



**TORBALI (İZMİR) KATI ATIK DEPOLAMA SAHASININ JEOLojİK VE  
HİDROJEOLojİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**(INVESTIGATION OF THE GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL  
PROPERTIES OF THE WASTE DEPOSITE SITE OF TORBALI (İZMİR))**

Celalettin ŞİMŞEK\*, Şevki FİLİZ\*\*

**ÖZET/ABSTRACT**

İzmir'in en önemli sanayi merkezlerinden biri olan Torbalı İlçesi'nin düzenli katı atık depolama alanı olarak, ilçe merkezinin kuzeyinde yer alan eski kil ocaklarının düzenli depolama alanı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu alanda yapılan ayrıntılı jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalarda, temeli oluşturan Neojen kilttaşlarının 100 m'lik bir kalınlıkta ve  $10^{-9}$  m/s mertebesindeki permeabilite katsayısı ile doğal geçirimsiz bir bariyer özelliği taşıdığı belirlenmiştir. Bu yörede yeraltı suyu seviyesinin yüzeyden 45 m derinlikte olması ve hazne kayanın geçirimsiz özelliği nedeniyle, yeraltısuyundan yararlanma oldukça kısıtlıdır. Eski kilttaşı ocaklarının, Torbalı ilçesi'nin düzenli katı atık depolama alanı olarak seçilmesi, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri açısından ve "Katı Atık Kontrol Yönetmeliğinin 24. maddesinde" belirtilen parametrelere göre uygun bulunmuştur.

*Investigation were carried out in the old clay pits in north of the Torbalı town, which is one of the industrial centres of İzmir, in order the solve the regular solid waste deposition problem of the town. Detailed geological and hydro geological investigation have show that the Neogene claystones form a natural barriers by having 100 m thickness and permeability of about  $10^{-9}$  m/s. Since the groundwater level is at 45 m below the ground surface and the permeability of the rock mass is very low, the exploration of the groundwater in this area is not limited. The old clay pits are found to be suitable for deposition of the solid waste of Torbalı based on the geological and hydro geological properties of the base rock and the requirements stated in the "section 24 of the solid waste control regulation".*

**ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS**

Katı Atık, Hidrojeoloji, Jeoloji, Torbalı  
*Solid Waste, Hydrogeology, Geology, Torbalı*

\*Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı, İZMİR

\*\*Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

## 1. GİRİŞ

İzmir İli merkezinin 50 km güneyinde yeralan Torbalı ilçesinde son yıllarda hızla gelişen sanayi ve paralelinde artan nüfus yoğunluğu, bölgede evsel ve endüstriyel atıkların da büyük oranda artmasına neden olmaktadır. İlçede, katı atıkların geçirimli ve akifer özelliği taşıyan alanlara atılması, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Şimşek, 2002). Atıkların çevreye zararsız hale getirilmesinde, yeni depolama alanlarının seçimi ve uygulanmasında ortamın jeolojik-hidrojeolojik özelliklerinin detaylıca araştırılması önem arz etmektedir (Karagüzel, 1992).

Bu çalışmada, Torbalı İlçesi merkezinin 12 km kuzeyinde bulunan ve düzenli katı atık depolama alanı olarak seçilen eski kilit ocakları ve çevresinin jeolojik, hidrojeolojik ve zemin özellikleri araştırılmıştır (Şekil 1). Bu kapsamda terk edilmiş kil ocakları içerisinde 20 m derinliğinde iki adet zemin sondajı açılmıştır. Bu sondajların açılması sırasında zeminin özelliğinin ve jeoteknik parametrelerinin saptanması için, örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmış ve her 1.5 m'de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve her 5 m de bir sabit seviyeli yöntem kullanılarak basınçsız su deneyi yapılmıştır (TSE, 1986). Bu çalışmalar sonucunda zeminin jeoteknik özellikleri ve permeabilite katsayısı belirlenmiştir. Ayrıca, permeabilite katsayısının korelasyonu için, araziden alınan örselenmemiş numuneler üzerinde, laboratuvar düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılmış ve geçirimsizlik katsayısı elde edilmiştir (ASTM, 1984). Ayrıca, çalışma alanında yeralan birimlerin kalınlığının tespiti için, çalışma alanı içerisinde yar alan S-19 nolu sondaj kuyusu ve bölgede yeraltı suyunu belirlemek için yapılan jeofizik rezistivite çalışmalarına ait veriler kullanılmıştır (TMYO, 2001). Bu çalışmalarda edilen veriler, daha önce yapılmış benzer çalışmalar ışığında, değerlendirilmiştir (Karagüzel ve Mutlutürk, 1997; KedeK ve Kılıç, 2001) (Çizelge 1).

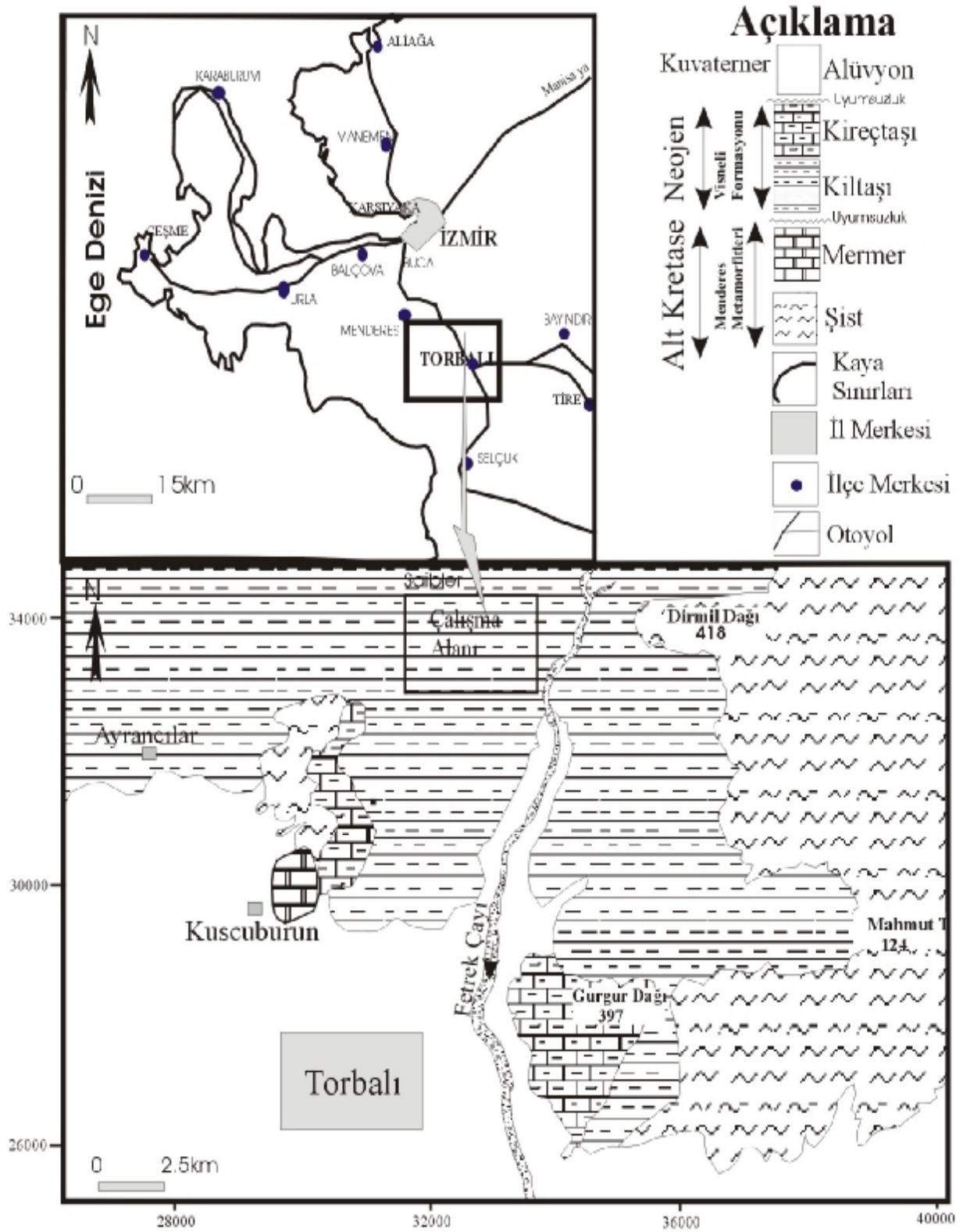
Yapılan bu çalışmalar ışığında, katı atık düzenli depolama alanının jeolojik ve hidrojeolojik parametrelerine göre, depolama alanı için uygunluk kriterleri oluşturulmuştur. Ayrıca, katı atık sahası ve çevresinde yüzey ve yeraltı sularının korunmasına yönelik alınacak önlemler belirlenmiştir.

Zemin sondajları, Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokuluna ait Creallues tipi temel sondaj makinesi ile, laboratuvar deneyler ise Torbalı Meslek Yüksekokulunun zemin mekaniği laboratuvarında yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında yeraltı sularından alınan su örneğinin katyonlar analizleri Kanada'da Acme laboratuvarında yaptırılmış, anyon analizleri ise Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Su Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır.

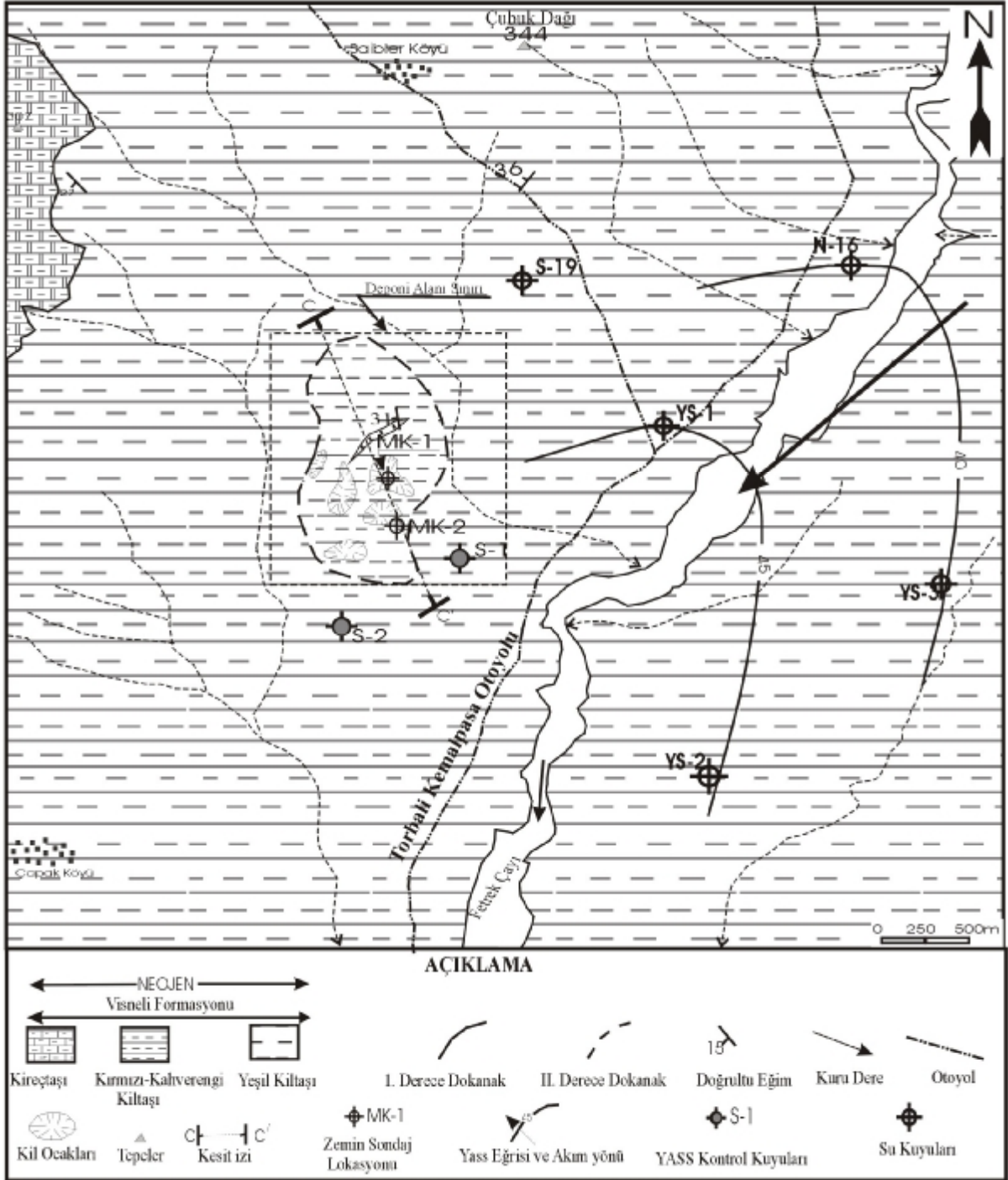
### 1.1. Katı Atık Miktarı

Torbalı İlçesinin nüfusu 2000 yılı verilerine göre 30.000 kişidir (Torbalı Belediyesi, 2001). İlçe nüfusu, Torbalı Belediyesi'nin hazırlamış olduğu katı atık düzenli depolama sahası Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) raporuna göre 2010 yılında 45.000 kişi ve her on yılda bir ortalama olarak %50 artış göstererek, 2030 yılında 75.000 kişiye ulaşacaktır. Bu nüfus artışına bağlı olarak ilçede günümüzde, yıllık 30000 ton olan katı atık miktarının 2010 yılında 82500 ton, 2030 yılında ise 625000 ton'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4). Sıkıştırılmış katı atıkların ortalama  $0.9 \text{ ton/m}^3$  bir yoğunluğa sahip olacağı düşünülürse, Torbalı İlçesinde 2030 yılı itibariyle  $550000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ lık bir katı atık miktarı oluşacaktır (Toprak, 1998). Bu miktardaki bir katı atığın sıkıştırılarak 10 m kalınlığında depolanması halinde,  $55000 \text{ m}^2$ 'lik bir alana ihtiyaç vardır. Bu miktar alana % 25 oranında tesis yerleşim alanının da ilave edilmesiyle, 2030 yılı itibariyle Torbalı İlçesi için toplam  $70000 \text{ m}^2$  lik bir katı atık

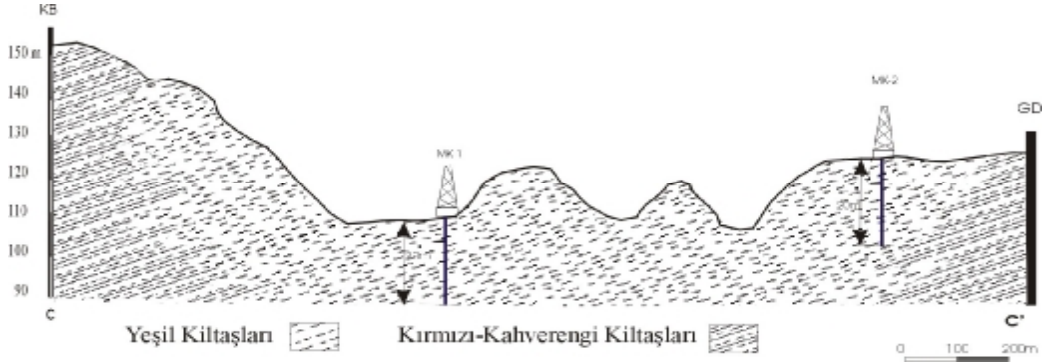
depolama alanına ihtiyacı vardır. Yapılan incelemeler, çalışma alanının yukarıda belirtilen çöp miktarını karşılayabilecek genişlikte olduğu belirlenmiştir (Şimşek, 2002).



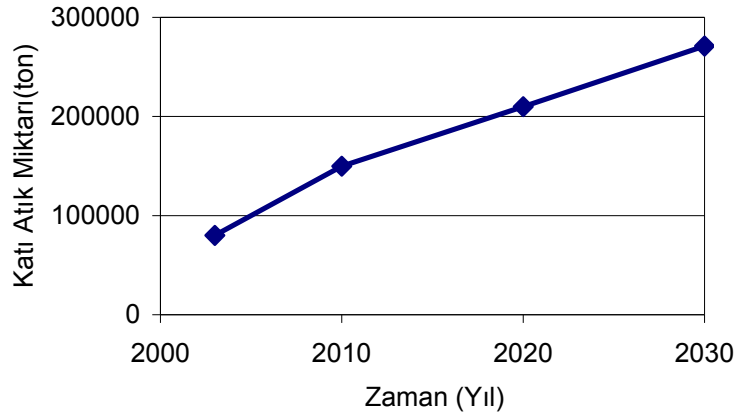
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru ve genel jeoloji haritası



Şekil 2. Torbalı katı atık depolama alanı olarak önerilen saha ve çevresinin hidrojeoloji haritası



Şekil 3. Çalışma alanının kuzeybatı-güneydoğu yönünde alınmış yeraltı kesiti



Şekil 4. Torbalı ilçesinin yıllara göre hesaplanan katı atık miktarı dağılım grafiği (Şimşek, 2002)

Çizelge 1. Katı atık depolama alanı belirlenmesine yönelik yapılması önerilen yöntemler

(Karagüzel ve Mutlutürk, 1997)	(Costa ve Rydın, 2001)	(Dörhöfer ve Siebert, 1998)
<b>1. Atık Envanteri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depolanacak çöp özellikleri</li> <li>• Atık miktarı</li> <li>• Bertaraf Yöntemi</li> </ul> <b>2. Yer Seçimi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sahanın Jeoloji</li> <li>• Sahanın Hidrojeolojisi</li> <li>• Sondaj</li> <li>• Permeabilite Deneyleleri</li> <li>• Meteorolojik Durum</li> <li>• Akiferler ve Akütartlar</li> <li>• Yeraltısuyu</li> </ul> <b>3. Kontrol Sistemleri</b> <b>4. Depolama Tekniği</b>	<b>1. Bölgenin Jeolojisi</b> <b>2. Sanayi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sıvı Atık Üretimi</li> <li>• Likit Etkisi</li> <li>• Çevre</li> <li>• Jeomorfoloji ve Hidroloji</li> <li>• Jeoloji</li> <li>• Hidrojeoloji</li> </ul> <b>3. Zemin ve Su Kirliliği Çalışmaları</b> <b>4. Saha Çalışmaları</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saha Çalışma Programı</li> <li>• Atık Bölgeleri</li> <li>• Su Yolları</li> </ul>	<b>1. Yer Seçim Süreci</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jeolojik Çalışmalar</li> <li>• Hidrojeolojik Çalışmalar</li> <li>• Olumlu ve Olumsuz alanların haritalanması</li> </ul> <b>2. Bölgesel Planlama Süreci</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jeolojik Yönlendirme Araştırmaları</li> <li>• Alternatif Bölge/veya Bölgelerin Seçimi</li> <li>• Etkili Çevresel Çalışmalar, Konferanslar</li> </ul> <b>3. İzin Alma Süreci</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alanın detaylı jeolojik Çalışması</li> <li>• Zemin-Su Araştırmaları</li> <li>• İklim</li> <li>• Çevre</li> </ul> <b>4. Jeolojik Planlama Araştırmaları</b>

## 1.2. Sahanın Çevresel Özellikleri

Katı atık deponi alanı ve çevresinde su temininin zor olması nedeniyle, kuraklığa dayanıklı tarım yapılmaktadır. Saha çevresinde zeytin ağaçları yer alırken, deponi alanının güneyinde dar bir alanda, pamuk ve üzüm bağları yer almaktadır. Bu bölge, eskiden kil üretimi yapılmış olması nedeniyle, yörenin doğallığı bozulmuş ve tarımsal özelliğini yitirmiş alan olarak değerlendirilmektedir (Torbalı Belediyesi, 2001). Ayrıca, yağışlı dönemlerde saha çevresi tamamen çamurlaşmakta ve çalışmayı güçleştirmektedir.

Deponi sahası ve çevresindeki nüfus yoğunluğu azdır. Alanın 2 km kuzeyinde 1500 nüfuslu Saibler Köyü, 5 km güneyde ise 2000 nüfuslu Çapak Köyü yer almaktadır (Şekil 2). Her iki köy halkı da geçimini hayvancılık ve sanayi tesislerinde çalışarak sağlamaktadırlar. Saha, deniz seviyesine göre 140-160 m kotlarında yer almaktadır. Saha çevresinde, yağmur sularını deponi alanına taşıyacak olan dereler oldukça seyrek. Ancak deponi alanına yakın geçen kuru derelerin ıslah edilmesi ve deponi alanı içerisine yağmur suları girişinin önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, saha ve çevresinin topoğrafik eğiminin düşük ( $< \%10$ ) olması, katı atıkların depolanmasında kolaylık sağlayacaktır. Katı atık deponi alanlarının, yerleşim biriminden en az 1 km uzakta olması gerekmektedir ([www.erdin.deu.edu.tr](http://www.erdin.deu.edu.tr)). Torbalı katı atık sahası, kendisine en yakın yerleşim birimi olan Saibler köyüne 2 km uzaklıktadır. Bu özellikleri ile saha ve yakın çevresi, katı atık düzenli depolama alanı için uygun çevresel özellikleri taşımaktadır.

## 2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

Torbalı ve çevresinin temelini, Menderes Masifi olarak adlandırılan Mesozoyik yaşlı şist ve mermerler oluşturmaktadır (Erdoğan, 1990). Bu birimler, çalışma alanının doğusunda ve güney batısında yüksek kesimlerde yer almaktadır (Şekil 1). Menderes Metamorfileri üzerine uyumsuzlukla, Neojen yaşlı Vişneli Formasyonu gelmektedir (Baba ve Sözbilir, 2001; Şimşek, 2002). Vişneli Formasyonuna ait kayaçlar, çalışma alanı ve çevresinde alttan üste doğru, yeşil kilitaşları, kırmızı-kahverengi kilitaşları ve kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Bölgede yapılan jeofizik çalışmalarda, Vişneli Formasyonunun 350m'lik bir kalınlığa sahip olduğu belirlenmiş, ancak formasyonu oluşturan kayalar tam olarak ayrılmamıştır (Şimşek, 2002). Çalışma alanının doğusunda ve güneyde geniş bir alanda yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyon, tüm birimleri litolojik ve açısız uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 1).

### 2.1. Yeşil Kilitaşları

Sahada temelde gözlenen kilitaşları, yeşil renkli olup, içerisinde kırmızı renkli kilitaş bantları ile ardalanmalı devam eder. Yeşil kilitaşları renklerdeki değişim ve içerisinde ayrışma ürünü olan sarı, beyaz renklerin olması, orijinal yapıya ilişkin tabaka doğrultu eğimlerinin gözlenememesi ve içerisinde çok az sert kilitaş parçalarının olması nedeniyle kayaçlarda ayrışma derecesi sınıflamasına göre "tamamen ayrılmış kayaç" olarak değerlendirilmiştir (Şekercioğlu, 1998). Kil elde etmek için açılan hendeklerde, yüzeyden itibaren 12 m derinliğine kadar tamamen ayrılmış olan yeşil kilitaşlarında tabakalaşma gözlenememiştir. Ayrıca, yağmur sularının etkisi ile hendeklerin eğimli yüzeyinde çamur akmaları sonucunda oluşan yelpaze yapıları mevcuttur. Alanda yapılan Mk-1 ve Mk-2 nolu sondajlardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan deneylerde killer, birleşik zemin sınıflandırmasına göre düşük plasiteli (CL) kil olarak sınıflandırılmıştır. Yeşil kilitaşlarının, likit limit ( $\% \omega_{LL}$ ) değerlerinin 40-45 ve plastik limit ( $\omega_{PL}$ ) değerlerinin 6-15 arasında değiştiği, boşluk oranlarının (e) % (32-66), porozitelerinin (n) % (24-39) ve doğal su içeriklerinin ( $w_n$ ) %20 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Sondajlarda yapılan standart

penetrasyon deneyi (SPT) sonrasında, darbe sayıları  $SPT-N_{30} > 50$  olduğu tespit edilen yeşil kilttaşları, Terzaghi ve Peck sınıflandırmasına göre “çok katı/sert kıvamda killer” grubuna girmektedirler (Terzaghi ve Peck, 1996).

## 2.2. Kırmızı-Kahverengi Kilttaşları

Kırmızı-kahverengi kilttaşları, yeşil, düşük plasiteli ve geçirimsiz kalın kilttaşları üzerine uyumlu olarak gelmekte ve içerisinde, bant ve merceksi konumda kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltaşı seviyeleri içermektedir. Kırmızı-kahve renkli kilttaşları, Saibler Köyü yolu üzerindeki mostralarda ve alanın batısında 140-180 m kotlu dik yamaçlarda gözlenmektedir. Kilttaşları içerisinde yer alan çakıllı ve kumlu seviyeler yer yer pekleşmiş ve karbonat çimentoludur. Çakıltaşı, 2-25 cm boyutlarında iyi -orta yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmış mermer, kireçtaşı ve kumtaşı çakıllarından oluşmaktadır. Özellikle, çakıltaşı ve kumtaşlarında katmanlaşma belirgin olup, kilttaşları içerisinde 1.5-2 m kalınlığında bantlar şeklinde yer almaktadır. Kumtaşları çakıltaşı ile ardalanmalı bir yapı sunmaktadır. Kumtaşları ağırlıkla kuvars ve mika ağırlıklı tanelerden oluşmaktadır. Kahverengi kilttaşlarının sert yapıda olması ve gözenekliliği artırıcı çakıltaşı, kumtaşı katmanları içermesi nedeniyle “deponi sahası için uygun olmayan”, temel kayası niteliği taşımaktadır.

## 2.3. Kireçtaşları

Gri, kirli beyaz renkli ve çatlaklı yapıda olan kireçtaşları, deponi sahasının batısında ve en üst kotlarda gözlenmektedir. Kireçtaşları içerisinde erime boşlukları gelişmiş olup, mağara gibi karstik yapılar içermektedir. Kireçtaşları alanın güneyinde yer alan Torbalı Ovasında, akifer özelliğinde olup 10-15 l/s arasında değişen debilerde sular alınmaktadır (Şekil 1). Ayrıca, kış aylarında kireçtaşı içerisinde süzülerek alta yer alan geçirimsiz kilttaşı dokanağından yüzey suları, kaynak olarak yüzeye çıkmaktadır. Ancak, bu kaynaklar yaz aylarında kurumaktadır. Sahada yapılan ölçümler sonucunda,  $10^{-2}$  m/s permabilite katsayısına sahip olduğu belirlenen kireçtaşları, geçirimli ve karstik akifer özelliği taşımaları nedeniyle, katı atık deponi sahası olarak kullanım açısından “uygun olmayan” temel kayasını oluşturmaktadır (Şekil 6).

## 3. SAHANIN HİDROJEOLJİSİ

### 3.1. İklim

Torbalı meteoroloji istasyonunun son 20 yıllık yağış verilerine göre, bölgede yıllık yağış ortalaması 718 mm ve sıcaklık  $17^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yağışların %55'i kış aylarında düşmektedir. Torbalı ve çevresinde kar yağışı nadiren görülmektedir. En çok yağış alan ay 152.3 mm yağış miktarı ile Aralık ayları olup, hakim rüzgar yönü 8 km/s ile GB ve KD'dur. En kuvvetli rüzgarlı gün sayısı yıllık 20 gündür (DMİ, 1998). Diğer günlerde rüzgar kuvveti daha düşük ve yönleri değişkendir. Hakim rüzgar yönünün kuzey olması nedeniyle, deponi alanında oluşacak pis kokuların güneyde yer alan Torbalı yerleşim alanına taşınması beklenilmemektedir. Ancak, Bu pis kokuların kuzeyde yer alan Saibler Köyü ne ulaşımına engel olunması için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında, depolanan katı atıkların üzeri günlük olarak örtülmeli ve haşereye karşı mücadele için ilaçlanmalıdır. Ayrıca, deponi alanına yakın geçen ve alanın 1 km doğusunda bulunan Fetrek Çayına bağlı olan kuru derelerin ıslah edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, yağmur suyu ile oluşacak yüzeysel akış, kirleticileri akarsulara taşıyarak yüzeysel su kirlenmesine neden olabilecektir.

### 3.2. Yeraltısuyu

Deponi sahasında yapılan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde, yeraltısuyu statik seviyesinin deniz seviyesinden itibaren 80 m yükseklikte, yüzeyden 45 m derinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanı ve yakın çevresinde, yeraltısı arama çalışmaları kapsamında yapılan jeofizik çalışmalarda, yeraltı suyunun yüzeyden 45 m derinde olduğu belirtilmektedir (TMYO, 2001). Bölgede, sadece Torbalı-Kemalpaşa yolunun doğusunda yer alan Fetrek Çayı'na yakın kuyulardan, 3-5 L/s debili sular alınmaktadır (Şekil 2). Deponi alanı içerisinde ölçülen 45 m dolayındaki su derinliği, Katı Atık Kontrol Yönetmeliğinin 24. maddesinde belirtilen, yeraltı suyu yüzeyden itibaren 3 m aşağıda olması kriterlerini sağlamaktadır. Çalışma alanı içerisinde yeraltısuyunun hidrolik eğim değeri ortalama % 3.3 ile GB yönünde olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının zeminini oluşturan ve 40 m kalınlığa sahip olduğu belirlenen kiltaşının transmisibilite değeri  $3.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Deponi alanının kuzeyinde yer alan Saibler Köyü ve Bozköy ile güney batısındaki Çapak Köyü'nün su ihtiyacı, bölgede yeraltısularının kısıtlı olması nedeniyle, kuzeyde bulunan Nif Dağı karstik kaynaklarından sağlamaktadırlar. Bu köyler yaz aylarındaki bağ ve bahçe sulama ihtiyaçlarını, uzak noktalardan traktör ve tankerlerle taşıdıkları sularla karşılamaktadırlar. Hayvanların içme suyu ihtiyacı ise deponi alanı ve civarındaki yüzeysel suların oluşturduğu, küçük gölcüklerden sağlanmaktadır.

### 3.3. Akiferler

Yörede, Vişneli Formasyonu'na ait kireçtaşları akifer özelliğindedir. Ancak Vişneli kireçtaşları depolama alanının batısında 250 m rakımlı yüksek tepelerde gözlenmektedir (Şekil 2). Çapak köyünün kuzeyindeki kesimlerde kireçtaşı, kiltası dokanaklarından 1-5 L/s debili kaynaklar mevcuttur. Yağmur suları kireçtaşı içerisindeki süreksizlik ve karstik boşluklardan aşağıya doğru süzülerek, geçirimsiz kiltası dokanağından yüzeye kaynak olarak çıkmaktadır. Deponi alanı ve yakın çevresinde akifer olabilecek başka kayalar yer almamaktadır. Torbalı ovasında kiltaşları içerisinde yer alan kumtaşı, çakiltası katmanlarından 1-3 L/s debili sular alınmaktadır. Ancak, depolama alanında yapılan MK-1, MK-2 ve S-19 nolu kuyularda çakiltası ve kumtaşı katmanları kesilmemiştir. Kiltaşları homojen olup akifer özelliği taşımamaktadır. Deponi alanı ve yakın çevresinde yer alan yeşil renkli ayrılmış kiltaşları, su verimi oldukça düşük olan geçirimsiz birimlerdir (Şekil 3). Yeşil ve kırmızı kiltası aralanmasından oluşan birimin kalınlığının, S-19 sondaj verilerine dayanılarak 150 m'den fazla olduğu belirlenmiştir. Deponi alanında yapılan Mk-1 ve Mk-2 sondaj verilerine göre de, temelde yer alan ve 150 m kalınlığa sahip olan kırmızı-yeşil kiltası aralanmalı istifin, ilk 40 m'sini yeşil renkli kiltaşlarının oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Ayrılmış yeşil kiltaşlarının arazi ve laboratuvarında ölçülen hidrojeolojik özellikleri, Çizelge 2'de verilmiştir. Bu değerlere göre, yeşil kiltaşları akifer özelliği taşımadığı ve KAKY (Katı Atık Kontrol Yönetmeliği)'de belirtilen, temel kayası kalınlık kriterine göre "oldukça kalın bir jeolojik bariyer" özelliği taşıdığı belirlenmiştir (KAKY, 1991). Saibler köyü civarında, yeşil renkli kiltaşları üzerinde uyumlu olarak yer alan, yer yer çakıl ve kum bantları içeren kırmızı-kahverengi kiltaşları içerisinde derinliği 8-11m arasında değişen yüzeye yakın sularının çekildiği tulumbar mevcuttur.

Çizelge 2. Sahadaki yeşil kiltaşlarının hidrojeolojik parametreleri (Şimşek, 2002)

Porozite (% n)	Boşluk Oranı (% e)	Hidrolik Eğim (% i)	k (arazi) (m/sn)	Ortalama Kalınlık (m)	Transmisibilite ( $\text{m}^2/\text{sn}$ )
18	22	3.3	$7.2 \times 10^{-9}$	40	$3.5 \times 10^{-7}$



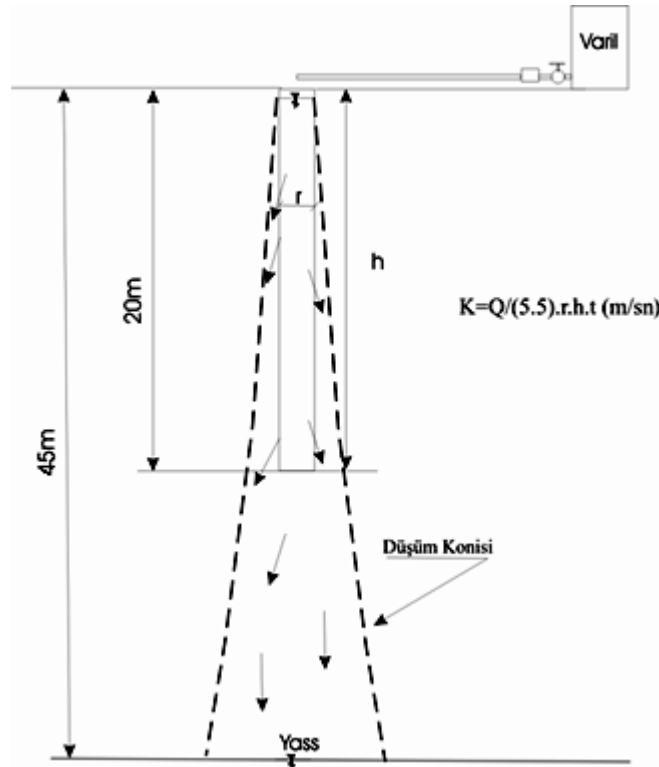
### 3.4. Su Kimyası

Yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, tesise en yakın su kuyusundan (N-16) örnekler alınmış ve kimyasal analizleri yaptırılmıştır (Şekil 2). Çalışma alanı içerisinde yer alan, yeraltı sularının pH değerinin 7.1, elektrisel iletkenlik (EC) değerinin 165  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Fransız sertlik derecesinin 29.54 ve Sodyum Absorpsiyon Oran'ının (SAR) 1.94 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflamasına göre C3 sınıfında yer alan yeraltı sularının  $\text{Na-HCO}_3$ 'lı sular olduğu ve ağır metaller içermediği saptanmıştır (Şimşek, 2002). Bu veriler ışığında çalışma alanı yeraltı suları içme ve kullanma suyu TSE-266'da belirtilen maximum limit değerlerinin altında olup, kullanılabilir özellikleri taşımaktadır.

## 4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 4.1. Sondajlar

Çöp depolama alanı olarak tesbit edilen alanda, temel zeminini oluşturan yeşil-kırmızı renkli kilitaşlarının kalınlık ve jeoteknik özelliklerinin tesbit edilmesi için, derinlikleri 20 m olan iki adet temel sondajı yapılmıştır (Şekil 2). T-66 tek tüplü karotiyer ile sürekli karot alınan sondajlarda, her 1.5m'de bir SPT yapılmış ve örselenmiş numune alınmıştır. Alandaki yeşil-kırmızı renkli kilitaşının kalınlığı sondaj derinliği olan 20 m boyunca devam etmiştir. Ayrıca, kilitaşları SPT- $N_{30}$  darbe sayılarına göre, "çok katı ve sert" grubuna girmektedir (Terzaghi ve Peck, 1996). Mk-1 nolu sondaj kuyusu, alanda tuğla fabrikaları için kil alınarak oluşturulan ve yüzeyden 20 m derinliğindeki çukur alanın en alt noktasında yapılmıştır (Şekil 3). Mk-1 sondajı yüzeyden itibaren 20 m derinliğe kadar ilerlemiş ve 0-5 m arasında yeşil renkli kilitaş, 5-8 m arasında kırmızı renkli kilitaşları, 8-20 m arasında yer yer 10-30 cm kalınlığında kırmızı renkli kilitaş bantları içeren, yeşil renkli kilitaşları kesilmiştir.



Şekil 5. Basınçsız su deney düzeneği

Depolama alanında arazi ve sondaj çalışmalarında, yüzeyden itibaren 40 m derinliğe kadar yeşil renkli kilttaşları yer almaktadır. Mk-1 sondaj kuyusunun 250 m güneydoğusunda, uzağında ve Mk-1 sondaj kuyusuna göre 8 m daha yüksek bir kotdan yapılan Mk-2 sondaj kuyusunda; 0-5 m kalınlığında yeşil renkli kilttaşları, 5-20 m arasında ise yine kırmızı kilttaş bantlı, yeşil kilttaşları kesilmiştir.

#### 4.2. Permeabilite Deneyleri

Sondaj kuyularında sabit seviyeli permeabilite deneyi uygulanmıştır. Bu deneyde, kuyu içerisi su ile doldurulmakta ve yukarıdan su verilerek su seviyesi sabitlenmektedir (Şekil 5). Kuyuya 20 dakika süre ile verilen su miktarı belirlenerek, permeabilite katsayısı eşitlik 1’de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır (Şekercioğlu, 1998; Özaydın, 1989).

$$k = \frac{Q}{5.5.r.h.t} \quad (1)$$

$$k = \frac{a.L}{A.t1} .Ln \frac{h1}{h2} \quad (2)$$

Burada, k(cm/sn): permeabilite katsayısı, Q(cm<sup>3</sup>): su miktarı, t(sn): zaman, r(cm) kuyu yarıçapı, h(cm): deney yapılan bölgenin yüzeyden derinliği, a(cm): manometre alanı, L(cm): örnek uzunluğu, A(cm<sup>2</sup>): permeametre tüpünün alanı, t(sn): deney süresi, h1(cm); başlangıç su yüksekliği, h2(cm); son su yüksekliği.

Mk-1 sondaj kuyusunda 0.0-5.0 m arasında yapılan basınçsız su deneyinde 20 dakika süre ile gözlem yapılmış ve bu süre sonunda kilttaşlarının permeabilite katsayısı 6.3x10<sup>-9</sup> m/s olarak belirlenmiştir. 5.00-10.00 m arasında yapılan permeabilite deneyinde, permeabilite katsayısı 4.07x10<sup>-9</sup> m/s olarak ölçülmüştür. Ayrıca, kuyu bitiminde tüm kuyu boyunca permeabilite katsayısını tesbit etmek için kuyu su ile tamamen doldurulmuş ve 4 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda kuyu boyunca ölçülen permeabilite deneyinde, killerin permeabilite katsayısı(k) 7.06x10<sup>-9</sup> m/s olarak tesbit edilmiştir. Mk-2 kuyusunda yapılan permeabilite deneyinde 0.0-5.00 m arasında 8.8x10<sup>-9</sup> m/sn, 5.0-10.00 m arasında 9.25x10<sup>-9</sup> m/s ve kuyu boyunca genel permeabilite katsayısı 8.2x10<sup>-9</sup> m/s olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Ayrıca, sondaj kuyularında kuyu yan duvarlarında kil sıvamasından dolayı gözeneklerin azalabileceği düşüncesi ile sondajlardan alınan örnekler üzerinde laboratuvar düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Kilttaşlarının permeabilite katsayısı eşitlik 2’de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır. Deney sonucunda, Neojen yaşlı yeşil kilttaşlarının üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar deneylerinde, permeabilite katsayısı 6.95 ile 7.37 x10<sup>-10</sup> m/s arasında değişen değerler elde edilmiştir (Şekil 6). Kilttaşların permeabilite katsayısı, her iki deneyde birbirine yakın değerler vermiştir.

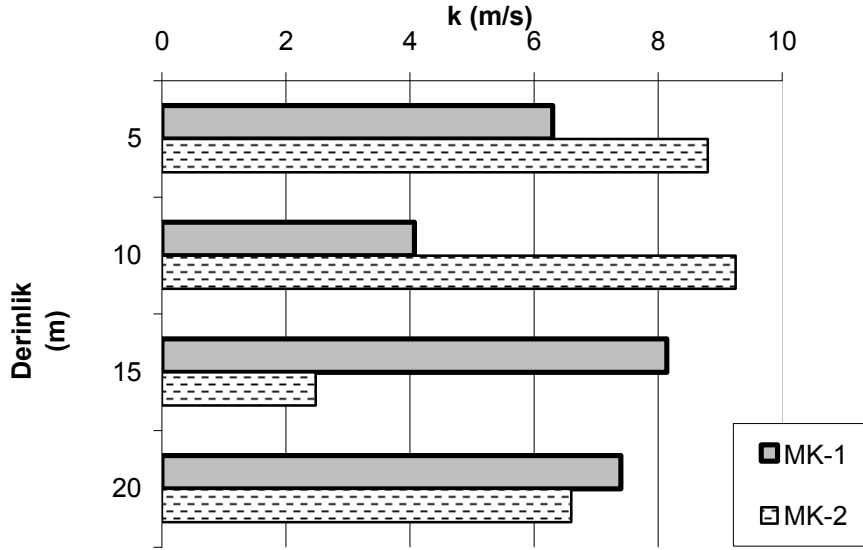
Tamamen ayrıışmış yeşil ve kırmızı renkli kilttaşları, kayaçların geçirgenlik sınıflamasına göre “geçirimsiz“ olduğu ve doğal olarak “geçirimsiz temel kayası“ olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5). Ancak, litolojik farklılık geçirimsizliği etkilemektedir. Birimin geçirimsizliğini iri taneli boyutlu çakıl, kum ve blok gibi mercekli seviyeler etkilemektedir. Sondaj verilerine göre yeşil renkli ayrıışmış kilttaşları homojen olup sondaj kuyusu boyunca litolojik değişiklik göstermemişlerdir. Ayrıca, sondaj boyunca yapılan permeabilite deneyinde geçirimsiz bir temelde oluşabilecek düşüm konisi Şekil 5’te verilmiştir. Kuyudan sızan sular çok dar bir alanda graviteye bağlı olarak yeraltı seviyesine doğru inmektedir. Çok geçirimsiz bir temelde ise düşüm konisinin saha içerisinde geniş bir alanı etkilemesi söz konusudur.

Çizelge 3. Permeabilite deney sonuçları

Sondaj No	Deney Zonu (m)	Zaman (s)	Su Debisi (cm <sup>3</sup> )	Kuyu Yarıçapı (cm)	Basıncsız Su Deneyi $k = \frac{Q}{5.5.r.ht}$ (cm/s)	k (m/s)
Mk-1	0.00-5.00	1200	1.7	4.5	$6.3 \times 10^{-7}$	$6.3 \times 10^{-9}$
	5.00-10.00	1200	1.1	4.5	$4.07 \times 10^{-7}$	$4.07 \times 10^{-9}$
	10.00-15.00	1200	2.2	4.5	$8.14 \times 10^{-7}$	$8.14 \times 10^{-9}$
	15.00-20.00	1200	2.6	4.5	$7.40 \times 10^{-7}$	$7.40 \times 10^{-9}$
	0.00-20.00	14400	87	4.5	$7.06 \times 10^{-7}$	$7.06 \times 10^{-9}$
Mk-2	0.00-5.00	1200	2.4	4.5	$8.80 \times 10^{-7}$	$8.80 \times 10^{-9}$
	5.00-10.00	1200	2.5	4.5	$9.25 \times 10^{-7}$	$9.25 \times 10^{-9}$
	10.00-15.00	1200	2.6	4.5	$2.48 \times 10^{-7}$	$2.48 \times 10^{-9}$
	15.00-20.00	1200	2.0	4.5	$6.60 \times 10^{-7}$	$6.60 \times 10^{-9}$
	0.00-20.00	14400	104	4.5	$8.20 \times 10^{-7}$	$8.20 \times 10^{-9}$
	Numune Derinliği (m)	Düşen seviyeli Perm. Deneyi $k = \frac{a.L}{A.t1} \cdot Ln \frac{h1}{h2}$ (cm/s)				
Mk-1	2.50-3.00	$6.95 \times 10^{-8}$				
	3.50-4.00	$7.22 \times 10^{-8}$				
	6.50-8.50	$7.37 \times 10^{-8}$				

Çizelge 4. Katı atık depolama alanında yer alan temel kayasının jeoteknik özellikleri

Sondaj No	Derinlik	Doğal Su İçeriği	Birim Hacim Ağırlık	Atterberg Limitleri (%)			Boşluk Oranı	Porozite	Zemin Sınıfı	Drenajsız Kayma Direnci (Cu)
				$\omega_L$	$\omega_{PL}$	$\omega_P$				
	Metre	% $w_n$	$\gamma_n(t/m^3)$	$\omega_L$	$\omega_{PL}$	$\omega_P$	%e	%n		kN/m <sup>2</sup>
	0-7.00	10.0	1.81	30	26	4	53	35	CL	32
MK-1	7.50-8.50	12.0	2.19	28	25	3	32	24		
	9.50-10.00	15.0	2.09	30	23	7	45	31		
	15.00-15.50	30.0	1.95	32	21	11	66	39		
	4.50-5.00	20.0	1.97	48	27	21	48	32	CL	69
MK-2	12.50-13.00	14.0	2.14	46	37	9	38	28		
	17.50-18.00	19.0	2.00	43	30	13	45	29		



Şekil 6. Mk-1, Mk-2 sondaj kuyularında permeabilite katsayısının derinlikle değişimi ( $k = \times 10^{-9}$  m/s)

Çizelge 5. Kayaçların tahmini permeabilite değerleri (Ulusay, 1994)

Geçirgenlik Derecesi	Permeabilite Katsayısı(m/s)
Oldukça Geçirimli	$1-10^{-2}$
Orta Derecede Geçirimli	$10^{-2}-10^{-5}$
Düşük Geçirimli	$10^{-5}-10^{-9}$
Geçirimsiz	$<10^{-9}$

## 5. DEPONİ SAHASI OLMA ÖZELLİĞİ

Çalışma alanındaki temel kayasının dizin, kalınlık, yeraltı suyu ve geçirgenlik özellikleri, bu alanın bir katı atık deponi alanı olması için gerekli kriterleri sağlamaktadır (Çizelge 6). Özellikle, geçirimsiz temel kayasının kalınlığının 100 m olması, yeraltı suyunun korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, Mk-1, Mk-2 ve S-19 nolu sondajlarında, killer içerisinde gözenekliliği arttırıcı kumtaşı, çakıltası ve kireçtaşı katman ve mercceklerine rastlanılmamıştır. Homojen olarak yeşil ve kırmızı renkli düşük plasiteli killer ardalanmalı olarak devam etmektedir. Diğer taraftan, depolama alanı ve çevresinde akifer oluşturacak bir kaya mevcut değildir. Temel kayasının geçirimsizliği ve yeraltı suyunun veriminin düşük olması nedeniyle, araştırma alanı katı atık depolama alanı olma açısından saha uygun jeolojik ortamı taşımaktadır. Ayrıca, yeraltı suyu derinliği, çevre koşulları ve içme su kuyularına olan uzaklık kriterlerinde belirtilen parametrelere uygunluk taşımaktadır (Çizelge 7). KAKY'e göre yeraltı su derinliğinin 3 m'den daha derinde olması istenmektedir. Çalışma alanında yeraltı su derinliği 45 m olarak saptanmıştır (KAKY, 1991). Yüzeyden itibaren 45 m derinde yer alan yeraltı su seviyesinin, geçirimsiz bir temel kayası üzerindeki yüzeysel kirleticilerden etkilenmesi beklenmemektedir. Yüzeye yakın ve geçirimli bir alanda inşa edilecek olan depolama alanları, ek önlemlerin alınması nedeniyle maliyetinin artmasına neden olacaktır. Temel kayası geçirimsiz ve kalın, yeraltı su derinliği oldukça fazla olan sahalarda, depolama alanları açısından oldukça ender bulunan alanları oluşturmaktadır. Torbalı ilçesi katı atık

depolama alanı bu sahalardan birini oluşturmaktadır. Bu durumda araştırma sahası temel kayasının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri katı atık depolama maliyetini oldukça düşürecektir.

Bir deponi sahasının uygunluğunu araştırmak için jeolojik, hidrojeolojik ve çevresel özelliklerine göre bazı sınıflamalar geliştirilmiştir. Bu sınıflamaların başında, puanlama yöntemi ile sahalarda puanlanmakta ve uygunluk açısından tartışılması kolaylaştırılmaktadır. Puanlama sınıflamasında, “100” en yakın puan alan depolama alanı “uygun alan” olarak değerlendirilmektedir ([www.erdin.deu.edu.tr](http://www.erdin.deu.edu.tr)).

Torbalı ilçesi katı atık depolama alanı için benzer jeolojik ve hidrojeolojik değerlendirme için bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Puanlamada, “[www.erdin.deu.edu.tr](http://www.erdin.deu.edu.tr)” sitesinden; Bağç, Karagüzel ve Mutlutürk’den yararlanılarak, depolama alanı için jeolojik ve hidrojeolojik açıdan bir puanlama çizelgesi oluşturulmuştur (Bağç, 1994; Karagüzel ve Mutlutürk, 1997) (Çizelge 8). Yapılan puanlama sisteminde, jeolojik ve hidrojeolojik parametrelerin oluşturduğu on kategori belirlenmiştir. Her kategori %10’luk bir etkiye sahip olup, on kategorinin toplamı 100 olarak hesaplanmıştır. Her kategori, kendi içerisinde üç parametreye ayrılmıştır. Katı atık depolama alanı için gerekli olan en uygun parametre %6, bazı önemli tedbirlerle uygun olabilecek parametre %3, uygun olmayan parametre ise %1 olarak ele alınmıştır. Katı atık depolama alanı için gerekli olan en uygun parametrelerin genel toplamından oluşan %60 değeri, katı atık depolama alanlarının temel özelliklerini sağlayan en yüksek değer olarak kabul edilmiştir. Temel kayasının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri %60’dan düşük olan sahalarda; düşük riskli, orta riskli ve yüksek riskli alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 9).

Jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine göre çalışma alanı, katı atık depolanması için gerekli olan jeolojik ve hidrojeolojik kriterlerini sağlamaktadır (Çizelge 9). Ayrıca, jeolojik ve çevresel kriterlerine göre, katı atık depolama alanı istenilen özellikleri taşımaktadır (Çizelge 6). Elde edilen verilere göre saha ve çevresi, jeolojik ve hidrojeolojik yönden Torbalı katı atık depolama alanı “uygun alan” niteliğini taşımaktadır (Çizelge 9).

Araştırma alan ve çevresi kil hammaddesi için açılan çok sayıda hendekler nedeniyle morfolojisi bozulmuş ve tarım yapılamayacak durumdadır. Saha, depolama alanı olarak kullanıldıktan sonra, peyzaj çalışmalar ile çevreye kazandırılarak kötü görünüm ortadan kaldırılmalıdır. 2030 yılına kadar yapılan atık envanterinde, bölgede 75.000 nüfuslu bir ilçenin 30 yıllık katı atığını depolayacak büyüklüktedir. Katı atıklar, düzenli depolama tekniğine uygun depolandığı takdirde yeraltı su ve çevre sağlığını etkilemeyecektir. Birinci derece deprem bölgesi olan alanda, katı atıklardan oluşan sıvı atıkların yeraltına sızmasını önlemek için temel ve tavan örtü sistemleri itina ile uygulanmalıdır. Ayrıca, düzenli katı atık depolama alanında depolama sonrası yeraltı suyunda kirliliğinin izlenmesi amacıyla, sahanın doğu ve güney kesimlerinde ve haritada S-1 ve S-2 ile gösterilen iki adet en az 200 m derinlikte olan gözlem su kuyusu açılmalıdır (Şekil 2).

Çizelge 6. Katı atık temel özelliklerinin istenilen kriterler ile karşılaştırılması

Özellik	İstenilen Kriter (Bağç,1994)	Torbalı Atık Sahası	Uygunluk
Permeabilite Katsayısı	$<10^{-8}$ m/sn	$10^{-9}$ m/sn	+
Geçirimsiz Temel Kalınlığı	$>3$ m	~100 m	+
Likit Limit	20-40	28-48	+
Plastik Limit	10-20	21-30	+
Su İçeriği(%)	15-20	10-30	+

Çizelge 7. Bir atık sahasının çevresel özellikleri ve Torbalı atık sahasının karşılaştırılması

Özellik	Genel Kriter (Bagch,1994)	Torbalı Atık Sahası	Uygunluk
Yeraltısı Derinliği	>3m	45m	+
Göl veya Havuza Uzaklık	>300m	Yok	+
Nehire Uzaklık	>90m	>200m	+
Otoyola Uzaklık	>300m	>200m	-
Milli Parka Uzaklık	>300m	Yok	+
İçme Su Kuyusuna Uzaklık	>365m	>400m	+

### 5.1. Düzenli Depolama Tekniği ve Alınacak Önlemler

Düzenli depolama tekniği, belli sınırlar ve kriterler çerçevesinde katı atıkların bir arıtmadan geçirilmeden arazide depolanmasıdır. Düzenli katı atık depolama alanlarının şehirden uzak, arazinin estetiği bozulmuş, 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 olmalıdır (Karagüzel, 1992). Düzenli depolama, arazinin yapısı, eğimli ve düz oluşu ve kayaçların litolojik, petrografik ve yapısal özellikleri göz önüne alınarak hendek, rampa ve yığma olarak üç değişik düzenli depolama yapılabilmektedir (Yeşilnacar vd., 2001). Torbalı atık sahasının sayısız hendeklerden oluşması nedeniyle depolama yöntemi olarak hendek depolama modeli seçilmelidir (Şekil 8). Düzenli depolama tekniği ekonomik, uygulanabilir, ön yatırımı az olan ve kullanılan alanın rekreasyon amacıyla kullanılma özelliği nedeniyle bir çok avantajı vardır. Ancak, yerleşim birimlerinin kalabalık olduğu alanlarda halkın muhalafeti en önemli sorunu oluşturduğu belirtilmektedir (Yeşilnacar vd, 2001).

Önerilen sahada katı atıkların hendek modeli şeklinde depolanması, ekonomik olması yanında, saha yapısına da uygunluk sağlayacaktır (Şekil 8). Temel kayası, akifer özelliği taşıyan ve geçirimli bir sahada yüzeysel kirleticiler yeraltı sularına kolay ulaşmakta ve kirlilik yeraltısı akım yönüne paralel olarak yayılmaktadır. Temel kayası geçirimsiz olan birimler içerisinde, yüzeysel kirleticiler çok yavaş ilerlemektedir (Şekil 7). Ek tedbirler alınarak bu ilerleme tamamen durdurulabilmektedir. Sahada katı atıklar, Katı Atık Kontrol Yönetmeliği (1991)'nin 26. maddesine göre belirtilen standartlara göre depolanmalıdır. Ancak, sahanın temelinin geçirimsiz ve yeraltı suyunun yüzeyden itibaren 45 m derinde olması nedeniyle, depolama maliyetini aza indirmek için, aşağıda belirtilen önlemlerin alınması yeterli olacaktır.

Temel kayası üzerine;

- Kalınlığı 2 mm olan yüksek yoğunluklu polietilen folye (HDPE) serilmelidir (Şekil 9).
- Koruyucu HDPE üzerine 30 cm kalınlığında koruyucu kil tabakası serilmelidir.
- Koruyucu kil tabaka üzerine, 60 cm kalınlığında ve içerisinde drenaj boruları bulunan geçirimli tabaka serilmelidir.

Örtü Tabakası;

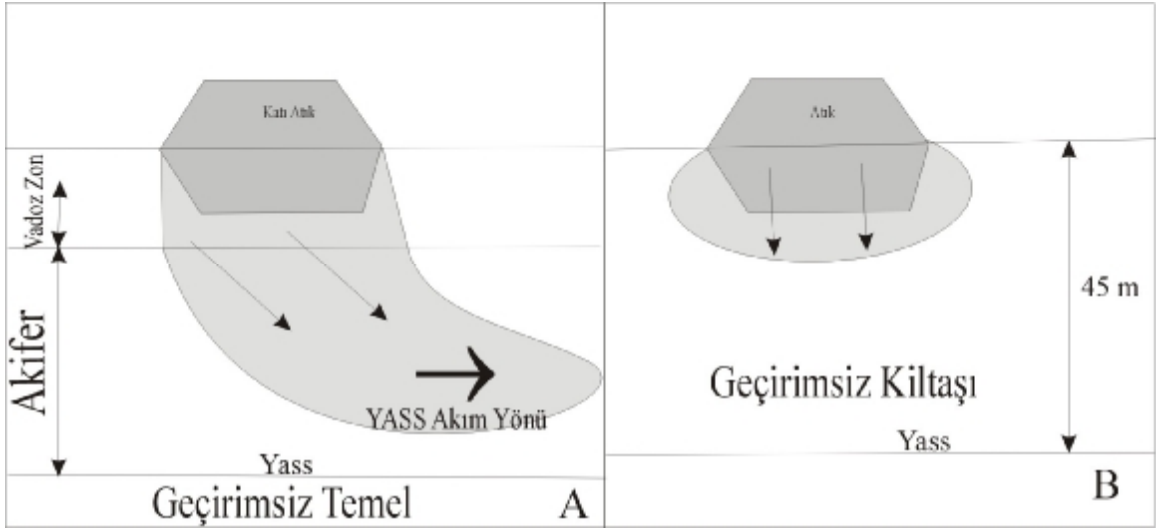
- Atık üzerine 50 cm geçirimsiz ( $k < 10^{-9}$  m/s) kil tabakası örtülmelidir.
- Sızdırmazlık(kil) tabakası üzerine 2 mm polietilen folye (HDPE) serilmelidir.
- Koruyucu kum tabakası üzerine 30 cm kalınlığında geçirimli ( $k = 10^{-3}$  m/s) drenaj malzemesi serilmeli ve içerisine yüzeysel sızıntı sularının berterafi için drenaj borusu yerleştirilmelidir.
- Drenaj malzemesi üzerine 1 m kalınlığında tarım toprağı ve onun üzerinde doğal bitki örtüsü oluşturulmalı ve yeşillendirilmelidir.

Çizelge 8. Katı atık depolama sahasının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine göre puanlanması

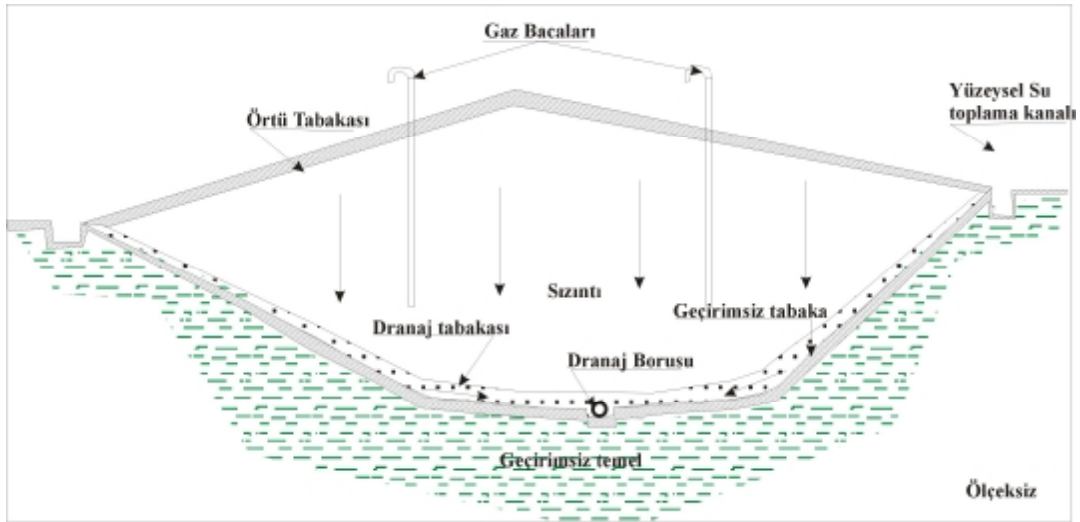
Deponi Özellikleri	Kriterler	Kategori Etkinliği (%)	Parametre Etkinliği (%)	Torbah Sahası
Akifer Litolojisi	Çatlaklı Kayalar(kireçtaşı, mermer v.s)		1	
	Konsolide Olmamış Sedimanter Kayaçlar (alüvyon)	10	3	
	Konsolide Olmuş Sedimanter kayaçlar (kiltası, silttaşı, çamurtaşı)		6	6
Akifer Tipi	Bölgesel Akifer		1	
	Lokal Akifer	10	3	
	Merceksel Akifer		6	6
Yeraltısı Derinliği	<5m		1	
	5-15m	10	3	
	>15m		6	6
Göl veya Nehire Uzaklık	<150 m		1	
	150-300 m	10	3	
	>300 m		6	6
İçme Su Kuyusuna uzaklık	<150 m		1	
	150-300 m	10	3	
	>300 m		6	6
Yüzey ve Yeraltılarına Etkisi	Sadece Yüzey Sularını Etkiliyor		1	
	Sadece Yeraltılarına Etkiliyor	10	3	
	Yüzey ve Yeraltılarına Etkilemiyor		6	6
Yüzeysel Akaçlama	Sık		1	
	Orta Sıklıkta	10	3	
	Seyrek		6	6
Heyelan-Taşkın ve Çığ Riski	Yüksek		1	
	Orta	10	3	
	Düşük		6	6
Temel Geçirimsizliği	Geçirimli ( $k > 10^{-5}$ m/s)		1	
	Orta Geçirimli ( $10^{-5} > k > 10^{-9}$ m/s)	10	3	
	Geçirimsiz ( $k < 10^{-9}$ m/s)		6	6
Temel Kayasının Kalınlığı	<3m		1	
	3-10m	10	3	
	>10m		6	6
	<b>Toplam</b>	<b>%100</b>	<b>%100</b>	<b>%60</b>

Çizelge 9. Depolama alanının jeolojik ve hidrojeolojik uygunluk açısından değerlendirilmesi

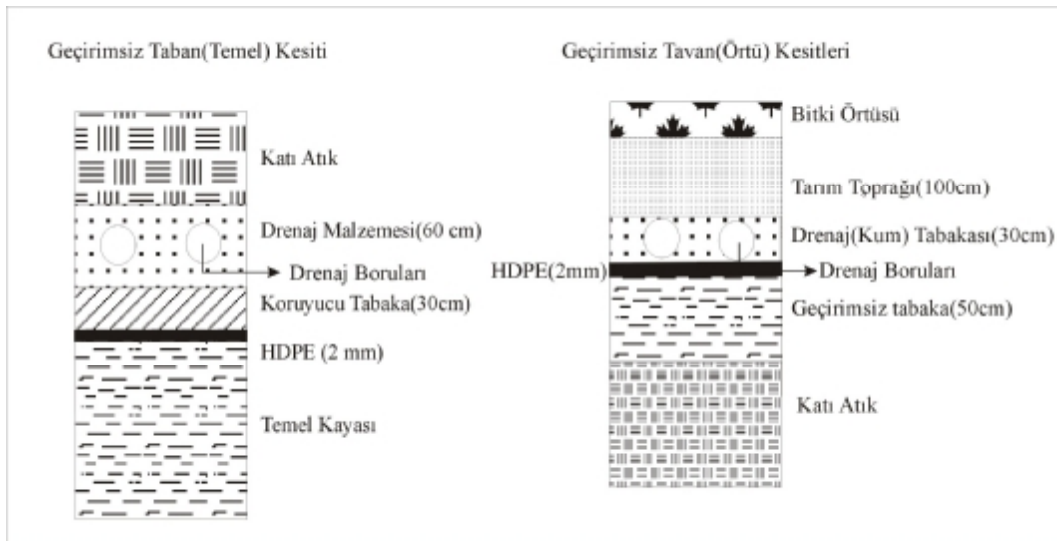
Değerlendirme	Toplam Parametre Etkinliği (%)
Riskli Alan	<10
Orta Riskli Alan	10-30
Düşük Riskli Alan	30-50
Uygun Alan	>50



Şekil 7. a) Kirlenmelerin geçirimli bir alanda yeraltısuyuna taşınma modeli (Palmer ve Johnson, 1989).  
b) Torbalı atık sahası için oluşabilecek taşınma modeli



Şekil 8. Hendek depolama modeli (Yeşilnacar vd., 2001)



Şekil 9. Deponi alanı için önerilen temel ve tavan örtü sistemi (KAKY, 1991)



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Torbalı ilçesinin katı atık depolama sorununa yönelik yapılan bu çalışmada, Torbalı havzasının Kuzeyinde yer alan Neojen yaşlı kilitaşlarının temelini oluşturduğu eski kil ocaklarının katı atık depolama için uygun bir alan olduğu belirlenmiştir. Temel kayasının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine göre bu alan “geçirimsiz taban kayası” özelliğini taşımaktadır. Temel kayasının  $10^{-9}$  m/s permeabilite katsayısı ve 100 m bir kalınlığa sahip olması nedeniyle katı atık kontrol yönetmeliğinde belirtilen geçirimsizlik ve kalınlık kriterlerini sağlamaktadır. Bölgede, yeraltı suları yüzeyden 45 m derinlikte olup, temel kayası akifer özelliği taşımamaktadır. Yapılan jeolojik ve hidrojeolojik değerlendirmelere göre, katı atık depolama alanı, depolama açısından “uygun alan” olarak değerlendirilmiştir.

Katı atıkların depolanması için, geçirimsiz ve yeraltı sularının kısıtlı olduğu Neojen yaşlı killerin yer aldığı eski kilitaş ocakları, düzenli depolama sahası olarak Katı Atık Kontrol Yönetmeliğinde (1991) belirtilen kriterlere göre düzenlenmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından 02.KB.FEN.012 nolu proje adı altında desteklenmiştir. Ayrıca, proje süresince yardımlarını esirgemeyen DEÜ Torbalı Meslek Yüksekokulu çalışanlarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- ASTM (1984): “ASTM Standards of Falling-Head Permeability Tests”, American Society for Testing and Materials Standards.
- Baba A., Sözbilir H. (2001): “KD-Doğrultulu Kemalpaşa-Torbalı Havzasının Jeolojisi ve Yeraltı Su Kalitesi”, Batı Anadolu. ÇEVJEO-2001, 21-24 Mart, İzmir.
- Bagch A. (1994): “Design, Construction and Monitoring of Landfills”, 2<sup>nd</sup> Edition, Willey Interscience Publication, Newyork.
- Costa C., Rydın C.J. (2001): “Site Investigation on Heavy Metals Contaminated Ground in Estorjea”, Engineering Geology, Vol. 45, pp. 37-39, Springer-Verlag.
- DMİ (1998): “Torbalı İlçesi Yağış Verileri”, Devlet Meteoroloji İşleri İzmir Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Dörhöfer G., Siebert H. (1998): “The Search for Landfill Sites Requirements and Implementation in Lower Saxony”, Environmental Geology, Vol. 35(1), Springer- Verlag.
- Erdoğan B. (1990): “İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi”, MTA Dergisi, 119, 1-15.
- KAKY (1991): “20814 Sayılı Resmî Gazete”, 14 Mart 1991.
- Karagüzel R. (1992): “Atıkların Depolanmasında ve Kontrolünde Jeolojinin Yeri”, Eskişehir.
- Karagüzel R., Mutlutürk M. (1997): “Katı Atık Depolamada Yer Seçimi ve Isparta Örneği”, II. İzmir ve Çevresinin Deprem Jeoteknik Sorunları Sempozyumu, 22-24 Ekim, İzmir.
- Kedek S., Kılıç N.Ş. (2001): “Muğla ve Marmaris Katı Atık-Kanalizasyon-İçme Suyu-Atıksu Arıtma Tesisi Projeleri”, ÇEVJEO-2001, 21-24 Mart, İzmir.
- Özaydın K. (1989): “Zemin Mekaniği”, Yıldız Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yayınları, İstanbul.
- Palmer C.D., Johnson R.C. (1989): “Physical Progress Controlled the Transform of Contaminant in the Aqueous Phase”, Engineering Geology, Springer-Verlag.
- Şekercioğlu E. (1998): “Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 28, Ankara.

- Şimşek C. (2002): "Torbalı Ovası'nın Katı Atık Depolama Tesisleri Yer ŐeĐimine Yönelik Hidrojeoloji İncelemesi", DEÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Terzaghi K., Peck R.M. (1996): "Soil Mechanics in Engineering Practice", 3<sup>rd</sup> Ed, John Wiley & Sons Inc, USA.
- TMYO (2001): "Hidrojeolojik Araştırma Raporu", DEÜ Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı (YayınlanmamıŐ).
- Toprak H. (1998): "Katı Atık Toplama, TaŐıma ve Bertaraf Sistemlerinin Eniylemesi ve Ekonomisi", DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 265.
- Torbalı Belediyesi (2001): "Saibler Katı Atık Depolama Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu".
- TSE (1986): "İnşaat Mühendisliğinde Temel Zemini Özelliklerinin Yerinde Ölçümü", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulusay R. (1994): "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 38, Ankara.
- Yeşilnacar M.İ., Keskin H., Söylemez M. (2001): "Türkiye Çevre Kirlenmesinin Öncelikleri ve Katı Atık Bertaraf Yöntemleri", ÇEVJEO2001, 21-24 Mart, İzmir.