

Kırıkkale Katı Atık Deponi Alanı'nın Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi

Geological-Geotechnical Investigation of the Kırıkkale Solid Waste Landfill Area

Emre SAVAŞ¹, Mustafa KORKANÇ²

¹Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, NİĞDE

²Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, NİĞDE

ÖZ

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme, çevre sorunlarını oluşturan en önemli unsurlar olarak bilinmektedir. Ülkemizdeki önemli çevre sorunlarından biri de katı atıklardan kaynaklanan sorunlar olup, nüfus artışına koşut olarak üretilen çöp miktarı da artmaktadır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de düzenli deponi alanlarının gerekliliği, çevre ve insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma, alternatif alanlar arasından seçilen Kırıkkale ili Bedesten mevkiindeki eski kil ocaklarının bulunduğu alanın düzenli depolama alanı olarak değerlendirilebilmesi için yapılan ayrıntılı jeolojik ve hidrojeolojik araştırmaları kapsamaktadır. Bölgenin temel zeminini, İncik ve Kızılırmak formasyonları'na ait CL-CH zemin sınıfında yer alan birimler oluşturmaktadır. Katı atık düzenli deponi alanı olarak seçilen bölgenin eski bir kil ocağı olması, ek bir kazı maliyeti gerektirmemesi, temel zemininin nispeten geçirimsiz olması ve alanda sızıntı suyu drenajının kolaylıkla yapılabilmesi yer seçiminde belirleyici olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Düzenli depolama, Katı atık, Kırıkkale, Yer seçimi.

ABSTRACT

Rapid growth of population, urbanization and industrialization are known as the most important elements that constitute environmental problems. One of the most important environmental problems in our country is the problem originated from solid wastes, and also garbage amounts increases with the increasing population. The need for the landfill areas is important for the environment and human health in our country like in the developed countries. In this study, detailed geological and hydrogeological investigations were carried out to determine the solid waste landfill area in old clay mines in the city of Kırıkkale, Bedesten locality chosen from the alternative areas. The main lithology of the landfill area consists of CL-CH soils belonging to the İncik and Kızılırmak formations. The site is preferred because the selected landfill site is an old clay mine, practically impervious, easy to drain the leaking water and requires no extra excavation cost.

Key Words: Landfill, Solid waste, Kırıkkale, Site selection.

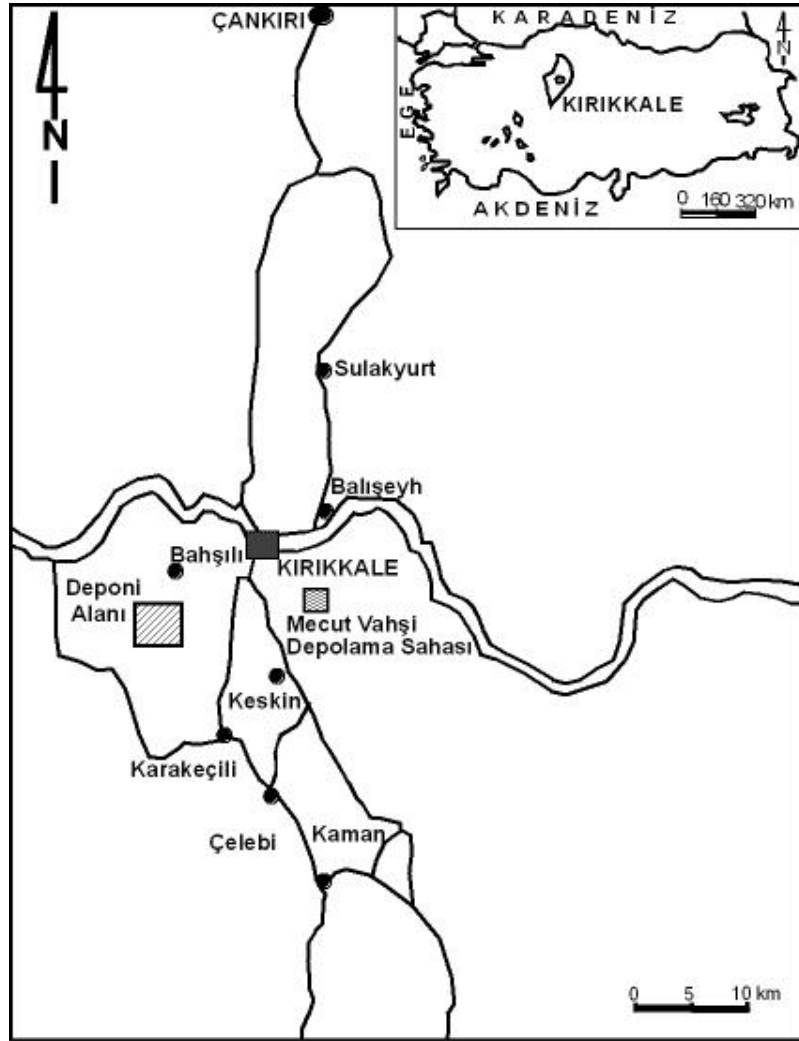
GİRİŞ

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde (KAKY) atık tanımları şu şekilde yapılmaktadır. **Katı atık:** Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu (iri katı atık, evsel katı atık, bu Yönetmelikte "katı atık" olarak anılmaktadır), **İri katı atık:** Buzdolabı, çamaşır makinesi, koltuk gibi evsel nitelikli eşyalardan oluşan ve kullanılmayacak durumda olan çoğunlukla iri hacimli atıkları, **Evsel katı atık (çöp):** Konutlardan atılan tehlikeli ve zararlı atık kavramına girmeyen, bahçe, park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıkları ifade etmektedir.

Son yıllarda katı atıklardan kaynaklanan sorunlar, ülkemizin önemli çevre sorunlarının başında gelmektedir. Hızlı nüfus artışına, kentleşmeye ve sanayi faaliyetlerine paralel olarak, kişi başına üretilen katı atık miktarı da artmaktadır. Bu artışın devam etmesi ve düzensiz katı atık döküm alanlarının sağlıklı olması nedeniyle, son yıllarda katı atıkların sağlıklı ve ekonomik bir biçimde uzaklaştırılması konusu, geçmiş yıllara nazaran daha da önem kazanmıştır (Yeşilnacar vd., 2005). Atıkların çevreye zararsız hale getirilmesinde ve deponi alanlarının seçiminde bölgenin jeolojik-hidrojeolojik özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir (Karagüzel ve Mutlutürk, 2005). Diğer önemli kriterler; taşıma mesafesi, yasal sınırlamalar ve yersel-çevresel faktörler, mevcut arazi potansiyeli ve arazi kullanımı, ulaşım, nüfus yoğunluğu, topografya ve zemin yapısı, iklim ve yüzey suyu hidrolojisidir (Tchobanoylus ve Kreith, 2002).

Bu çalışmada, Kırıkkale katı atık deponi alanı olarak seçilen eski kil ocaklarının bulunduğu Bahşili ilçesi Bedesten mevkii ve çevresinin jeolojik, hidrojeolojik ve temel zemininin mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Seçilen alan, Kırıkkale ili mücavir alan sınırları içerisinde ve şehrin güneybatısında yer almaktadır (Şekil 1). Katı atık deponi alanı için öngörülen alan, 285.575 m² olup, bunun 30.000 m²'lik kısmının sabit tesisler için kullanılması planlanmakta, sağlık koruma bandı ile birlikte toplam 580.107 m²'lik bir alanı kaplamaktadır. Seçilen alan, il merkezine yaklaşık 12 km mesafede ve en yakın yerleşim alanı olan Bahşili'ye 1034 m uzaklıkta olup, şehrin gelişim yönünün aksi istikametinde yer almaktadır (Şekil 1).

Araştırma kapsamında, deponi alanındaki temel zeminin jeoteknik özellikleri ile yeraltı suyu durumunun belirlenmesi amacıyla 5 noktada her biri 20 metre derinlikte toplam 100 metre araştırma sondajı yapılmıştır. Bu sondajlara ek olarak 5 farklı noktada her biri 15 metre derinlikte toplam 75 metre zemin sondajı daha yapılmış ve 2 noktada da sismik ölçümler alınmıştır. Bu sondajların açılması sırasında, temel zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla standart penetrasyon deneyleri (SPT) yapılmıştır. Sondaj kuyularından örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınmıştır. Zeminin geçirgenliğinin belirlenmesi amacıyla her sondaj kuyusunda 5 metrede bir basınçsız su (sızma) deneyi yapılmıştır. Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde, TS 1900-1 ve TS 1900-2 (2006) standartlarına uygun olarak doğal su içeriği, Atterberg limitleri, tane boyu dağılımı, birim hacim ağırlık, serbest basınç ve üç eksenli basınç direnci deneyleri yapılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of the study area

Yapılan bu çalışmalar sonucunda katı atık düzenli depolama alanı olarak öngörülen bölgenin jeolojik, hidrojeolojik ve diğer ölçütlere göre düzenli depolama alanı olabilmesi yönünden uygunluğu araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve uygunluk ölçütlerinin oluşturulması aşamasında, daha önce yapılmış çalışmalardan ve KAKY'den yararlanılmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 1991; Baran, 1995; Yeşilnacar, 2000; Amin, 2000; Şimşek, 2002;

Tchobanoylus ve Kreith, 2002; Mutlutürk ve Karagüzel, 2004; Karagüzel ve Mutlutürk, 2005; Yeşilnacar ve Çetin, 2005; Yeşilnacar vd., 2005; Tay, 2005; Türkmen ve Tağa, 2005; Akkurt, 2006; Tınmaz ve Demir, 2006; Nas ve Bayram, 2006; Bayram ve Nas, 2007; Karaca vd., 2007).

Deponi Alanının Çevresel Özellikleri ve Atık Öngörüsü

Kırıkkale'de üretilen katı atıklar, 7 km uzaklıkta Arpalık Tepesi olarak adlandırılan 4-5 hektarlık bir alanda düzensiz bir şekilde, vahşi depolama yoluyla uzaklaştırılmaktadır. En yakın yerleşim yerine uzaklığı 1200 m olan depolama sahası, 1981 yılından beri kullanılmaktadır. Bölgede düzensiz bir şekilde depolanan çöpler, tepeler oluşturmuştur. Mülkiyeti, Hazine Müsteşarlığı'na ait olan vahşi depolama sahasında, evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklar birlikte depolanmaktadır (Kayalak, 2007). Düzensiz depolama alanında çevre ve insan sağlığı açısından görülmesi beklenen tüm olumsuzluklar görülmeye başlanmıştır. Şehrin yüksek tepelerinden görülebilen bu alanda yaz aylarında sürekli çöplerin yandığı görülmektedir. Ayrıca, sahada başıboş hayvanlar da gezinmekte ve hiçbir önlem alınmamaktadır. Saha, çöp depolama alanı ile birlikte yaklaşık olarak 80 hektar büyüklüğündedir (Kayalak, 2007).

Kırıkkale İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından 2006 yılında hazırlanan Çevre Durum Raporu'nda 2004 yılı için günde 70-80 ton civarında katı atık tespiti yapılmıştır. İlin 2004 yılı merkez nüfusuna göre katı atık üretimi 0.4 kg/kişi-gün olarak tanımlanmıştır. Katı atık depolama sahası Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu'nda, hizmet edilen nüfusün 320.000 ve kişi başına atık üretiminin ortalama 0.88 kg/kişi-gün olduğu belirtilmiştir. Aynı raporda toplam atığın % 78'i evsel, % 20'si ticari ve kurumsal, % 2'sinin ise endüstriyel olduğu öngörülmüştür (MGS, 2006). Bu bilgiler ışığında Tchobanoglous ve Kreith (2002)'ye göre, çalışma alanı, katı atık türüne göre sınıflanan düzenli depolama tiplerinden "Tanımlanmış atıklar" (Depolama sınıfı II) sınıfına girmektedir.

Yer alternatifleri arasında ilk belirlenen alan, merkez ilçe sınırları içinde bulunan ve 1981 yılından beri çöp dökümü yapılan düzensiz çöp depolama alanının bitişiğindeki bölge olmuştur (Şekil 1). Bu alanın yerleşim merkezine uzaklığı yaklaşık 1200 m'dir. Söz konusu alternatif alan, bir tepenin üzerinde yer alması, kokunun kolaylıkla şehre ulaşma olasılığının bulunması, yamaç eğiminin yüksek olmasının yanı sıra depolama kapasitesinin de çok sınırlı olması nedeniyle KAKY'de belirtilen ölçütlere uygun değildir. Bu alanın yerine, merkez ilçeye 12 km mesafede yer alan Bahşılı ilçesi, Bedesten mevkiindeki eski kil ocaklarının bulunduğu alanın, katı atık düzenli deponi tesisine uygunluğu ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Yapılan arazi incelemelerinde, atık alanı olarak düşünülen bölgede ve yakın çevresinde yüzeysel su kaynağına rastlanmamıştır. Proje sahası ve yakın çevresinde hiçbir özel koruma alanı, milli park, sulak alan, tabiat koruma alanı, sit alanı, turizm alanı vs. yer almamaktadır.

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı ve yakın çevresinde en yaşlı birimi, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ardalması ile yer yer kireçtaşları ve andezit bloklarının gözlendiği Kasımağa formasyonu olarak adlandırılan birim oluşturmaktadır. Deponi alanı olarak düşünülen bölgede, İncik ve Kızılırmak formasyonlarına ait birimler yüzeylemektedir. Bölgede yer alan birimlerin jeolojik özelliklerine ait veriler aşağıda açıklanmıştır (Şekil 2).

Kasımağa Formasyonu

Bölgede gabro, bazalt, diyabaz, tüf, kırmızı renkli kireçtaşı, radyolarit ve çamurtaşı gibi kayalardan oluşan birim Ankara Melanjı'na

dahil edilmektedir. Söz konusu birim, Keskin'in güneydoğusunda Kasımağa Köyü civarında en iyi şekilde görüldüğü için Bilgin vd. (1986) tarafından Kasımağa formasyonu olarak adlandırılmıştır. Aynı birim, Baykal (1941) tarafından "serpantin radyolaritli seri", Ketin (1955) tarafından ise "Üst Kretase volkanik serisi" olarak adlandırılmıştır. Birim, alttan üste doğru siyah renkli bazalt, bazaltları besleyen diyabaz daykları ve siyahımsı-gri bazaltik tüf, spilit, çörtlü pelajik kireçtaşı, kumtaşı, kırmızı çamurtaşı araldanması ve bazaltlar içinde beyaz renkli holokristalen mermer bloklarından oluşmaktadır. Birimdeki litolojilerin tabaka kalınlıkları değişkenlik sunmakla birlikte, tüfler daha kalın, pelajik kireçtaşları ve kumtaşları ince-orta tabakalı, diyabaz daykları ise en çok 5 m kalınlık sunmaktadır (Bilgin vd., 1986).

Dizilitaşlar Formasyonu

Çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı araldanmasından ve bunlar içinde aynı yaşlı resifal kireçtaşı ve andezit bloklarından meydana gelen bu birim ilk kez Norman (1972) tarafından Dizilitaşlar formasyonu olarak tanımlanmıştır. Haritalama alanı dışında, Hacıbalı Köyü batısında en iyi görüldüğü Dizilitaşlar mevkiğine istinaden adlandırılmıştır. Çalışma alanı yakınında, Bedesten Deresi'nin her iki yakasında yüzeyler. Dizilitaşlar formasyonu, çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, resifal kireçtaşı ile andezit bloklarından oluşmaktadır.

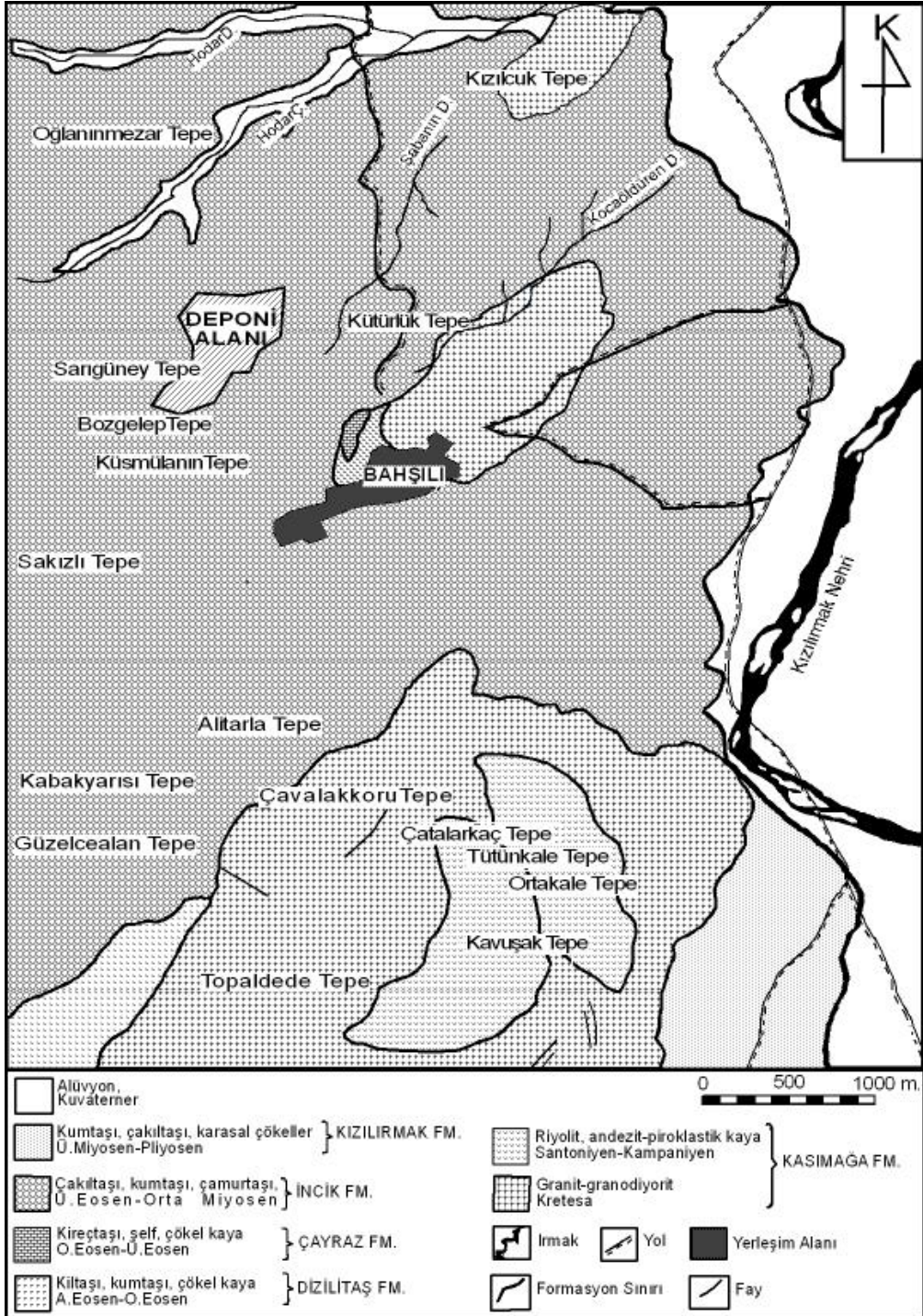
Çakıltaşları, andezit, trakiandezit, riyodasit türü volkanik birimler ile kireçtaşı, radyolaritli çört, gabro bazalt ve serpantin çakıllarından oluşmaktadır. Kıltaşları açık ve koyu yeşil, koyu gri renktedir. Genellikle kumtaşı çakıltaşlarıyla araldanmalı olarak yer alır. Kıltaşları zaman zaman masif görünüm kazanmakta, aralarında

çok ince kumtaşı katmanları yer almaktadır. Dizilitaşlar formasyonu içerisindeki birimler kendi aralarında yanal ve dikey yönde geçiş gösterirler.

Çalışma alanı civarında birim, Kızılırmak formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir (Bilgin vd., 1986). Aynı araştırmacılar, Dizilitaşlar formasyonunun alt ve üst sınırlarının belirgin olmadığını ve kendi içinde ekaylı bir yapıda olması yüzünden kalınlığının ölçülemediğini belirtmişlerdir. Birimin kalınlığının yaklaşık 700 m olduğu önceki araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Çayraz Formasyonu

Schmidt (1960) ve Yüksel (1970) tarafından Çayraz formasyonu olarak tanımlanan birimin tip yeri Haymana Havzası'dır. Sarımsı rengi ve bol Nummulites içeriği ile kolayca ayırt edilebilen birim, kireçtaşı ve marn araldanmasından oluşmaktadır. Deponi alanının güneydoğusunda Bahşılı yöresinde, daha çok haritalama alanı dışında, Dereköy, Günalan, Karaali ve Karahasanlı köyleri dolaylarında Çayraz formasyonunun geniş yüzleklerine rastlanılır. Formasyonun kaya türünü kireçtaşı, marn araldanması oluşturmakla birlikte birkaç düzeyde çakıltaşı bantlarını da içermektedir. Kalın tabakalı, bol fosilli biyostromal kireçtaşı yaygın kayalık türünü oluşturmaktadır. Bu kireçtaşları arasında yer yer kumlu düzeylerin bulunduğu, merccekler şeklinde kumlu kireçtaşı ara bantları da yer almaktadır. Kireçtaşları arasında yine bol fosilli yeşil-sarı renkli marnlar bulunmaktadır. Kireçtaşı ve marnlar birbirleriyle yanal ve dikey olarak tedrici geçişlidir. Çayraz formasyonu'nun yaşı fosil içeriğine göre Kuviziyen-Lütesiyen olarak belirlenmiştir (Bilgin vd., 1986).



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Bilgin vd., 1986).

Figure 2. Geological map of the study area (Bilgin et al., 1986).

İncik Formasyonu

Regresif özellikli, evaporitli, kırmızı-kahve, gri renkli, paralel çapraz tabakalı, az köşeli/köşesiz taneli, orta-iyi-yer yer gevşek tutturulmuş karasal çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan birim, Birgili vd. (1975) tarafından İncik formasyonu olarak adlandırılmıştır. İncik formasyonunun alt kesimleri, orta-iyi tutturulmuş, ince-orta-kalın paralel katmanlı kumtaşları ile ardalanmalı jips-anhidrit ve çamurtaşlarından, orta-üst düzeyleri ise çamurtaşları ile ardışıklı ve üste doğru artan oranda çapraz katmanlı çakıltası ve kumtaşlarından oluşur.

İncik formasyonu çalışma alanı dışında Lütésiyan yaşlı Kocaçay formasyonu (Birgili vd., 1975) ve Çayraz formasyonunun eşleniği olan Çadırılıhacıyusuf formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır (Kara ve Dönmez, 1990). Üst dokanağı ise Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İç Anadolu Grubu çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtülür. Ağaçalı ve İncik formasyonunun kalınlığı, çalışma alanın kuzeyinde (Çankırı-Çorum Havzası'nda) 3100 metreye ulaşır (Birgili vd., 1975). Yaş verecek fosil bulgusu saptanamayan birimin, altında ve üstünde yer alan formasyonların stratigrafik konumlarına göre Geç Eosen-Oligosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

Bayındır Üyesi

Bayındır üyesi göl ortamında oluşmuş, kumtaşı, kiltası, marn, anhidrit ve jips ardalanmasından oluşmaktadır. Birimde boylanma ve derecelenme oldukça belirgin olarak izlenebilmektedir. Birimler karbonat çimentosu ile tutturulmuş olup, tabakalanması oldukça düzenlidir. Tabaka kalınlığı birkaç cm'den 2 m'ye kadar değişebilmektedir. Anhidrit

seviyeleri, jips seviyelerine oranla daha yaygın olup, kalınlıkları 75 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Genellikle beyaz renkte olmalarına karşın içlerinde çamur ve killerin bulunması nedeniyle kirli, sarımsı beyaz renklerde de görülebilmektedir (Bilgin vd., 1986).

Kızılırmak Formasyonu

Formasyon kumtaşı, çamurtaşı ve yer yer jips ara seviyeleri ve merceklerinden oluşmaktadır. Ayrıca, bazı kesimlerde tuf ve kireçtaşı seviyeleri de içerir. Birgili vd. (1975) tarafından Çankırı-Çorum Havzası'nda Kızılırmak formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kızılırmak formasyonu çalışma alanında karasal koşullarda oluşmuş en genç birimi oluşturur. Formasyon, akarsu ve gölsel ortamlarda çökelmiştir. Yamaçlarda, bolca çamur içerisinde, çakıltılarından kum boyutuna kadar malzemeyi kapsamaktadır. Çamurun rengi kırmızı olduğundan birim genelde kırmızı renklidir. Çakıllar yöreye göre üzerinde buldukları eski birimlerden türemişlerdir. Havza ortasında gölsel fasiyeslere geçilmektedir. Buralarda gevşek kumtaşı, genellikle çamurtaşı ve bunlarla ara katkılı jips ve bazı yerlerde tuf ve kireçtaşı seviyeleri görülmektedir. Tabaka yapıları gölsel fasiyeslerde belirginleşmekte, boylanma ve derecelenme izlenebilmektedir. Ayrıca, birimde yer yer kalış oluşukları da izlenebilmektedir. Birimin içindeki yamaç molozu, akarsu ve gölsel fasiyesler, kendi aralarında yanal geçişlidir (Birgili vd., 1975)

Kızılırmak formasyonu alttan İncik formasyonu ile dereceli geçişlidir. Topoğrafyanın yüksek kesimlerinde, özellikle asidik magmatik kayalar ve diğer yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte ise güncel oluşuklar (alüvyonlar) tarafından uyumsuzlukla örtülürler.

Savaş ve Korkanç

Birgili vd., (1975), birimin yaklaşık 100 metrelik bir kalınlığa sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Düzenli katı atık depolama alanı olarak sınırlandırılan bölge, ince taneli birimlerden oluşan İncik formasyonu ile Kızılırmak formasyonu üzerinde yer almaktadır. Üst seviyelerde genellikle gri renkli, plastisitesi yüksek killi seviyelerin, alt seviyelerinde ise yer yer çakıl ve kum bantları içeren gri, kahverengi siltli killi seviyelerin yer aldığı gözlenmiştir.

İNCELEME ALANININ HİDROJEOLOJİSİ

İklim ve Hidroloji

Kırıkkale ili ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Ancak, bulunduğu alanın denizden uzak oluşu, günlük sıcaklık farkının fazla olması nedeniyle karasal iklim etkileri daha baskındır. Genellikle hakim rüzgar yönü sonbaharda doğu-kuzeydoğu, kış aylarında güneybatı, ilkbaharda ve yaz aylarında kuzeydoğudur. Yıllık ortalama esme sayısına göre ise kuzeydoğu, hakim rüzgar yönüdür. Bölgeye en fazla yağış nisan ve mayıs aylarında düşerken, en az yağış ise temmuz, ağustos ve eylül aylarında düşmektedir. 30 yıl boyunca en fazla yağışlı ay 52.2 mm ile mayıs ayı olurken, en az yağışlı ay ise 8.7 mm ile ağustos ayı olmuştur. Son 30 yıllık ölçümlere göre yıllık ortalama toplam yağış miktarı 377.9 mm, yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C'dir. Yörede aylık ortalama bağıl nem miktarı, aralık ayında % 78 iken yaz aylarında % 5'e kadar düşmektedir. Son 30 yıllık ölçümlere göre yıllık ortalama bağıl nem % 64 olarak ölçülmüştür. 16 yıllık ölçümler sonucunda buharlaşmanın en fazla temmuz ayında 309.9 mm olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (MGS, 2006).

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yüzey suyu bulunmamaktadır. Deponi alanının bulunduğu bölge hidrojeolojik açıdan incelendiğinde, yeraltısuyunun çok derinde olduğu, bu bölgelerde yapılabilecek katı atık depolama alanının yeraltısuyu kirliliği açısından çok büyük bir risk oluşturmayacağı düşünülmüştür. İçme ve kullanma suyu yakın çevreden sondajlarla temin edilebilecektir. Düzenli depolama alanına, dışarıdan yağmur suyu girmesine izin verilmeyecektir. Bu nedenle alanın üst kotlarındaki yamaçlardan gelebilecek yağmur suları, uygun drenaj önlemleri ile toplanarak bölgeden uzaklaştırılmalıdır.

Temel Zeminin Geçirimsizliğinin İncelenmesi

Düzenli depolama yapılacak alanın, zemin özellikleri bakımından uygun olup olmadığını belirlemeye yönelik en önemli parametre temel zemininin geçirimsizliğidir. Deponi sahasında açılan sondaj kuyularında, temel zemininin geçirimsizliğinin belirlenmesi için her sondaj kuyusunda, 0.00-20.00 metre arasında her 5 metrede bir basınçsız su (serbest sızma) deneyi yapılmıştır. Deney sırasında kuyuya 5'er dakika süreyle 4 kez (toplam 20 dakika) su verilmiştir. Her 5 dakika için verilen su değerleri litre cinsinden kaydedilmiş ve ortalama su kaybı belirlenmiştir. Arazide yapılan sızma deneyleri sonucunda $9.8 \cdot 10^{-9}$ - $1.43 \cdot 10^{-8}$ m/s arasında değişen geçirimsizlik katsayısı değerleri elde edilmiştir (Çizelge 1). Çevre ve Orman Bakanlığı (1991), Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği'nde deponi alanı olarak kullanılacak alanlarda temel zemininin geçirimsizliğinin en az $1 \cdot 10^{-8}$ m/sn olması istenmektedir. İnceleme alanından elde edilen geçirimsizlik değerleri, belirtilen sınırlara uygundur.

Çizelge 1. Zeminlerin geçirimsizlik katsayılarına göre sınıflandırılması

Table 1. Classification of the soils according to hydraulic conductivities

Sondaj No	Geçirimsizlik Katsayısı, K (m/s)	Sınıfı (Terzaghi ve Peck, 1967)
Sk-1	$8.3 * 10^{-9}$	Geçirimsiz
Sk-2	$9.8 * 10^{-9}$	Geçirimsiz
Sk-3	$1.2 * 10^{-8}$	Çok az geçirimli
Sk-4	$1.33 * 10^{-8}$	Çok az geçirimli
Sk-5	$1.43 * 10^{-8}$	Çok az geçirimli

Düzenli depolama yapılacak alanın, zemin özellikleri bakımından uygun olup olmadığını belirlemeye yönelik en önemli parametrenin zeminin geçirimsizliği olduğu unutulmamalıdır.

İncelenen deponi alanı killi birimler üzerine inşa edilmesi nedeniyle çok az geçirimli veya geçirimsizdir. İnceleme alanının yakın çevresinde yüzey suyu ve kuru dere yatağı yer almaktadır. Bölgede yapılan sondaj çalışmalarında (20 metre derinlik) yeraltısuyunun daha derinde olması ve temel zemininin de killi birimlerden oluşması nedeniyle yeraltısuyunun kirlenmesine yönelik olumsuz doğrudan ilişki düşünülmemiştir.

Deponi alanının killi birimler üzerine inşa edilmesine rağmen çakıllı, kumlu, kil mercceklerinin gözlemlendiği alanların olması nedeniyle zemin geçirimsizliğinin sağlanabilmesi için 60 cm kalınlığında kil serilmesi, istenilen geçirimsizliğin kil ile sağlanamaması durumunda ise jeo-membran kullanılması, ÇED raporunda önerilmiştir. Yine aynı raporda, oluşan sızıntı sularını toplamak amacıyla sıkıştırılmış kil

tabakası üzerine drenaj borularının yerleştirileceği belirtilerek, kil tabakasının üzerine 30 cm çakıl dren tabakası inşa edilmesi önerilmiştir. Sızıntı sularının toplanması amacıyla en fazla 100 m aralıklarla yarıklı veya delikli boruların kullanılması planlanmıştır (MGS, 2006).

Deponi alanı için hazırlanan ÇED raporunda, sızıntı suları ve atık suların yeraltısuyu üzerine olası olumsuz etkilerinin belirlenmesine yönelik olarak çıkışta 1 adet ve akış yönünde 2 adet olmak üzere toplam 3 adet izleme (gözlem) kuyusu açılacağı belirtilmiştir. Ayrıca, proje faaliyete geçmeden önce yeraltısuyu kalitesinin belirlenmesi gerektiği vurgulanmış, deponi alanı faaliyete geçtikten sonraki dönemlerde de yeraltısuyu kalite değerlerinin karşılaştırılarak kalite değişiminin izleneceği ve izleme çalışmalarına tesis kapatıldıktan sonra da (10 yıl süreyle) devam edileceği belirtilmiştir (MGS, 2006).

DEPONİ ALANININ JEOLÖJİK JEOTEKNİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Katı atık düzenli deponi alanı olarak inşa edilmek istenilen alanda, öncelikle yoğun arazi çalışmaları yapılmıştır. Bölgenin temel zemininin jeoteknik özellikleri ile yeraltı durumu belirlenebilmesi amacıyla 5 noktada her biri 20 m derinlikte toplam 100 m derinliğe sahip sondaj kuyuları (SK) açılmış, bu kuyulara ek olarak daha sonraki dönemlerde 5 farklı noktada her biri 15 m derinlikte olmak üzere toplam 75 m derinliğe sahip yeni sondaj kuyuları (YSK) açılmıştır. Ayrıca, alanın 2 noktasında da sismik ölçümler alınmıştır (Şekil 3). Ayrıntılı arazi çalışmaları, sondajlar ve sismik veriler yardımı ile alanın 1/2.000 ölçekli enine kesiti çıkartılmıştır (Şekil 4).

Temel zemininin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve alınan örselenmiş örnekler üzerinde de laboratuvarında tanımlama deneyleri (zemin sıkılığı veya kıvam limitleri gibi) yapmak amacıyla açılan sondaj kuyularında 0-20 metre arasında (1.5-2.0, 3.5-4.0, 6.5-7.0, 9.0-9.5, 12.0-12.5, 15.5-16.0, 19.5-20.0 metrelerde) toplam 35 adet standart penetrasyon testi (SPT) yapılmış, daha sonra açılan sondaj kuyularında da 40 adet daha SPT yapılmıştır. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler, sondaj logları üzerine işlenmiştir (Şekil 5).

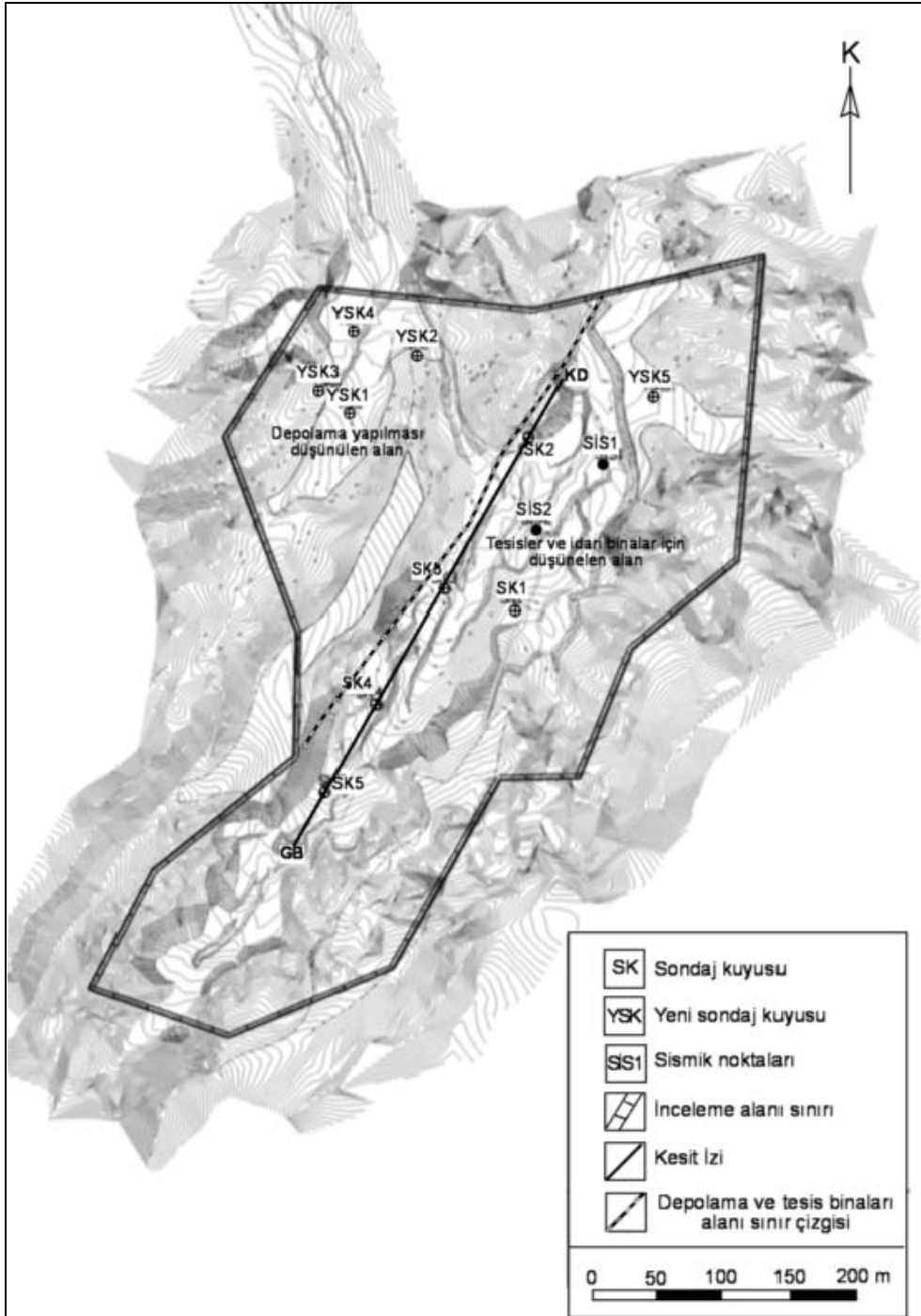
İnceleme alanındaki farklı lokasyonlarda ve farklı derinliklerde yapılan araştırma sondajlarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde, TS 1900-1 ve TS 1900-2 (2006) standartlarına uygun olarak doğal su içeriği, Atterberg limitleri, tane boyu dağılımı; örselenmemiş örnekler üzerinde ise birim hacim ağırlık, serbest basınç

ve üç eksenli basınç direnci deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler toplu olarak Çizelge 2'de sunulmuştur.

Deponi alanındaki sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan doğal birim hacim ağırlık deneylerinde 18.05-18.64 kN/m³ arasında değerler elde edilmiştir. Katı atık düzenli depolama alanı zeminini oluşturan birimlerin ağırlıklı olarak (ortalama % 70-85) kil ve siltten oluştuğu, kalan kısmının ise kum ve çakıldan oluştuğu (ortalama % 15-30) belirlenmiştir. Ayrıca, Atterberg (Kıvam) Limitleri deneylerine göre örneklerin çoğunluğunun CL grubu düşük plastisiteli killerden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 6). CL-sınıfı killerin serbest basınç dayanımı değerlerinin $1.0 < q_u < 2.0 \text{ kg/cm}^2$ aralığında olduğu dikkate alındığında; "Katı kıvamda" oldukları anlaşılmaktadır.

Deponi alanının değişik kesimlerinde yapılan sondajlardan elde edilen düşük SPT-N₃₀ değeri, SK2 nolu sondajda 1.5-2 m'leri arasındaki siltli, çakıllı, kumlu kil seviyesinden elde edilmiştir. Sondajlarda farklı derinlik kademelerinde yapılan SPT deneylerinden elde edilen SPT-N₃₀ değerleri dikkate alındığında temel zemininin "Çok katı - Sert kıvamda" olduğu belirlenmiştir.

Araştırma kuyularının farklı derinliklerinde kesilen birimlerden alınan örselenmemiş numuneler üzerinde UU (Konsolidasyonsuz-Drenajsız) üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda, farklı derinliklerden alınan örnekler için 0.43-0.52 kg/cm² arasında değişen kohezyon değerleri ve 5 – 8° arasında değişen içsel sürtünme açısı değerleri elde edilmiştir (Çizelge 2).



Şekil 3. Deponi alanının ve araştırma kuyularının konumu (MGS, 2006)

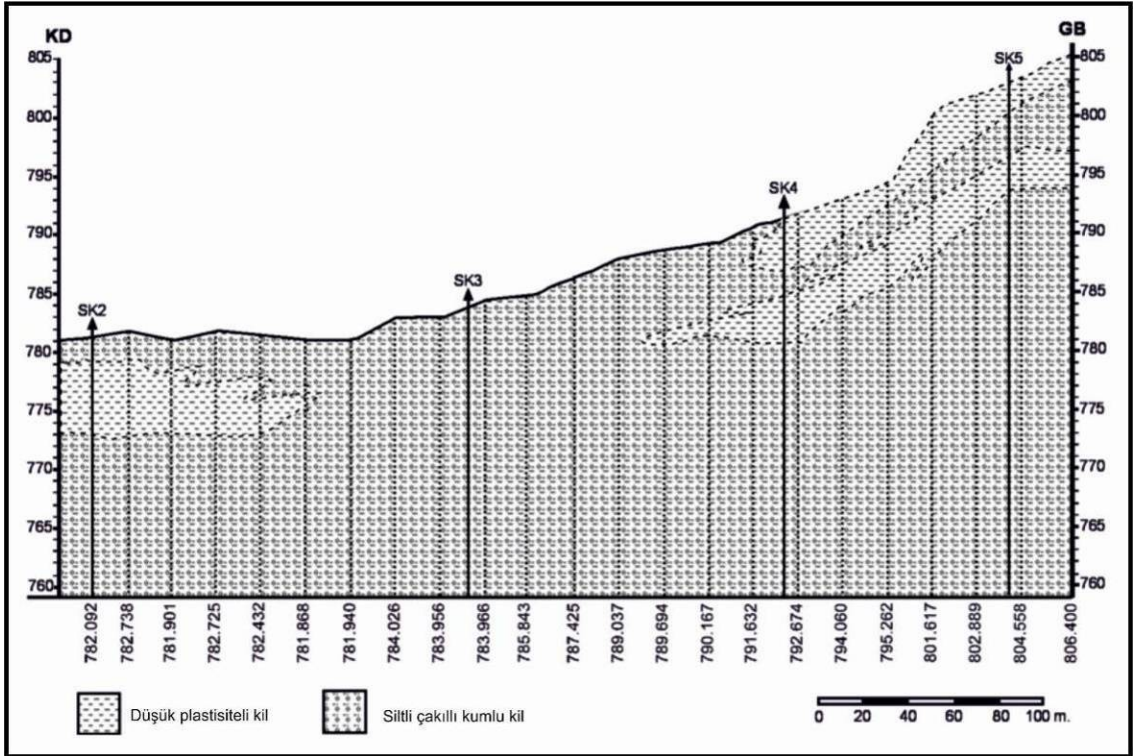
Figure 3. Location of the landfill site and boreholes (MGS, 2006)

Savaş ve Korkanç

Çizelge 2. Deponi alanındaki zeminlerinin indeks ve mekanik özellikleri

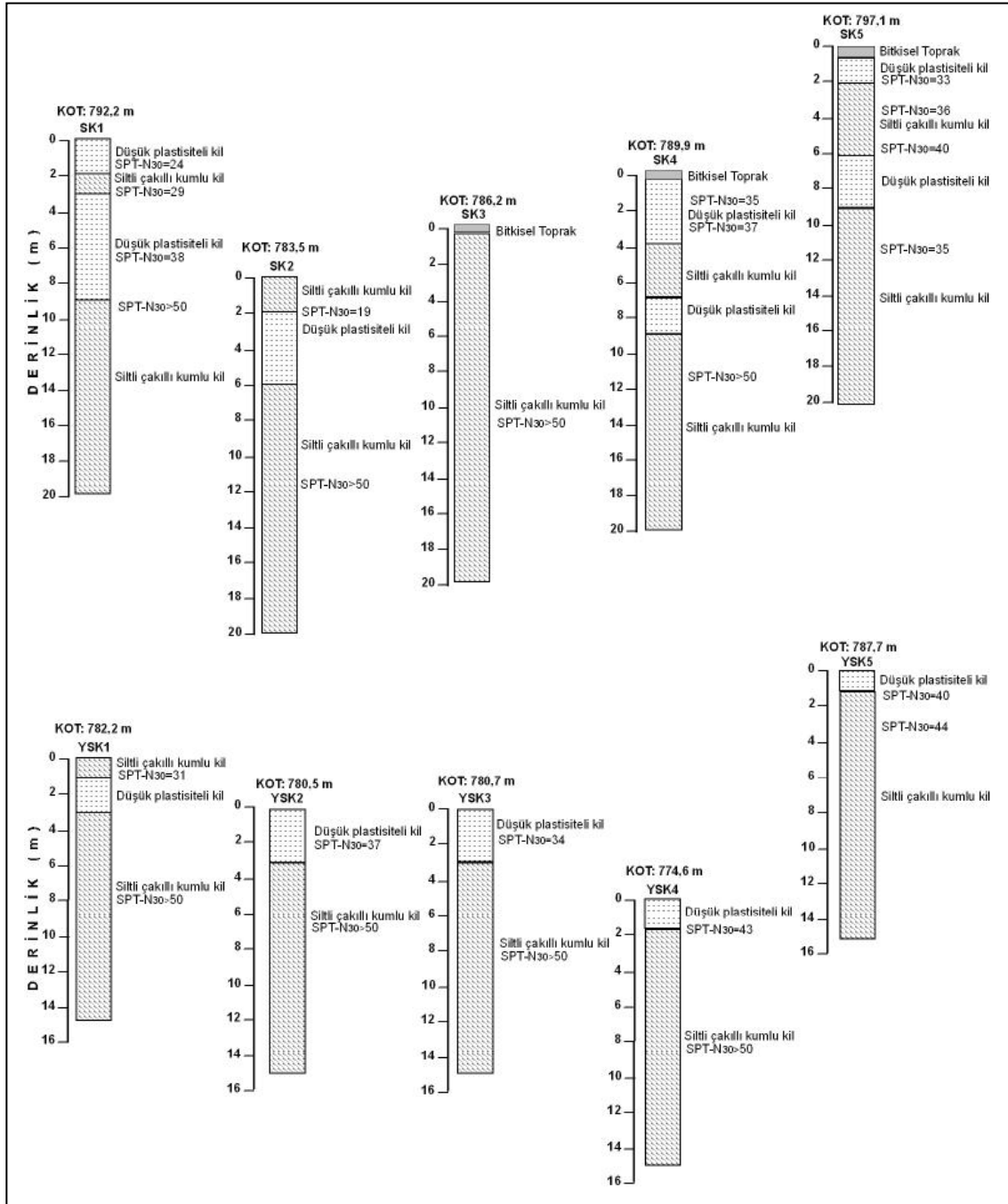
Table 2. Index and mechanical properties of the soils in the landfill site

Sondaj No	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	Doğal birim hacim ağırlık (kN/m ³)	Atterberg Limitleri			Zemin sınıfı	Serbest basınç direnci (kg/cm ²)	Üç eksenli basınç deneyi (UU)		Konsolidasyon	
				Likit limit (%)	Plastik limit (%)	Plastisite indisi (%)			C (kg/cm ²)	Φ (°)	Şişme yüzdesi	Şişme basıncı (kg/cm ²)
SK-1	3	20.1	18.05	41	20	21	CL	-	0.52	5	-	-
SK-5	3	18.3	18.34	41	21	20	CL	1.41	-	-	-	-
YSK-1	3	17.6	18.54	44.7	20.9	23.8	CL	-	0.43	8	1	0.177
YSK-1	10.5	19.4	18.44	46.8	23.6	23.2	CL	1.47	-	-	-	-
YSK-2	3	16.3	18.64	45.9	24.1	21.8	CL	-	0.48	6	1.3	0.188
YSK-3	4.5	24.3	18.34	46.9	22.1	24.8	CL	-	0.51	6	-	-
YSK-4	10.5	22.2	18.34	47.7	23.9	23.8	CL	1.44	-	-	-	-
YSK-5	6	17.8	18.54	53.6	26.3	27.3	CH	1.49	-	-	-	-
YSK-5	12	19.0	18.44	49.2	24.2	25	CL	1.42	-	-	-	-



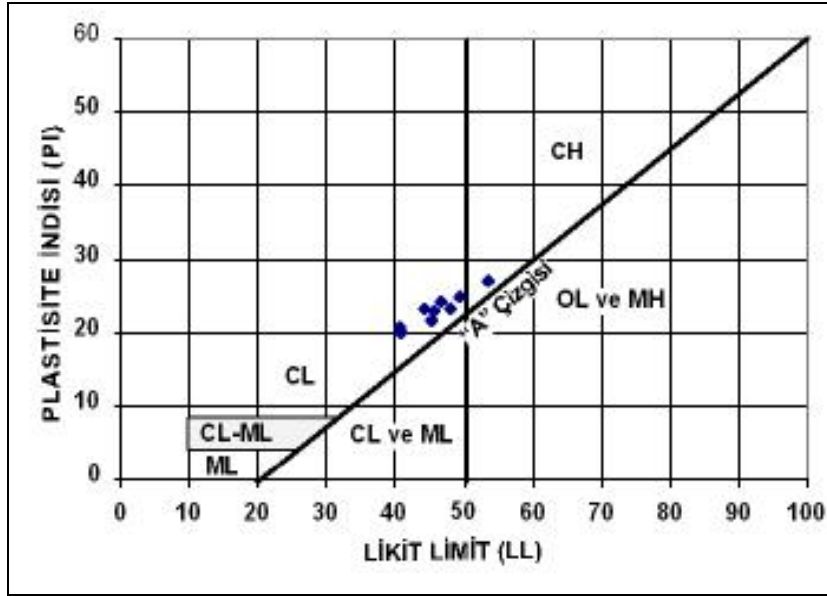
Şekil 4. Deponi alanına ait jeolojik enine kesit (MSG, 2006)

Figure 4. Geological cross-section of the landfill site (MSG, 2006)



Şekil 5. SK ve YSK araştırma sondaj logları

Figure 5. Logs of SK and YSK boreholes



Şekil 6. Zemin örneklerinin plastisite abağı üzerindeki yeri
 Figure 6. Position of the soil samples on the plasticity chart

Düzenli depolama tesisi yapılması planlanan yapıların (idari bina, atölye binası, çöp ayıklama binası, su deposu, kantar binası, lastik yıkama ünitesi, foseptik tankı, evsel atık sızıntı suyu, toplama havuzu, çöp sızıntı suyu arıtma tesisi, tıbbi atık sızıntı suyu toplama havuzu ve atık pil deposu) statik projelerinin çıkartılmasına yardımcı olması açısından, temel zemininin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan üç eksenli deneylerden elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri ile doğal birim hacim ağırlık değerlerinin kullanılması ve güvenlik katsayısının da 3 alınması durumunda Terzaghi (1943)'e göre yapılan hesaplamalarda, izin verilebilir taşıma gücünün (q_a) 1.30 ile 1.42 kg/cm^2 arasında değerler aldığı belirlenmiştir.

Atık alanından çıkacak kazı malzemesinin dolgu malzemesi olarak değerlendirilmesi, yer seçimi yapılan bölge açısından çok önemlidir.

Atık alanı için gerekli olan geçirimsiz örtü malzemesinin ve drenler için taneli malzemenin ve çakılın aynı alandan veya yakın bir yerden alınması, katı atık depolama alanına ekonomiklik kazandırmaktadır (Tchobanoglous vd., 1993). Alanın eski bir kil ocağı olması ve sıkıştırma denemelerinde dolguda kullanılabilecek özelliklere sahip olması nedeniyle dışarıdan dolgu malzemesi teminine gerek kalmayacaktır.

Temel zemininin/kayasının geçirimsiz ve 20 metreden daha kalın, yeraltısu derinliğinin de oldukça fazla olduğu alanlar, depolama alanları olma açısından oldukça nadir bulunan alanlardır. İnceleme alanının temel zemininin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin uygun olması, katı atık depolama alanlarının gerekli altyapı maliyetlerini düşürmesi açısından da oldukça önemlidir (Tchobanoglous ve Kreith, 2002).

Deponi alanı olarak tanımlanan alanın iç kesimlerinin küçük tepelerle çevrili olması, kullanılmayan eski bir kil ocağı olması, önceden birçok alanda kazı yapılmış olması, geçirimsizlik özelliği ve sızıntı suyu drenajının kolaylıkla yapılabilir olması bölgenin deponi alanı olması açısından ekonomi sağlayacaktır.

Arazide 10 farklı noktada yapılan sondajlarda, benzer özellikte, karmaşık bir yapı gösteren killi birimler kesilmiştir. Katı atık depolama alanı taban zeminini oluşturacak birimlerden alınan numunelerin laboratuvar deney verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, gözlenen killi birimlerin genel olarak geçirimsiz ve taşıma gücü açısından da uygun birimler olduğu sonucuna varılmıştır. Temel zemininin 20 m'den kalın olması yeraltısuyunun korunması açısından da oldukça önemlidir.

Deponi alanının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalardan biri de bölgenin aktif faylara uzaklığı, deprem tarihçesi ve olabilecek

deprem(ler)in büyüklüğüne yönelik değerlendirmelerdir. Mümkün olduğunca deprem açısından hareketli bölgelere katı atık depolama alanı inşa edilmemelidir. Bu tür bölgelere inşa edilen katı atık depolama alanları, depremden sonra giderilmesi çok zor ve çok büyük çevre sorunlarına neden olabilmektedir. İnceleme alanı ve çevresi, Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 7). İnceleme alanında kabarma, akma, yayılma gibi zeminden kaynaklanan sorunlara rastlanmamıştır. Alanın heyelan, çığ, su baskını, göçme vb. doğal afetlere maruz kalması beklenmemektedir. İnceleme alanı ve civarında, yapısal projelendirme aşamalarında, 06.03.2007 tarih ve 26454 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" esaslarına uyulmalıdır (MGS, 2006).



Şekil 7. Kırıkkale ili deprem bölgesi haritası (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996)

Figure 7. Seismic zone map of the Kırıkkale province (The Ministry of Public and Settlement, 1996)

DEPONİ SAHASI OLABİLME ÖZELLİĞİ

Deponi alanları, buldukları bölgelerde yoğun bir şekilde koku ve hava kirliliğine neden olduklarından dolayı, yerleşim alanlarından uzak yerlere yapılmalıdır. Ancak, ekonomik bir işletme olabilmesi için şehir merkezinden çok uzakta da olmaması gerekmektedir.

Deponi alanı olarak öngörülen alan için hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporunda, deponi alanı için 285.575 m²'lik, sabit tesisler için 30.000 m²'lik alanın kullanılmasının düşünüldüğü, sağlık koruma bandı ile birlikte bu alanın toplam 580.107 m²'lik bir yer kapladığı belirtilmiştir. Aynı raporda, deponi alanının, şehir merkezine yaklaşık 12 km mesafede ve en yakın yerleşim yeri olan Bahşılı'ya 1034 m uzaklıkta olduğu, şehrin gelişim yönüne ters yönde bulunduğu belirtilmiştir (MSG, 2006). İnceleme alanı ve yakın yöresinde yüzeysel su kaynağının bulunmadığı, katı atık proje alanı civarında hiçbir koruma alanının (milli park, sulak alan, tabiat koruma alanı, sit alanı, turizm alanı vs.) yer almadığı belirtilmiştir (Çizelge 3). Deponi alanının çevresinde bulunan tepeler doğal bariyer oluşturmaktadır.

Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ayrıntılı olarak tanımlanan çalışma alanı, katı atık depolanması için gerekli olan jeolojik ve hidrojeolojik ölçütleri, büyük ölçüde sağlamaktadır (Çizelge 4). Ayrıca, düzenli deponi alanı olarak öngörülen alan, çevresel ölçütlere göre, katı atık depolama alanı olarak istenilen özellikleri taşımaktadır (Çizelge 3).

Katı atıklardan oluşan sıvı atıkların yeraltına sızmasını önlemek için ÇED raporunda öngörülen temel ve tavan örtü sistemlerinin

titizlikle uygulanması gerekmektedir. Çöp dolgusunun tabanına önerilen taban geçirimsizlik sistemi için 60 cm sıkıştırılmış kil serilecek, üzerine de sıvı atıkların sularını toplamak üzere dren tabakası olarak 30 cm çakıl serilecektir. Depolama alanında depolama işlemlerinin tamamlanıp projede belirtilen depo yüksekliğine erişildikten sonra, son kottaki çöp üzerine sırası ile 50 cm inorganik toprak + 30 cm çakıl + 60 cm sıkıştırılmış kil + 100 cm bitkisel tarım toprağı serilecektir. Ayrıca, düzenli katı atık depolama alanında, depolama sonrası yeraltı su kirliliğinin izlenmesi amacıyla, raporda öngörülen şekilde gözlem kuyuları açılmalı ve periyodik olarak izlenmelidir.

Proje için hazırlanan ÇED raporunda, alanın terk edilmiş eski bir kil ocağı olduğu, alanda ve yakın civarında herhangi bir tarımsal faaliyet yapılmadığı belirtilmiştir. Kırıkkale Tarım İl Müdürlüğü tarafından yapılan değerlendirmede, proje alanının mera ve tarım alanı olmadığı (tarım dışı alan) belirtilmiştir. Ayrıca, tesisin kurulacağı bölge orman alanı olmayıp, alan içinde ağaç bulunmamaktadır (MGS, 2006).

Projenin ÇED raporunda depolama sahasının 6 bölümden oluşması ve ilk etapta 3.54 hektar alanın en az 6 yıl için kullanılması planlanmıştır. Aynı şekilde 2. bölümün 3.3 yıl, 3. bölümün 4.4 yıl, 4. bölümün 3.3 yıl, 5. bölümün 3.7 yıl ve son bölümün de 3.3 yıl kullanılması öngörülmüştür. Böylece depolama sahasının en az 24 yıl işletilebileceği ön görülmektedir. Ambalaj atıklarının kaynakta ayrı toplanması projesinin uygulanması sonucunda, ilk bölümden itibaren depolanacak atık miktarının azalacağı varsayılarak alanın daha da uzun süre kullanılması hedeflenmektedir (MGS, 2006).

Çizelge 3. Katı atık alanının çevresel özelliklerinin uygunluğu

Table 3. Suitability of environmental characteristics of the solid waste area

Parametre	Genel Kriter	Kırıkkale Katı Atık Alanı	Uygunluk	Kaynaklar
1- Jeoloji	Konsolide olmamış birimler	Düşük plastisiteli kil	+	Langer (1995)
2- Şehir merkezine uzaklık	< 30 km	12	+	Gupta vd., (2003)
3- Arazi eğimi	$\alpha < 10^\circ$	0-10	+	Leao vd., (2004)
4- Fay zonlarına uzaklık	> 60 m	Yok	+	Langer (1995), EPA (1998)
5- Yol durumu	> 300 m	> 2000	+	Bagchi (1994)
6- Milli parka uzaklık	> 300 m	Yok	+	Gupta vd.,(2003), Langer (1995)
7- Yeraltı suyu derinliği	> 3 m	> 20	+	Bagchi (1994)
8- Nehirlere uzaklık	> 100 m	5000	+	Bagchi (1994), EPA (1998)
9-Göle veya havuza uzaklık	> 300 m	Yok	+	Bagchi (1994)
10-Yerleşim yerlerine uzaklık	> 1000 m	1034	+	Leao vd., 2004

Çizelge 4. Katı atık alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin uygunluğu

Table 4. Suitability of the engineering properties of soils in the solid waste area

Parametre	İstenilen Kriter (Bagchi, 1994)	Bulunan değer	Uygunluk
Geçirgenlik katsayısı (m/s)	$< 10^{-8}$	$9.8 \cdot 10^{-9} - 1.43 \cdot 10^{-8}$	+
Geçirimsiz temel kalınlığı (m)	> 3	~100	+
Likit limit (%)	20-40	41-53.6	-
Plastik limit (%)	10-20	20-27.3	-
Su içeriği (%)	15-20	16.3-24.3	+/-

Deponi alanlarında yer seçimi yapılırken sızdırmazlık amacıyla kullanılacak olan killi malzeme, toprak dolgu malzemesi ve drenaj malzemesi olarak kullanılacak olan çakıllı malzemenin depolama alanına yakın ve yeterli miktarda bulunan birim içerisindeki çakıllı, kumlu seviyelerden ve Kızılırmak formasyonunun yayılım sunduğu kesimlerden alınacak olması, depolama tesisinin ekonomikliği açısından

oldukça önemlidir. Bu projede gerekli olan dolgu malzemeleri bu alandan sağlanacaktır.

Deponi alanı ve çevresi için eğim durumu, yeraltı ve yerüstü su durumu, stabilite durumu, taşıma gücü ve oturma özellikleri dikkate alınarak yerleşime uygunluk değerlendirmeleri yapmak üzere, eğim haritası hazırlanmıştır (Şekil 8).

Savaş ve Korkanç

Hazırlanan eğim haritasında, yamaç eğiminin % 0-10 arasında değişiklik gösterdiği alanlar uygun alan (UA) olarak değerlendirilmiştir. Bu bölgeyi oluşturan birimin düşük plastisiteli kil olması ve eğimin % 0-10 arasında değişiklik göstermesi nedeniyle katı atık deponi tesisi için gerekli tüm geçici ve kalıcı idari binaların, araç yıkama istasyonlarının ve garajların sadece bu alanda yapılması planlanmıştır. Eğimin % 10-20 ve 20-30 arasında değiştiği alanlar önlemlenilen alan (ÖA) olarak değerlendirilmiştir. Eğimin % 30'dan büyük olduğu alanlar ise uygun olmayan alanlar (UOA) olarak değerlendirilmiştir. Bu alanlar, teknik ve ekonomik olarak önlem alınması uygun bulunmamış alanlar olduğu için planlama yapılmaması ve herhangi bir nedenden dolayı yapılaşmaya gidilmemesi gereken alanlar olarak ayrılmıştır.

Düzenli Depolama Tekniği ve Alınacak Önlemler

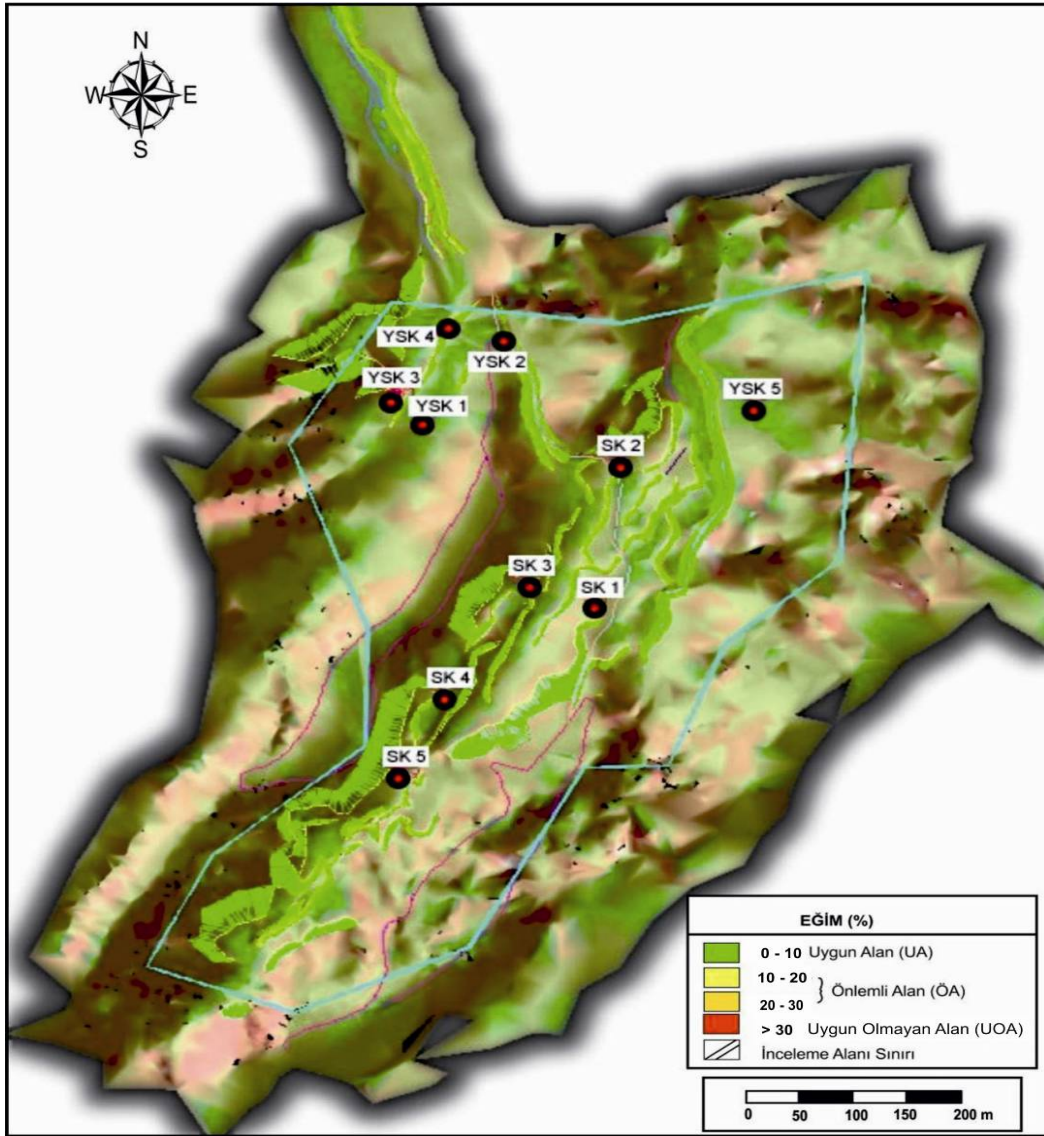
Düzenli depolama tekniği, belli sınırlar ve ölçütler çerçevesinde, katı atıkların bir arıtmadan geçirilmeden arazide depolanmasıdır. Düzenli katı atık depolama alanları için şehirden uzak, jeolojik ve hidrojeolojik açıdan risk taşımayan, morfolojik ve meteorolojik koşulları uygun, su kaynakları, I. ve II derece koruma alanı dışında ve sit alanı, milli park dışındaki alanlar tercih edilmelidir (Karagüzel ve Mutlutürk, 2005). Düzenli depolama tekniği ekonomik, uygulanabilir ve ön yatırımının az olması ve kullanılan alanın rekreasyon amacıyla kullanılma özelliği gibi bir çok olumlu yana sahiptir. Ancak, yerleşim birimlerinin kalabalık olduğu alanlarda halkın muhalafeti en önemli sorunu oluşturmaktadır (Yeşilnacar vd., 2001).

Düzenli depolama alanına, dışarıdan yüzey sularının girmesine izin verilmemelidir. Bunun

için sahanın üst kesimlerindeki yamaçlardan gelebilecek yağmur suları, kafa hendekleri ile toplanarak bölgeden uzaklaştırılmalıdır. Sabit tesislerin bulunduğu alanlardan ve yollardan gelen yağmur suları da yol kenarlarına yapılacak yüzey drenajları ile alan dışına verilmelidir. Depolama hücreleri inşa edilirken, yüzey sularının depo içine girmeden, taşkına neden olmadan kolaylıkla alan dışına ulaşabilmesi için gerekli önlemlerin alınması zorunludur.

Deponi alanındaki çakıllı, kumlu, killi mercerlerinin bulunduğu kesimlerdeki temel zemininden elde edilen geçirgenlik değerlerinin, yönetmelikte belirtilen değerlere oranla daha yüksek olmasından dolayı, projenin ÇED raporunda, alanın tamamına öncelikle 30 cm kil serileceği ve sıkıştırıldıktan sonra bu işleme kil kalınlığı 60 cm olana kadar devam edileceği belirtilmiştir. Zemin geçirimsizliğinin sağlanması için serilecek olan 60 cm kalınlığındaki kil tabakasının geçirimsizliğinin $1 \cdot 10^{-8}$ m/s'den küçük olması gerekmektedir. İstenilen geçirimsizliğin kil ile sağlanamaması durumunda, jeo-membran kullanılması öngörülmüştür (MGS, 2006).

Depolama sırasında oluşacak sızıntı sularının toplanması amacıyla, sıkıştırılmış kil tabakası üzerine drenaj borularının dikkatlice yerleştirilmesi gerekmektedir. Aynı raporda kil tabakasının üzerine 30 cm çakıl dren tabakası yerleştirileceği, sızıntı sularının toplanması amacıyla en fazla 100 m aralıklarla yarıklı veya delikli boruların kullanılacağı, bu boruların çapının en az 125 mm olacağı ve boruların, en az % 1 eğimle konumlandırılacağı öngörülmüştür. Dren boruları ise boru sırtından itibaren en az 30 cm kalınlığında çakıl ile doldurulacaktır (Şekil 9) (MGS, 2006).

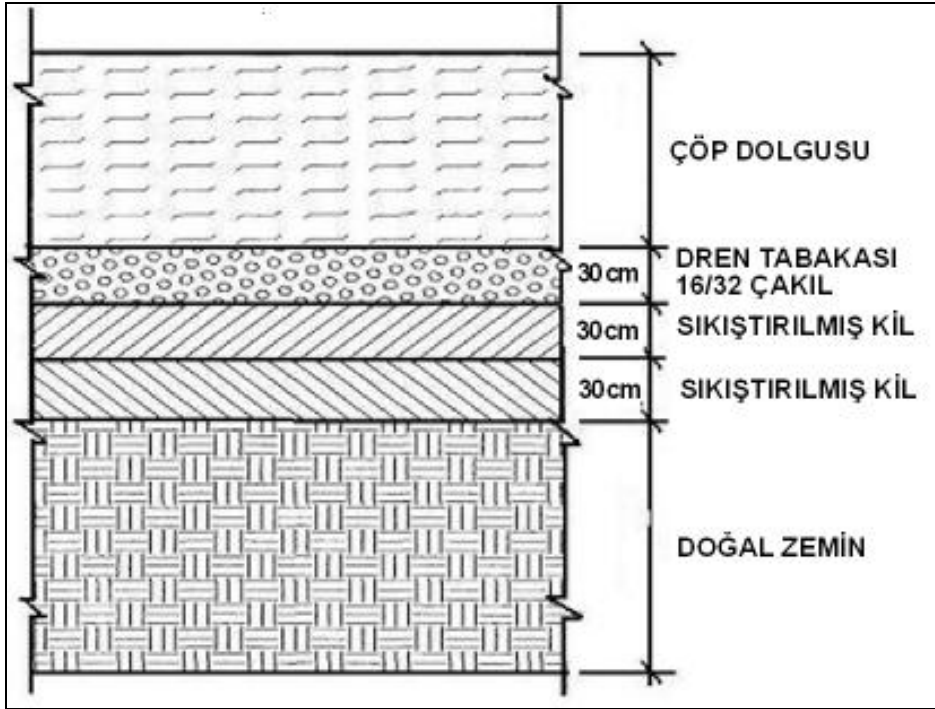


Şekil 8. Düzenli depolama alanının eğim haritası

Figure 8. Slope map of the landfill site

Toplama araçlarıyla günlük olarak depolama sahasına getirilen atıkların, kompaktör ile sıkıştırılarak alana yayılması, günün sonunda, oluşan atığın üzerinin 15 cm kalınlığında günlük örtü ile kaplanması planlanmıştır (MGS, 2006).

Deponi alanında oluşabilecek gazların olumsuz etkilerinden kurtulmak için gaz drenajı yapılacak olup, ortamda oluşabilecek depo gazlarının, Çevre ve Orman Bakanlığı (1991), Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak toplanıp, yakılması öngörülmüştür (MGS, 2006).



Şekil 9. Önerilen geçirimsizlik sisteminin kesiti (MGS, 2006)

Figure 9. Cross-section of the suggested impermeable system (MGS, 2006)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İncelenen alan, temel zemininin jeoteknik özellikleri, kalınlığı, yeraltı su seviyesi ve geçirgenlik özellikleri dikkate alındığında, bir katı atık deponi alanı olabilmesi açısından gerekli ölçütleri büyük ölçüde karşılamaktadır. Özellikle, geçirimsiz temel zemininin kalınlığının 20 metreden daha fazla olması ve yeraltı suyunun derinde olması, yeraltı suyunun korunması açısından da büyük önem taşımaktadır. Bölgede yapılan sondajlarda, killeri içerisinde gözenekliliği artırıcı çakıllı kumlu kesimler gözlenmiş olup, bu alanlarda geçirimsizlik önlemlerinin alınmasına özen gösterilmelidir. Alanın büyük bir kısmında düşük plastisiteli killeri gözlenmektedir. Diğer taraftan, depolama alanı ve çevresinde akifer özelliği gösteren bir birim de gözlenmemiştir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, V.E., 2006. Alanya İlçesi (Antalya) Katı Atık Depolama Alanının Jeoteknik İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), 49 s.
- Amin, A.M., 2000. Designing Sustainable Landfill For Jeddah City. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58: 265-273.
- Bagchi, A., 1994. Design, Construction And Monitoring Of Landfills. 2nd Edition. Wiley Interscience Publication, New York, 360 p.
- Baran, S., 1995. Katı Atık (Çöp) Depo Yerlerinin Seçimi Ve İnşasındaki Bazı Ana Hususlar. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 46:52-54.

- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.
- Baykal, F., 1941. Kırıkkale-Kalecik ve Keskin-Bala Mintıklarındaki Jeolojik Etütler. M.T.A. Rap. no. 1448 (yayınlanmamış), Ankara.
- Bayram, A., Nas, S.S., 2007. Doğu Karadeniz Bölgesi Katı Atık Yönetimi Üzerine Değerlendirmeler. 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, 1-2 Kasım 2007 Hatay, Bildiriler Kitabı, s. 203-216.
- Bilgin, R., Akarsu, B., Arbas, A., Elibol, E., Yaşar, T., Esentürk, K., Güner, E., Kara, H., 1986. Kırıkkale-Kesikköprü-Çiçekdağ Alanının Jeolojisi. MTA raporu, s. 73, (yayınlanmamış).
- Birgili, Ş., Yoldaş, R., Ünalın, G., 1975. Çankırı-Çorum Havzasının Jeolojisi Ve Petrol Olanakları. MTA Rapor, Rapor no:5621, (yayınlanmamış).
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 1991. Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği 14 Mart 1991 Tarih ve 20814 Sayılı Resmî Gazete.
- EPA (1998) Guidelines for Major Solid Waste Landfill Depots. 19 pp, Washington, DC, USA.
- Gupta, R., Kewalramani, M.A. & Ralegaonkar, R.V. (2003), Environmental impact analysis using fuzzy relation for landfill siting. Journal of Urban Planning and Development, 129, 121-139.
- Kara, H., Dönmez, M., 1990. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kırşehir G-17 Paftası ve Açıklaması. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No. 34, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 17 s.
- Karaca, C., Çobanoğlu, İ., Bozdağ, Ş., 2007. Düzenli Katı Atık Depolamada Yer Seçimini Etkileyen Faktörler Ve Alternatif Alanların Değerlendirilmesi Mersin İli Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (2):291-308.
- Karagüzel, R., Mutlutürk, M., 2005. Katı Atık Depolamada Yer Seçimi: Isparta Örneği. Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Millî Komitesi, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, s. 21: 19-33.
- Kayalak, T.Ç., 2007. Kırıkkale İlinin Evsel Katı Atıklarının Bertarafının Çevresel ve Ekonomik Boyutuyla İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara, Yüksek Lisans Tezi, (yayınlanmamış), 91 s.
- Ketin, İ., 1955. Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu masifinin tektonik durumu. T.J.K. Bült. Sayı 6, 1-28 s.
- Langer, M., 1995. Criteria for Site Selection, Characterization, Evaluation; Principle of Safety Assessment and Special Purpose Mapping. Scientific Report and Recommendations of the IAEG Commission, No. 14, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Volume 51, 29 pp.
- Leao, S., Bishop, I., Evans, D., 2004. Spatial-temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban region. Journal of Computers, Environment and Urban Systems, 28, 353-385.
- MGS, 2006. Çevre Mühendislik Müşavirlik ve Proje Hizmetleri Ltd. Şti., Kırıkkale Belediyesi, Evsel Katı Atık ve Tıbbi Atık Düzenli Depolama Tesisi Projesi. Kırıkkale İli Bahşılı İlçesi Bedesten Mevkii, Nihai ÇED Raporu, Ankara, 152 s.
- Mutlutürk, M., Karagüzel, R., 2004. Katı Atık Düzenli Depolama Yer Seçimi İçin Yeni Bir Öneri. 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri Ankara s.182.
- Nas, S.S., Bayram, A., 2006. Gümüşhane İli Evsel Katı Atık Kompozisyonunun Belirlenmesi. GAP 5. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 2, s. 1422-1431, Şanlıurfa.
- Norman, T., 1972. Ankara Yahşihan Bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer İstifinin Stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 15, 2, 180-277 s.
- Schmidt, G.C., (1960): Geologie Evolution of Licences MEM/360-363 and MES/365-367. District II. Mobil Report Petroleum Administration.

Savaş ve Korkanç

- Şimşek, C., 2002. Torbalı Ovasının Katı Atık Depolama Tesisleri Yer Seçimine Yönelik Hidrojeoloji İncelemesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Doktora tezi, yayımlanmamış), 297 s.
- Tay, Ş., 2005. Senirkent – Uluborlu (Isparta) Havzasının Katı Atık Düzenli Depolama Yeri Seçimine Yönelik Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Isparta, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), 109 s.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1993. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles Management Issues. McGraw-Hill, Inc, New York, 978 p.
- Tchobanoglous, G., Kreith, F., 2002. Handbook of Solid Waste Management. 2nd edition, McGraw Hill Publishers, 950 p.
- Terzaghi, K., 1943. Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc., New York, 527 p.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 729 p.
- Tınmaz, E., Demir, İ., 2006. Research on Solid Waste Management System: to Improve Existing Situation in Çorlu Town of Turkey. Waste Management Vol. 26: 307-314.
- TS 1900-1, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneylemleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. Türk Standartları, Bakanlıklar, Ankara.
- TS 1900-2, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneylemleri-Bölüm 2: Mekanik Deneylemler. Türk Standartları, Bakanlıklar, Ankara.
- Türkmen, A.M., Tağa, H., 2005. Engineering Geological Assessment of the Diyarbakır Solid Waste Landfill Site. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 64: 433-440.
- Yeşilnacar, M.İ., 2000. GAP Bölgesinde Tehlikeli Atıklar İçin Jeolojik Yer Seçimi. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Adana, Doktora Tezi (yayımlanmamış), 113 s.
- Yeşilnacar, M.İ., Pulcu, S., Selçuk, B., 2001. GAP Bölgesinde Evsel Katı Atık Sorunu ve Bazı Değerlendirmeler. Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu, 25-27 Nisan 2001, Mersin, Bildiriler Kitabı, 243-251 s.
- Yeşilnacar, C., Çetin, H., 2005. Site Selection For Hazardous Wastes: A Case Study from the GAP Area. Turkey, Engineering Geology, 81:371-388.
- Yeşilnacar, M.İ., Bayındır, Y., Uyanık, S., Demir, Ö., Kırıkçı, A., 2005. GAP İlleri İçin Nüfus Tahmini ve Katı Atık Miktarının Belirlenmesi. DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ve ÇEVMER III. Ulusal Katı Atık Kongresi UKAK'2005, 25-27 Mayıs 2005, İzmir, Bildiriler Kitabı 119-129 s.
- Yüksel, S., 1970. Etude Géologique de la Region d'Haymana (Turquie centrale), These. Fac. Sci. Univ. Nancy, Fransa (yayımlanmamış). 77p.