



DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
FEN ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ
Cilt: 7 Sayı: 2 s. 21-37 Mayıs 2005



TORBALI OVASI VE ÇEVRESİNDEKİ AKİFERLERİN HİDROJEOLOJİSİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

(HYDROGEOLOGY AND VURNERABILITY OF AQUIFER OF THE TORBALI PLAIN AND VISINITY)

Celalettin ŞİMŞEK^{*}, Şevki FİLİZ^{}**

ÖZET/ABSTRACT

Akiferlerin kirlenebilirliği, yeraltı sularını koruma metotlarının en önemli kısmını oluşturmaktadır. Kirlenebilirlik; akifer litolojisine, yeraltı su derinliğine ve su potansiyelinin yanı sıra, arazi kullanımı (sanayi, yerleşim alanı ve atık depolama alanları) ile doğrudan ilişkilidir. Torbalı Ovası; sanayi, yerleşim alanları ve atık depolama alanlarının tehdit ettiği, yüksek yeraltı su potansiyeline sahip ovalarımızdan biridir. Torbalı Ovası akiferlerinin kirlenebilirliğinin araştırılmasında GOD yöntemi kullanılmıştır. GOD, akifer litolojisi, yeraltı su derinliği ve yeraltı su varlığına göre geliştirilen, uygulanabilirliği kolay bir yöntemdir. Kirlenebilirlik haritasının hazırlanmasında, Ovada açılmış olan 19 adet su, 21 adet zemin sondaj datalarından faydalanılmıştır. Torbalı ovasında, Neojen yaşlı Kilitaşlarının ve Mesozoyik yaşlı Şistlerin bulunduğu kuzeybatı, kuzeydoğu ve Kuvaterner Alüvyon biriminin güneybatısının kirlenebilirliği düşük, SK-4, SK-7 ve SK-27 sondajların bulunduğu alüvyon alanların kirlenebilirliği orta, Mesozoyik yaşlı Mermerlerin ve Neojen Yaşlı Kireçtaşların, sanayi ve atık depolama alanların yer aldığı orta ve kuzey alüvyon alanların kirlenebilirliği yüksek olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, yörede sulama ve kullanma su ihtiyacının karşılandığı alüvyon akiferin kirlenebilirliği yüksek olarak belirlenmiştir.

Vulnerability of the aquifers is part of the most important protection methods of the groundwater. Beyond the aquifer lithology, groundwater depth and water potential; vulnerability has direct relationship with the land usage such as industry, residential areas and solid waste disposal areas. Torbalı's plain is one of the high groundwater potential places which are threatened by industry, residential areas and solid waste disposal areas. GOD method was performed for the examination of the vulnerability of the Torbalı plain aquifers. The application of the GOD method is very simple and was developed for the aquifer lithology, depth of the groundwater and the existence of the groundwater. During this study, the data which is obtained from 19 of water and 21 of soil drillings were used to prepare the vulnerability map. It is determined that the Neogene claystone and Mesozoic schists from the northwest and northeast units of the Torbalı plain and southwest section of the Quaternary alluvium unit have low vulnerability but the southwest of the alluvial areas including SK-4, SK-7, and SK-27 drillings have medium vulnerability. However, the central and the northern part of the alluvium areas which contain industrial and solid waste depositional places have high vulnerability. It is concluded that, especially, the alluvium aquifer which contains drinking and usage water has high vulnerability.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Torbalı, Hidrojeoloji, Kirlenebilirlik, GOD metodu
Torbalı, Hydrogeology, Vulnerability, GOD method

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

**Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

1. GİRİŞ

Yeraltı sularının kirlenmesi, akifer litolojisine, beslenme şekline (yüzeysel veya yanal), yeraltısuyu akım yönüne ve derinliğine bağlıdır. Son yıllarda, dünya da artan su sıkıntısına paralel olarak, yeraltı sularının korunmasına yönelik önlemler de artmıştır. Yeraltı sularının kirlenmesini önlemenin en kolay yöntemlerden biri, kirlenebilirlik haritalarının hazırlanmasıdır (Foster, 1998).

Torbalı ovası, Ege bölgesinin en büyük ovalardan birisini oluşturur. Ovada verimli yeraltı suyu nedeniyle, geniş bir tarım potansiyeline sahiptir. Son yıllarda, Torbalı ovası üzerinde, sanayileşme ve yüksek yapılaşma, Torbalı ve çevresinde birtakım çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Bu sorunların başında, içme, kullanma ve sulama suyunun sağlandığı akiferlerdeki kirlenmedir. Özellikle, yeraltı su üretiminin yapıldığı akiferlerin, yüzeysel beslenmeli olması, alandaki yeraltı suyunun kirlenme riskini daha da arttırmaktadır.

Torbalı ovasının yeraltı su kirlenmesini önlemek için kirlenebilirlik haritası yapılmıştır. Kirlenebilirlik haritasının hazırlanmasında GOD yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, uygulanabilirliği kolay ve oldukça anlaşılabilir olması nedeniyle tercih edilmiştir. Kirlenebilirlik haritasının hazırlanması için ovada yapılmış olan su sondaj ve zemin sondaj datalarından faydalanılarak, jeoloji-hidrojeoloji, alüvyon kalınlık, yeraltı su derinlik haritaları yapılmıştır. Bu haritalardan ve sondaj datalarından faydalanılarak ovanın kirlenebilirlik haritası çıkartılmıştır. Bu haritaya göre, Torbalı ovasında alınacak önlemler belirlenmiştir.

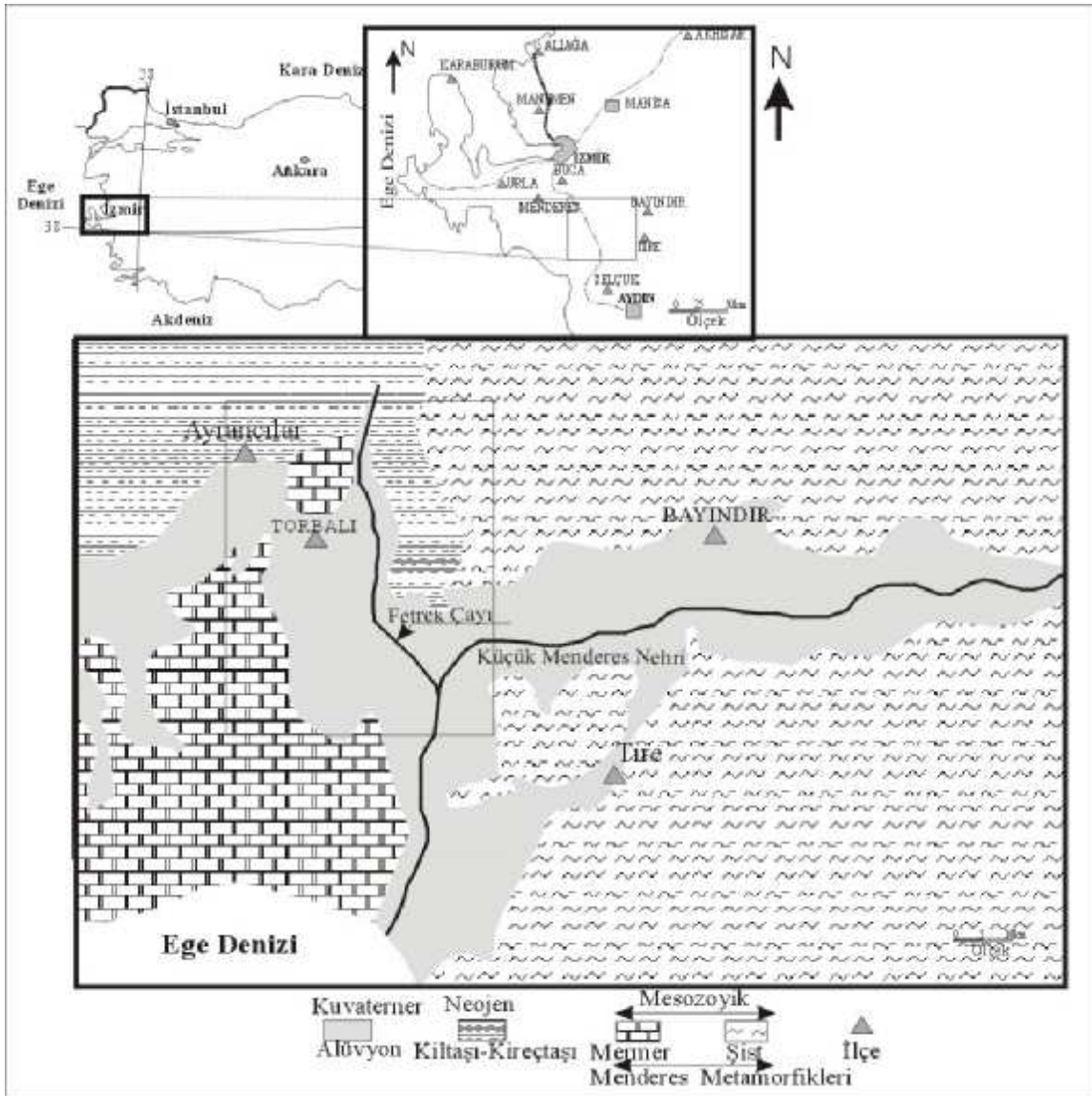
2. JEOLOJİ

2.1. Bölgesel Jeoloji

Küçük Menderes Havzasının kuzey kesimlerini oluşturan Torbalı Ovası geniş bir alüvyonel alan içerisinde kalmaktadır. Ovanın doğu ve batısını oluşturan yüksek kesimlerinde Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalar yer almaktadır. Metamorfik birimler orta sıcaklık ve düşük basınç metamorfizması sonucu oluşmuş ve genişleme tektoniği sonucu yükselmişlerdir (Özer, 1993; Akartuna, 1962). Masifin kalınlığının Ege Bölgesi'nde yapılan çalışmalarda 1-5 km arasında değişmektedir (Kaya, 1999).

Sıkışma tektoniğiyle Menderes masifini oluşturan Metamorfik kayalar üzerine İzmir-Ankara Zonu'nda yer alan, filiş fasiyesinde gelişmiş tortul kayalar (Bornova Karmaşığı) bindirme fayı ile yerleşmişlerdir (Erdoğan ve Güngör, 1992). Kretase sonunda bölgede grabenleşme tektoniği hakim olmuş ve birimler yükselmişlerdir. Tüm bu birimlerin üzerine gösel ortamda oluşmuş Neojen (Miyosen-Pliyosen) tortul serileri uyumsuzlukla gelmektedir (Şekil 1). Neojen tortul seriler ise, çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı kiltaşları ve üst seviyelerde killi kireçtaşlarından oluşmaktadır (Koca, 1995).

Pliyosen öncesi Menderes Masifinde sıkışma tektoniği etkin olmuş ve bunun sonucu olarak ters kırılmalar ve sünümler olmuştur (Kaya, 1999). Bölgedeki kayalar Alpin ve Hersiniyen orojenezinden etkilenecek kıvrılmış ve kırılmışlardır (Akartuna, 1962). Bölgede oluşan özellikle Üst Pliyosen'de başlayan domsal yükselimler D-B yönlü graben çöküntü ortamlarının gelişmesine neden olmuştur. Üst Pliyosen'de oluşan çöküntü alanları önceden oluşmuş kayaların (Menderes Masifi ve Bornova Karmaşığı'na ait tortullar) ayrışan, aşınan, taşınan malzemeleriyle dolmaya başlamıştır. Havzaya gelen tortullar, havza kenarında çakıltası-kumtaşı gibi kaba tanelilerden, havza ortasına doğru nispeten daha ince taneli, siltli ve killi sedimanlardan oluşmaktadır. Neojen öncesinde ve sonrasında oluşmuş tüm kayaların aşınıp taşınması ve taşınan malzemelerin biriktirilmesi ile de bölgedeki alüvyonlar oluşmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve genel jeoloji haritası (Şimşek, 2004b)

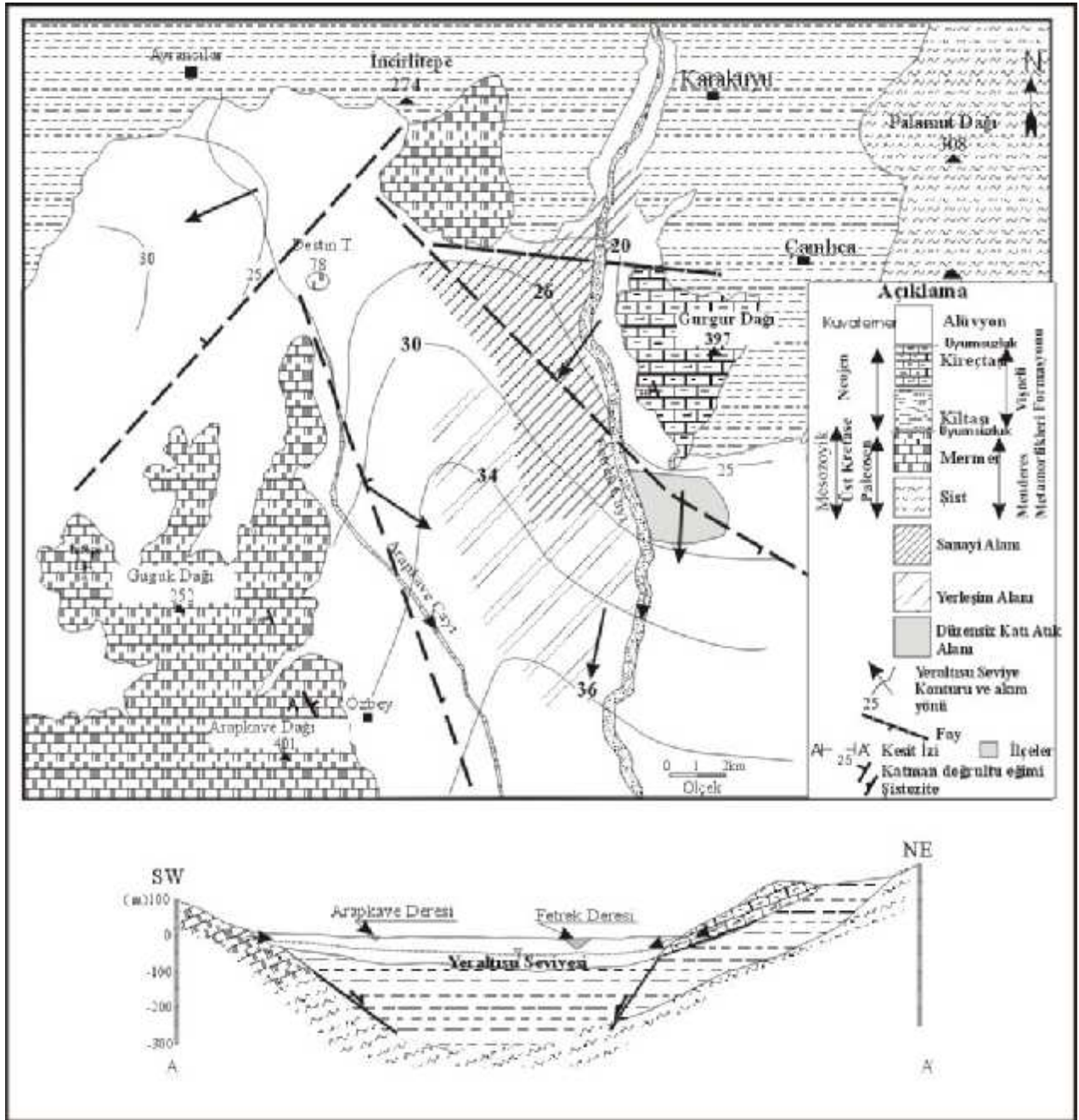
2.2. Jeoloji

2.2.1. Menderes Metamorfikleri

Ege bölgesi ve Torbalı çevresinde yaygın olarak gözlenen şist ve mermer birimleri Menderes Metamorfikleri adı altında çalışılmıştır (Erdoğan, 1990). Çalışma alanında şist birimi, çalışma alanının temelini oluşturmaktadır (Şimşek, 1998). Çalışma alanında birimin karakteristik özellikleri, kahverengi, gri, beyaz, az-orta dayanımlı ve belirgin şistoziteye sahip olmasıdır. Birim etkin kıvrımlanma nedeniyle, şistlerde metamorfizma derecesinin artışına bağlı olarak bir zonlama ayırt edilememiştir. En baskın grup olarak, klorit-mika şistler ayırt edilmiştir (Candan ve Kun, 1989). Diğer bir araştırmacı bölgede şistler, epidot, epidot kuvars ve amfibol şist mineralojik bileşimli olarak ayırmıştır (Yavuz, 1997). Temel kayasını oluşturan şistlerin alt dokanağı çalışma alanında gözlenmemektedir. Şistlerin, 350m derinlikten itibaren devam ettiği belirtilmektedir (Şimşek, 1998). Şist biriminin üst dokanağı ise, mermerler ile geçişli ve uyumludur. Menderes Masifi metamorfik birimleri üzerinde

Yapılan çalışmalarda bu birimin yaşını rudist fosillerine dayanarak Alt Kretase olarak belirlenmiştir (Özer, 1993). Dolomitik özellikteki masif mermerlerin toplam 600 m kalınlık sunduğu belirtilmektedir.

Torbalı ve yakın yöresinde İntepe, Özbey köyü, Kaplancık köyü civarındaki yüksek kesimlerde, kuzeyde Kuşçuburun Tepesi'nde, doğuda Aslanlar Köyü ile Çamlıca Köyü arasındaki yüksek kesimlerde gözlenmektedir (Şekil 2). Birim, gri-siyah, ve gri-beyaz renklerde olup dolomitik bileşimlidir. Birim üzerinde, bol kırık ve çatlak sistemleri (çok çatlaklı kaya özelliği) mevcuttur. Bu kırık sistemlerinde bağlı olarak karstik yapılar gelişmiştir. Mermerlerin alt dokanağı şistler ile geçişli, mermer bant ve mercerlerinden, üst seviyeler ise tamamen mermerlerden oluşmaktadır.



Şekil 2. Torbalı Ovasının hidrojeoloji haritası (Şimşek, 2004b)

2.2.2. Vişneli Formasyonu

Torbalı-Kemalpaşa ve geniş çevresinde Vişneli Formasyonu olarak adlandırılan birim; çakıltaşı-kumtaşı-kiltaşı ve kireçtaşlarından oluştuğu belirlenmiştir (Baba ve Sözbilir, 2001). Çalışma alanının kuzeyinde ve Gurgur Dağı çevresinde, Çapak köyü ve Torbalı ovası ve Ayrancılar çevresinde çok geniş bir alanda gözlenir (Şekil 2). Formasyonu oluşturan birimler; killi kireçtaşı, çakıltaşı ve kilttaşlarından meydana gelmektedir. Birimler genelde kahverengi, yeşil renklerde yumuşak topoğrafik yapısı ile kolayca tanımlanmaktadır. Kilttaşları kahverengi, yeşil renklerde laminali bir yapı sunmaktadır. Kilttaşları çalışma alanının kuzey kesimlerinde ve Torbalı Ovasını oluşturan alüvyon biriminin tabanında yer almaktadır. Kilttaşlarının üst kesimlerinde kirli sarı renkli kireçtaşları görülmektedir. Kireçtaşları alanın doğu ve kuzey kesimlerinde topoğrafyanın yüksek olduğu kesimlerde gözlenmektedir (Şekil 2). Vişneli Formasyonu içerisinde Torbalı ovasında yaklaşık olarak 250-350m derinliklerde sert, geçirimsiz ve su alınamayan kalın bir çakıltaşı seviyesi yer almaktadır. Ancak alanın güney kesimlerinde bahsedilen çakıltaşlarına rastlanılmamaktadır.

2.2.3. Alüvyon

2.2.3.1. Alüvyon Kalınlığı

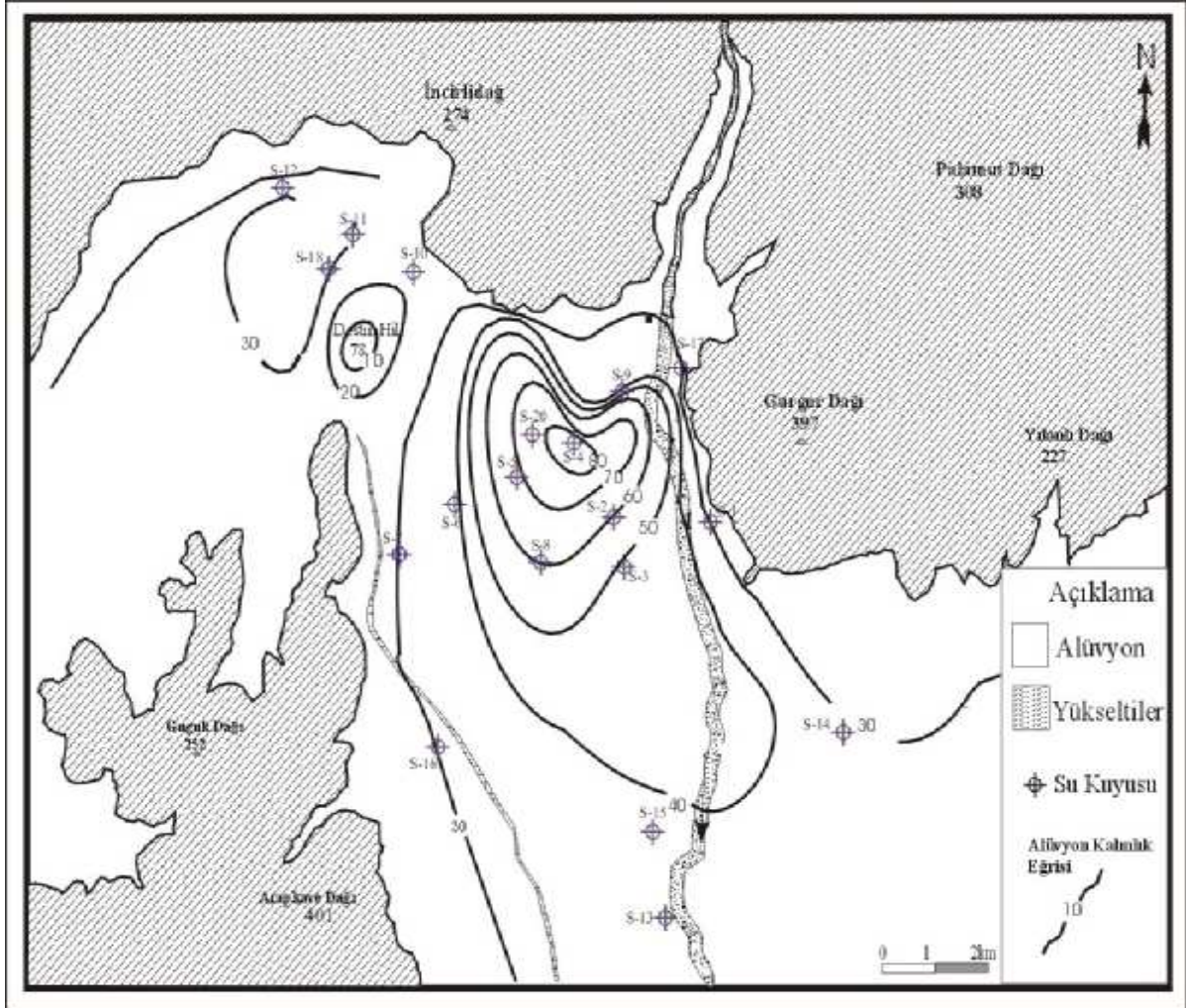
Çalışma alanında yaygın olarak gözlenen alüvyonlar, genelde bölgedeki kayaç parçalarından, mermer, kireçtaşı, şist, çört çakıl ve blokları ile kil ve kumlardan oluşmaktadır. Alüvyon kalınlığı, 15 adet su sondaj kuyusu verilerine göre yer yer 80 m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 3). Torbalı ovasını oluşturan alüvyonlar, Torbalı-Kemalpaşa yol ayrımından kuzeye doğru gidildikçe kalınlığı artmaktadır. Alanın kuzeyinde Karakuyu düzlüklerinde 25-30 m arasında değişen bir kalınlığa sahiptir. Torbalı ovasında güneye inildikçe alüvyon kalınlığı azalmaktadır. Alüvyon, Fetrek Çayı'nın kıyı şeridi boyunca ve Torbalı ovasının iç kesimlerini oluşturan Torbalı-İzmir-Aydın yol güzergahına kadar olan kesimlerde geçirimli çakıl ve kumlardan oluşmaktadır. Otoyolun batı kesimlerindeki yükseltilere kadar ise iri tane içerikli kum çakıl boyutlu malzemeler azalmakta ve ince taneli malzemeler baskın hale gelmektedir. Bu kesim düşük geçirimliliğe sahip baskın olarak killi ve sitli malzemelerden oluşmaktadır. Alüvyon, bölgedeki tüm kaya birimlerini uyumsuz olarak üstlemektedir.

2.2.3.2. Alüvyon Materyal Özellikleri

2.2.3.2.1. Kumlar

Sondajlardan elde edilen zeminlerin materyal özellikleri Çizelge 1'de, derinlikleri ve değişimleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışma alanında Fetrek Çayı'na yakın olan mevcut Torbalı Belediyesi'nin kullandığı Çöp deponi alanının yakınına yapılan SK-25 nolu kuyuda 24.50 m derinliğe kadar yapılan sondajda, 1-2 m arasında, SK-24 nolu kuyuda 1-4 m ve 22-25 m arasında. SK-21 nolu kuyuda 1-9m arasında SK-19 nolu kuyuda, 1.50-4.00 ve 12-20m arasında, SK-15 nolu kuyuda ise 1-6 m, SK-17 nolu kuyuda 13-17 m arasında, SK-9 nolu kuyuda 11-15 m, SK-7 nolu kuyuda 13-15 m, SK-4 nolu kuyuda ise 4.50-8.00 ve SK-1 nolu kuyuda ise 0-5m arasında, SK 3.2-50 nolu kuyuda 0-5m ve SK 3.2-48 nolu kuyuda 5.50-9.00m ve 13-17 m, 23-25m arasında, Sk 3.2-44 nolu kuyuda 3-6m arasında, Sk 3.2-71 nolu kuyuda 3-18 m arasında, Sk 3.2-64 nolu kuyuda 7-9 m ve 20-22 m arasında siltli, temiz kumlara rastlanılmaktadır Kumlar homojen olmayıp elek analizlerinde %15-25 arasında kil ve

silt içerdikleri belirlenmiştir. İri daneleri oluşturan siltli ve killi kumlar alanda $0.8-1 \times 10^{-5}$ m/sn aralığında değişen permeabilite değerine sahiptir. Bu değer “yarı geçirimli ve geçirimli” zemin özelliğindedir (Çizelge 2).



Şekil 3. Alüvyon kalınlık haritası

Çizelge 1. Alüvyonların materyal özellikleri

Zemin Özellikleri	Kil	Silt	Kum/Çakıl
Su İçeriği (%)	17-30	5-21	3-15
Likit Limit	30-55	21-37	
Plastik Limit	14-21	7-17	
Plastik İndeksi	11-20	9-14	
Doğal Birim Hacim Ağ. (gr/cm^3)	1.86-1.95	1.75-1.98	1.65-1.95
q_u (kN/m^2)	77-113	63-87	
C_u (kN/m^2)	30-50	40-70	
Porozite (%)	18-20	20-25	
Boşluk Oranı (%)	31-40	35-42	
Ortalama Permeabilite Katsayısı (m/s)	9×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-4}

2.2.3.2.2. Çakıllar

Torbali alüvyonel alanının doğu kesiminde yer alan Fetrek Çayı ve çevresi, Torbalı Sanayi sitesi sınırları ve yaklaşık olarak Torbalı-Aydın otoyolu sınırı boyunca yaklaşık 20-40 m kalınlığında değişen ve kum-kil ara bantları içeren iri bloklu-kumlu çakıldan oluşan iri daneli ve yüksek enerjili ortamı karakterize eden akarsu malzemeleri yer almaktadır. Su akış yönüne paralel olarak zemin taneleri oldukça homojen olarak sıralanmış ve akış rejimine bağlı olarak zaman zaman blok egemenliği kazanmıştır. İri daneli zeminler Fetrek Çayı kıyı şeridi boyunca ve Uyuz Deresi'nin beslene konisinde rastlanılmaktadır. İri daneli çakıllar kuzeyden güneye doğru incelmekte ve zeminde kum bileşeni ağırlık kazanmaktadır. Siltli ve killi çakıllar alanın doğusundan yaklaşık olarak 40m kalınlığında olup güneydoğuya doğru bir dalım göstermektedir. SK-1 nolu kuyuda 5.00-8.00 ve 13.00 m'den derinlere doğru, SK-4 nolu kuyuda 19.00'dan sondaj bitimine kadar, SK-15 nolu kuyuda 6.00-21.00 m sondaj bitimine kadar, Sk-21 nolu kuyuda ise sondaj boyunca, Sk-24 nolu kuyuda 5.00 m'den sondaj bitimine kadar, Sk-25 nolu kuyuda ise sondaj bitimine kadar(24.50 m), SK-3.2-47A nolu sondajda 25.00 m derinliğe kadar killi, siltli orta derecelenmiş sıkı-çok sıkı özellikli SPT N₃₀ değeri 50/12 olan çakıllar yer alır (Çizelge 2). Alanın orta kesimlerinde iri-ince daneli zeminlerin oranı yaklaşık aynı mertebededir. %50 Çakıl-Kum, %50 Silt ve kil ağırlıklıdır. Eski Nohut Alan gölü olarak adlandırılan bölgenin kıyı şeridini oluşturmaktadır. Bu bölge orta katı-katı kıvamdaki killi malzemelerden oluşmaktadır. Killi , kumlu ve homojen çakılların alandaki permeabilite değeri ortalama olarak $1-9 \times 10^{-4}$ m/sn arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu değer iyi drenajlı, geçirimli zeminleri oluşturmaktadır. Temelini GC ve GM türü çakılların oluşturduğu Sanayi ve çöp depolama alanı "geçirimli" alan üzerindedir.

2.2.3.2.3. Siltler

Genellikle oran olarak %50'nin üzerinde silt ve killerin oluşturduğu alanlardır ve inceleme alanının orta , doğu kesimlerinde yer alırlar. Akarsu rejiminin durağan olduğu ve çalışma alanının orta kesimlerinde yer alan çökme havzası olarak değerlendirilebilir. Siltler inceleme alanda yapılan sondajlarda; SK-1 ve SK-4 nolu kuyularda yüzeyden itibaren 5.00m derinliğe kadar, SK-7 nolu kuyuda yüzeyden itibaren 12.00 m ile 22.50-25.00 m aralarında, SK-9 nolu kuyuda yüzeyden itibaren 9.00m derinliğe kadar, SK-11 nolu kuyuda 3.00-8.00 m ve 15.00-26.50 m aralığında, SK-17 nolu kuyuda 0.0-8.00m, SK-19 nolu kuyuda 4.00-11.00 m, SK-3.2.50C nolu kuyuda 0.0-8.50, 14.00-20.00, 25.00-25.50 m aralıklarında, SK-3.2.48 nolu kuyuda 9.00-13.00 ve 0.0-5.50 m aralarında, SK-3.2.64 nolu kuyuda 0.0-4.00 m aralarında, kahve-siyah renkli, kumlu siltlere rastlanılmıştır. Bu bölgede ince taneli zeminler henüz konsolide olmamış ve orta katı kıvamdaki malzemeleri oluşturmaktadır. Geçirgenlikleri düşük olup $2-9 \times 10^{-6}$ m/sn aralığında değişen değerler almaktadır. Bölgede siltler "yarı geçirimli, geçirimsiz" zeminleri oluşturmaktadır. Siltler alanın orta kesimlerinde Torbalı İlçesi yerleşim alanı ve güney kesimlerinde rastlanılmaktadır.

2.2.3.2.4. Killer

Bölgede yapılan sondajlardan hemen hemen batı ve kuzey kesimlerdeki tüm sondajlarda düşük plasiteli killer kesilmiştir. SK-1 nolu kuyuda 8.00-13.00m arasında, SK-4 nolu kuyuda 8.00-11.00 m ve 13.50-19.50 m arasında , SK-7 nolu kuyuda 15.00-21.50 m arasında, SK-9 nolu kuyuda 8.00-11.00 m aralarında kahverengi renkli orta/düşük plasiteli, katı/orta katı killer kesilmiştir (Çizelge 1). Bölgedeki sondaj verilerinde elde edilen verilere göre alanın

orta kesimleri özellikle Torbalı İlçesinin yerleşim alanı ve güney kesimlerinde, kuzeyde Çapak köyü ile Saibler arasını oluşturan Neojen killerin yer aldığı alanda ve Ayrancılar İlçesinin çevresini koheziv ağırlıklı ince daneli malzemeler oluşturmaktadır. Kalınlıkları yüzey kesimlerde 5-10 m arasında bazı noktalarda özellikle Sk 3.2.50 ile SK-3.2.64 nolu sondaj kuyularında bu derinlik 50 m'den daha fazladır. Bu kalınlık Saibler tarafında yapılan S-19 nolu kuyuda da görülmektedir. Bölgede alüvyonel killer üzerinde yapılan konsolidasyon yöntemi ile elde edilen permeabilite değerlerinde ortalama olarak 1.69×10^{-7} m/sn olarak elde edilmiştir. Arazi basınçsız su (sızdırma) deneyinde ise 6.7×10^{-7} m/sn'lik bir değer elde edilmiştir. Arazi basınçsız su deneyi ile konsolidasyon yönteminde elde edilen değer benzerlik taşımaktadır. Alüvyonel killer "geçirimsiz" killeri oluşturmaktadır. Kuzeyde Saibler Köyü eski kil ocaklarında yapılan yeşil renkli killerin permeabilite değerleri ise laboratuvar düşen seviyeli permeabilite deneyinde 7.2×10^{-10} m/sn, arazi basınçsız su deneyinde ise $1-8 \times 10^{-10}$ m/sn arasında değişen değerler elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu değerlere göre yeşil renkli Neojen yaşlı altere olmuş yeşil killerin tamamen geçirimsiz olduğu belirlenmiştir (Şimşek, 2002).

3. HİDROJEOLOJİ

3.1. Akiferler

Temeli oluşturan Menderes Metamorfitletlerini oluşturan şistler, bölgede geçirimsiz-yarı geçirimli birimi oluşturmaktadır. Bu özelliği ile tabanda kısmen geçirimsiz temel kayasını oluşturur. Şistlerin özgül debisi 0.3-0.5 L/s/m arasında değişmektedir. İçerdikleri mermer bant ve mercikleri su sondajları ile kesilmesi halinde 20 L/s debi ile sular alınmaktadır. Şistler üzerinde uyumlu olan Mermerler, alanda en verimli akifer kayalarını oluştururlar. Özgül verimleri 1.5-3 L/s/m arasında değişir. Mermerler üzerinde açılan kuyuların hidrolik eğimi düşük olup 0.007 değeri ile güneydoğu ve kuzeydoğu kesimlerine doğrudur. Mermerlerin permeabilite değeri 0.00002 ile 0.015 m/sn arasında değişmektedir. Ortalama kalınlığı alüvyon altındaki kalınlığı 100 m kabul edilirse transmisibilite değeri(T) $0.004-1.5 \text{ m}^2/\text{sn}$ arasında değişmektedir. Çalışma alanının doğrusunda sulama ve kullanma suları yine mermerler içerisine açılmış kuyulardan, 30-50 L/s arasında değişen debilerle sular alınmaktadır.

Bölgede doğusunda yer alan Neojen yaşlı kristalize ve killi kireçtaşları bölgede akifer olan karbonatlı kayaç özelliğindedir. Gurgur Dağı olarak anılan bölgedeki kireçtaşlarının eteklerinde yapılan su sondajlarında 20-30 L/s debili sular alınmaktadır. Bu bölgede TMY tarafından yapılan S-1 kuyusunda 20 m'den itibaren sürekli kaçak yapmıştır. Bu kuyuda yapılan pompaj deneyinde permeabilite değerinin 0.004 m/sn olduğu tesbit edilmiştir. S-1 kuyusunun güneyinde yer alan Dalgıçlar mıcır tesisine açılan kuyuda yüzeyden itibaren 80 m derinlikten sonra kahverengi renkli killere girilmiştir. Bu kesimde Neojen kireçtaşının kalınlığı ortalama olarak 80 m civarında olduğu anlaşılmaktadır. bu özellikleri ile Neojen kireçtaşları bölgede akifer kaya niteliği taşımaktadır.

Çalışma alanında tüm su kuyuları alüvyon alanlarda yer almaktadır. Serbest akifer niteliği taşıyan alüvyonlar bölgede su alınabilen ve kalınlığı 30-80 m arasında değişen pekleşmemiş gözenekli akiferi oluştururlar. Alüvyon içerisine açılmış kuyulardan 4-15 L/s arasında değişen debilerle su alınabilmektedir. Fetrek Çayı ile İzmir-Aydın otoyolu arasında kalan kalınlığı 40 m olan granüler özellikte malzemelerden oluşan alandaki kuyulardan 15-25 L/s debili sular alınmaktadır. Bu kesimdeki kuyulardan ortalama derinliği 80 m'dir.

Çizelge 2. Sondajlar boyunca kesilen zeminlerin derinlikleri

Sondaj No	Kil ve Siltler	Çakıllar	Kumlar
SK-1	(0.50-5.00) / (8.00-13.00)	(5.00-8.00) / (13.00-18.00)	
SK-4	(0.50-4.50) / (8.00-11.00) / (13.50-19.50)	(12.00-13.50) / (19.50-27.50)	(4.50-8.00)
SK-7	(0.75-12.00) / (15.00-21.50) / (21.50-25.00)		(12.00-15.00)
SK-9	(0.50-7.50) / (7.50-10.50) / (14.50-25.00)		(10.50-14.50)
SK-11	(0.50-3.00) / (3.00-8.00) (8.00-15.00) / (15.00-26.50)		
SK-15		(6.50-21.00)	(0.50-6.00)
SK-17	(0.75-8.00) / (8.00-11.00)		(11.00-17.00)
SK-19	(4.00-11.00)		(0.50-4.00) / (11.00-20.00)
SK-21			(0.5-8.00) / (8.00-20.00)
SK-24			(0.5-4.00) / (4.00-21.00) (21.00-24.00) / (24.00-29.00)
SK-25			(1.00-2.00) / (2.00-24.50)
SK-3.2.50C	(0-8.50) / (8.50-14.00) (14.00-21.00) / (21.00-25.00) / (25.00-25.50)		
SK-3.2.50	(5.00-20.00)		(0.0-5.00)
SK-3.2.48	(0.0-5.50) / (9.00-13.00) (17.00-22.50)		(5.50-9.00) / (13.00-17.00) (22.50-25.00)
SK-3.2.47A		(0.0-25.00)	
SK-3.2.44	(0.0-2.50)		(2.50-6.00)
SK-3.2.29B	(0.0-25.00)		
SK-3.2.71	(0.0-2.50) / (17.50-20.00)		(2.50-17.50)
SK-3.2.63A	(3.00-29.00)		(0.0-3.00) / (29.00-30.00)
SK-3.2.64	(0.0-4.00) / (4.00-7.00) (9.00-20.00) / (22.00-35.00)		(7.00-9.00) / (20.00-22.00)

Çizelge 3. Torbalı çevresindeki zemin ve kayaların permeabilite katsayıları

Kaya-Zemin Grubu	Permeabilite Katsayısı (m/sn)	Değerlendirme (Şekercioğlu-1998)
Kireçtaşı ve Mermerler	0.015	Oldukça Geçirimli
Neojen Yaşlı Kilitaşı	7.2×10^{-10}	Geçirimsiz
Alüvyon Killeri ve Siltler	9×10^{-6} ile 1.69×10^{-7}	Geçirimsiz
Alüvyon Kumlar	0.8×10^{-5} ile 1×10^{-5}	Geçirimli-Yarı Geçirimli
Alüvyon Çakıllar	$1-9 \times 10^{-4}$	Geçirimli

3.2. Yeraltısuyu

Ovada yazın tarımsal ve kullanma amaçlı kuyuların tamamından su çekilmektedir. Kışları ise yeraltı suyu kullanımı azalmaktadır. 1985’li yıllarda DSİ, 1996 yılında ölçülen yeraltı su tablası deniz seviyesinden 55-60 m yüksekte iken günümüzde bu değer 25-40 m arasındadır (DSİ, 1996). Seksenli yıllardan günümüze kadar yıllık ortalama 1 m’lik sürekli bir düşüm görülmektedir (Şimşek ve Filiz, 2001). Bu düşüm artan kuyu sayısı, aşırı çekim ve eksik beslenmeden kaynaklanmaktadır. Bölgede yeraltı suları, yüzeyden, batı ve doğu kesimlerde yer alan karstik kayalardan beslenmektedir. Kuzeydoğu ve Arapkave Çayı içerisinde yapay besleme yapılan bölgede yeraltı su seviye eğrileri sıklaşmaktadır (Şekil 2). Yörede yeraltı su akım yönü güneybatıya doğrudur. Özellikle, Fetrek Çayı, Arapkave çayı ve karstik kayaların bulunduğu kesimlerde, seviyenin 25-35 m, diğer alanlarda ise 30-40 m olduğu görülmektedir.

3.3. Yeraltısuyu Potansiyeli

Torbalı Ovası, güneyi açık yaklaşık olarak 250 km² yüzey alanına sahip bir hidrojeolojik havzayı oluşturur. Yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalarda, alüvyon biriminin yüzeysel beslenmeli en önemli akiferi oluşturduğu belirlenmiştir. Torbalı Ovası’nın yeraltı su potansiyeli oldukça yüksektir. Yıllık ortalama 64x10⁶ m³ su havzadan boşalmaktadır (Çizelge 4). Bu miktarın %28’i kuyularla kullanma ve sulama suyu olarak yeraltından çekilmektedir. Yeraltı suyunun %80’i yağışlarla beslenmektedir. Torbalı Ovası akiferlerinin geneli serbest akifer niteliğinde olup, yeraltı suyunun yüzeyden beslendiğini göstermektedir. Alanda yer alan karstik kayalardan %16’lık bir beslenme olmasına karşın, bu oranın daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Su bilanço hesabında ovada, yıllık 3x10⁶ m³’lük bir fazla tüketim veya eksik beslenme miktarı ortaya çıkmaktadır. Şimşek’e göre ovada 4.3x10⁶ m³/yıl’lık bir fazla çekim olduğu belirtilmektedir (Şimşek ve Filiz, 2001). Torbalı Ovası yeraltı suları yıllık ortalama olarak 1 m düştüğü bilinmektedir (Şimşek, 2002). Bu düşümün nedeni olarak, yeraltı sularından sulama amaçlı aşırı çekim yapılmaktadır. Günümüzde temiz su ihtiyacının hızla arttığı düşünüldüğünde yörede, aşırı çekim için bazı önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir.

Çizelge 4. Çalışma alanına ait su bütçe hesabı (Şimşek, 2002)

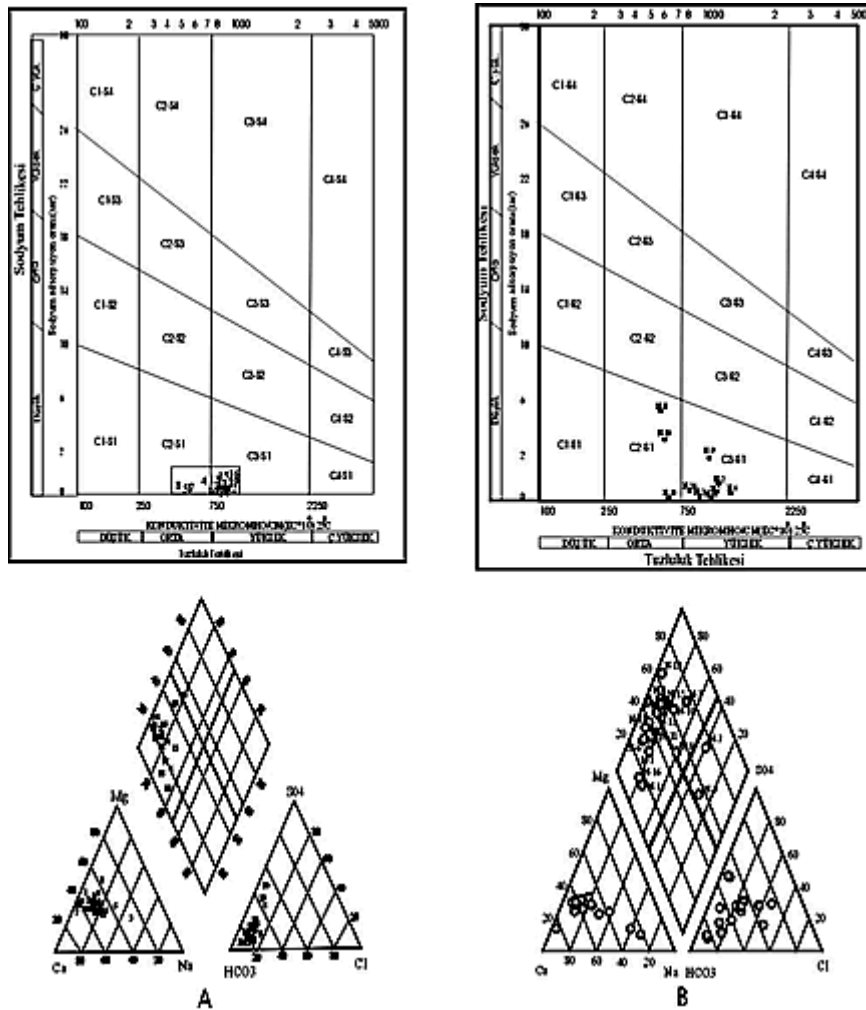
Havzaya Giren	m ³ /yıl	Havzadan Çıkan	m ³ /yıl
Yağış	49x10 ⁶	Buharlaşma-Terleme	29x10 ⁶
Kireçtaşı+Mermer	10x10 ⁶	Kuyulardan Çekilen	18x10 ⁶
Nehirden	3x10 ⁶	Yüzeysel Akış	17x10 ⁶
Toplam	61x10 ⁶		64x10 ⁶
Fark		-3x10 ⁶ (m ³ /yıl)	

3.4. Hidrojeokimya

Su potansiyeli oldukça fazla olan Torbalı Ovasındaki suların tarımda sulama, kullanma ve içme suyu olarak kullanılmaktadır. Alanda 1998 yılında yapılan hidrojeokimyasal çalışmalarda yerleşim alanı ve çevresindeki içme ve kullanma amaçlı açılan kuyulardan alınan suların piper diyagramına göre; “Ca-HCO₃” fasiyesinde ve karbonat sertliği %50’den fazla olan suları oluşturmaktadır (Şimşek, 1998). Ancak, 2002 yılı analizlerinde, Fetrek Çayı

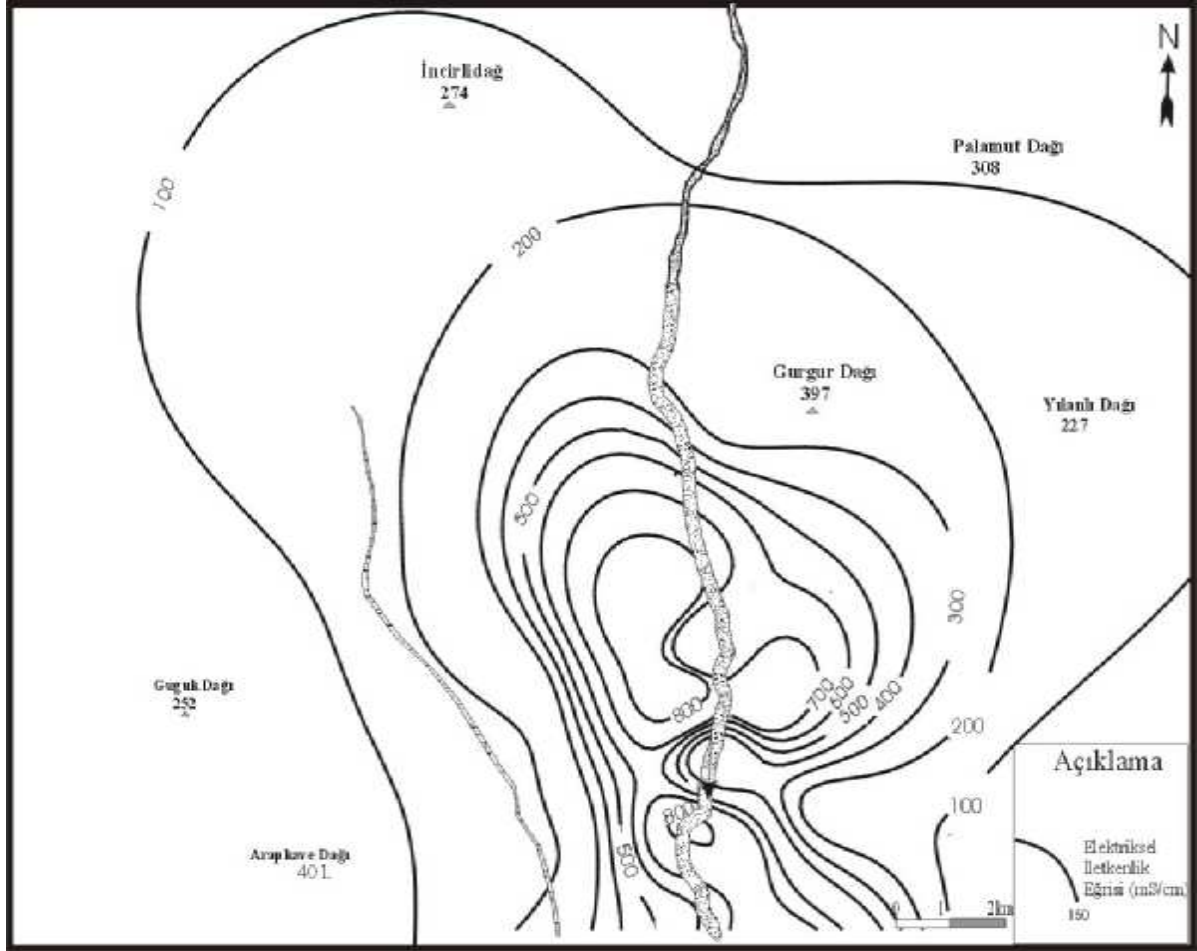
ve yakın çevresindeki geçirimli alanlardaki yeraltı sularının, yine piper diyagramına göre; Na-CI ve Ca-SO₄ tipi suları Oluşturmaktadır (Şekil 4). Piper diyagramında 2002 yılındaki analizlerin dağılık durması, su fasiyesinin değiştiğini göstermektedir. Bu durum, yeraltı sularının yüzeysel kirleticilerle etkileşimde olduğunu yansıtmaktadır. Yüzeysel kirleticiler, alüvyon akiferin geçirimli olması nedeniyle, hızla yeraltısuyuna karışmaktadır. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre, 1998 yılında ovadaki sular 2002 yılındaki analizlerle C2-S1 ve C3-S2 sınıfındadır. Ancak, 2002 yılındaki analizlerde, sodyum ve elektriksel iletkenlik değerlerinin artması nedeniyle, sularda bir heterojenlik görülmektedir.

Yeraltı suların elektriksel iletkenlik değerlerine göre 2002 yılında yapılan elektriksel iletkenlik haritasına göre, yeraltı suları elektriksel iletkenlik değeri 100 –1000 μ S/cm arasında değişmektedir (Şimşek, 2002). Çalışma alanında alüvyon alanlarda, 200-800 μ S/cm, kireçtaşı ve kil taşlarının hakim olduğu alanlarda 150-365 μ S/cm arasında değişmektedir (Şekil 5). Sanayi alanı ve Fetrek Çayı bölgelerinde, yeraltı sularının elektriksel iletkenliğinin diğer alanlara göre yüksek olması, sanayi atıklarından yeraltı sularına kirleticilerin ulaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ovadaki yeraltı suların pH değeri 6.90-7.69 arasında değişmekte ve çoğunlukla bazik karakterlidir. Ayrıca, içme su kalitesini etkileyen “Fransız sertlik” derecesine göre sular, 19.89-39.12 arasında değişmektedir. Yeraltı suları “orta sert ve sert” tipi suları oluşturduğu belirtilmiştir (Şimşek, 2002).



Şekil 4. Torbalı Ovası yeraltı sularının piper ve ABD Tuzluluk Laboratuvar diyagramındaki Sınıflaması - A: (Şimşek ve Filiz, 2001), B: (Şimşek, 2002)

Piper ve ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında suların karşılaştırılmasında, son dört yılda hızla gelişen sanayiye paralel olarak kirlenmeye bağlamıştır. Akiferin yüzeysel beslenmeli olması, kirlenme riskini arttırmıştır. 1998 yılından günümüze kadar yeraltı suyunun kimyasal değişiminde, bölgedeki düzensiz sanayileşme, düzensiz olarak yer seçimi yapılan katı ve sıvı atıkların geçirimli alanlara depolanmasından kaynaklanmaktadır. Atıklar, kirlenme riski daha düşük, geçirimsiz veya yeraltı sularından yoksun sahalarda depolanması gerekmektedir. Yöre için en uygun depolama alanı olarak alanın kuzeyindeki Neojen yaşlı kil taşlarının bulunduğu alanlar önerilmiştir (Şimşek, 2004a).



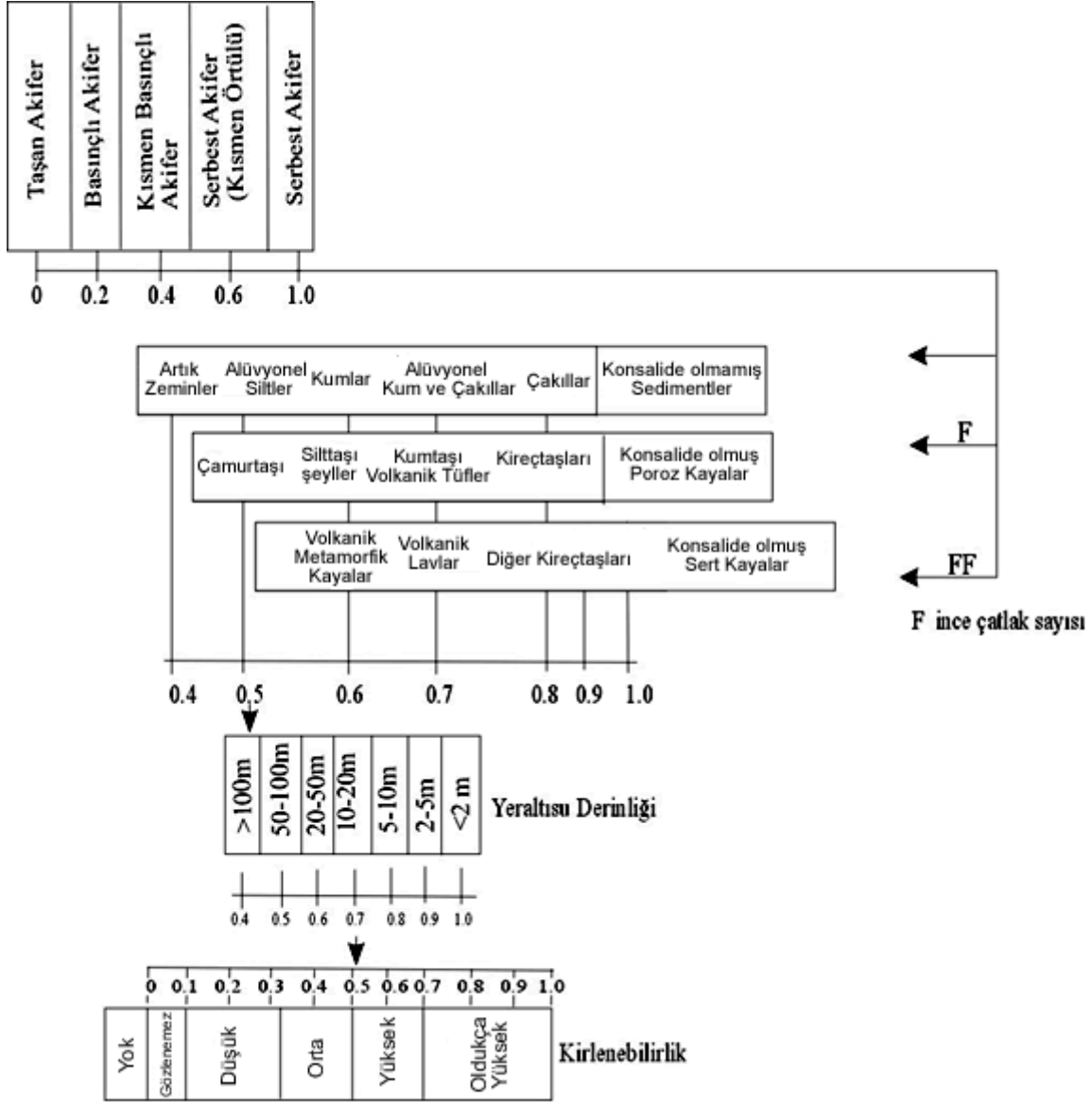
Şekil 5. Yeraltı suları elektriksel iletkenlik haritası (Haziran 2002)

4. KİRLENEBİLİRLİK

4.1. Yöntem

Torbalı ovasının kirlenebilirliğinin incelenmesi için, ovada yapılmış olan su ve zemin sondaj verileri kullanılmıştır. Bu veriler, Foster tarafından geliştirilen GOD (**G**roundwater occurrence, **O**verall lithology of aquifer, **D**epth of groundwater) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve kirlenebilirlik haritası yapılmıştır (Foster, 1987) (Şekil 6). Akifer tipi belirlenen ve elde edilen katsayı, akifer litolojisinden elde edilen katsayı ve yeraltı su derinliğinden elde edilen katsayı ile çarpılır. Her üç parametrelerin katsayısından elde edilen toplam katsayıya karşılık gelen kirlenebilirlik değeri, akiferin kirlenebilirliğini belirler. Bu

verilere göre, Torbalı Ovası için elde edilen kirlenebilirlik katsayıları Çizelge 5’te verilmiş ve kirlenebilirlik haritası bu verilere göre hazırlanmıştır. Temel olarak akifer tipi, litolojisi ve yeraltısu derinliği dikkate alınarak hazırlanan kirlenebilirlik haritası Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6. GOD Kirlenebilirlik çizelgesi (Foster, 1987)

4.2. Kirlenebilirlik Haritası

Alüvyon akiferin GOD metoduna göre kirlenebilirlik üç kısımdan oluşmaktadır. Birincisi, alanın büyük bir çoğunluğunu oluşturan, güney, kuzeybatı, kuzey ve batı kesimleri oluşturan alanların kirlenebilirliği “düşük” olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Kirlenebilirliği düşük olan bu alanlar üzerinde çoğunlukla tarım alanlarını oluşturmaktadır. Kısmen, SK-29B, SK-17, SK-15, SK-9 nolu sondajların yapıldığı kesimlerde yerleşim birimleri mevcuttur. Bu yerleşim birimlerinin kanalizasyon şebekesinin olmaması, evsel sıvı atıkların fosseptiklerde depolanması, yeraltı suları için bir tehdit oluşturmaktadır.

Çizelge 5. GOD metodu ile akifer kirlenebilirlik katsayıları

Sondaj No	G Groundwater Occurrence (Yeraltısı Varlığı)	O Overall Lithology of Aquifer (Akifer Litolojisi)	D Depth Of GW (Yeraltısı Derinliği)	G	O	P	Toplam Katsayı	Kirlenebilirlik
SK-4	Serbest Akifer	Siltli Kum	34 m	1.0	0.6	0.6	0.36	Orta
SK-7	Serbest Akifer	Kumlu Kil/Silt	35m	1.0	0.5	0.6	0.30	Orta
SK-9	Serbest Akifer	Kil/Silt	36m	1.0	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-11	Kısmen Serbest Akifer	Kil/Silt	36m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-15	Kısmen Serbest Akifer	Kil/Silt	36m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-17	Kısmen Serbest Akifer	Killi Siltli Kum	31m	0.5	0.6	0.6	0.18	Düşük
SK-21	Serbest Akifer	Kumlu Çakıl	25m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-23	Serbest Akifer	Kumlu Çakıl	27m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-24	Serbest Akifer	Kumlu Çakıl	25m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-25	Serbest Akifer	Kumlu Çakıl	25m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-27	Serbest Akifer	Siltli/Kumlu Çakıl	36m	1.0	0.7	0.6	0.42	Orta
SK-50C	Kısmen Serbest Akifer	Siltli/Kil	36m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-29B	Kısmen Serbest Akifer	Siltli/Kil	36m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-3.2/50	Kısmen Serbest Akifer	Siltli/Kil	28m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-3.2/48	Kısmen Serbest Akifer	Siltli/Kil	28m	0.5	0.4	0.6	0.24	Düşük
SK-3.2/44	Serbest Akifer	Siltli Çakıl/Kum	28m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-3.2/63	Serbest Akifer	Siltli Çakıl/Kum	30m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-3.2/64	Serbest Akifer	Siltli Çakıl/Kum	30m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek
SK-3.2/71	Serbest Akifer	Siltli Kum	25m	1.0	0.8	0.6	0.48	Orta/Yüksek

Alanın kuzeyini oluşturan Neojen yaşlı kil taşlarının geçirimsizliği ve yeraltı sularının derinde olması nedeniyle bu alanlar da, kirlenebilirliği düşük alanlar olarak değerlendirilmiştir. Ancak, kirlenebilirliği düşük olan düz alüvyon alanlarda bulunan, yerleşim alanlarının sıvı atıklarının bir kanalizasyon ağı ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu alanlarda ince taneli silt ve killerin egemen olmasına rağmen, sıvı atıkların yer altı sularına karışma riski oldukça yüksektir. İkinci olarak, alüvyon alan üzerinde açılan SK-4, SK-7 ve SK-27 nolu sondajların bulunduğu alanların kirlenebilirliği, “orta” olarak haritalanmıştır. Bu kesimler, Torbalı İlçesi’ne bağlı yerleşim merkezlerinin bulunduğu alanları oluşturmaktadır.

Kirlenebilirliği orta olan bu alanlarda, yerleşim birimleri içme su ihtiyaçlarını alüvyon akiferden sağlanmaktadır. Su kuyuların sık olduğu bu alanlarda, kanalizasyon atıkları düzensiz olarak, fosseptiklerde depolanmaktadır. Bu kirleticiler, gerek su kuyuları, gerekse alüvyon akifer için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Üçüncü olarak, karstik kireçtaşlarının bulunduğu Guguk dağı, Arapkave dağı, Gurgur dağı ve alüvyon biriminin orta kesimleri, kirlenebilirliği “yüksek alan olarak haritalanmıştır. Özellikle, karstik kireçtaşları ve mermerler yüksek kesimleri oluşturması ve bu alanlarda kirletici kaynaklarının (yerleşim alanı, atık sahaları, sanayi) gelişmemesi nedeniyle tehlikeli boyutlarda değildir. Ancak, alanın batısında yer alan mermer üretim, ocak ve fabrikaları kısmen kirletici durumundadır. Yeraltı suları besleyen karstik kayaların korunması, yeraltı su kalitesinin korunmasıyla doğrudan ilgilidir.

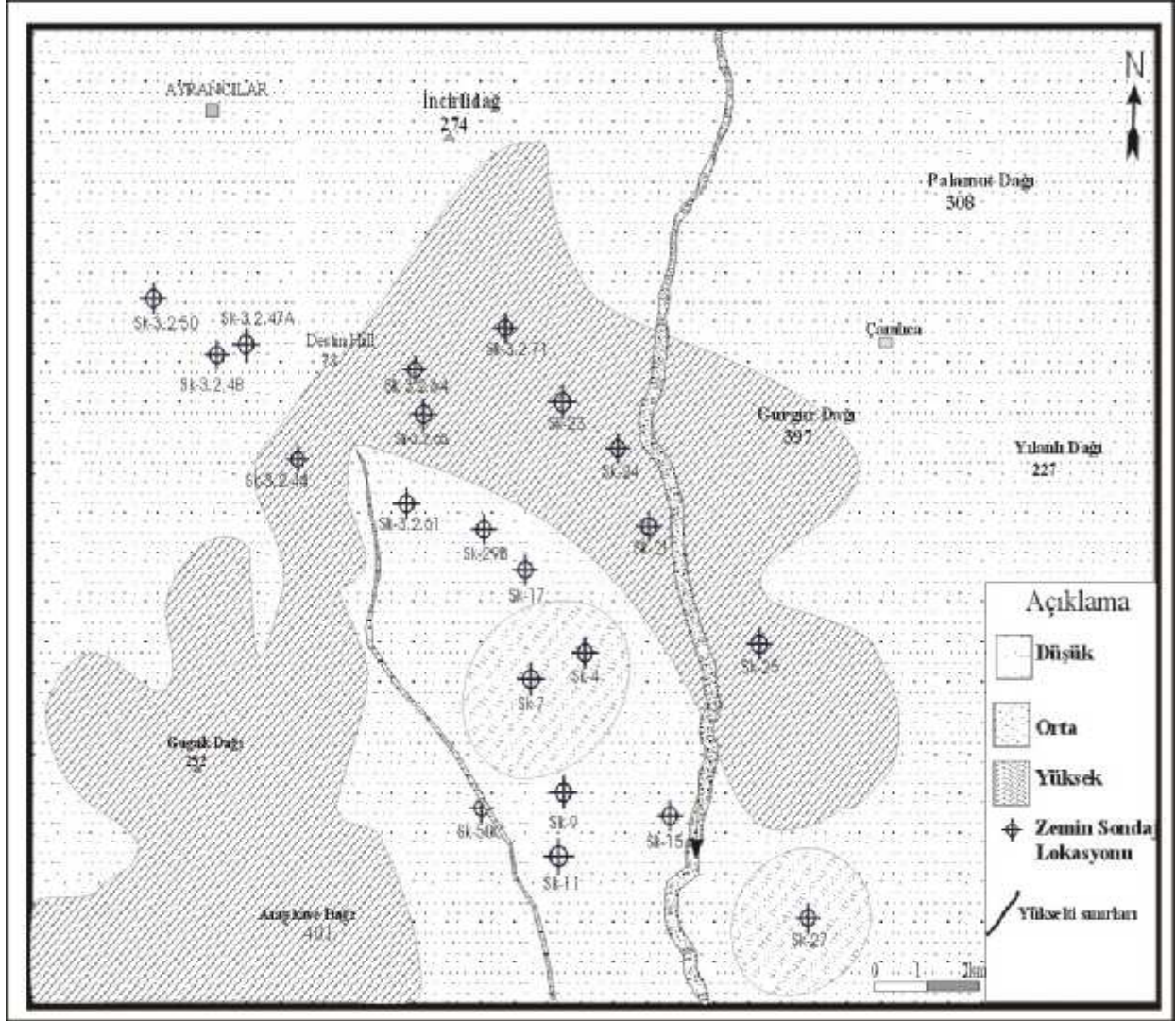
Çalışma alanında en önemli ve kirlenme riski yüksek alanları oluşturan alüvyon alanlar, yerleşim, sanayi ve atık sahası olarak kullanılmaktadır. Özellikle, sanayi fabrikaları kirlenme riski yüksek alanda, Fetrek Çayı'na yakın kesimlerde bulunmaktadır. Diğer taraftan, Torbalı ilçesi katı atık depolama alanı, Gurgur dağı'nın güneyinde Fetrek Çayı'nın yanında, SK-25 nolu temel sondaj lokasyonunun çevresinde depolanmaktadır. Sanayi, yerleşim alanı ve katı atık sahası, kirlenebilirliği yüksek olan, yeraltı suyunun fazla derinde olmadığı, geçirimli ve iri taneli kum ve çakılların egemen olduğu alanlar üzerindedir. Bu alan ve çevresinde yeraltı suları büyük tehdit altındadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda, bu kesimdeki yeraltı sularında kirlenme belirlenmiştir (Şimşek, 2004b).

5. DEĞERLENDİRME

Akifer özellikleri (litoloji ve kalınlığı) ve hidrojeolojik koşullar, Torbalı Ovası'nın yüzeysel beslenmeli ve yeraltı su potansiyeli yüksek alanlarımızdan biridir. Yaklaşık olarak 250 km²'lik bir yüzeysel beslenme alanına sahip olan Torbalı Ovası, alüvyon ve karstik alanların oluşturduğu büyük bir oranda yeraltı suyunu besleyen serbest akiferlere sahiptir. Büyük bir tarım sahasına sahip olan çalışma alanında, son yıllarda sanayileşme nedeniyle tarım ve yeraltı suyu beslenme alanlarını oluşturan alüvyon sahalar yok edilmektedir. 2002 yılında yapılan çalışmada, yeraltı suyu kirliliği belirlenmiştir (Şimşek, 2002).

Çalışma alanında, yeraltı su elektriksel iletkenlik haritasına göre, sanayi alanının yer aldığı Fetrek Çayı ve çevresi yüksek elektriksel iletkenlik değerleri vermiştir.

Kirlenebilirlik haritasında, yüksek elektriksel iletkenlik değerleri veren alanlar, kirlenebilirliği yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca, alüvyon kalınlık haritasında, alüvyon akifer kirlenebilirliği yüksek olan SK-3.2.71, SK-23, SK-3.2.68 nolu sondajların çevresi, en kalın alüvyon malzemesine sahiptir. Özellikle, alüvyon malzemesini oluşturan kumlar ve çakılların yüksek geçirimsizliği nedeniyle, bu alanların kirlenebilirliği yüksektir. Diğer taraftan yeraltı suyunun verimli olduğu alanlardır. Bu iki önemli parametreyi sanayileşme olumsuz yönde etkilemektedir. Havza için koruma önlemleri alınmadığı takdirde, yeraltı su kirliliğinin artması ve kullanılamaz hale gelmesi kaçınılmazdır.



Şekil 7. Torbalı Ovası'nın kirlenebilirlik haritası

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hydrojeolojik potansiyeli yüksek olan Torbalı Ovasının kirlenebilirliği incelenmiş ve Kuvaterner alüvyon, Mesozoyik Kireçtaşı ve Neojen kireçtaşlarının yer aldığı alanların kirlenebilirliği yüksek olarak belirlenmiştir. Diğer alanların kirlenebilirliği ise düşük ve orta olarak belirlenmiştir. Kirlenebilirlik haritası GOD yöntemine göre hazırlanmıştır. Haritasının hazırlanmasında, su ve zemin sondaj datalarından yararlanılmıştır. Ayrıca, kirlenebilirliği yüksek olan alüvyon alan üzerinde yar alan sanayinin yeraltı sularını kirlettiği, 2001 ve 2002 yılında yapılan çalışmalarda karşılaştırılmıştır. Alüvyon kalınlık, kirlenebilirlik ve yeraltı suyu elektriksel iletkenlik haritasına göre, yeraltı suyunun kirlenebilirliği yüksek olan alanlardan beslendiği ve sanayinin kirlenebilirliği yüksek alanda olması nedeniyle, yüzeysel kirleticilerin yeraltı suyuna kolayca ulaştığını göstermektedir. Su potansiyeli yüksek ve verimli olan sahaların kirlenebilirlik haritası yapılmadan, sanayi, yerleşim alanı ve atık depolama alanlarının inşa edilmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde yeraltı su kirliliğine neden olmaktadır. Torbalı ovasında sanayi ve yerleşim alanlarının kirlenebilirliği yüksek alanlarda kirletici durumundadır. Bu alanlarda, evsel ve sanayi atıklarının düzenli bir toplama ve depolama tekniği ile kirlenebilirliği düşük olan alanlara kaydırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akartuna M. (1962): "İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla Bölgesinin Jeolojisi Hakkında", M.T.A Derg, S. 62.1-17.
- Baba A., Sözbilir H. (2001): "KD-Doğrultulu Kemalpaşa-Torbalı Havzasının Jeolojisi ve Yeraltı suyu Kalitesi", Batı Anadolu, Çevre ve Jeoloji Sempozyumu, 21-23 Mart.
- Candan O., Kun N. (1989): "Menderes Masifinin Batısında Paleo-Melanj Kuşağının Varlığı", TPJD Bülteni, C.1/3.
- D.S.İ, (1996): "Ayrancılar ve Yoğurtcular Hidrojeolojik Etüd Raporu, İzmir (Yayınlanmamış).
- Erdoğan B. (1990): "İzmir- Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi", M.T.A Derg. 119, 1-15.
- Erdoğan B., Güngör T. (1992): "Menderes Masifinin Kuzey Kanadının Stratiğrafisi ve Tektonik Evrimi", TPJD Bülteni, C.4/1-Aralık.
- Foster S.S.D. (1998): "Groundwater Recharge and Pollution Vulnerability of British Aquifers: a Critical Overview", Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability, Geological Society Special Publication, No. 130, London.
- Kaya O. (1999): "Batı Anadolu Kırık Dizgiler-Petrol ve Jeotermal Potansiyel Yönünden Değerlendirme", BAKSEM-1999, 8-14 Mart, İzmir.
- Koca M.Y. (1995): "Slope Stability Assessment of the Abandoned Andesite Quarries in and Around the Izmir City Centre", PhD Thesis under Preparation DEU Graduate School of Natural and Applied Sciences (unpublished).
- Özer S. (1993): "Upper Cretaceous Rudists from the Menderes Masifi", Bull. Geol. Soc. Greece, Vol. XXVIII/3, pp. 55-73, Athens.
- Şekercioğlu E. (1998): "Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Şimşek C. (1998): "Torbalı Çevresinin Hidrojeolojisi", DEÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Şimşek C., Filiz Ş. (2001): "Torbalı Çevresinin Hidrojeolojik İncelemesi", Çevre ve Jeoloji Sempozyumu-2001, 21-24 Mart, İzmir.
- Şimşek C. (2002): "Torbalı Ovasının Katı Atık Depolama Tesisleri Yer Seçimine Yönelik Hidrojeoloji İncelemesi", Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimler Enstitüsü.
- Şimşek C. (2004a): "Torbalı (İzmir) Katı Atık Depolama Sahasının Jeolojik ve Hidrojeolojik özelliklerinin İncelenmesi", DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, İzmir.
- Şimşek C. (2004b): "Alüvyon Akifer Üzerindeki Tarımsal Faaliyetlerin ve Yerleşim Alanlarının Yeraltı sularına Etkisinin Nitrat ve Bor ile İzlenmesi", Torbalı Ovası, İzmir, SDU Fen ve Mühendislik Dergisi, Isparta.
- Yavuz A.B. (1997): "Torbalı Yöresi Mermerlerin Mühendislik Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Bornova, İzmir.