

Rahmanlar Aglomerası'na (Yağcılı/Manisa) ait ince taneli malzemelerin jeoteknik özellikleri ve düzenli katı atık sahalarında kullanılabilirliği

Ali Kamil YÜKSEL^{1,*}, Ahmet ÇONA²

¹Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir

²TOKİ Yeni Mahalle 1. Etap, B 6.Blok D:8, Balıkesir

Özet

Düzenli bir katı atık depolama alanı için depolama tabanını oluşturacak alt ve üst geçirimsizlik tabakasının permeabilite değeri 1×10^{-8} m/sn veya bu değerden daha küçük olmalıdır. Bu amaçla Manisa–Yağcılı köyü ince taneli zeminlerinde permeabilite deneyleri uygulanmıştır. Burada amaç, güvenli geçirimsizliği sağlamak ve atık suların yer altı sularına karışmasını önlemektir. Yağcılı numunelerinin plastisite indisleri ve likit limitleri yüksek değerlerle temsil edilmektedir. Elde edilen likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre numuneler, plastisite kartında “MH” yani yüksek plastisiteli silt olarak belirlenmiştir. Çağış köyü numuneleri % 12 kum, % 69 silt ve % 19 kil tane boyutlu malzemelerden oluşmaktadır. Ayrıca geçirgenlik katsayısı çizelgesinde numuneler “pratik olarak geçirimsiz” olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katı atıklar, jeoteknik özellikler, yer altı suları, geçirgenlik.

Geotechnical features and evaluation of usage in sanitary landfills of fine graded soils of Rahmanlar Aglomera (Yağcılı/Manisa)

Abstract

Permeability value of lower and upper layers forming storage floor should be 1×10^{-8} m/sn or less than for a sanitary solid waste landfill. For this aim, permeability tests were done on Manisa–Yağcılı village fine graded soils for the purpose comparing the usage in solid waste landfills. The main goal in here is gaining safe permeability conditions and preventing mixing of waste waters to ground waters. Yağcılı samples represent with high plasticity index and liquid limit. Samples are “MH” that is to say high plasticity silt on plasticity chart according to their liquid limit and plasticity index

* Ali Kamil YÜKSEL, akyuksel@balikesir.edu.tr (0266 6121194).

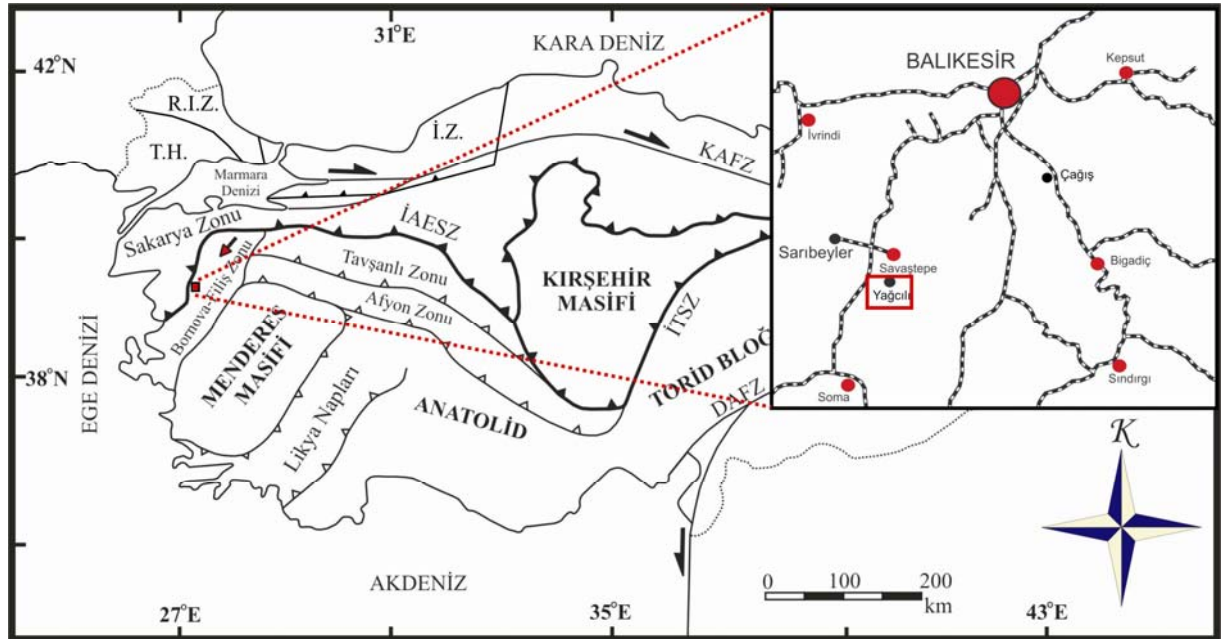
value. Yağcılı village samples consist of on average 12 % sand, 69 % silt and 19 % clay grain size materials. Yağcılı samples were determined as “practically impervious” on the coefficient permeability table.

Keywords: Solid wastes, geotechnical properties, ground waters, permeability.

1. Giriş

Depolanan katı atıkların sahip olduğu su içeriğine, depolama alanına gelen yağış suları da eklendiğinde kirlilik değeri yüksek, önemli miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Bu atık suyun yer altı suyuna ve çevreye zarar vermemesi için kontrol altına almak amacıyla depolama alanı tabanında bir sızdırmazlık tabakası oluşturulmaktadır. Doğal geçirimsiz malzeme olarak killer ekonomikliği ve teminindeki kolaylığı nedeniyle öncelikle tercih edilmektedir. Bu amaçla doğal geçirimsiz malzeme olarak Yağcılı köyü ince taneli malzemelerinin katı atık sahalarında kullanılabilirliği bu çalışma kapsamında araştırılmıştır (Şekil 1).

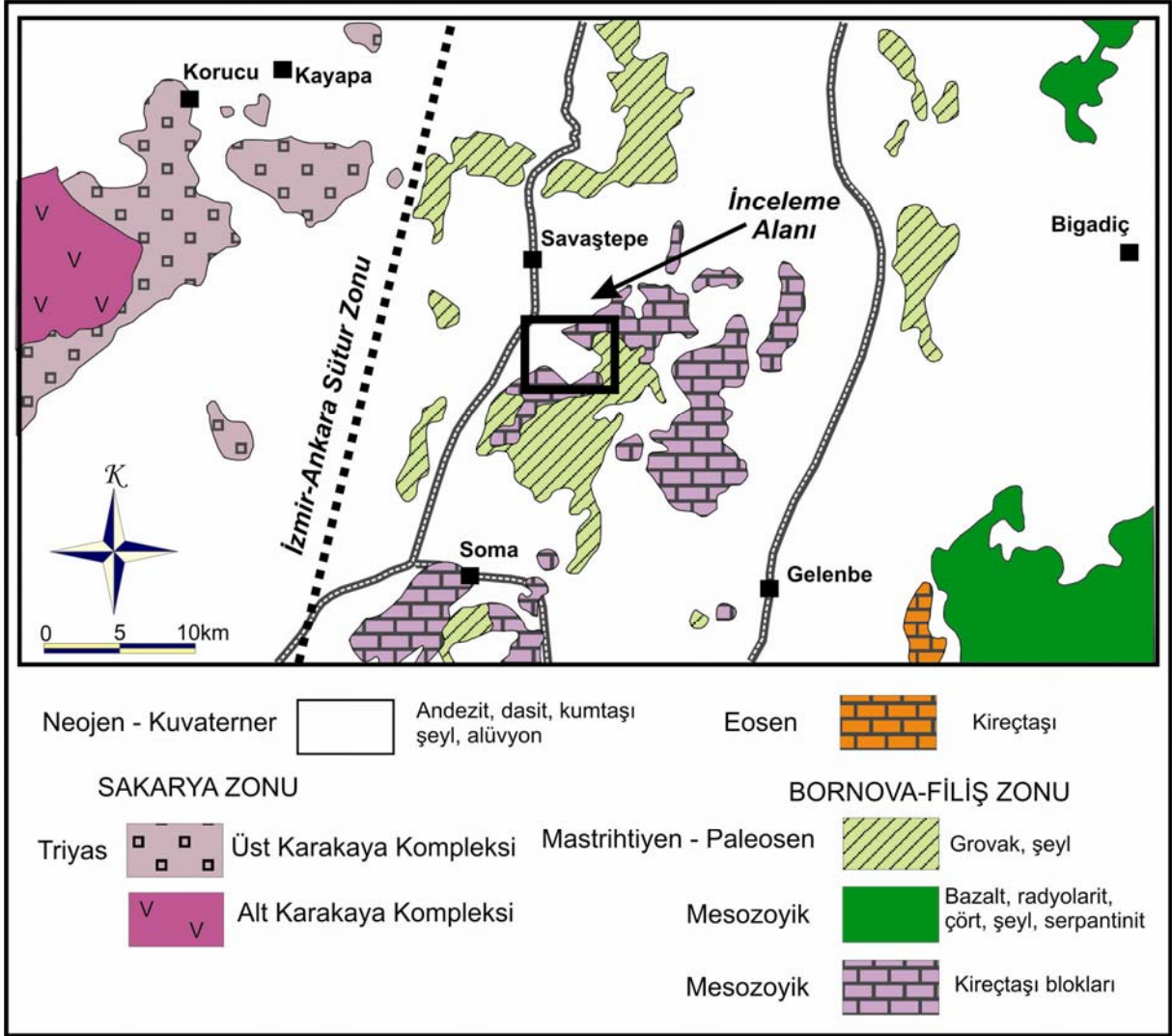
Düzenli katı atık sahalarındaki geçirimsiz kil tabakaları 30 cm’lik sıkıştırılmış katmanlar şeklinde döşenir. Sıkıştırılmış olan kil tabakasının geçirimsizlik katsayısı, Çevre Bakanlığı’nın ilgili çevre yasasında maksimum 1×10^{-8} m/sn olması öngörülmektedir [1]. Bu kapsamda Yağcılı köyü numuneleri üzerinde bir takım permeabilite deneyi yapılmış ve istenilen geçirimsizlik katsayısı değeri ve jeoteknik özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu; İTSZ: İç Torid Sütur Zonu; İ.Z.: İstanbul Zonu; İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu; T.H.: Trakya Havzası; RIZ: Rodop Istranca Zonu) [2].

2. Stratigrafi

İnceleme alanının yer aldığı Savaştepe (Balıkesir) – Soma (Manisa) arasında İzmir-Ankara Sütur Zonu doğuda Torid ve batıda Pontid birimlerini ayırmaktadır. İnceleme alanının batısında yer alan Pontidler, Sakarya Zonu'nun Jura öncesi kayaçlarından, doğuda yer alan Toridler ise grovak ve şeyllerden oluşan fliş içerisinde Mesozoyik yaşlı büyük kireçtaşı bloklarından ve ultramafik kayaçlardan oluşmaktadır. Alt-Orta Eosen yaşlı Başlamış Formasyonu, Bornova Fliş Zonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Neojen yaşlı volkanoklastik ve sedimanter kayaçlar kendilerinden daha yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanının içerisinde yer aldığı Savaştepe-Soma arasının jeoloji haritası [3]

2.1. Karakaya kompleksi

İlk kez Bingöl vd. (1975) tarafından adlandırılan Karakaya Kompleksi şiddetlice deforme olmuş, kısmen metamorfizma geçirmiş Permiyen ve Triyas yaşta klastik ve volkanik kayaçlardan oluşmaktadır [4]. Karakaya Kompleksi iki bölüme ayrılmaktadır. Yapısal ve muhtemelen stratigrafik olarak altta yer alan Alt Karakaya Kompleksi, Paleozoyik sonu veya Triyas'ta yeşilist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş

mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur [5]. Üst Karakaya Kompleksi ise kuvvetlice deforme olmuş Permiyen veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluşmaktadır. Ayrıca birim içerisinde çok sayıda Karbonifer ve Permiyen yaşta ortama yabancı kireçtaşı blokları yer almaktadır [5]. Karakaya Kompleksi'nin çökme ortamını ve tektonik gelişimini izah eden iki model bulunmaktadır. Bunlardan rift modeli ilk olarak Bingöl vd. (1975) tarafından önerilmiş, Yılmaz (1981), Şengör ve Yılmaz (1981), Şengör vd. (1984), Şengör (1984), Koçyiğit (1987), Genç ve Yılmaz (1995) ve Göncüoğlu vd. (2000) tarafından ise aynı model geliştirilmiştir [4,6-12]. Rift modelinde, Karakaya Kompleksi kayaları Geç Permiyen yaşında bir riftte oluşmuş, bu rift daha sonra okyanusal bir kenar denize dönüşmüş ve en Geç Triyas'ta kapanmıştır. Bir diğer model olan dalma-batma-eklenme modeli ise ilk kez Tekeli (1981) tarafından önerilmiş, Pickett vd. (1995), Pickett ve Robertson (1996) ve Okay (2000) tarafından aynı model geliştirilmiştir [13-16]. Dalma-batma-eklenme modeline göre ise Karakaya Kompleksi, Paleo-Tetis'in Triyas'ta kuzeye Lavrasya aktif kıta kenarı boyunca dalma-batması ile oluşmuş bir eklenir prizmayı temsil etmektedir.

2.2. Bornova fliş zonu

İlk kez Brinkmann (1971) tarafından tanımlanmış olan bu zon İzmir-Ankara Sütur Zonu ile Menderes Masifi arasında yer alan karmaşık kayalardan oluşmaktadır [17]. Erdoğan (1990) İzmir-Bornova civarında yaptığı incelemelerde bu birime Bornova Karmaşığı adını vermiştir [18]. Bornova Fliş Zonu Matrihtiyen-Daniyen yaşında ve fliş fasiyesinde bir matriks ve bu matriks içerisinde yer alan boyları 20 km'yi geçen neritik kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır [3,19-21]. Erdoğan ve Güngör (1992) matriks ile sarılmış bu kireçtaşı bloklarının Triyas'tan Kampaniyen'e kadar değişik yaşlar verdiğine değinmişlerdir [19]. Orta-kalın tabakalı, çok kırıklı ve boşluklu, yer yer çok kolay ayrışabilme özelliğindedir. Bornova Fliş Zonu'nun matriksini egemen olarak grovaklar ve seyrek şeyller oluşturur. Arazi çalışmalarında tabakalanma gözlenmeyen grovaklar genelde açık kahverengi, gri ve sarımsı renkte ve bol kırıklıdır. Şeyller ise bu grovaklar arasında yer yer ara seviye şeklinde gözlenmektedir. Fliş içinde blok olarak yer alan Mesozoyik kireçtaşları ise masif, rekristalize ve genelde dolomitiktir. Fliş içerisindeki ultramafik kayalar ise inceleme alanının kuzeydoğusunda ve güneybatısında mostra vermektedir. Bu mostralarda gözlenen ultramafik kayalar yer yer serpantinleşmiştir ve genelde harzburjitten oluşmaktadır.

2.3. Başlamış formasyonu

İlk kez Akdeniz (1980) tarafından tanımlanmış olan formasyon başlıca gri, kahverengi ve beyazımsı renk tonlarında, orta-kalın tabakalı marn-kireçtaşı-kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşmaktadır [22]. Bornova Flişine ait kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak çökelen bu birimin en iyi gözleendiği yer Gelenbe doğusu ve inceleme alanının dışında Akhisar-Sındırgı karayolu üzerinde bulunan Başlamış Köyü ve çevresidir. Tabanda ofiyolit çakıllarından oluşan bir çakıltaşı ile başlayan formasyon üste doğru kumtaşı, marn ve kireçtaşına geçiş yapar. Okay ve Siyako (1993) formasyondan aldıkları örneklerde Erken-Orta Eosen yaşları veren fosiller tespit etmiş, Akdeniz (1980) ise formasyonun alt kesimlerinde İlerdiyen-Kuveziyen, üst kesimlerinde ise Lütesiye yaşlarını veren fosiller tespit etmiştir [20, 22].

2.4. Rahmanlar aglomerası

İnceleme alanının kuzeydoğusunda ve güneydoğusunda yayılım gösteren birimlerdir. Rahmanlar aglomerası, genellikle yuvarlak ve yarı köşeli, çoğunluğu andezit çakıl ve bloklarının tuf ile tutturulmasından oluşur. Aglomeraların arasında kalın tufit ve ince

silttaşı tabakaları da gözlenebilmektedir. Bu tüfit seviyesi ise yer yer kaolenleşmiştir. Rahmanlar Aglomerası, inceleme alanında doğrudan Bornova Flişi üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Aralarında bulunan tüfit ve silttaşı, aglomeraların sedimentasyonu anında ortama geldiklerini ve birlikte çökdiklerini göstermektedir. Bu çalışmada, düzenli katı atık sahalarında kullanılacak geçirimsiz malzeme olarak kaolenleşmiş bu tüfitlerden yararlanılmıştır.

2.5. Savaştepe formasyonu

Konglomera, kiltası, marn ve tüfit aralanmalı birim Savaştepe Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, Soma–Savaştepe karayolu üzerinde izlenilmektedir. Marn, kiltası, tüfit, konglomera aralanmasından oluşmuştur. Konglomeralar, alttaki birimlerin çeşitli boyuttaki çakıllarını kapsamaktadır. Savaştepe Formasyonu, Bornova Fliş’ine ait birimler üzerine diskordan olarak gelmektedir. Üstte ise alüvyon ile örtülüdür. Yaklaşık 250 metre kalınlık gösteren Savaştepe Formasyonu, Savaştepe–Soma arasında geniş bir yayılım gösterir. Kadıncık ile Beyce köyü arasındaki marnlardan araştırmacılar tarafından elde edilen fosile göre birimin yaşı Pleyistosen olarak kabul edilmiştir [23].

2.6. Alüvyon

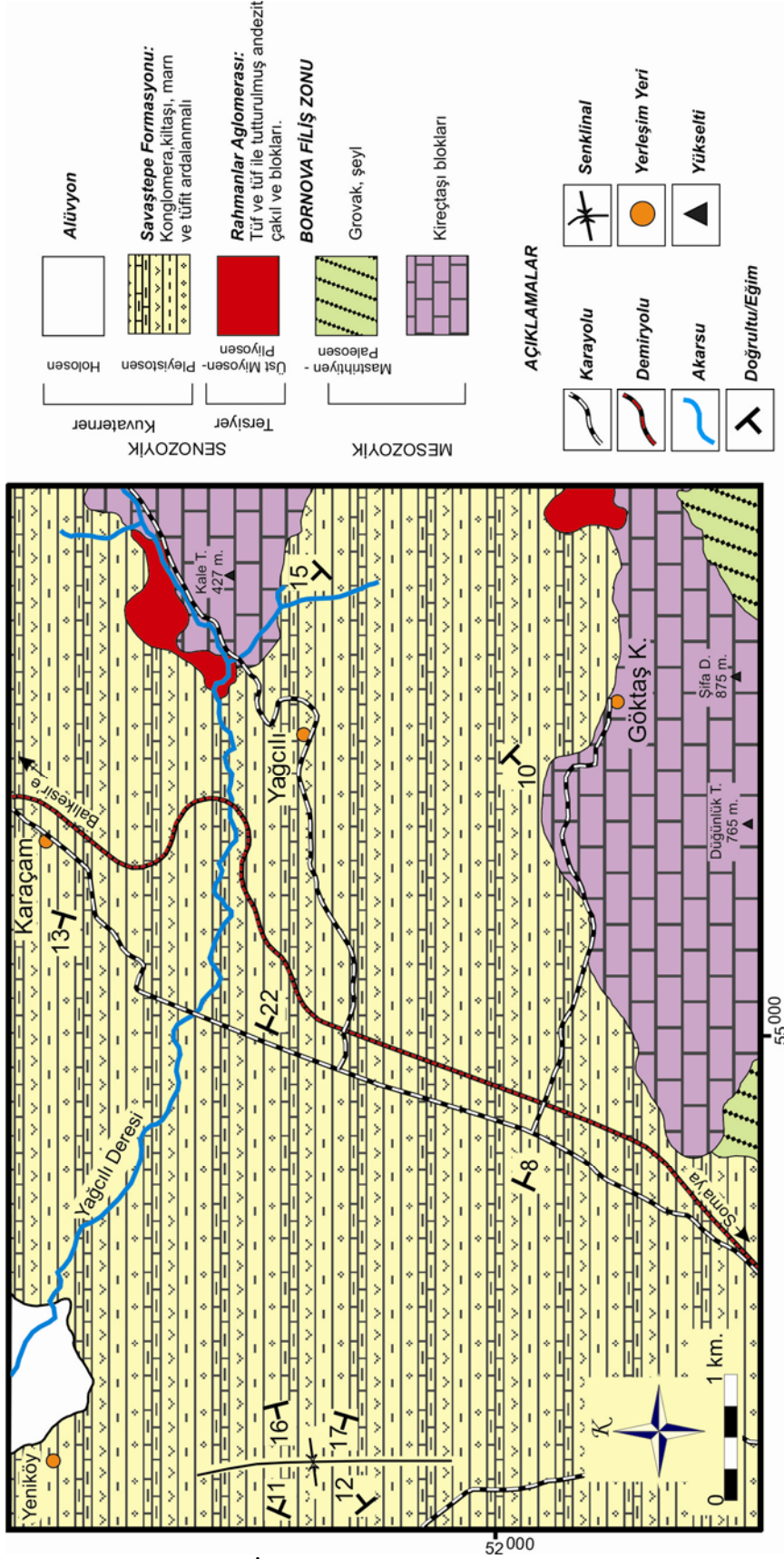
İnceleme alanının kuzeybatısında ve ayrıca küçük akarsular çevresinde dar şeritler boyunca yüzeyler.

3. Jeoteknik Özellikler

Yağcılı Köyü (Manisa) ve çevresinde mostra veren Rahmanlar Aglomerası’na ait kaolenleşmiş ince taneli zeminlerin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla araziden örselenmiş ve örselenmemiş numune alınarak laboratuarda, indeks, Atterberg, elek, kompaksiyon, permeabilite ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Örselenmemiş numuneler Shelby tüpleri ile hidrolik baskıyla alınmıştır. Laboratuarda yapılan tüm deneyler için TS 1901’e göre numune alınmış, TS 1900 ve TS 2028’e göre deneyleri yapılmış, TS 1500’e göre tanımlamaları yapılmıştır [24-27].

Laboratuar deneyleri sonucunda elde edilen fiziksel özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir. Numunelerin tane çapı dağılımlarının belirlenmesi için yıkamalı elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanına ait numunelerinin çakıl, kum, silt ve kil tane çapı bileşenlerinin ağırlıkça yüzdeleri ortalama olarak % 12 Kum, % 69 Silt ve % 19 Kil tane boyundaki malzemelerden oluşmaktadır.

İnce taneli zeminlerin mühendislik davranışları büyük ölçüde içerdikleri su miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İçindeki su miktarı arttırılınca killi bir zeminin kıvamı katı durumdan viskoz bir sıvı kıvamına kadar değişebilir. Buna bağlı olarak, zeminin mukavemeti, yük altında şekil değiştirmesi ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde farklılıklar meydana gelmektedir [28]. Killerin kıvamında su içeriğine bağlı olarak meydana gelen değişimleri deneysel olarak saptayabilmek için kıvam limitleri tanımlanmıştır. Yağcılı numunelerinin kıvam limitlerini belirlemek amacıyla numuneler üzerinde TSE 1900’a göre laboratuar deneyleri yapılmıştır (Tablo 2) [25].



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası

Kıvam limitlerinden likit limit ve plastisite indeksi değerleri kullanılarak, örnekler birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmışlardır. On adet numune

üzerinde yapılan deneylerden, plastisite kartındaki dağılımları incelendiğinde tüm örneklerin A doğrusunun altında kalarak zemin sınıfının MH (yüksek plastisiteli silt) grubunda yer aldığı görülmüştür (Şekil 4). Ayrıca Yağcılı Köyü numuneleri Burmister (1951) ve Leonards (1962) plastisite indeksine dayalı sınıflandırmaları yapılmıştır [29,30]. Burmister (1951) sınıflamasına göre numuneler “yüksek plastisiteli – çok yüksek plastisiteli” zemin olarak tanımlanmıştır [29]. Leonards (1962) plastisite indeksi sınıflamasına göre ise “plastik-çok plastik” zemin olarak belirlenmiştir [30].

Tablo 1. İnceleme alanından alınan numunelerin fiziksel özellikleri.

ÖZELLİKLER	DEĞİŞİM ARALIĞI		
	En Yüksek	En Düşük	Aritmetik Ortalama
<i>Doğal Birim Hacim Ağırlığı</i> γ_n (kN/m ³)	18,15	17,22	17,68
<i>Kuru Birim Hacim Ağırlığı</i> γ_k (kN/m ³)	13,31	12,10	12,63
<i>Doygun Birim Hacim Ağırlığı</i> γ_d (kN/m ³)	18,20	17,32	17,76
<i>Tane Özgül Ağırlığı</i> G_s	26,10	25,37	25,67
<i>Doğal Su İçeriği</i> ω_n (%)	49,64	41,92	44,62
<i>Tabi Boşluk Oranı</i> e (%)	1,09	0,95	1,032
<i>Tabi Porozite</i> n (%)	0,52	0,49	0,5073

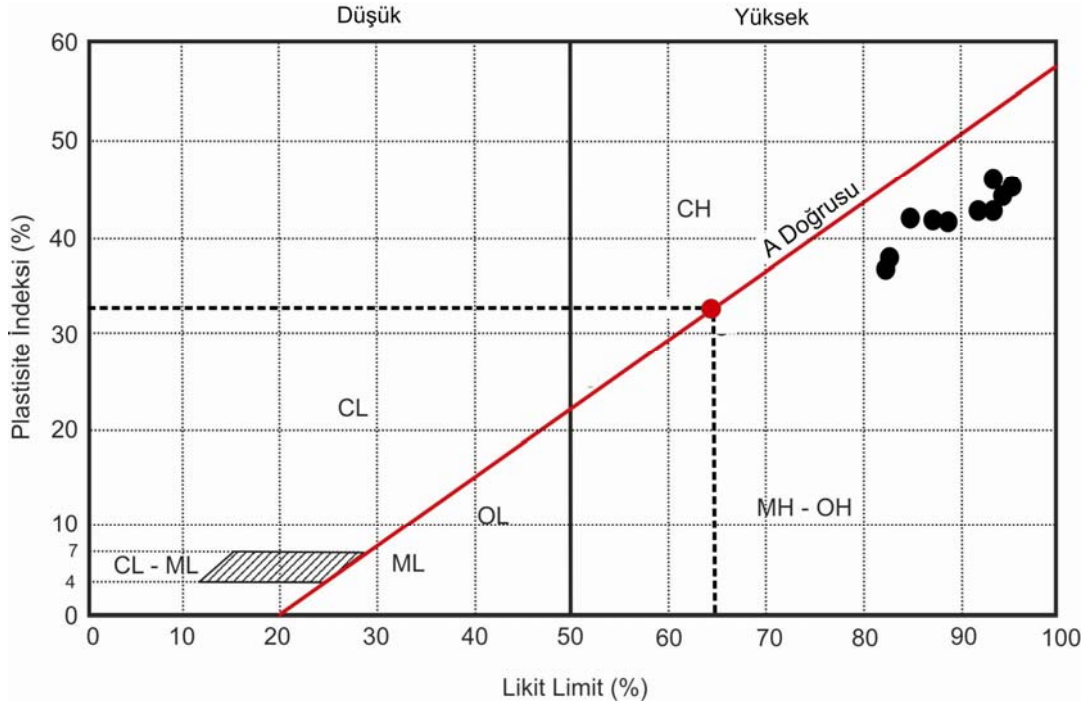
Tablo 2. İnceleme alanındaki numunelerin kıvam limitleri ve plastisite indeksi değerleri.

Kıvam limitleri	Değişim aralığı		Ortalama
	En Düşük	En Yüksek	
<i>Likit limit (LL)</i>	83,22	96,00	89,89
<i>Plastik limit (PL)</i>	44,71	51,46	47,73
<i>Plastisite indeksi (PI)</i>	38,35	44,54	42,15
<i>Kıvamlılık indeksi (I_c)</i>	1,04	1,10	1,07
<i>Aktivite (A)</i>	1,62	3,33	2,33
<i>Likitlik indeksi (I_L)</i>	-0,10	-0,04	-0,07

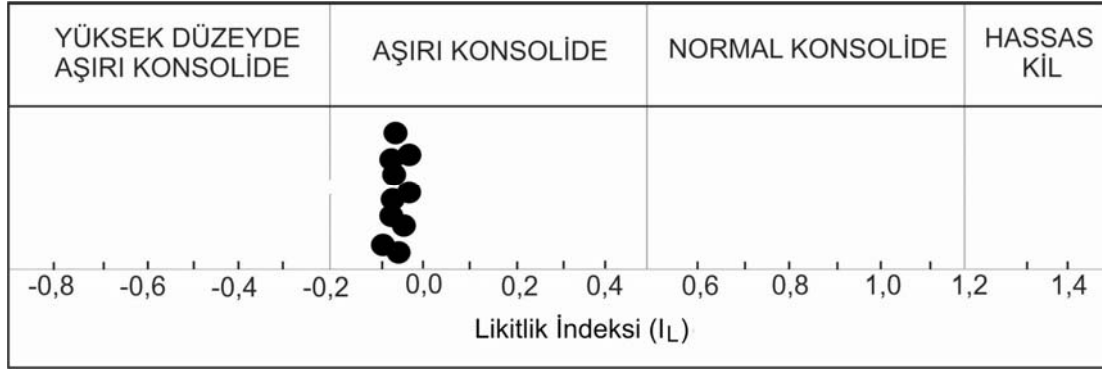
Aktivite, plastisite indisinin zeminin 0,002 mm çapına karşılık gelen geçen yüzdesine oranı olarak tanımlanır [31]. Örneklerin aktivite sınıflaması, Gillot’a (1987) göre yapılmıştır [32]. Yağcılı numunelerinin aktivite değeri $A=2,33 > 1,25$ olduğu için aktif kil olarak tanımlanır.

Likitlik indeksi, bir zeminin doğal su içeriği ile plastik limiti arasındaki farkın plastisite indeksine oranıdır ve I_L ile gösterilir. İnce taneli zeminlerde likitlik indeksi, konsolidasyon derecesi hakkında da bir bilgi verebilmektedir. Bu doğrultuda Yağcılı numunelerinin Reminger ve Rutledge (1952); Means ve Parcher (1963) likitlik indeksine göre sınıflandırması yapılmıştır (Şekil 5) [33,34]. Yapılan konsolidasyon

deneylerine göre likitlik indeksi -0,04 ile -0,1 arasında olup numunelerin aşırı konsolide olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. Yağcılı Köyü numunelerinin plastisite kartı üzerindeki dağılımları.



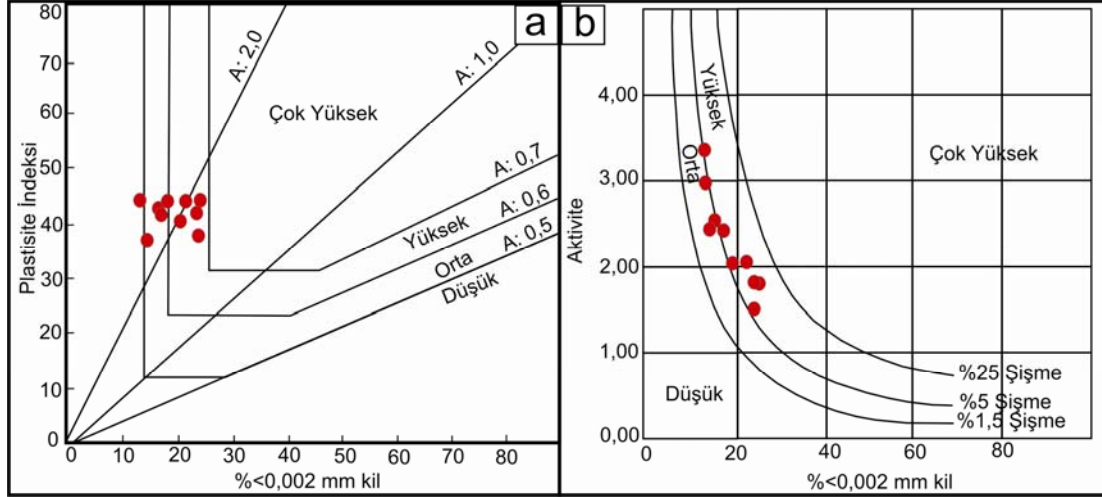
Şekil 5. Yağcılı Köyü numunelerinin likitlik indeksine göre sınıflaması [33,34].

Baraj inşaatı, havaalanı inşaatları ve katı atık sahaları gibi önemli yapılarda kullanılacak killi toprakların bünyelerine su almaları durumunda şişme davranışlarını önceden tahmin edebilmek için şişme potansiyeli bakımından değerlendirilmesinde büyük yarar vardır. Van der Merve (1964) ve Ulusay'a (2001) göre Yağcılı numuneleri "orta - yüksek şişme potansiyelli" topraklar olarak tanımlanmışlardır (Şekil 6) [35,36].

2872 sayılı çevre yasasının ilgili katı atık depolama yeri yönetmeliklerinde, mineral sızdırmazlık kil tabakasının kalınlığı, sıkıştırılmış olarak evsel katı atık depolama tesisinde 60 cm, tıbbi ve tehlikeli katı atık depolama tesislerinde ise 90 cm dir. Bu tabakalar en çok 30 cm'lik tabakalar halinde sıkıştırılarak döşenmektedir [1].

Sıkıştırma işlemi sonucunda zeminin [37]:

- Kayma direnci yükselir
- Sıkışabilirliği azalır
- Geçirimsizliği azalır
- Şişme – büzülme davranışı kontrol altına alınabilir
- Aşınabilirliği azalır veya gecikir
- Sıvılaşma yeteneği kaybolabilir
- Dondan aşırı etkilenmez



Şekil 6. Numunelerin a) Van Der MERWE (1964) ve b) Ulusay'ın (2001) şişme potansiyeli abakları üzerindeki dağılımları [35,36]

Yağcılı Köyü numuneleri üzerinde laboratuvar, standart proktor kompaksiyon deneyleri yapılmış ve numunelerin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ($\gamma_{k \text{ maks}}$) ve buna karşılık gelen optimum su içerikleri (ω_{opt}) belirlenmiştir. Sonuç olarak ortalama maksimum kuru yoğunluk ve ortalama optimum su içeriği değerleri $14,70 \text{ kN/m}^3$ ve % 26 olarak belirlenmiştir.

Düzenli katı atık depolama yapılacak sahada kullanılacak geçirimsiz malzemenin uygun olup olmadığını belirlemeye yarayacak en önemli özelliklerden biri de zeminin geçirimsizliğidir. İstenilen kompaksiyon derecesinde sıkıştırılmış olan kil tabakasının geçirimsizlik katsayısının maksimum $1 \times 10^{-8} \text{ m/sn}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ cm/sn}$) olması öngörülmektedir [1]. Yönetmeliklerdeki geçirimsizlik değerlerinin sağlanması ile katı atık sahalarındaki çöp sızıntı sularının yeraltı ve yüzey sularına karışması engellenmiş olmaktadır.

Yağcılı numunelerinin geçirimsizlik (permeabilite) özelliğini belirlemek amacıyla çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde maksimum kuru birim hacim ağırlığında ve optimum su içeriğinde laboratuvar düşük seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre numunelerin en düşük permeabilite değeri $1,0 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$, en yüksek $1,1 \times 10^{-7} \text{ cm/sn}$ ve ortalama permeabilite değeri $5,6 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$ olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak Yağcılı Köyü ve çevresinde yüzlekler veren Rahmanlar Aglomerasyonu'na ait ince taneli kaolenleşmiş malzemelerin Çevre Bakanlığı'nın Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre düzenli katı atık sahalarında kullanılması uygundur [1]. Ayrıca Gillot (1987) zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesine göre bu numuneler pratik olarak geçirimsiz kabul edilebilir (Şekil 7) [32].

Numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneyleri sonucu elde edilen verilere göre de en düşük $2,19 \text{ kg/cm}^2$, en yüksek $2,65 \text{ kg/cm}^2$ ve ortalama $2,32 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Kohezyon (c) değerleri ise en düşük 1,09, en yüksek 1,32 ve ortalama olarak 1,22 değerleri belirlenmiştir. Kohezyonlu zeminler, serbest basınç mukavemetine göre sınıflandırılabilirler. Buna göre Çağış numuneleri Ulusay (2001) ve Uzuner (1996) sınıflandırmasında “sert zemin” özelliği göstermektedir [31,36].

k (cm/sn)	Geçirgenlik Katsayısı										
	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Drenaj Özelliği	Çok İyi Drenaj		İyi Drenaj			Zayıf Drenaj		Pratik Olarak Geçirimsiz			

Şekil 7. Zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesi [32].

4. Sonuçlar

Elde edilen veriler sonucunda Yağcılı köyü ve çevresinde yüzlekler veren Rahmanlar Aglomerası'na ait numunelerin ortalama tane özgül ağırlığı $25,67 \text{ kN/m}^3$ 'tür ve numuneler yine ortalama olarak % 12 kum, % 69 silt ve % 19 kil tane boyutlu malzemelerden oluşmaktadır. Numunelerin ortalama likit limit değeri % 89,89 ve plastik limit değeri % 47,73, bu değerlere göre plastisite indisi değeri yine ortalama % 42,15 olarak belirlenmiştir. Elde edilen likit limit ve plastisite indeksi değerlerine göre numuneler, plastisite kartında “MH” yani yüksek plastisiteli silt olarak belirlenmiştir.

Plastisite indeksine dayalı sınıflandırmaya göre “yüksek plastisiteli – çok yüksek plastisiteli” ve “plastik-çok plastik” malzeme olarak belirlenmiştir. Yapılan aktivite sınıflamasına göre numuneler aktif killer grubunda yer almaktadır.

Düşen seviyeli permeabilite deneyinden elde edilen değerler ortalama olarak $5,6 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$ olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre numuneler, Gillot (1987) geçirgenlik katsayısı çizelgesinde “pratik olarak geçirimsiz” olarak belirlenmiştir. Çevre Bakanlığı'nın 25.04.2002'de düzenlenen Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde düzenli katı atık sahalarda kullanılacak kil tabakasının maksimum geçirimsizlik katsayısı $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sn}$ olarak belirtilmiştir. Yağcılı köyü ve çevresinde yüzlekler veren Rahmanlar Aglomerası'na ait ince taneli malzemelerin bu değerleri sağlamasından dolayı, bu bölgeden sağlanacak malzemelerin düzenli katı atık sahalarda kullanılmasında bir sakınca olmadığı belirlenmiştir.

Van der Merve (1964) ve Ulusay'a (2001) göre Yağcılı numuneleri “orta - yüksek şişme potansiyelli” topraklar olarak tanımlanmışlardır. Yağcılı numunelerinde serbest basınç deneyleri yapılmış ve ortalama olarak $2,32 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Ulusay (2001) ve Uzuner'in (1996) serbest basınç mukavemetine göre sınıflandırma tablolarında kullanılmış ve buna göre numuneler “sert zemin” olarak belirlenmiştir.

İnce taneli zeminlerde likitlik indeksi konsolidasyon derecesi hakkında bilgi verebilmektedir. Bu doğrultuda Yağcılı numunelerinin likitlik indeksine göre sınıflandırması yapılmış ve “aşırı konsolide killer” grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Teşekkür

Çalışmanın arazi kısmında bana eşlik eden Onur TOPÇU ve Halil AKTUĞ'a ayrıca lojistik desteklerini esirgemeyen SÜD-CHEMİE ve ZEM-AR A.Ş. firmalarında çalışan görevlilere teşekkürü borç bilirim.

Kaynaklar

- [1]. T.C. Çevre Bakanlığı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış.
- [2]. Okay, A.I. ve Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey, In: Durand, B. Jolivet, L. Horvath, F. & Seranne, M. (eds), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen, **Geological Society**, London, Special Publications 156, 475-515, (1999).
- [3]. Okay, A.I. ve Altınar, D., A Condensed Mesozoic Succession North of İzmir: A Fragment of the Anatolide-Tauride Platform in the Bornova Flysch Zone, **Turkish Journal of Earth Sciences**, Vol. 16, pp. 257-279, (2007).
- [4]. Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri, **Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri**, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Yayınları, 70-77, (1975).
- [5]. Okay, A.I. ve Göncüoğlu, M.C., Karakaya Complex: a review of data and concepts, **Turkish Journal of Earth Sciences**, 13, 77-95, (2004).
- [6]. Yılmaz, Y., Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi, **İstanbul Yerbilimleri** 1, 33-52, (1981).
- [7]. Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach, **Tectonophysics**, 75, 181-241, (1981).
- [8]. Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O., Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Paleo-Tethys, In: Dixon, J.E. & Robertson, A.H.F. (eds), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. **Geological Society**, London, Special Publications 17, 77-112, (1984).
- [9]. Şengör, A.M.C., The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia, **Geological Society of America**, Special Paper 195, 82 pp., (1984).
- [10]. Koçyiğit, A., Hasanoğlu (Ankara) yöresinin tektono-stratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi, **Yerbilimleri**, 14, 269-294, (1987).
- [11]. Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., Evolution of the Triassic continental margin, northwest Anatolia, **Tectonophysics**, 243, 193-207, (1995).
- [12]. Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A. ve Uysal, Ş., A geotraverse across NW Turkey: tectonic units of the central Sakarya region and their tectonic evolution, In: Bozkurt, E., Winchester, J. & Piper, J.A. (eds), Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, **Geological Society**, London, Special Publications 173, 139-161, (2000).
- [13]. Tekeli, O., Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey, **Geology**, 9, 68-72, (1981).
- [14]. Pickett, E.A., Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., The Karakaya Complex, NW Turkey: A Palaeo-Tethyan accretionary complex, In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E. & Örçen, S. (eds), **Geology of the Black Sea Region**, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Ankara, Special Publication, 11-18, (1995).

- [15]. Pickett, E.A. ve Robertson, A.H.F., Formation of the Late Palaeozoic-Early Mesozoic Karakaya Complex and related ophiolites in NW Turkey by paleotethyan subduction-accretion, **Journal of the Geological Society**, London, 153, 995-1009, (1996).
- [16]. Okay, A.I., Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau?, In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.A.D. (eds), Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area, **Geological Society**, London, Special Publications 173, 25-41, (2000).
- [17]. Brinkmann, R., Jungpalaozoikum und alteres Mesozoikum in NW Anatolien, **Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Dergisi**, 76, 56-67, (1971).
- [18]. Erdoğan, B., İzmir-Ankara zonunun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi, TPJD Bülteni, 2/1, sayfa 1-20, (1990).
- [19]. Erdoğan, B. ve Güngör, T., Menderes Masifi'nin Kuzey Kanadının Stratigrafisi, **TPJD Bülteni**, c. 4/1, s. 9-34, (1992).
- [20]. Okay, A.I. ve Siyako, M., The new position of the İzmir-Ankara Neo-Tethyan suture between İzmir and Balıkesir, In: Turgut, S. (ed), Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and Surrounding Regions, **Proceedings of the Ozan Sungurlu Symposium**, Ankara, 333-355, (1993).
- [21]. Okay, A.I., İntek, İ., Altıner, D., Özkan-Altıner, S., Okay, N., An olistostrome-mélange belt formed along a major suture: Bornova Flysch Zone, western Turkey, **Tectonophysics**, 568-569, 282-295, (2012).
- [22]. Akdeniz, N., Başlamış Formasyonu, **Jeoloji Mühendisliği**, v. 10. s.39-47, (1980).
- [23]. Çona, A., Soma (Manisa)-Savaştepe-Sarıbeyler (Balıkesir) dolayının jeolojisi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (1999).
- [24]. TS 1901, İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri, **Türk Standartları**, Ankara, (1975).
- [25]. TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneylemleri, **Türk Standartları**, Ankara, (1987).
- [26]. TS 2028, Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini, **Türk Standartları**, Ankara, (1975).
- [27]. TS 1500, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin- Sınıflandırılması, **Türk Standartları**, Ankara, (2000).
- [28]. Özyayın, K., **Zemin Mekaniği**, 261, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2005).
- [29]. Burmister, D.M., Identification and classification of soil, An apprasial and statement of principles, ASTM STP 113, **Amer. Soc. For Test and Mat.**, Philadelphia, (1951).
- [30]. Leonards, G.A., (Editor), **Foundation Engineering**, 1139, Mc. Graw Hill Book Comp., (1962).
- [31]. Uzuner, A. B., **Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği**, Teknik yayınevi, Ankara, (1996).
- [32]. Gillot, E. J., **Clay in Engineering Geology**, 468, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, (1987).
- [33]. Reminger, J., ve Rutledge, P., Use of Soil Mechanics Data Correlation and Interpretation of Lake Agassiz Sediments, **J., Geol.** 60 (2), p. 180, (1952).
- [34]. Means, R. E., ve Parcher, J. W., **Physical Properties of Soils**, Oklahoma State University, Charles. E. Merrill Publishing Comp., (1963).
- [35]. Van Der Merwe, D. H., The Prediction of heave from the plasticity index and percentage clay friction of soils, **Civil Engineers in South Africa**, Vol. 6, No. 6 pp. 103 – 106, (1964).

- [36]. Ulusay, R., **Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler**, Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, no:38, Ankara, (2001).
- [37]. Alyanak, İ., İmançlı, G. ve Haldenbilen, S., Katı atık depolama yeri düzenlenmesinde geoteknik ve yasal kurallar–uygulama örnekleri, **Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi**, İstanbul, 281 – 292, (2004).