

## **İZMİR-ÇİĞLİ DÜZENSİZ ÇÖP DEPOLAMA SAHASI REHABİLİTASYONU**

**H. Turan DURGUNOĞLU<sup>1</sup>, H. Fatih KULAÇ<sup>2</sup>, Selim İKİZ<sup>2</sup>,  
C. Güney OLGUN<sup>3</sup>, Canan ÖGE<sup>2</sup>, Deniz KOÇAK<sup>4</sup>, Gülçin TEZEL<sup>5</sup>**

### **ÖZET**

Bu çalışmada İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından döküme kapatılan Çiğli katı atık depolama sahasının rehabilitasyonuna yönelik arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilen projelendirme çalışmaları özetlenmektedir. Rehabilitasyon çalışmaları, çöp döküm sahasının tüm geometrik, geoteknik ve kirlilik verilerinin biraraya getirilerek bu sahaların çevre kirliliği açısından meydana getirebileceği problemlerin çözülmesine yönelik olarak yürütülmüştür. Arazi etüdleri elektrikli konik penetrasyon test metodu (CPT) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test aletine takılan özel bir düzenek yardımıyla sahada zeminin belirli derinliklerden vakumla laboratuvarında test edilmek üzere su ve gaz numuneleri alınarak mevcut kirlilik mertebesi deneylerle sistematik olarak belirlenebilmiştir. Elde edilen bu veriler kullanılarak mevcut sızıntı suyunun ve gaz oluşumunun insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek bir şekilde düzenlenmesini ve diğer geoteknik problemlerin çözümünü içeren bir rehabilitasyon projelendirmesi yapılmıştır. Söz konusu sahanın Emlak Bankası Mavişehir Bostanlı Toplu Konut Sahası yakınında ve gelişme sahası içinde olması projeye özel bir önem kazandırmaktadır.

### **1. GİRİŞ**

Döküme kapatılan İzmir Çiğli düzensiz katı atık depolama sahasının ıslahına yönelik kapsamlı ofis, saha ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Rehabilitasyon çalışmaları, çöp döküm sahasının tüm geometrik, geoteknik ve kirlilik verilerinin biraraya getirilerek bu sahaların çevre kirliliği açısından meydana getirebileceği problemlerin çözülmesine yönelik olarak yürütülmüştür. Elde edilen geoteknik modelleme ve kirlilik verileri ışığında mevcut atığın doğuracağı sorunların bertaraf edileceği bir ıslah projesi oluşturulmuştur.

<sup>1</sup> Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

<sup>2</sup> İnş. Yük. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İstanbul.

<sup>3</sup> Araştırma Görevlisi, Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

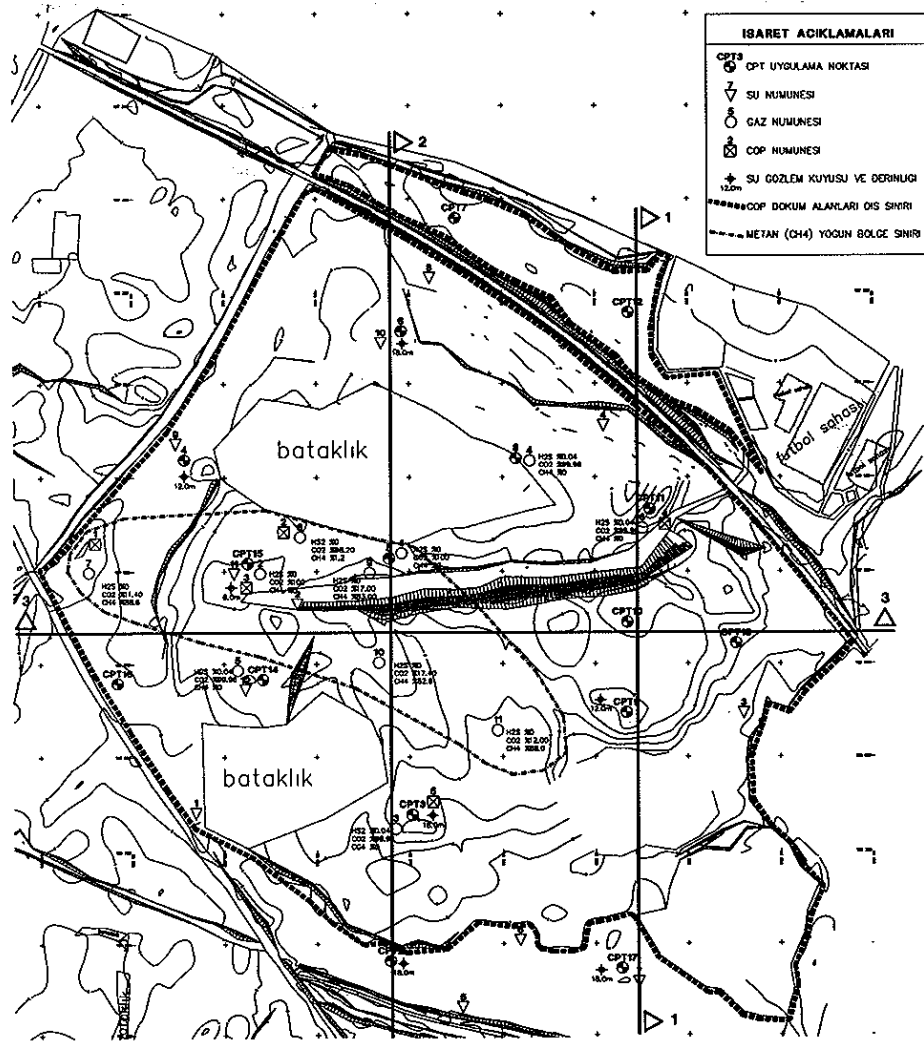
<sup>4</sup> İnş. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İstanbul.

<sup>5</sup> Hidrojeoloji Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İstanbul.

Sihhi çöp depolama alanı olarak geliştirilen bu projede oluşabilecek sızıntı sularının toplanacağı havuzlar bölgenin hidrolojik verileri göz önünde bulundurularak boyutlandırılmış ve ayrışma sonucu açığa çıkacak organik gazları yoğunlaşmadan ortamdaki uzaklaştıracak gaz toplama sistemi önerilmiştir. Depolama alanı stabilite ve oturmalar yönünden tetkik edilmiştir. Yapılan analizlerin geçerliliğini atık dolgusu sırasında oluşacak zemin hareketlerini ve boşluk suyu basıncı gibi önemli parametreleri gözlemlemek için aletsel gözlem programı önerilmiştir.

## 2. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Katı atık geometrisinin belirlenmesinde ve geoteknik modelin oluşturulmasında gerekli doneleri sağlamaya yönelik arazi etüdüleri elektrikli konik penetrasyon test metodu (CPT) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test aletine takılan özel bir düzenek yardımıyla sahada zeminin belirli derinliklerden vakumla laboratuvarda test edilmek üzere su ve gaz numuneleri alınarak mevcut kirlilik mertebesi deneylerle sistematik olarak belirlenebilmiştir. Katı atık depolama alanının planı ve gerçekleştirilen testlerin lokasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.



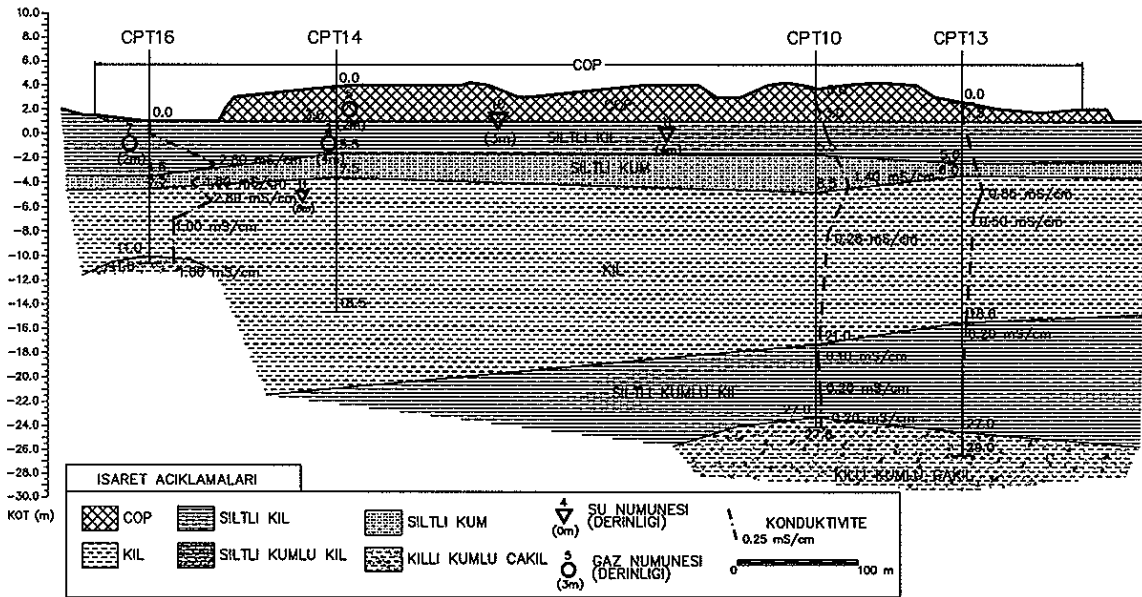
Şekil 1. Vaziyet Planı (Zetaş, 1995)

## 2.1. Statik Penetrasyon Deneyleri ve Numune Alınması

Çöp depolama alanının rehabilitasyon projesi kapsamında ilk aşamada çöp sınırlarının belirlenmesine yönelik arazi ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucu elde edilen veriler sonucu oluşturulan kesitlerden kübaj hesabı yapılmış ve alandaki toplam çöp miktarının 817 bin m<sup>3</sup> mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Çöp alanı civarında daha önce Emlak Bankası Mavişehir Konutları sahasında yapılan CPT ölçümleri çok yararlı sonuçlar verdiği için (Durgunoğlu ve diğ.,1995), çöp alanı genelinde toplam 17 adet Statik Penetrasyon Deneyi (CPT) (Durgunoğlu ve Toğrol, 1995) gerçekleştirilmek suretiyle katı atık derinliği, zemin tabakalanması ve bunların geoteknik özellikleri hakkında detaylı bilgi edinilmiştir.

Atık ve taban zemini tipik bir kesit için Şekil 2’de görülmektedir. Ortalama çöp kalınlığı 3.0m mertebelerinde olup yer yer 5.0 metreye varmaktadır. Kesitte görüldüğü şekilde üstte siltli kil, bunun altında sürekli bir ara bant şeklinde siltli kum, daha altta oldukça kalın bir kil tabakası ve siltli kumlu kil tabakası altında taşıyıcı ve sağlam zemin niteliğinde takriben 27.0m - 30.0m derinliklerden başlayan killi kumlu çakıl vardır.

Oluşan sızıntı suyunun karışması sonucu yeraltı suyunda meydana gelen kirlilik derecesinin tespit edilebilmesi ve katı atığın ayrışması sonucu biriken gaz karışımını oluşturan gazlar ve bunların oranlarının, yoğunluğunun belirlenmesi, gerekmektedir. Deney noktalarında, geliştirilen özel bir aletle zeminin belli derinliklerinden su ve gaz numuneleri alınmıştır. Numune alıcısı CPT sondalama aracıyla numune alınacak derinliğe sürülür, filtresi açılmakta ve yeryüzündeki peristaltik vakum pompası vasıtasıyla o seviyeye ait su veya gaz (hangisi mevcutsa) uygun depolama ünitelerine aktarılmaktadır. Bu tip numunelemenin sondaj yolu ile alınan numunelere üstünlüğü, numunenin sadece alıcının indirildiği seviyeden alınabilmesi ve bu sayede kirliliğin derinlikle değişiminin tayin edilebilmesidir.



Şekil 2. Tipik Geoteknik Kesit (Zetaş, 1995)

## 2.2. Laboratuvar Deneyleri

Katı atık alanının tümünde farklı derinliklerden alınan 12 adet su numunesi saklanmaya uygun kaplara alınarak kirlilik tahkikine yönelik kimyasal analizler yapılmıştır. Analizlerin sonuçları Tablo 1’ de özetlenmiş ve ölçülen parametrelerin ve dolayısıyla yeraltı suyunun kirliliği konusunda da bir karşılaştırma yapılabilmesi için değişik kriterler verilmiştir.

Sızıntı suyunda ölçülen parametreler ortalama değerler bakımından (b) kolonunda verilen (A.B.D. Wisconsin Eyaletinde katı atık depolama alanları sızıntı suları) değerler aralığında, yer yer bu değerlerin de üzerindedir. Özellikle Klorür içeriği (mg/lt) aşırı yüksektir ve 34000 mg/lt mertebesine varmaktadır, bu zeminde ve yeraltı suyundaki yüksek kirliliğin önemli bir göstergesidir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ortalama olarak 3450 mg/lt olarak ölçülmüştür. Bu ortalama değer kolon (a)’da verilen atıksu standartı değeri 600 mg/lt’nin çok üzerinde, kolon (b)’de verilen çöp sızıntı suyu değeri olan 1,120 - 50,450 mg/lt değer aralığındadır. Bu bakımdan bu değer de sızıntı sularında beklenen mertebededir.

**Tablo 1. Su Numuneleri Analiz Sonuçları Özet Tablosu**

Parametreler	Değişik Kriterler			Numuneler Ortalaması
	a	b	c	
pH	6.5-10	5.4-7.2		7.93
Klorür mg/lt	100	180-2651		33800
Toplam Fosfor mg/lt	15	0.1-117		1.40
Kadmiyum mg/lt	2	B*-0.07	0.001	0.496
Toplam Siyanür mg/lt	10			0.252
Toplam Krom mg/lt	5	B-1.0	0.05	0.313
Çinko mg/lt	10	B-54	5	0.283
Kimyasal Oksijen İhtiyacı mg/lt	600	1120-50450		3450
Toplam Azot mg/lt	75	4.7-1470		72
Sülfat mg/lt	1000	8.4-500		2410
Kurşun mg/lt	3	B-1.11	0.05	0.41
Yağ-Gres mg/lt	50			1780
Toplam Çökebilir Katı Madde mg/lt				27.3
Toplam Askıda Katı Madde mg/lt	350	2180-25873		755
Toplam Çözünmüş Katı Madde mg/lt		28-2835		105450

\* B : ölçüm sınırının altında

a : Kanalizasyon tesisleri deniz deşarjı ile sonuçlanan toplama sistemlerinde öngörülen atıksu standartı

b : A.B.D. Wisconsin eyaletinde katı atık depolama alanlarında sızıntı sularındaki kimyasal maddelerin mertebeleri (Avcı ve diğerleri, 1994)

c : İçme suyu standartları

Yukarıda ifade edilen ve Tablo 1’de özetlenen yeraltı suyu laboratuvar deney sonuçları dikkate alındığında oluşan sızıntı suyunun yeraltı suyunu büyük oranda kirletmiş olduğu belirlenmiştir. Bu kirliliğin, konut alanı olarak kullanılması planlanan bu alandaki önemli etkisi, içme veya kullanım suyunun sığ derinliklerden temini mümkün olmamasıdır. Bundan daha da önemlisi su içindeki sülfat oranının aşırı yüksek olması ve yeraltındaki

betonarme yapıların (kazık, temel v.s) ve inşaatın yeraltı suyunun korozif etkisi dikkate alınarak yapılmasının zorunlu olduğudur. Alınan su numunelerine ilaveten yeraltı suyu hareketlerini gözlemlemek ve gerekirse ileri safhalarda numune alabilmek amacıyla CPT gerçekleştirilen 7 adet noktada gözlem kuyusu techizi yapılmıştır.

Katı atık alanında farklı derinliklerden alınan toplam 11 adet gaz numunesinin analizleri yapılmıştır. Gaz numunelerinde H<sub>2</sub>S (hidrojen sülfür), CO<sub>2</sub> (karbondioksit) ve CH<sub>4</sub> (metan) yüzdesi araştırılmıştır. Deney yapılan numunelerin tümünde CO<sub>2</sub> (karbondioksit) belirlenmiştir. Gaz numunelerinin dördü haricindekilerde %100'e yakın CO<sub>2</sub> (karbondioksit) belirlenmiştir. Deney yapılan numunelerin 4 adedinde yüksek oranda (>%80) olmak üzere, 6 adet numunede CH<sub>4</sub> (metan) belirlenmiştir.

Çöp numuneleri üzerinde yapılan organik madde belirlenmesi deneylerinde % 23 - 37 değer aralığında organik maddenin tüm çöp numunelerinde varlığı tesbit olunmuştur.

Yukarıda özetlenen deney sonuçları dikkate alındığında, katı atık depolama sahasında metan gazı varlığı belirlenmiştir. Ayrıca, çöpün halen organik madde içermesi nedeniyle, anaerobik ortamda kalması durumunda zararlı gaz üretimi potansiyeli taşıdığı belirlenmiştir. Bu bakımdan, yakın yapılaşma ve bitkiler bakımından zararlı gazların uygun bir şekilde toplanması ve bertaraf edilmesi gerekmektedir.

### **3. PROJELENDİRME ÇALIŞMALARI**

Katı atık depolama sahasının rehabilitasyon projesi gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ışığında geliştirilmiştir. Geniş alanda yayılı bulunan ve hacmi 817,00 m<sup>3</sup> mertebesinde olduğu hesaplanan katı atığın daha dar bir alana sıkıştırılmak suretiyle depolanması amaçlanmaktadır. Bu sayede Emlak Bankası Mavişehir Toplu Konut alanı genişleme sahasının içinde bulunan atık da temizlenecek ve saha yerleşime açılacaktır.

Önerilen sıkıştırılmış depolama sahasının oturma ve stabilite analizleri yapılmış ve depolama sonucunda oluşacak problemler tetkik edilmiştir. Yapılan stabilite ve oturma analizleri değerlendirilerek optimum katı atık depolama yüksekliği hesaplanmıştır.

Oluşacak sızıntı sularının toplanacağı toplama havuzları ve drenaj sistemi hidrolojik veriler değerlendirilerek projelendirilmiştir. Depolanacak atıkta ayrışma sonucu açığa çıkması beklenen gazların ortamdaki sıhhatli bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için yatay gaz toplama boruları önerilmiştir. Depolama alanının tipik bir kesiti Şekil 3'te verilmiştir.

#### **3.1. Gaz Toplama Üniteleri**

Katı atık depolama sahalarında gaz oluşumu zamana bağlı olarak 4 aşamaya ayrılmaktadır. Birinci aşama 'aerobik ortam' olarak adlandırılır, bu aşamada O<sub>2</sub>'in %20 değerinden sıfıra kadar ve N<sub>2</sub>'un %80 değerinden azalır, buna karşılık CO<sub>2</sub>'in artmaya başlar. Anaerobik ortamda gerçekleşen ikinci aşamada CO<sub>2</sub>'in %70-75, H<sub>2</sub>'in %20 oranına yükseldiği N<sub>2</sub>'un %10 oranına kadar düştüğü gözlenir. Bunu takiben üçüncü aşamada (Anaerobik ortam -

instabil metan oluşumu) CO<sub>2</sub> %45 seviyesine kadar azalır, CH<sub>4</sub> ise sıfırdan %55 seviyesine yükselir, N<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> bu bölümde sıfırlanır. Son aşamadaysa (Anaerobik ortam - stabil metan oluşumu) CO<sub>2</sub> %45, CH<sub>4</sub> ise sıfırdan %55 seviyesinde dengeye ulaşır, bu bileşenler dışında temel bir bileşen kalmamaktadır.

Çöp döküm sahasında özellikle belirli bölgelerde yüksek gaz değerleri ölçülmüştür. Bu ise yukarıda ifade edilen 4. Aşama olarak isimlendirilen Anaerobik Ortam-Stabil Metan Oluşumunu göstermektedir. Diğer ölçüm lokasyonları ise özellikle CO<sub>2</sub> değerine bağlı olarak diğer alt aşamaları ifade etmektedir. Çöp döküm sahasındaki gaz potansiyeli aşağıda verili bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G_t = 1.868 \times C_0 \times (0.014 \times \vartheta + 0.28) \times (1 - 10^{-kt})$$

$G_t$  = t zamanına kadar oluşan gaz miktarı (m<sup>3</sup>/ton)

$C_0$  = Organik karbon içeriği (kg/ton-atık)

Evsel atıklar için bu değer 170-220 arasında atığın karbon içeriğine göre değişmektedir.

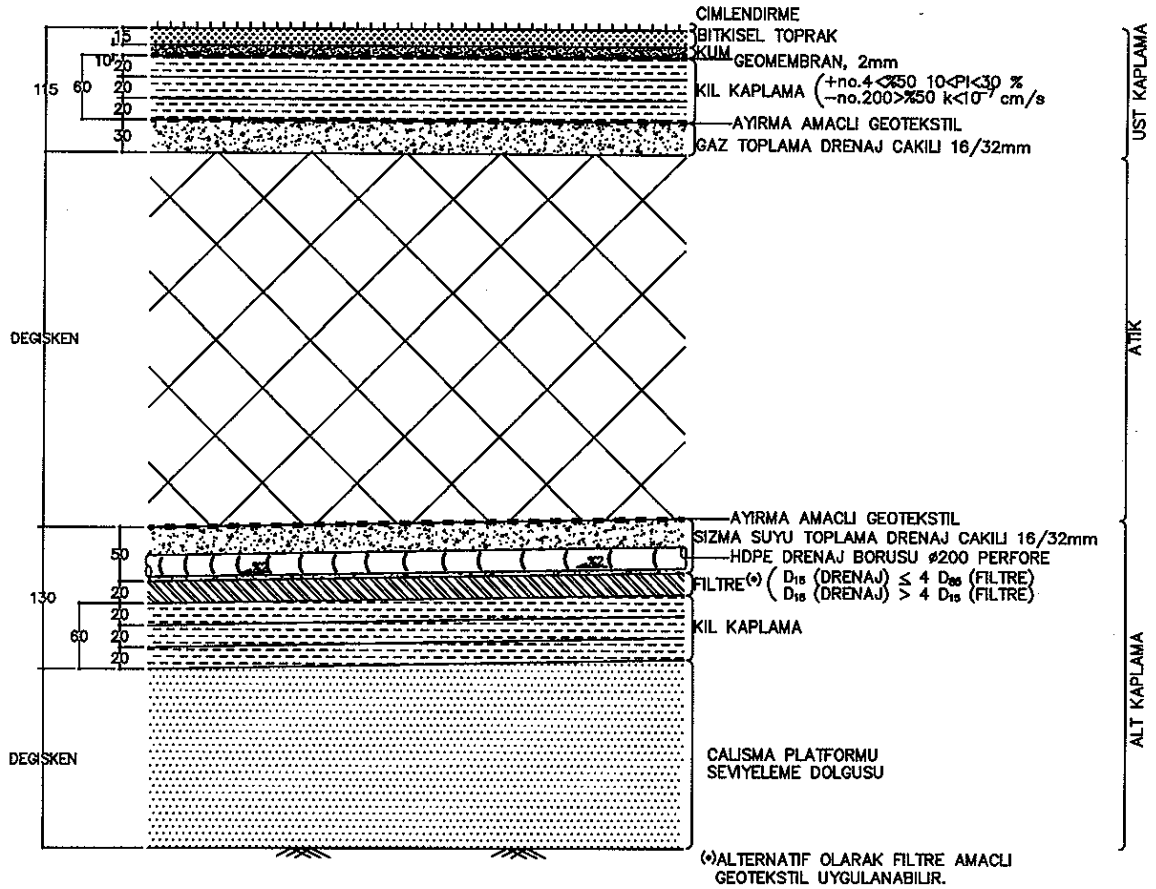
$\vartheta$  = Sıcaklık (°C)

Çöp depolama sahaları için sıcaklık değerleri 25-35°C arasında değişmektedir.

$k$  = İndirgeme sabiti

12-24 yıl boyunca çöp depolama sahalarında organik maddelerin parçalanması için bu değer 0.035-0.040 alınmaktadır.

$t$  = Zaman (yıl)



Şekil 3. Depolama Alanı Tipik Kesit (Zetaş, 1995)

Yukarıdaki bağıntıda; organik karbon içeriği, ( $C_o$ ) 170 kg/ton-atık, ortalama sıcaklık ( $\theta$ ), 30 °C indirgenme sabiti ( $k$ ) 0.030 alınmıştır. İşletme süresi olarak 10 yıl öngörülen çöp döküm sahasının gaz debisi ~500m<sup>3</sup>/h olarak belirlenmiştir.

Oluşan gaz çöp derinliği sıg olduğu için çöp üzerine serili drenaj şiltesine yerleştirilen yatay gaz toplama drenleriyle toplanacaktır. Dren borusu olarak  $\phi$ 200mm perfore HDPE yatay borular önerilmiştir. Oluşan gaz bu borular vasıtasıyla saha kenarındaki bacalara, buradan da kollektörler ile yakma tesisine sevk edilecektir.

### 3.2. Sızıntı Suyu Drenajı

Depo sahasına sızan yağmur suları gövde içindeki organik veya inorganik maddeleri çözerek taşımakta ve depo tabanından sızıntı suyu olarak ortaya çıkmaktadır. Sızıntı suyu dengesi, yağış, buharlaşma, yüzeysel akış ve yeraltı su seviyesi gibi parametreler su dengesini sağlar. Oluşacak sızıntı suyu miktarı bu parametreler kullanılarak hesaplanmış ve sızıntı suları deponun kenarlarında toplanacak şekilde drenaj projesi hazırlanmıştır. Sızıntı suyunun drenaj yoluyla uzaklaştırılmasıyla hem şev emniyeti hem de yeraltı suyunun kirlenmemesi sağlanacaktır.

İslahı tamamlanmış çöp depolama alanında yüzeysuyu drenajı olarak depo gövdesi ve çevresine rastlayan yağışın drenajı söz konusudur. Yüzeysuyu, sızma suyu gibi kirlenmemiş olduğundan doğrudan altı ortama verilebilir. Bunun için akıntıyı sağlamak üzere hazırlanacak en az %1 eğimli hendek yüzeysuyu drenaj sistemi tasarlanmıştır. Atık içerisinde mevcut veya dış etkenler ile (yağmur, kar, yüzey suları) çöp üzerine gelen suyun çöpün içinden geçerek tabana ulaşması ve zemine, yeraltı suyuna ve oradan da tüm çevreye yayılması, katı atık depolama alanlarının en önemli çevresel etkilerindedir. Drenaj ve geçirimsizlik tabakaları projelendirmesinde, değişik mevsimsel koşullarda olası çöp sızıntı suyu miktarı en önemli kriterdir.

#### 3.2.1. Hidrolojik Denge ve Çöp Sızıntı Suyu Miktarı

Çöp sızıntı suyu miktarının hesaplanması amacıyla, R. Canziani ve R. Cossu (1995) tarafından önerilen yöntem izlenmiştir. Sızıntı suyu hesaplanmasında depolama alanına en yakın Menemen Meteoroloji İstasyonlarından 1984 - 1994 yıllarına ait aylık, yağış, buharlaşma ve ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Hesaplardaki yüzeyin % 0 - 5 eğimli olduğu, çim kaplı olduğu ve bitkisel toprağın su tutma kapasitesinin 40mm olduğu kabul edilmiştir.

Yapılan hesaplar sonucu elde edilen tabloda görüldüğü üzere, İzmir Çiğli bölgesinde yılın üç ayı yağışlı iklim, geri kalan dokuz ayı ise kuru iklim özelliği göstermektedir. Başka bir deyişle, yüzey kayıpları, buharlaşma ve transpirasyon çıktıktan sonra, sadece yılın üç ayında çöp içine sızan su oluşması olasılığı vardır. Bu bakımdan, çöpün doğal su muhtevasına ilave olarak her yıl çöp içine sızacak oradan da drenaj şebekesi ile dışarıya alınacak sızma suyu miktarı azdır.

Üstteki kil kaplama ve membranın su geçirdiği en olumsuz durumda dahi, azami yağış olan dönemde ortalama aylık sızıntı suyu miktarı 55mm/ay olarak hesaplanmıştır. Projede öngörülen yöntem, bu sızıntı suyunun depolama alanı yanında yapılacak toplama

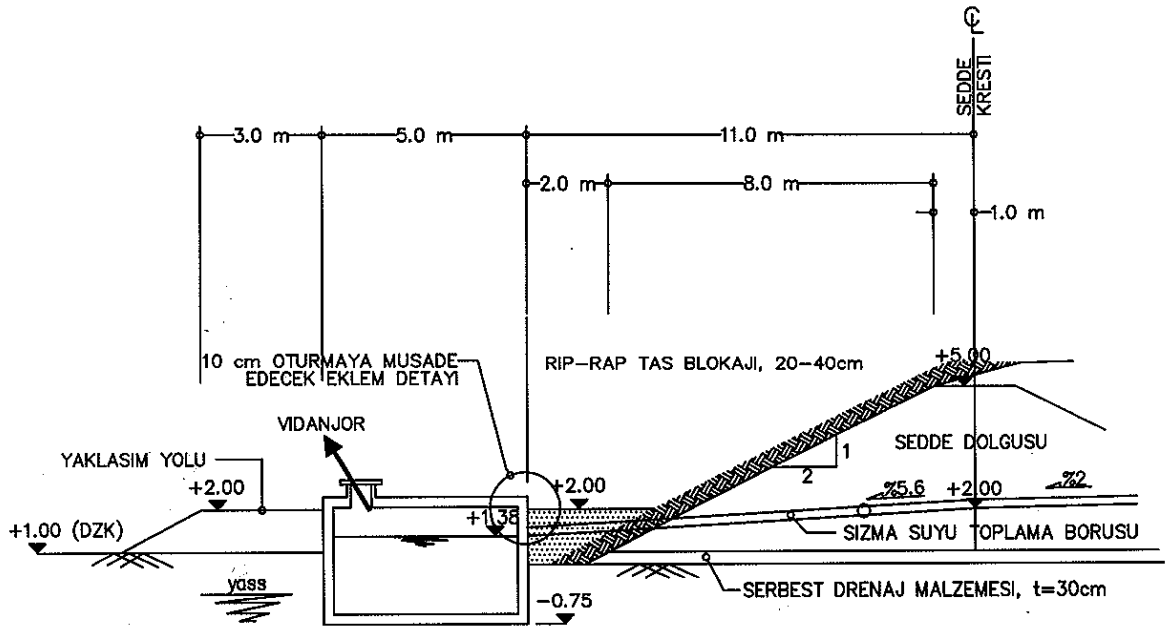
havuzlarına aktarılarak burada biriktirilmesi ve havuzdaki sızıntı suyu belirli seviyeye geldiğinde veya düzenli aralıklar ile sızıntı suyun vidanjör vb araçlar ile çekilmek suretiyle genel kanalizasyon sistemine verilmesidir.

Değişik çöp sızıntı suyu miktarları (20, 30, 40, 50, 60mm) için ve azami yağış döneminde sızıntı suyunun toplama havuzundan ayda 1, 2, 3 ve 4 kere alınması durumları için gerekli havuz ebadı araştırılmıştır. Hesap sonucunda, 5.0x5.0m ebasında bir havuzun 1.7m su seviyesi sağlamak koşulu ile azami dönemde haftada 1 kereden fazla olmamak ve yılın büyük kısmı için ise ayda 1 kereden dahi daha az olmak suretiyle yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, projede 5.0x5.0m taban ebadında ve yeterli derinlikte sızıntı suyu toplama havuzları önerilmiştir. Sızıntı suyu toplama sisteminin kesiti aşağıda gösterilmiştir.

### 3.2.2. Sızıntı Suyu Drenajı ve Geçirimsiz Taban Kaplaması

Çöp'ün doğal su içeriği ve yukarıda tariflenen dış etkenler sonucu ilave olarak çöp içinden sızarak tabana ulaşacak suyun geçirimsiz taban kaplaması üzerinde birikme ve dolayısıyla hidrostatik basınç oluşturmaktan drenajı amacıyla, geçirimsiz tabaka üzerinde 20cm kalınlıkta filtre (veya filtre amaçlı geotekstil) ve 50cm kalınlıkta 16/32mm dane ebadında drenaj çakılı önerilmiştir. Bu drenaj tabakası tabanında ise HDPE 200mm çapında perfore boru ile toplanan suyun sızıntı suyu toplama havuzlarına aktarılması öngörülmüştür. Drenaj tabakasının altında 20cm'lik üç tabaka halinde sıkıştırılarak teşkil edilecek toplam 60cm kalınlığında geçirimsiz kil tabakası önerilmiştir.

Drenaj şebekesinde öngörülen eğimler bu proje kapsamında belirlenen taban zemini oturma özelliği dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çöp kütesinin boyuna doğrultuda 50.0m ara mesafe ile sızıntı suyu drenaj boruları öngörülmüştür. Gerek drenaj borularının ve gerekse, drenaj tabakasının minimum eğimi % 2'dir. Tüm drenaj şebekesine uzun vadeli tıkanmaları açmak bakımından sızıntı suyu toplama havuzlarından ulaşılabilir olması (azami 70.0m mesafe içinde) sistemin önemli bir avantajıdır .



Şekil 4. Sedde ve Sızıntı Suyu Toplama Sistemi (Zetaş, 1995)



### 3.3. Depolama Alanları Stabilité Tahkiki

Atık depolama alanlarında atık yüksekliği depolama alanının kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Genelde atık yaygın bir alana yayıldığı ve şevli olarak yayıldığı için bir taşıma g¼c¼ problemi olmamaktadır. Ancak gerek tabii şevlerin, gerekse atık maddenin i¼inden ge¼en kritik kayma daireleri olabilmektedir. Bu nedenle topografik bilgiler, jeoloji haritası ve yeraltısı akım eğrileri doğrultusunda şev stabilitesi dikkatle incelenerek depolama alanları stabilite tahkiki yapılmıştır. Özellikle ge¼irimsizlik amacı ile yerleştirilen kil tabakaları stabilite a¼ısından kritik b¼lgeler oluşturmaktadır. Zemin et¼d verilerinden, ¼iđli ¼öp depolama alanının taban stabilitesi problemine haiz zemin alanı üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, sedde dolgusu altında şev stabilite analizleri ger¼ekleřtirilmiřtir. Ger¼ekleřtirilen analizlerin sonu¼ları aşağıda tablo halinde özetlenmiştir.

**Tablo 2. Stabilité Analizleri Özet Tablosu**

Analiz	FS	ru	k	Yorum
Kısa Vadeli	2.10	NA	statik	Yeterli
Uzun Vadeli	1.77	0.00	statik	Yeterli
Uzun Vadeli	1.57	0.10	statik	Yeterli
Uzun Vadeli	1.43	0.20	statik	Yeterli
Uzun Vadeli	1.04	0.40	statik	Yetersiz
Uzun Vadeli	1.00	0.00	deprem	Yeterli

FS : Güvenlik Faktörü  
ru : Boşluk suyu basıncı oranı  
k : Yatay deprem ivmesi (0.2g)

Yukarıdaki tablodan gör¼leceđi üzere gerek kısa vadeli ve gerekse uzun vadeli analizler boşluk suyu basıncının aşırı değere ¼ıkılmaması halinde yeterli güvenlik faktörleri vermiştir. Ancak, boşluk suyu basıncının  $ru = 0.40$  ve daha yukarı olması durumunda bir taban stabilitesi problemi ortaya ¼ıkmaktadır. Bu bakımdan, dolgu yapımı esnasında, boşluk suyu basıncının piezometreler ile izlenmesi gereklidir. Bu ama¼la, sedde dolgusu esnasında her 200.0m'de bir piezometrik ölç¼m istasyon teşkil edilerek 2.5m ve 10.0m derinliklerdeki boşluk suyu basıncının gözlenmesi önerilmiştir.

### 3.4. Depolama Alanı Oturma Tahkiki

Katı atığın kendi ağırlığı altında ve tabii zeminde meydana gelecek toplam ve farklı oturmaların belirlenmesi, tabandaki sızdırmaz tabakanın ve geotekstilin yırtılması, gaz ve sızıntı suyu toplama ve drenaj sisteminin hizmet dışı kalması a¼ısından önem taşımaktadır. Tabii zemindeki oturmaların hesabında önemli bir zorluk gör¼lmemesine karşın, ¼öp kütlelerinin oturma miktarının belirlenebilmesi için modelleme ve sıkışma parametreleri kullanılmıştır. ¼öp kütlelerinde kimyasal reaksiyon ve gaz üretiminin zamana bağlı değişimi oturma zamanının belirlenmesinde zorluklar ¼ıkarmaktadır.

Ger¼ekleřtirilen CPT'lerden elde edilen verilerden depolama alanı taban zemininin yük altında yüksek oturma potansiyeline haiz olduğu belirlenmiştir. CPT deney sonu¼ları kullanılarak oturma hesapları ger¼ekleřtirilmiř ve olası oturma miktarları Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tasarlanan projede ve inşaat aşamasında değişik yük durumları olması nedeniyle 30, 60, 90 ve 120 kPa düzgün dağılı yükler altında, toplam = ani + konsolidasyon oturması miktarları hesaplanmıştır. Taban zemininde oluşacak oturmalar, çöp içerisinde oluşacak oturmalardan çok daha fazla olduğundan hesaplamalarda sadece taban zeminindeki oturmalar dikkate alınmıştır.

Hesap sonuçlarından görüleceği üzere takriben 1.5m dolgu yüksekliğine rastlayan 30 kPa yük altında dahi ortalama 47cm mertebesinde oturma oluşacaktır, 3.0m dolgu yüksekliği (78cm) ve daha yüksek dolgu yükseklikleri için ise daha da fazla oturma olması beklenmektedir. Bu bakımdan, oturmalar projede kesin olarak dikkate alınmalıdır.

Oturmaların uygun bir aletsel gözlem sistemi ile gözlenmesi gerekmektedir. Dolgu altında gerçekleşecek değişik tabakalardaki ve yüzeydeki oturmaların oturma kolonlarıyla gözlenmesi gerekmektedir. Bu bakımdan sedde dolgusu üzerinde her 100m’de bir istasyon oluşturularak yerleştirilecek tabanı sağlam zemine kadar inen oturma kolonları önerilmiştir. Yapımın, oturma kolonlarından alınacak oturma değerleri ile koordineli şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tabandaki, düzenleme dolgusu, kil tabaka ve filtre dolgusu tamamlandıktan sonra, drenaj boruları yerleştirilmeden oturmaların drenaj eğimlerini bozmayacak seviyede gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Zemindeki ara kum, çakıl tabakaları nedeniyle oturmaların makul inşaat süreleri dahilinde tamamlanacağı tahmin edilmektedir.

**Tablo 3. Oturma Hesapları Özet Tablosu**

CPT no	yeraltı su sev. (m)	çöp yük. (m)	Yük (kN/m <sup>2</sup> )				Yük (kN/m <sup>2</sup> )				Yük (kN/m <sup>2</sup> )			
			30	60	90	120	30	60	90	120	30	60	90	120
			toplam oturma (mm)				ani oturma (mm)				konsolidasyon oturması (mm)			
01	1.5	1.0	569	920	1192	1417	10	19	28	35	559	901	1164	1382
03*	4.5	4.0	332	518	663	784	13	24	33	42	319	494	630	742
04*	1.5	1.0	660	1093	1433	1716	3	6	9	11	657	1087	1424	1705
05	4.0	3.5	239	405	538	650	6	11	15	19	233	394	523	631
06	2.5	2.0	525	858	1120	1338	4	7	10	13	521	851	1110	1325
07	3.5	3.0	298	516	692	843	5	10	15	19	293	506	677	824
08	3.5	3.0	359	592	743	928	7	14	19	25	352	578	724	903
09	5.5	5.0	455	779	1045	1273	2	4	6	7	453	775	1039	1266
10	5.5	5.0	371	626	838	1021	7	13	18	23	364	613	820	998
11	5.5	5.0	288	523	724	899	8	15	21	26	280	508	703	873
13	3.5	3.0	542	901	1187	1429	4	8	11	13	538	893	1176	1416
14*	3.5	3.0	372	606	790	943	8	14	20	25	364	592	770	918
15	3.5	3.0	492	820	1082	1303	5	9	13	16	487	811	1069	1287
16	2.0	1.5	438	677	852	991	5	9	13	16	433	668	839	975
17	1.5	1.0	669	1096	1430	1708	4	8	11	14	665	1088	1419	1694
<b>ortalama</b>			<b>472</b>	<b>783</b>	<b>1028</b>	<b>1239</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>467</b>	<b>773</b>	<b>1014</b>	<b>1221</b>

\* işaretli CPT’lerde oturabilir zemin tabanına kadar veri olmadığı için ortalamalara dahil edilmemişlerdir.

Oturma miktarının aşırı olması, konu alanda çöp yüksekliğinin sınırlı tutulmasında en önemli kriterdir. Mevcut yumuşak ve sıkışabilir zemin koşullarında azami dolgu yüksekliği 4.0m olarak belirlenmiştir..

#### 4. SONUÇ

Bu tebliğde İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından döküme kapatılan Çiğli katı atık depolama sahasının rehabilitasyonuna yönelik arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilen projelendirme çalışmaları verilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu tebliğdeki etüd ve çalışmalar ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş.'nin İzmir Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı ve Emlak Bankası Genel Müdürlüğü ile yürüttüğü sözleşmeler kapsamında yürütülmüştür. Tüm çalışmalar esnasında İzmir Büyükşehir Belediyesi Çevre Sağlığı Müdürlüğü ve Emlak Bankası Genel Müdürlüğü Proje Uygulama ve Kontrol Dairesi Başkanlığı ve İzmir Bölge Uygulama Müdürlüğü teknik elemanlarının sağladığı koordinasyon ve işbirliği için teşekkürü bir borç biliriz.

#### KAYNAKLAR

- Avcı C.B., Güler E., Toğrol E., Karpuzcu M., Kılanç B., (1994). 'Düzensiz Katı Atık Depolama Alanlarının Yeraltı Su Kalitesine Etkileri: İstanbul Halkalı Katı Atık Alanı Örnek Çalışması', *İMO Teknik Dergi*, 1994, 865-881.
- Canziani R., Cossu R., (1994). 'Landfill Hydrology and Leachate Production', *Integrated Approach to Sanitary Landfilling*, 23-27 Ekim 1995, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Durgunoğlu H.T., Toğrol E., (1995). 'CPT in Turkey', Proceedings of the International Conference on Cone Penetration Testing, CPT'95, October 1995, Linköping, Vol 1, pp.243-252.
- Durgunoğlu H.T., Kulaç H.F., İkiz S., Karadayılar T., Öge C., Olgun C.G., (1995). 'A Case Study on Determination of Pile Capacity Using CPT', Proceedings of the International Conference on Cone Penetration Testing, CPT'95, October 1995, Linköping, Vol 2, pp.435-440.
- ZETAŞ, Zemin Teknolojisi A.Ş., (1995). *Döküme Kapatılan Çiğli, Uzundere, Buca, Işıkkent Düzensiz Depolama Alanları Islah Projesi-Çiğli Depolama Sahası*, İstanbul.

## **REMEDICATION OF İZMİR-ÇİĞLİ SOLID WASTE DISPOSAL SITE**

**H. Turan DURGUNOĞLU<sup>1</sup>, H. Fatih KULAÇ<sup>2</sup>, Selim İKİZ<sup>2</sup>,  
C. Güney OLGUN<sup>3</sup>, Canan ÖGE<sup>2</sup>, Deniz KOÇAK<sup>4</sup>, Gülçin TEZEL<sup>5</sup>**

### **SUMMARY**

In this paper the field and laboratory studies that are performed for the remediation of İzmir, Çiğli solid waste disposal site are presented. The design studies involve the determination of the geometrical, geotechnical and contamination data for the disposal site and evaluation of this information in order to eliminate the associated geoenvironmental problems. Static Cone Penetration Testing (CPT) is performed to determine the subsoil conditions. Water and gas samples have been taken from various depths with a special device connected to the penetration device. The degree of contamination has been systematically assessed with the laboratory testing of the samples. The results of the performed field and laboratory tests have been evaluated in the development of the remedial design project and it is expected that the geoenvironmental effects of the solid waste disposal site will be eliminated upon the implementation of the project.

---

<sup>1</sup> Professor of Civil Engineering, Boğaziçi University, İstanbul, Turkey.

<sup>2</sup> Civil Engineer, M.S., Zetaş Earth Technology Corp., İstanbul, Turkey.

<sup>3</sup> Research Assistant, Boğaziçi University, Civil Engineering Department, İstanbul, Turkey.

<sup>4</sup> Civil Engineer, Zetaş Earth Technology Corp., İstanbul, Turkey.

<sup>5</sup> Hydrogeological Engineer, Zetaş Earth Technology Corp., İstanbul, Turkey.