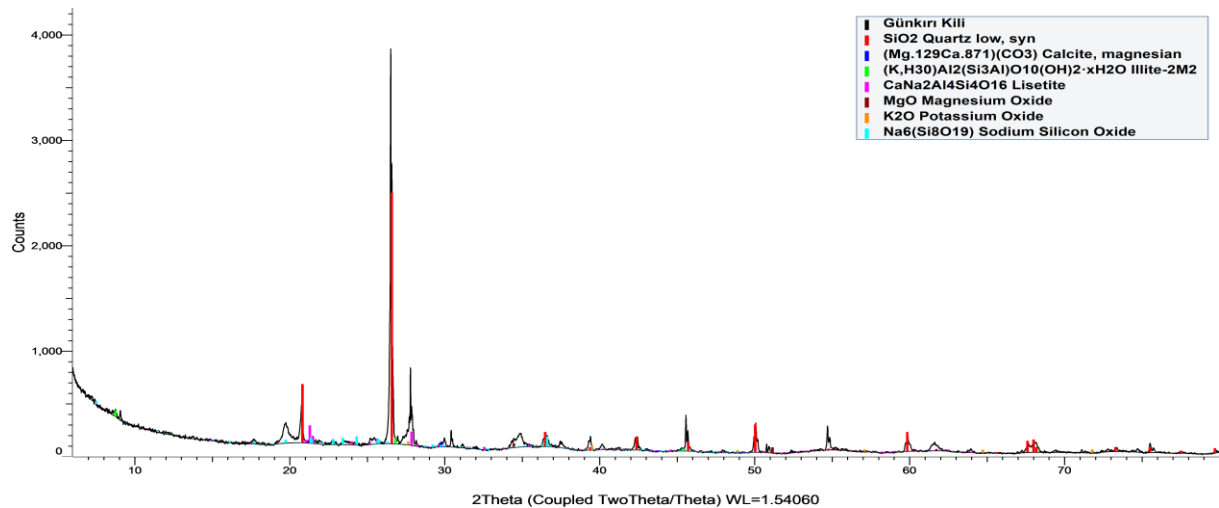
## 3. Bulgular

Günkırı tandır kilinin kimyasal analiz bulguları Tablo 1’de sunulmuştur. Yapılan kimyasal analizlere göre Günkırı tandır kilinin  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  miktarlarının diğer bileşiklere göre daha fazla olduğu görülmektedir.

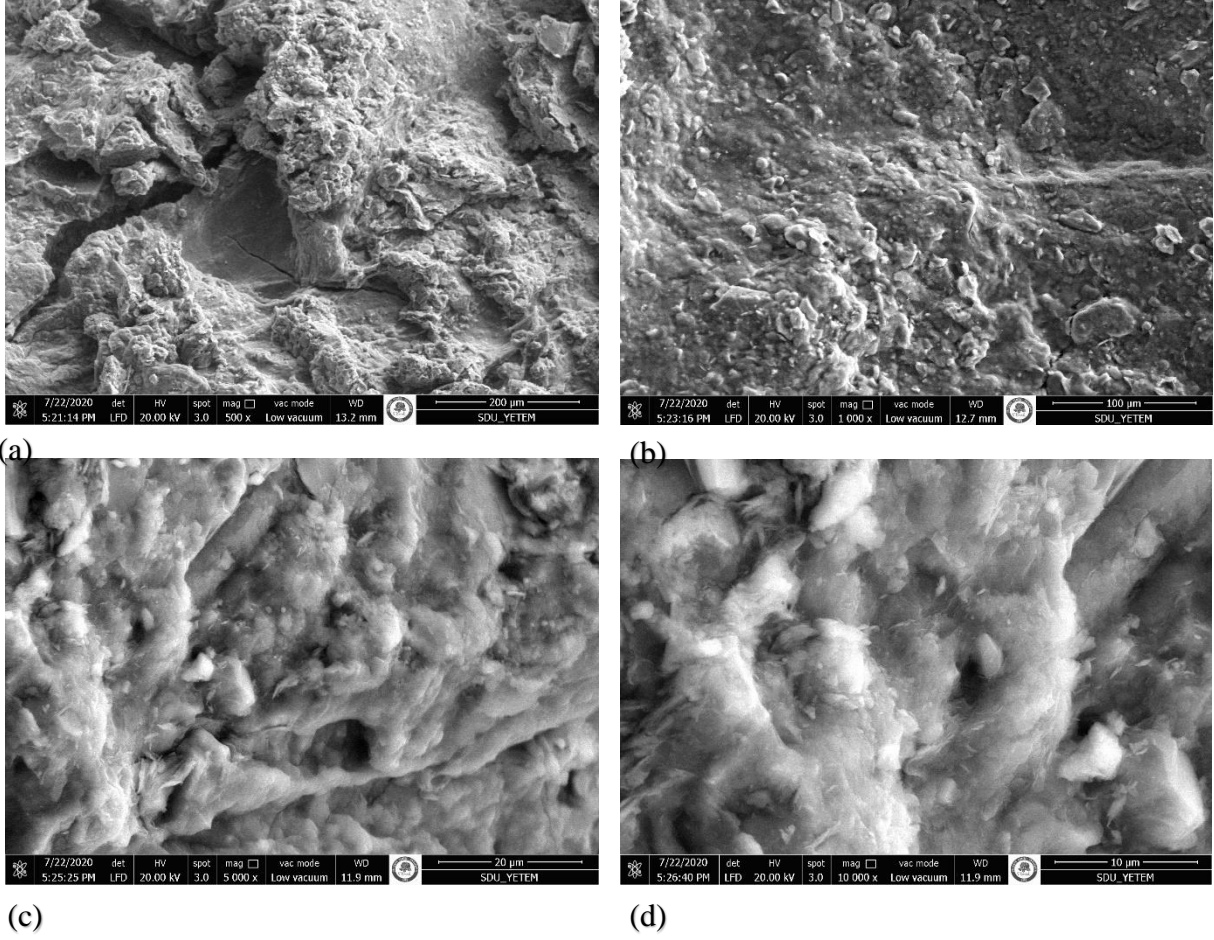
**Tablo 1.** Günkırı tandır kilinin kimyasal analiz sonuçları

$\text{SiO}_2$ (%)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{MgO}$ (%)	$\text{CaO}$ (%)	$\text{Na}_2\text{O}$ (%)	$\text{K}_2\text{O}$ (%)	$\text{TiO}_2$ (%)	$\text{P}_2\text{O}_5$ (%)	$\text{MnO}$ (%)	Ateş Kaybı	Toplam (%)
63.73	13.32	4.55	0.69	1.39	2.65	3.33	0.40	0.06	0.05	8.78	98.97

Günkırı tandır kilinin XRD sonuçları Şekil 2’de, SEM görüntüleri Şekil 3’te, elek ve hidrometre analizlerinden elde edilen granülometri eğrisi ise Şekil 4’de verilmiştir. Bu araştırmadaki XRD analizi sonuçlarına göre illit mineralleri yanında silikat ve karbonat grubu minerallerin de bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen SEM görüntüleri ile de bu bulgular desteklenmiştir.

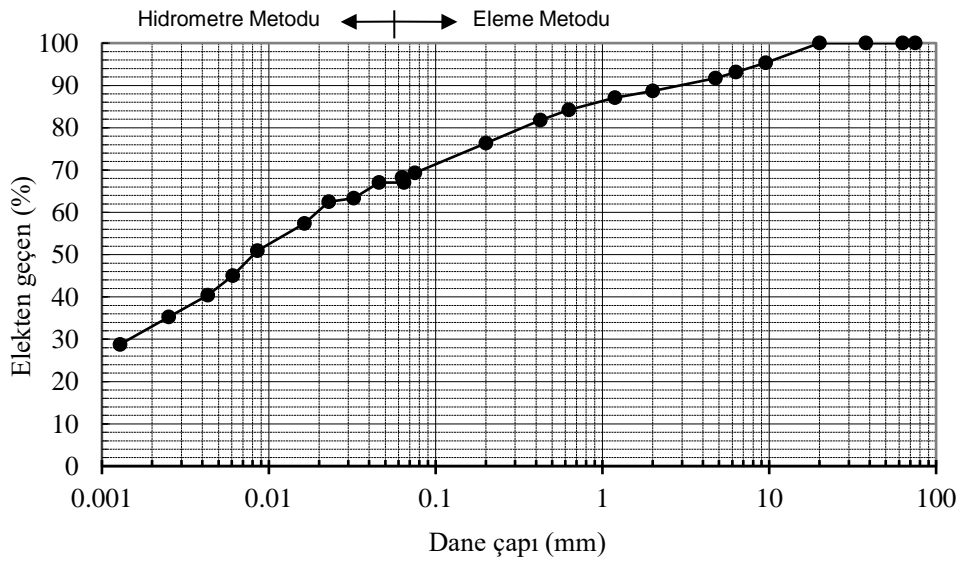


**Şekil 2.** Günkırı tandır kilinin XRD sonuçları



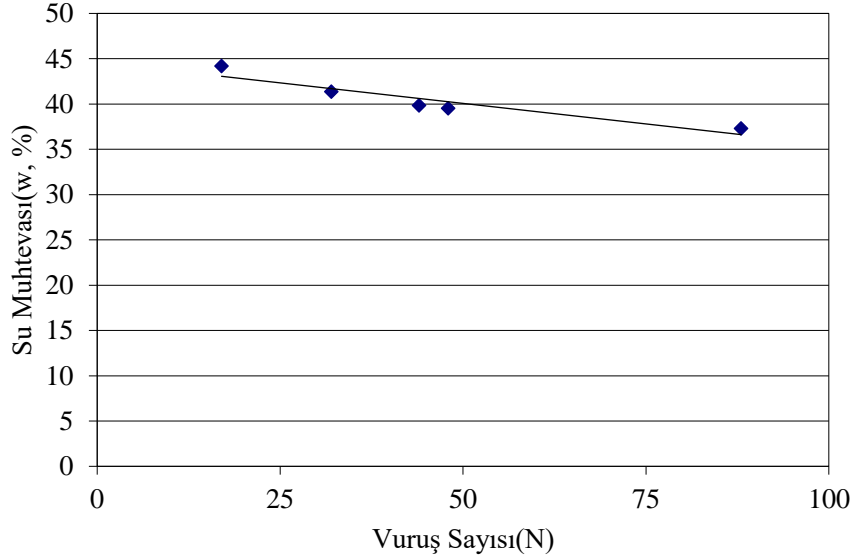
Şekil 3. Güncırı tandır kil örneğinin 500x (a), 1000x (b), 5000x (c), 10000x (d) kat büyütülmüş SEM görüntüleri

Dane boyu dağılımı, yıkamalı eleme yöntemine göre incelenen Güncırı tandır kilinin ağırlıkça çakıl miktarının %8.3 ve kum miktarının ise %22.4 olduğu tespit edilmiştir. Hidrometre analizine göre de bu kilin ağırlıkça silt miktarı %36.3 ve kil miktarı ise %33 olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

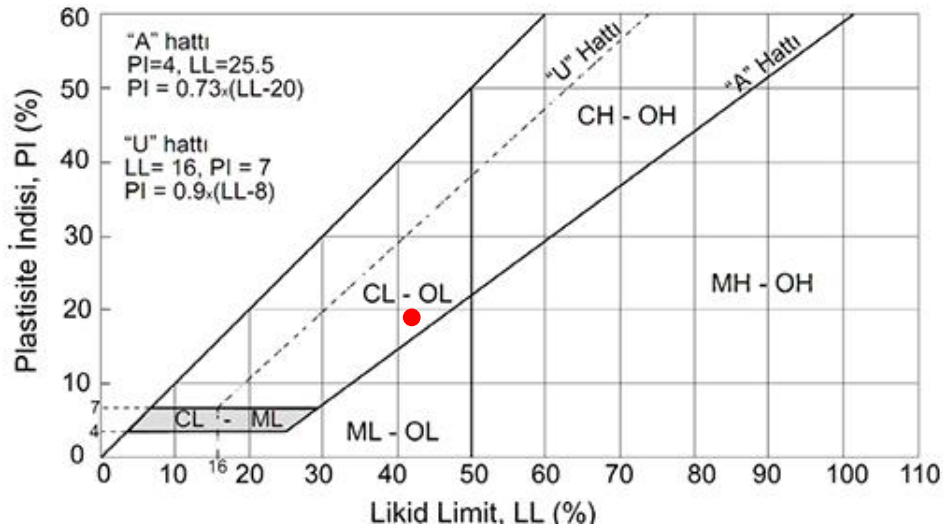


Şekil 4. Güncırı tandır kilinin granülometri eğrisi

Casagrande analizleri sonucunda, Gnkrı tndr kilinin likit limit değeri (LL) %43 (ekil 5) ve plastik limit değeri (PL) ise %17 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden yararlanılarak, plastisite indisi değeri (PI) %26 olarak hesaplanmış ve zeminin plastik özelliğe sahip olduğu grlmştir. Casagrande diyagramına göre, bu araştırmada incelenen Gnkrı tndr kilinin likit limit değeri ile plastisite indisinin keşiştiği nokta A çizgisinin yukarısında yer almış ve birleşik zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre bu kil düşük plastisiteli kil (CL) grubuna girmiştir (ekil 6). Büzülme limiti ise %12.89 olarak belirlenmiştir.

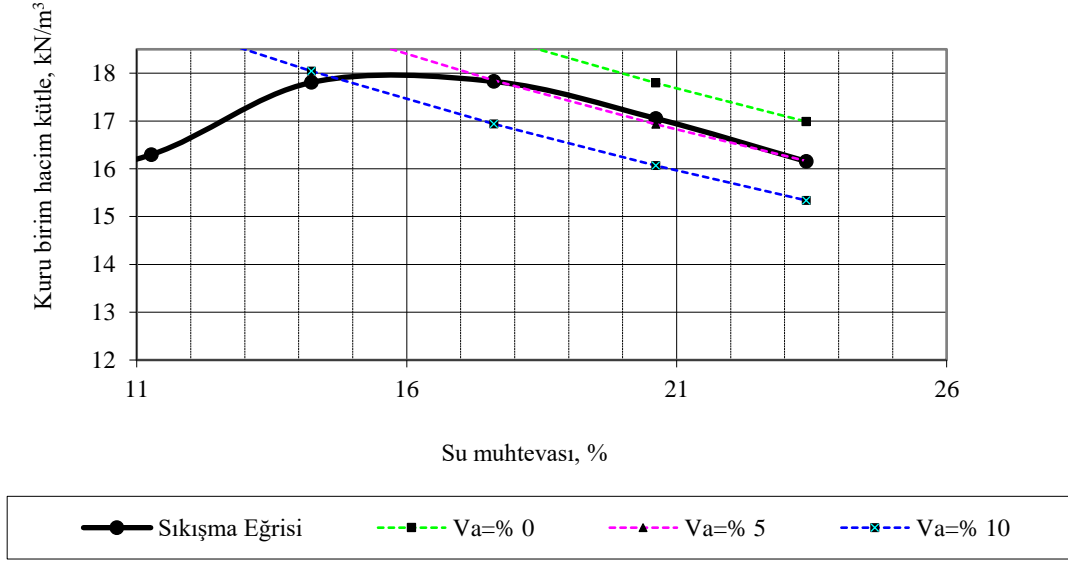


Şekil 5. Gnkrı tndr kilinin Casagrande yöntemine göre likit limit grafiği



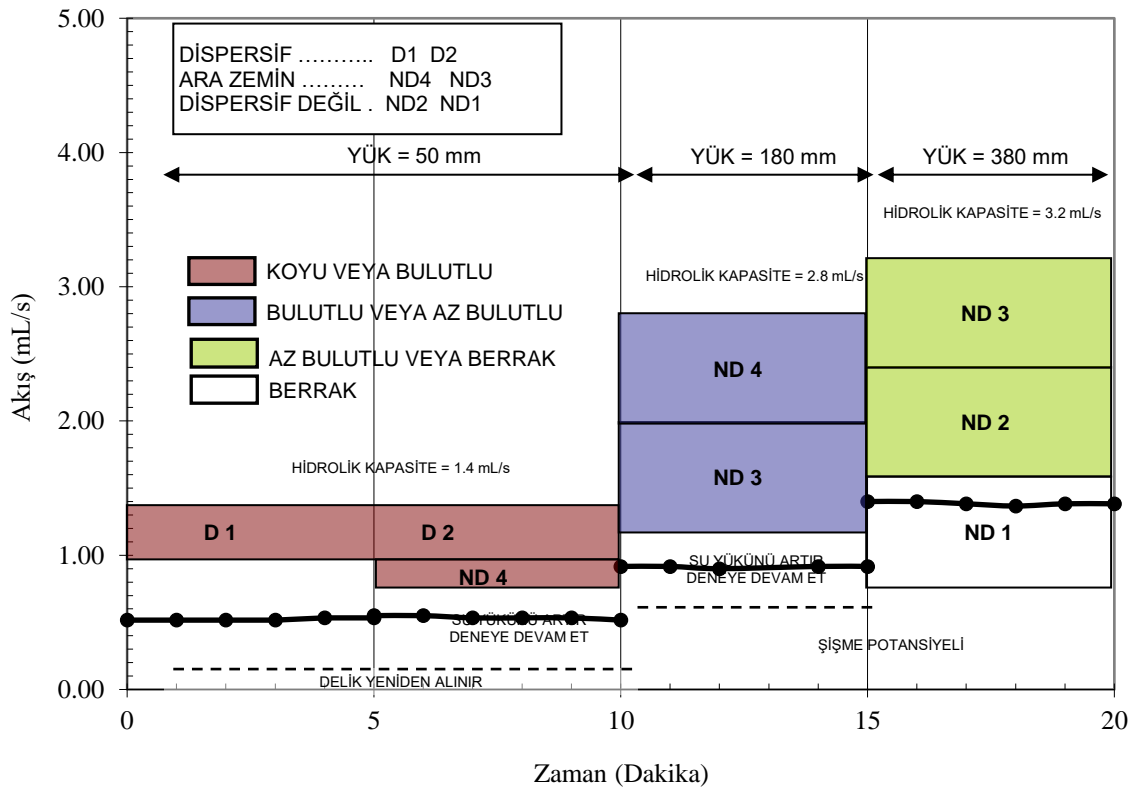
Şekil 6. Casagrande plastisite kartı (ASTM D2487)

Optimum su muhtevası ve maksimum birim hacim ağırlığı kompaksiyon deneyine göre elde edilmiş, oluşan kompaksiyon ve hava içeriği ( $V_a$ ) eğrileri Şekil 7'de sunulmuş olup optimum su muhtevası %16 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı ise  $17.43 \text{ kN/m}^3$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Günkırı tandır kilinin kompaksiyon ve hava içeriği ( $V_a$ ) eğrisi

Günkırı tandır kilinin dispersif özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan iğne deliği deneyinden elde edilen sonuçlar Şekil 8'de, dağılma deneyinden elde edilen görüntü ise Şekil 9'da sunulmuştur. İğne deliği deneyine göre berrak bir özellik (ND1) gösteren Günkırı tandır kili, aynı zamanda dağılma deneyine göre de bulanıklık göstermemiştir.



Şekil 8. Günkırı tandır kilinin iğne deliği deneyi sonuçları



**Şekil 9.** Günkırı tandır kilinin dağılma deneyi görüntüsü

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Bitlis'in Güroymak ilçesine bağlı Günkırı beldesinden alınan tandır kilinin kimyasal ve mineralojik bileşimi ile zemin indeks ve mühendislik özellikleri incelenmiştir.

Yapılan kimyasal analizlere göre Günkırı tandır kilindeki  $\text{SiO}_2$  içeriğinin yüksek oluşu, bu kildeki kuvars mineralinin varlığıyla ilişkilidir. Bu araştırmada incelenen tandır kilinde belirlenen kimyasal özellikler ve zemin indeks değerleri, Semiz (2018)'in bazı örneklerde bildirdiği sonuçlarla benzer bulunmuştur. Semiz (2018), incelediği kil örneklerinin bazılarında  $\text{K}_2\text{O}$  ile yüksek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriğinin illitin yüksek oranda belirlenmesine neden olduğunu bildirmiş, ayrıca yüksek kızdırma kayıplarının; kil mineralleri, hidroksitler ve organik maddelerin varlığı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Dane boyu analizleri sonucunda belirlenen ağırlıkça kil miktarı ve likit limit değerlerinden hesaplanarak belirlenen plastisite indisinden de zemine ait aktivite (AC) değerinin 0.788 olduğu ve ilgili zeminin normal aktiviteli kil sınıfına girdiği belirlenmiştir (Skempton, 1953). Özgül ağırlık değeri, hakim olan kil mineraline göre  $2.65\text{-}2.80 \text{ g/cm}^3$  arasında olmalıdır (Holtz ve Kovacs, 1981). Bu araştırmada killi zeminin özgül ağırlık değeri  $2.765 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiş olup, bu değer Holtz ve Kovacs (1981)'in bildirdikleri sınırlar içinde yer almıştır.

Kompaksiyon değerleri, dane boyu dağılımı ve kıvam limit değerleri değerlendirildiğinde bu araştırmada incelenen kilin, Devlet Su İşleri'nin Dolgu İşleri Teknik Şartnamesi (DSİ, 2007)'ne göre geçirimsiz çekirdek inşaatı için kullanılacak malzeme özelliklerini sağladığı görülmektedir.

Bu araştırmada yapılan permeabilite deneyine göre, örneklerden 20 gün boyunca su geçişi gözlenmemiş ve bundan dolayı deney sonlandırılarak Günkırı tandır kilinin teorik olarak geçirimsiz olduğu kabul edilmiştir. Aynı zamanda mühendislik kullanım tablosunda (Bell, 2004) bulunan zemin sınıflarına göre de bu kilin sıkıştırıldığında geçirimsiz bir özellik sergilediği görülmektedir. Aynı tabloya göre bu kil iyi sıkıştırıldığında ve doyunken kayma dayanımları ve sıkışabilirlik bakımından orta



seviyede, çekirdek malzemesi olarak kullanılabilirliği ise 3. seviyededir. İğne deliği ve dağılma deneylerine göre de bu kilin dispersif olmadığı değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; kimyasal ve mineralojik bileşimi ile zemin indeks ve mühendislik özelliklerine göre bu araştırmada incelenen Günkırı tandır kilinin mühendislik uygulamalarında kullanılabilir bir inşaat malzemesi olabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca dispersif özellik göstermeyen bu kilin bölgede yapılabilecek saha çalışmalarında güvenli bir şekilde kullanılabilmesi, sektöre yeni kullanım alanları kazandırabileceği ve bölgenin ekonomik olarak kalkınmasına olumlu katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Günkırı tandır kilinin bölgede önemli bir pazara sahip olan çanak, çömlek ve tandır imalatının kullanılmasının yanında inşaat uygulamalarında da kullanılabilirliğinin yaygınlaşması, ilgili kuruluşların sunacağı maddi imkanlar ve destekleyeceği projelerle mümkün olabilecektir.

### **Teşekkür**

Günkırı tandır kilinin bölgeden alınması ve taşınması sırasında yardımcı olan İnşaat Teknikeri Sıddık BAHUR ve Kutbettin VURAL'a teşekkür ederiz. Bu çalışma kongrede özet olarak yayımlanmıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

### **Kaynakça**

American Society for Testing and Materials. (2017)., *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, (ASTM D2487-17e1). [www.astm.org](http://www.astm.org)

Bell, F. G. (2004). *Engineering geology and construction*. Spon.

Clauer, N., and Chaudhuri, S. (1995). *Clays in Crustal Environments: Isotope Dating and Tracing*. Springer Berlin, Heidelberg.

Devlet Su İşleri, D.S.İ. (2007). *Devlet Su İşleri Dolgu İşleri Teknik Şartnamesi\_R00\_20061110* [https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/740/1088/DosyaGaleri/dolgu-i%20C5%9Fleri-teknik-%20C5%9Fartnamesi\\_r00\\_20061110.pdf](https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/740/1088/DosyaGaleri/dolgu-i%20C5%9Fleri-teknik-%20C5%9Fartnamesi_r00_20061110.pdf) Erişilme tarihi:27.10.2021

Holtz, R. D., ve Kovacs, W. D. (1981). *An introduction to geotechnical engineering. Prentice\_Hall civil engineering and engineering mechanics series*. Prentice-Hall.

Mitchell, J. K., ve Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (3<sup>rd</sup> ed.). Wiley.

Murray, H. H. (2007). Applied clay mineralogy: Occurrences, processing and applications of kaolins, bentonites, palygorskite-sepiolite, and common clays / Haydn H. Murray. *Developments in clay science: Vol. 2*. Elsevier. <http://www.elsevier.com/journals/BLDSS>

Semiz, B. (2018). Pamukkale (Denizli) bölgesi killerin karakteristik özellikleri ve seramik sektöründe kullanılabilirlikleri. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(6), 1237–1244. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.77853>

Skempton, A. W. (1953). The Colloidal "Activity" of Clays. In *Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Symposium* conducted at the meeting of Organizing Committee ICOSOMEF, Zurich.

Türk Standartları Enstitüsü. (2006) *İnşaat mühendisliği zemin laboratuvar deneyleri Bölüm 2: Fiziksel özelliklerin tayini* (TS 1900-1, 2006) [Standard Detayı \(tse.org.tr\)](http://www.tse.org.tr)

Türk Standartları Enstitüsü. (2007) *İnşaat mühendisliği zemin laboratuvar deneyleri Bölüm 2: Mekanik özelliklerin tayini* (TS 1900-2/T1, 2007) [Standard Detayı \(tse.org.tr\)](http://tse.org.tr)

Türk Standartları Enstitüsü. (2016) *Geoteknik etüt ve deneyler Zemin laboratuvar deneyleri Bölüm 3: Tane yoğunluğunun belirlenmesi* (TS EN ISO 17892-3, 2016) [Standard Detayı \(tse.org.tr\)](http://tse.org.tr)

Türk Standartları Enstitüsü. (2016) *Geoteknik etüt ve deneyler Bölüm 4: Tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi* (TS EN ISO 17892-4, 2016) [Standard Detayı \(tse.org.tr\)](http://tse.org.tr)

Uzuner, B. A. (2005). *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği* (6<sup>th</sup> ed.). Derya Kitabevi.

Velde, B. (1995). Geology of Clays. In B. Velde (Ed.), *Origin and Mineralogy of Clays* (pp. 1–7). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-12648-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-12648-6_1)

Zorluer, İ. (2020). *Dispersif Killer* (1<sup>st</sup> ed.). Nobel Bilimsel Eserler.