GEBZE VE DİLOVASI'NIN (KOCAELİ) HİDROJEOLOJİK İNCELENMESİ

Halil Murat ÖZLER

Seval KARAMAN

GEBZE VE DİLOVASI'NIN (KOCAELİ) HİDROJEOLOJİK İNCELENMESİ

Halil Murat ÖZLER
Seval KARAMAN

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı
ozlerhm@istanbul.edu.tr, ozlerhm@gmail.com

Öz

Bu çalışma, Gebze, Dilovası ve yakın çevresinin yüzey ve yeraltı suyu olanaklarının saptanması, beslenme alanlarının ayrıntılı incelenmesini, bölgede yaygın görülen karstik kireçtaşlarının yeraltı suyu olanaklarının araştırılmasını amaçlamaktadır. Çalışma alanı 2 havzaya bölünmüştür. 1. Havza Gebze-Çayırova Havzası (93,4 km^2), 2. Havza ise Gebze-Dil Deresi Havzası(171,4 km^2) dır. Çalışma alanındaki litolojik birimler geçirimsiz, geçirimli, yarı geçirimli ve karstik olarak ayırtlanmış ve hidrojeoloji haritası yapılmıştır. İnceleme alanında yer alan iki havzanın ayrı yeraltısuyu haritaları çizilmiştir. 1. Havzanın beslenim yönü doğudan batıya doğrudur. 2. Havzanın beslenim yönü kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur. Her iki havzada da yeraltısuyu seviyeleri oldukça düşüktür. Kuyular kuruma tehlikesindedir. Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla durov diagram ve kimya haritaları çizilmiştir. Suların sertliği çok yumuşaktan, çok sert sulara değişmektedir. Yapılan analizlerde tüm kuyu ve kaynak sularının pH'ı 7-8,5 arasındadır. Ancak K12, K13 ve K14 kaynaklarının pH'ı 6,8'dir. Fay zonlarında bulunan çözünmüş gazlar pH'ı düşürmektedir. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının elektriksel iletkenliği, 500-1680 µmho/cm'dir. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu kuyunun elektriksel iletkenliği 2000-4000 µmho/cm'dir. Kaynakların elektriksel iletkenliği 500-950 µmho/cm civarındadır. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının tamamı tatlı su sınıfındadır. Ancak 14 no'lu numune (Çayırova Deresi) Acı su sınıfındadır. Gebze Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu numune Acısu sınıfında, diğer numuneler tatlı su sınıfındadır. Kaynak sularının tamamı tatlı su sınıfındadır. SAR sınıflamasına göre, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 15 no'lu kuyu suyu, Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7 ve 8 no'lu kuyu suyu iyi özellikte sulama suları, diğerleri çok iyi özellikteki sulama suları sınıfındadır. Kimya haritalarında denize yakın kısımlarda gözlenen yüksek miktarda Cl, Na ve K derişimleri, EC ve TDS değerleri deniz suyu girişinin göstergesidir.

1.GİRİŞ

İnceleme alanı Marmara Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada, Gebze ve Dilovası havzasının yeraltı suyu potansiyeli, hidrojeolojik ortamlar, havzaların kirlilik durumlarının incelenmesini amaçlayan bir Yüksek Lisans çalışmasının sonuçlarıdır.

1.1.Amaç

Bu çalışma, Gebze, Dilovası ve yakın çevresinin yüzey ve yeraltı suyu olanaklarının saptanması, beslenme alanlarının ayrıntılı incelenmesini ve bölgede görülen karstik kireçtaşlarının yeraltı suyu olanaklarının araştırılmasını amaçlamaktadır. İnceleme sonucunda Jeolojik, Hidro-meteorolojik ve Hidrojeolojik veriler



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

değerlendirilerek, bölgedeki su kaynaklarının nasıl kullanılabildiği ve kimyasal analizler sonucu kullanıma uygun olup olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak bölgenin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak yeni yaklaşımlarda bulunulmaya çalışılmıştır.

1.1. Kapsam

Çalışma alanı Kocaeli'nin güneyinde yer alan Gebze ve Dilovası'nın hidrojeolojik incelemesini kapsamaktadır. Bölgenin stratigrafik özelliklerinden yararlanmak için MTA'nın 1/50.000 ölçekli Bursa 22-b ve 23-a paftaları kullanılmıştır. Bölgenin hidrometeorolojik parametreleri değerlendirilerek havzanın yağış-buharlaşma ve akış ilişkisi ortaya çıkarılmıştır. Bununla beraber bölgenin beslenme, boşalım ilişkisi ortaya konmuştur. Hidrojeoloji birimleri haritalanmış ve akifer özellikleri detaylı olarak araştırılmıştır Akiferin özelliklerini belirlemek için daha önceki açılmış sondajların kuyu verilerinden yararlanılmıştır. Bölgedeki akiferlerin hidrolik parametreleri araştırılmış, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Böylelikle suyun kullanım tipi belirlenmiştir. Bu araştırma bölgedeki yeraltısuyu potansiyelinin hidrojeolojik olarak değerlendirilmesine yöneliktir.

1.3. Yöntem

1.3.1. Arazi Çalışmaları

Gebze ve Dilovası Havzası'nda bulunan örnekleme kuyularından Eylül 2010 tarihleri arasında, 13 kuyu ve 2 dereden (Dilderesi ve Çayırova Deresi) alınan yeraltı suları seyreltik HCl asit ile yıkanmış polietilen şişeler içerisinde laboratuara taşınarak düşük sıcaklıkta korunmuştur. Sıcaklık, Elektriksel iletkenlik (EC), TDS, Sodyum, Çözünmüş oksijen, ORP ve pH değerleri yerinde ölçülmüştür. Diğer analizler 24 saat içinde olarak tamamlanmıştır (Şekil 1.3-1.4). Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

1.3.2. Laboratuar Çalışmaları

Laboratuar çalışmaları için dere ve sondaj kuyularından arazide 15 adet su örneği alınmıştır. Su numunelerinde yapılan örnekleme çalışmalarında, polietilen şişeler kullanılmıştır. Labaratuvarda saf su ile iyice yıkanan polietilen şişeler, her kuyuda kuyu suları ile 2-3 kez çalkalanıp dökülmüştür. Böylece şişe iç duvarlarında bulunabilecek yabancı maddelerin örneklere karışması engellenmiştir. 0,5-1,5 litre kapasiteli şişeler içinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve kapakları kapatılmıştır.

Tablo 1. 1 Kimyasal analiz yöntemi

Analiz	Kullanılan alet
pH, EC, TDS, Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, ORP	HQ40D Portatif pH//İletkenlik/Tuzluluk/ TDS/Çözünmüş Oksijen Ölçer Çift Kanallı Multimetre
Na	HQ40D Portatif ve Na elektrodu
Ca, K, Mg, SO_4, SiO_2, NO2, NO3, NH4-N2, Ni, Mo, Fe, Cu, Zn	Lange XION-500 Spektrofotometre cihazı
HCO_3 ve CO_3	Titrasyonla yapıldı
As	Test strip kullanıldı

1.3.3. Örneklerin Hazırlanması

Titrimetrik olarak yapılan analizlerin örnekleri doğrudan numunelerden alınmıştır. Alınan örneklerde pH metre ile ölçümleri de yapılmıştır.

1.3.4. Kimyasal Analizler

İlk olarak sudaki majör katyon (Ca, Mg, Na, K) ve anyonlar (Cl, SO_4, HCO_3, CO_3), daha sonra sudaki ağır metaller ölçülmüştür. Kimyasal analiz yöntemleri Tablo 1.1.'de verilmiştir.

1.3.5. Büro Çalışmaları

Öncelikle devlet ve üniversite kütüphanelerinde bu bölgede daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiştir. DSİ, Kocaeli Belediyesi ve MTA'nın bu bölgede yaptığı çalışmaların raporları değerlendirilmiştir. Saha ve laboratuar çalışmaları sonucunda edinilen verilerin, bilgisayar hazır paket programları ile jeoistatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Bölümümüzdeki mevcut bilgisayarlarda proje yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan çıktılar çoğaltılmıştır.

1.4. COĞRAFYA

1.4.1.Fiziki Yapı

Kocaeli il topraklarının %74'ü platolardan, %19'u dağlardan ve % 7'ye yakını ovalardan ibarettir. Dağlar umumiyetle ormanlarla kaplıdır. Kocaeli toprakları jeolojik olarak üç bölüme ayrılır. Kuzeydeki Kocaeli Yaylası, Karadeniz'e inen derelerle yarılır. Kocaeli Yaylasının güneyinde, çöküntü alanlar ve bu çöküntü alanın güneyinde uzanan Saman Dağları yer alır. Dağları: Kocaeli ilinin başlıca dağları Samanlı Dağlar olup 130 km uzunluğunda ve 30 km genişliğindedir. Çalışma alanındaki başlıca ovalar Çayırova ve Dilovası'dır.

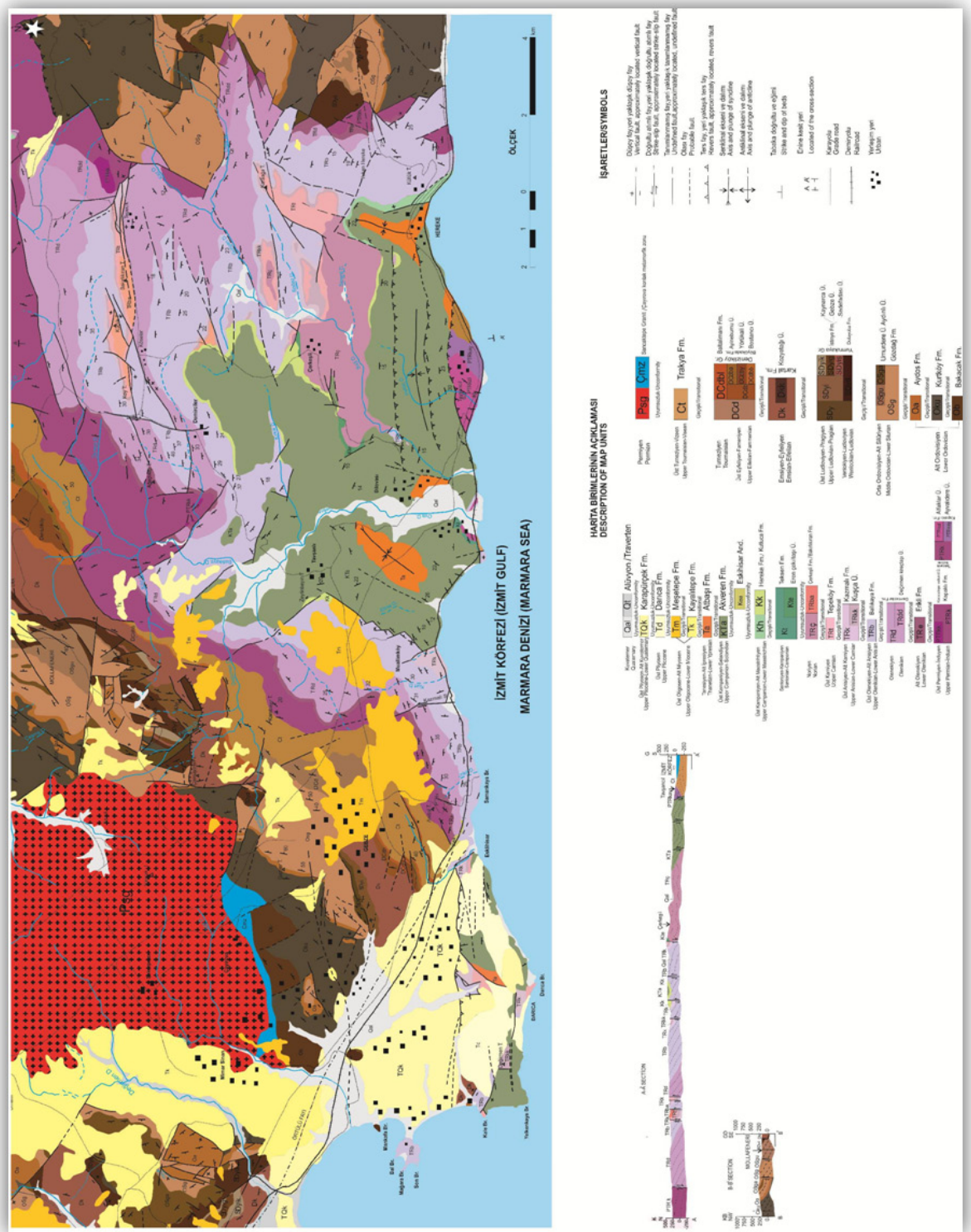
1.4.2. İklim ve Hava

İzmit Körfezi Akdeniz ile Karadeniz İklimleri arasında geçiş iklimine sahip olup iklime Akdeniz özelliğini kazandıran etken ise kışların ılık ve yağışlı oluşudur. Körfez Kıyıları arasında sıcaklık bakımından farklılık yoktur. Kar yağışı toprağın karla örtülü gün sayısı 10 günü geçmez. Senelik yağış miktarı bölgelere göre 768-1153 mm arasında değişir. Yıllık ortalama sıcaklık 14,5 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklık 23,5 °C' dir. Kış sıcaklıkları –2 °C Kocaeli İli için yapılan kuraklık değerlendirmesi sonucu, 2005 yılında uzun yıllar (1971-2000) ortalamalarına göre kuraklık durumunda bir değişiklik olmadığı, benzer bir gerçekleşmenin olduğu görülmektedir (TÜBİTAK MAM, 2004).

Kocaeli İli Ülke sanayisinin %20'lik büyük bölümüne sahiptir. Bu yönüyle sanayileşmiş İlbazında önemli bir yer almıştır. İlde daha ziyade Haziran Ay'ı ile Eylül Ayları'nda sıcaklık yükselmektedir. Ancak aşırı kuraklık derecesine ulaşmaz. Sanayi ağırlığı olan İlde söz konusu sıcaklık yükselmeleri tarımsal verimliliği etkilemez.

1.4.3. Bitki Örtüsü

Dağlar ormanlarla örtülüdür.İl topraklarının % 60'a yakını orman, fundalık, maki, zeytinlik ve kavaklık ile kaplıdır. Kavak ağaçları Seka'nın kağıt fabrikasında hammadde olarak kullanılır. İl topraklarının % 30'u ekili-dikili alanlar, % 7'si çayır ve meralar ve % 3'e yakını tarıma elverişsiz alanlardan ibarettir. Bitki örtüsü Akdeniz ve Karadeniz bölgesi özelliğini taşır (Coğrafya dünyası, 2007-2009).



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA,2005'en deneştirilmiştir.)

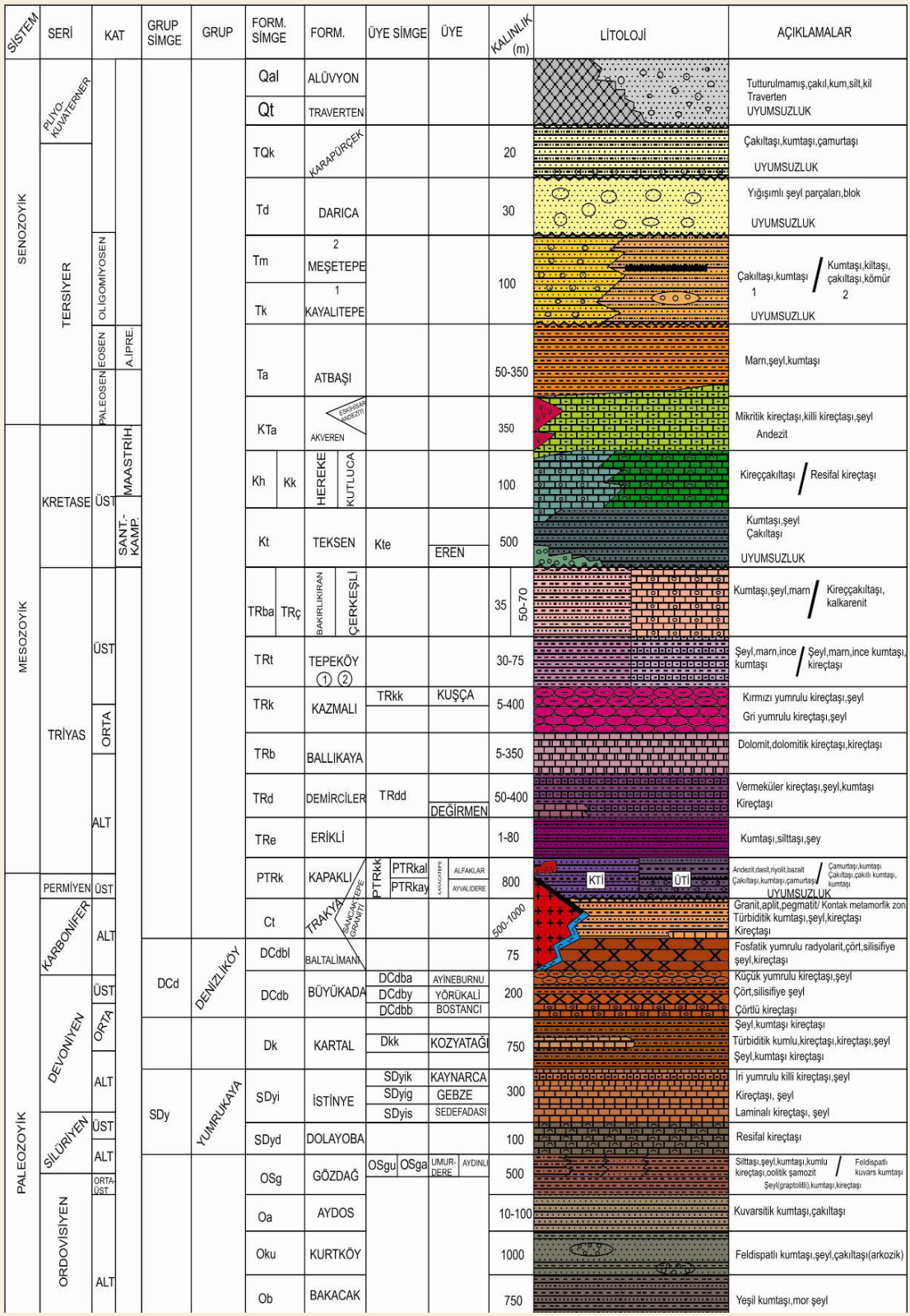
2 . STRATİGRAFİ

İnceleme alanında Paleozoyik, Permo-Triyas, Geç Kretase-Orta Eosen, Geç Oligosen-Erken Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı sedimenter kayalar ile Permiyen, Permo-Triyas ve Geç Kretase yaşlı magmatik-volkanik kayalar yer alır.

Paleozoyik birimlerini Ordovisiyen-Erken Karbonifer yaş aralığındaki İstanbul Paleozoyik İstifi temsil eder. Bölgedeki en yaşlı birim, kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan, Alt Ordovisiyen yaşlı Bakacak Formasyonu'dur. Bu çökel birimini arkozik çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı-şeylden oluşan akarsu birimleri (Kurtköy Formasyonu; Erken Ordovisiyen) izler. Bu birimler üzerinde uyumlu olarak kıyı-sığ denizel fasiyesteki kuvars kumtaşları (Aydos Formasyonu; Erken Ordovisiyen) yüzeyler. İstif üste doğru lagün-şelf çökeli kumtaşı-şeyl ardalanmasına (Gözdağ Formasyonu; Orta Ordovisyen-Erken Silüriyen) geçer. Bu birimi resifal kireçtaşları (Dolayoba Formasyonu; Venlokiyen-Ludloviyen) ile şelf-derin şelfi temsil eden laminalı kireçtaşı, kireçtaşı, yumrulu kireçtaşları (İstinye Formasyonu; Geç Ludloviyen-Pragiyen) izler. Bu istif üzerinde uyumlu olarak derin şelf çökeli kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı ardalanması (Kartal Formasyonu; Emsiyen-Eyfeliyen) yüzeyler. Birim, derin şelf-kıta yamacını temsil eden çörtlü kireçtaşı, çört-şeyl ardalanması ve ince yumrulu kireçtaşlarına (Büyükada Formasyonu; Eyfeliyen-Fameniyen) geçer. İstifin üzerinde, yamaç çökeli fosfatik yumrulu çört, ve radyolaritler (Baltalimanı Formasyonu; Turneziyen) yer alır. İstifin en üstünde, kireçtaşı aratabakalı türbiditik kumtaşı ve şeyl ardalanması (Trakya Formasyonu; Geç Turneziyen-Vizeyen) yüzeyler.

Paleozoyik yaşlı birimleri, uyumsuz olarak Permo-Triyas yaşlı kayaçlar üzerler. Kocaeli Triyas İstifi ve Üçgaziler Triyas İstifinden oluşur. Çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı-şeylden oluşan akarsu çökelleriyle (Kapaklı Formasyonu: Geç Permiyen-İnduyen) başlar. Bu çökelleri kıyı-sığ deniz ortamını temsil eden kuvars kumtaşları (Erikli Formasyonu; Erken Olenekiyen) izler. Bu istif üste doğru vermeküler fasiyesteki silttaşı, şeyl, killi kireçtaşı ve kumtaşına (Demirciler Formasyonu; Olenekiyen), dolomit ve dolomitik kireçtaşlarına (Ballıkaya Formasyonu; Geç Olenekiyen-Erken Anisiyen), yumrulu, killi kireçtaşı ve silttaşı-şeyl ardalanması ve yumrulu kireçtaşlarına (Kazmalı Formasyonu; Geç Anisiyen-Erken Karniyen) kumtaşı arakatkılı marnlara (Tepeköy Formasyonu; Geç Karniyen), kumtaşı-şeyl ardalanmasına (Bakırlıkıran Formasyonu; Noriyen) ve bu birimle yanal geçişli olan kırıntılı kireçtaşı-kireççakıltaşına (Çerkeşli Formasyonu; Noriyen) geçer.

Paleozoyik ve Permo-Triyas yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak Geç Kretase-Orta Eosen yaşlı çökel istifi yer alır. Bu istifin alt kesiminde karasal-sığ denizel çakıltaşı, kumtaşı (Teksen Formasyonu; Santoniyen-Kampaniyen), kireççakıltaşı (Hereke Formasyonu; Geç Kampaniyen-Erken Maastrihtiyen) ve biyoklastik kireçtaşları (Kutluca Formasyonu; Geç Kampaniyen-Erken Maastrihtiyen) yüzeyler. Bu kayaçlar üzerinde killi, mikritik kireçtaşları (Akveren Formasyonu; Geç Kampaniyen-Selandiyen) yer alır. Bu birim üste doğru şelf çökeli marnlara (Atbaşı Formasyonu; Tanesiyen-Erken İpresiyen) geçer. Tüm bu birimleri açısal uyumsuz olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı karasal fasiyesteki çakıltaşı, kumtaşı, kömürlü marn ve çamurtaşları (Kayalıtepe ve Meşetepe Formasyonları) örter. Pliyo-Kuvaterner (Darıca Formasyonu, Karapürçek Formasyonu) ve Kuvaterner yaşlı (Traverten ve Alüvyon) birimler birbirleri ile uyumsuzdur (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (KTİ; Kocaeli Triyas İstifi, ÜTİ; Üçgaziler Triyas İstifi)

3. YAPISAL JEOLOJİ VE TEKTONİK

Kocaeli Yarımadası'nda yüzeyleyen birimlerden Paleozoyik ve Permo-Triyas yaşlı istifler allokton, Geç Kretase-Eosen yaşlı olanları yarı otokton, Oligo-Miyosen ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı olanları da otoktondur. Geç Kretase Erken Miyosen dönemi birimleri bir şekilde süreklilik gösterdiğinden, yarı otokton-otokton sınırını belirlemek oldukça zordur. Bu belirlemede, Geç Oligosen'deki tektonik olaylar göz önünde bulundurulmuştur.Tektonik hareketler sonucunda kıvrımlı yapılardan çok kırıklı yapıların gelişmiş olduğu Kocaeli Yarımadası'nda bulunan çalışma alanında Darıca–Tuzla örtülü Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı'na bağlı gelişmiş olan aktif özellikli ikincil sistemleri önemli tektonik yapılardır. Yaklaşık doğu-batı uzanımlı olan bu fay sistemleri dışında diğer tüm yönlerde büyük-küçük birçok fay mevcuttur. Bu faylar normal, düşey, ters, doğrultu atımlı ve sürüklenim niteliğindedir (MTA, 2005).

3.1. FAYLAR

3.1.1. Darıca-Tuzla Örtülü Fayı (DTÖF)

Geç Pliyosen yaşlı Darıca Formasyonun oluşumunu denetlediği ve Darıca-Tuzla yarımadacıklarının kuzey-kuzeydoğusunda, kuzeydeki yüksek alanlarla güneydeki alçak alanların sınırını oluşturduğu düşünülen, ancak arazi gözlemleriyle açık olarak saptanamayan fay,''Darıca-Tuzla Örtülü Fayı'' olarak adlanmıştır. Kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı olan bu fay, yaklaşık 14 km uzunluğunda normal ya da verev atımlı olmalıdır. Gebze güneybatısında yer alan Eskihisar'ın hemen doğusunda Marmara Denizi'nden karaya uzanır. Bu fay Karapürçek Formasyonu ile örtülüdür. Bu nedenle yaşı Pliyosen olmalıdır. Hava fotoğraflarında Karapürçek formasyonunda gözlenen çizgiselliklerin var olduğu düşünülen Darıca-Tuzla örtülü fayına uygun konumda olması, bu fayın aktif olabileceği yönündeki kuşkuları arttırmaktadır (MTA, 2005).

3.1.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)

Çalışma alanında Kuzey Anadolu Fayı'na bağlı olarak gelişen faylar, Gebze güney-doğusunda yer alan Darıca Yarımadacığı'nda gözlenir. Darıca'nın doğu kıyısında, geç Kampaniyen-Selandiyen yaşlı Akveren Formasyonunun yüksek açılı ters fayla kuzeyden güneye doğru yamaç molozuna bindirdiği gözlenir. Sözkonusu bindirme fayı, KAF'ın sıkışmalı bölümünde, doğrultu atımın bir bileşeni olmalıdır. Ayrıca Darıca kuzeyinde Akveren Formasyonu ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Darıca-Karapürçek formasyonlarının tektonik dokanaklı olduğu, sözkonusu genç birimlerin hava fotoğrafı görüntülerinde gözlenen çizgiselliklerin Kretase ve daha yaşlı birimler içinde devam ettiği görülmektedir. Bu değerlendirmelere göre, bu yörede aktif fayların etkili olduğu söylenebilir (MTA, 2005).

3.2. KIVRIMLAR

İnceleme alanının batısında paleozoyik yaşlı, dayanımı düşük şeyl ve grovak gibi kayalarda Sancaktepe plütonunun etkisiyle meydana gelmiş kıvrımlar bulunmaktadır. İnceleme alanının batısında ise bu plütonun etkisi daha azdır. Yukarı Hereke'nin 5 km kadar kuzeyinde N60E doğrultulu ve SW ya dalımlı bir antiklinal (Eroskay 1978) bulunmaktadır. Alpin orojenezik fazların etkisiyle, duraylı ve katılaşmış temel kayaları üzerindeki Mesozoyik örtüde az sayıda geniş kıvrımlar oluşmuştur.

Triyas sisteminde başlıca N80E veya N80W doğrultulu 20-25 SE veya 20-25 SW ya eğimli katmanlar ölçülmüştür. Kıvrım eksenleri yaklaşık E-W uzanır. Üst Kretase - Paleosen de benzer gidişli yapılar görülür. Tersiyer çökellerinde kıvrım yoktur. Sadece epirojenik yükselmelerden etkilenmişlerdir (Eroskay, 1978).

3.3. DİSKORDANSLAR

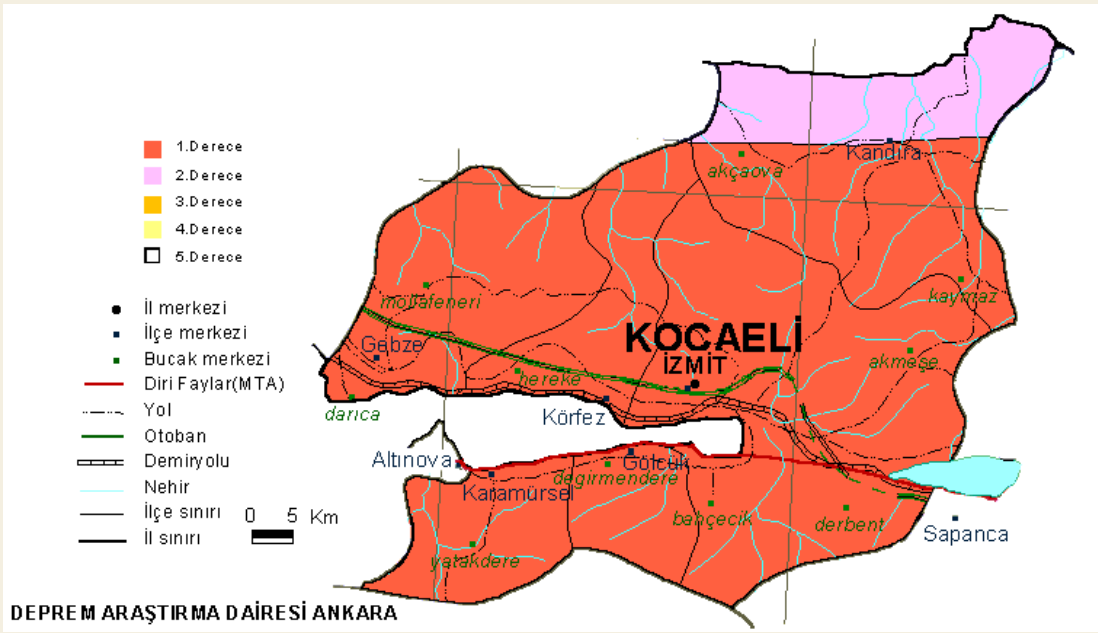
Kapaklı Formasyonu, Trakya Formasyonu üzerinde, Teksen Formasyonu, Bakırlıkıran ve Çerkeşli Formasyonları üzerinde, Kayalıtepe ve Meşetepe Formasyonları, Atbaşı Formasyonu üzerinde, Darıca Formasyonu, Kayalıtepe ve Meşetepe Formasyonları üzerinde, Karapürçek Formasyonu, Darıca Formasyonu üzerinde, Traverten, Alüvyon üzerine, Alüvyon ise tüm birimlerin üzerinde uyumsuz olarak yer alır.

3.4. DEPREMSELLİK

Anadolu ve yakın çevresi dünyadaki en aktif bölgelerden biri olarak bilinen Alp-Himalaya Kuşağının en hareketli kısmında yer almaktadır. Bu bölgede tarih boyunca büyük depremler yaşanmıştır.

Özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis Bindirme Zonu ve Batı Anadolu'daki grabenlerin aktif oldukları uzun süredir bilinmektedir. KAFZ üzerinde yakın zamanda meydana gelen 17 Ağustos 1999 Kocaeli (MS=7.8) ve 12 Kasım 1999 Düzce (MS=7.5) depremleri bu bölgenin depremselliği (Şekil 4) ile ilgili çalışmaların önemini artırmıştır. (Sayıl ve Osmanşahin, 2005)

Kuzey Anadolu Fayı (KAF), sismik olarak dünyanın en diri faylarından birisini oluşturur. KAF' ın toplam uzunluğu 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km-80 km arasında değişmektedir. Fay, doğuda birkaç yüz metre arasında değişen genişliklerde oldukça dar çizgisel görünümler ve ters bileşenli özellikler gösterirken, batıya doğru fay zonunun genişliği artarak 5 km' ye kadar ulaşmakta ve normal bileşenli özellikler sunmaktadır. Fay, doğuda Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova üçlü birleşim noktasından başlar, orta kesiminde dışa bükey bir kavis yaparak Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna kadar devam eder.



Şekil 4. Kocaeli'nin depremsellik haritası (MTA, 2008)

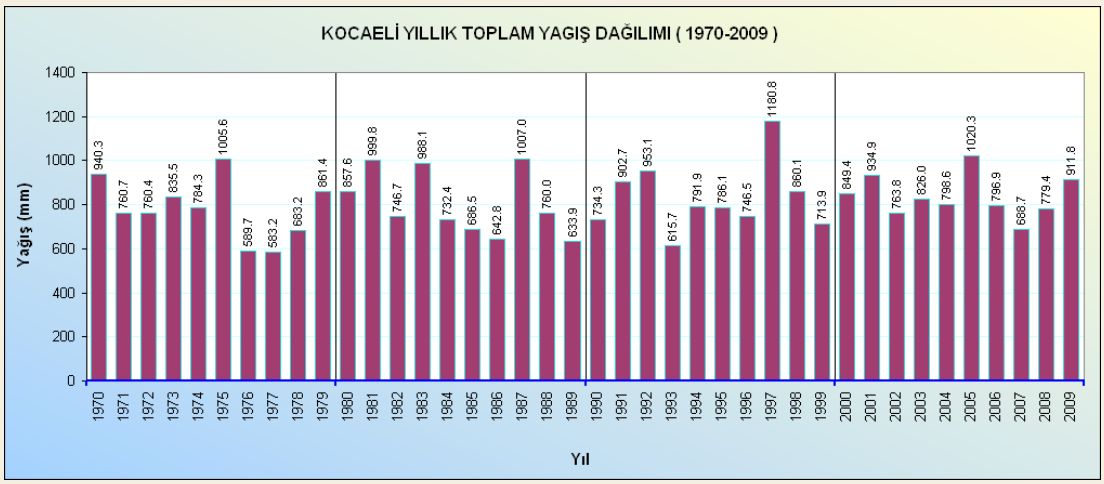
Tablo 1. Uzun yıllara ait yağış miktarları ve eklenik sapma değerleri

	YILLAR	YAĞIŞ	O.S.	EKLENİK SAPMA		YILLAR	YAĞIŞ	O.S.	EKLENİK SAPMA
1	1970	940,3	127,95	127,95	22	1991	902,7	90,35	-395,6
2	1971	760,7	-51,65	76,3	23	1992	953,1	140,75	-254,85
3	1972	760,4	-51,95	24,35	24	1993	615,7	-196,65	-451,5
4	1973	835,5	23,15	47,5	25	1994	791,9	-20,45	-471,95
5	1974	784,3	-28,05	19,45	26	1995	786,1	-26,25	-498,2
6	1975	1005,6	193,25	212,7	27	1996	746,5	-65,85	-564,05
7	1976	589,7	-222,65	-9,95	28	1997	1180,8	368,45	-195,6
8	1977	583,2	-229,15	-239,1	29	1998	860,1	47,75	-147,85
9	1978	683,2	-129,15	-368,25	30	1999	713,9	-98,45	-246,3
10	1979	861,4	49,05	-319,2	31	2000	849,4	37,05	-209,25
11	1980	857,6	45,25	-273,95	32	2001	934,9	122,55	-86,7
12	1981	999,8	187,45	-86,5	33	2002	763,8	-48,55	-135,25
13	1982	746,7	-65,65	-152,15	34	2003	826	13,65	-121,6
14	1983	988,1	175,75	23,6	35	2004	798,6	-13,75	-135,35
15	1984	732,4	-79,95	-56,35	36	2005	1020,3	207,95	72,6
16	1985	666,5	-145,85	-202,2	37	2006	796,9	-15,45	57,15
17	1986	642,8	-169,55	-371,75	38	2007	688,7	-123,65	-66,5
18	1987	1007	194,65	-177,1	39	2008	779,4	-32,95	-99,45
19	1988	760	-52,35	-229,45	40	2009	911,8	99,45	0
20	1989	633,9	-178,45	-407,9		Ort.yağış	**812,35**		
21	1990	734,3	-78,05	-485,95					

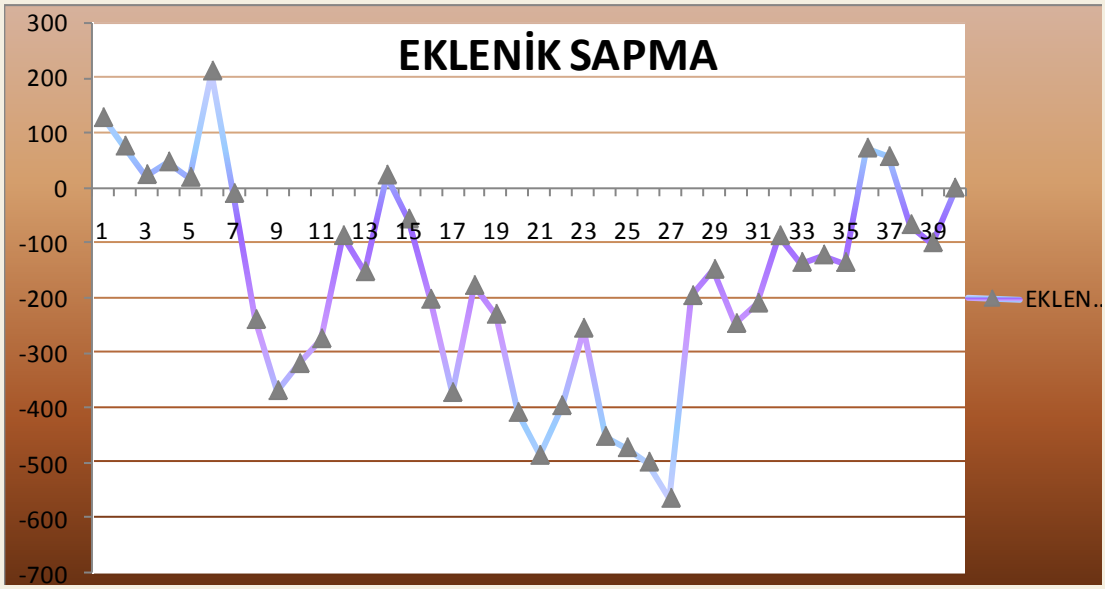
Mudurnu Vadisi segmentinin batısında iki ana kola ayrılarak kuzeydeki kol, Sapanca ve Armutlu Yarımadası' nın kuzeyini izleyerek, Marmara Denizi içinden Saros Körfezi boyunca uzanır ve Ege Denizi içinde Korint Körfezine doğru devam eder. Fay, Sapanca Gölü güneyi boyunca İzmit Körfezi' ne kadar çok belirgin olarak izlenebilmektedir (Şekil 4). Fayın genel doğrultusu K80D - K80B ve DB olarak değişmektedir. Sapanca-Gölcük arasında fayın uzunluğu, 60 km' dir (Demirtaş ve Yılmaz, 1999).

5. HİDROLOJİ

Gebze-Çayırova ve Gebze-Dil Deresi Havzası'nın hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bu bölümde, hidrometerolojik veriler (sıcaklık, yağış, buharlaşma) ve su noktaları (akarsular, kuyular, kaynaklar) incelenmiş ve havzanın su bilançosu hesaplanmıştır (Tablo 1-2-3).



Şekil 5. 1979-2009 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış (TÜMAS, 2010)



Şekil 6. Uzun yıllara ait eklenik sapma grafiği

Tablo 2. 2001-2004 yılları arası yağışlı gün sayısı ve aylık yağış miktarı (TÜBİTAK , 2004)

YIL	AYLAR / Yağış:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2001	Yağışlı gün sayısı	12	16	11	16	11	3	8	8	5	5	17	26
	Aylık Yağış Toplamı (mm)	32,6	75,6	70,7	74,4	23,4	5,4	12,2	220,4	14,9	12,3	150,6	242,4
2002	Yağışlı Gün Sayısı	13	7	10	17	8	9	11	11	12	19	8	12
	Aylık Yağış Toplamı (mm)	54,7	38,9	67,1	71,1	57,0	41,7	100,4	95,4	72,9	53,7	40,9	70,0
2003	Yağışlı Gün Sayısı	22	24	12	11	4	1	6	3	12	18	10	14
	Aylık Yağış Toplamı (mm)	81,4	158	58,0	67,5	8,1	3,8	39,1	0,8	65,4	117,2	93,4	133,3
2004	Yağışlı Gün Sayısı	20,0	15,0	11,0	6,0	6,0	13,0	2,0	8,0	5,0	7,0	9,0	14,0
	Aylık Yağış Toplamı (mm)	177,8	102,9	72,7	40,0	29,2	69,1	10,4	94,1	14,1	40,7	106,6	41,0

Tablo 3. 2001 – 2004 yıllarına ait buharlaşma mm. (TÜBİTAK MAM, 2004)

YIL	AYLAR / Buh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2001	Buharlaşma (mm)	-	-	-	2,8	3,6	5,8	5,6	4,2	3,7	2,1	1,2	-
2002	Buharlaşma (mm)	-	-	-	2,0	4,4	5,9	5,0	4,4	3,1	1,8	1,2	-
2003	Buharlaşma (mm)	-	-	-	1,0	1,8	2,7	2,6	2,9	1,4	1,7	0,7	-
2004	Buharlaşma (mm)	-	-	-	1,8	1,9	2,1	2,9	2,1	1,8	1,4	1,2	-

5.1. HİDROMETEOROLOJİK VERİLER

5.1.1. Yağış

Kocaeli'ye en fazla yağış Aralık ayında düşmektedir.

Uzun yıllar içinde yağış miktarlarına bakıldığında en fazla yağış 1997'de ve 1180,8 mm'dir. Son 40 yılın yağış verilerinden yararlanılarak eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır (Tablo 1-2, Şekil 5-6). Şekil 6'da eklenik sapma ve yağış eğrilerinin pik yaptığı yerler yağışın yükseldiğini ve yağışlı bir dönemi gösterir. Bunun tersi yönündeki eğriler, kurak bir dönemin varlığına işaret eder.

5.1.2. Buharlaşma

Kocaeli'nde buharlaşmanın olduğu dönemler ilkbahar (Nisan ve Mayıs), yaz (Haziran, Temmuz ve Ağustos) ve sonbahar (Eylül, Ekim ve Kasım) aylarıdır. 2001-2004 yıllarına ait buharlaşma verilerine bakıldığında maksimum buharlaşma miktarı 2002 yılı Haziran ayına ait ve 5,9 mm'dir.

5.1.3. Sıcaklık

DMİ'den alınan verilere göre en yüksek sıcaklıklar yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos), en düşük sıcaklıklar ise kış aylarında (Aralık, Ocak ve Şubat) gözlenmektedir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek sıcaklık değeri Temmuz ayında ve 44,1 °C, en düşük sıcaklık değeri ise Şubat ayında ve -8,3 °C olarak ölçülmüştür.

5.1.4. Kar, Dolu, Sis ve Kırağı

Kar, dolu, sis ve kırağının görüldüğü aylar genellikle kış (Aralık, Ocak ve Şubat) ve ilkbahar (Mart ve Nisan) aylarıdır.2001-2004 yılları arasındaki örtülü kar kalınlığına bakıldığında en yüksek kar örtüsü 2002 yılı Ocak ayına ait ve 33 cm'dir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen kar yağışlarına bakılırsa en yüksek örtü kalınlığı 25 Şubat 1983'te ve 74.0 cm'dir (TÜMAS 2010).

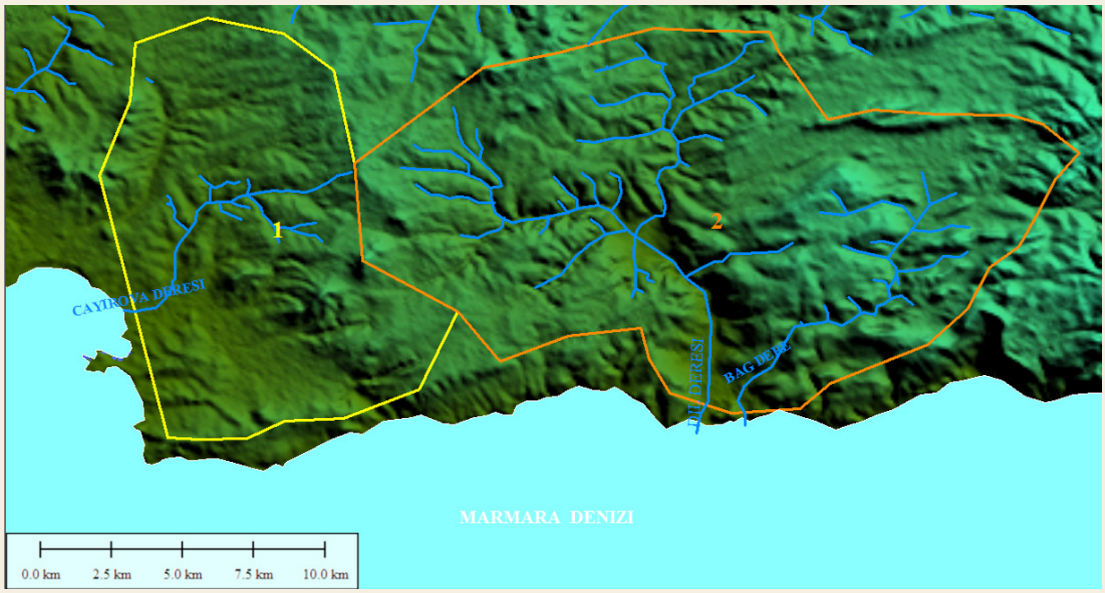
5.2. HAVZALAR VE ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanında Gebze-Çayırova (1) ve Gebze-Dil Deresi (2) olmak üzere iki havza bulunmaktadır. Bu havzalarda bulunan akarsuların hepsi denize döküldüğünden açık havza özelliği taşır. Gebze-Çayırova Havzası'nın yüz ölçümü 93,4 km², Gebze-Dil Deresi Havzası'nın yüz ölçümü 171,4 km² dir (Şekil 7). Gebze-Çayırova ova alanı 8 km², Gebze-Dil Deresi ova alanı 4 km²'dir. Gebze-Dil Deresi havzası yeraltısuyu rezervi $2x10^6$ m³/yıl, Gebze-Çayırova havzası yeraltısuyu rezervi $2,5x10^6$ m³/yıl dır (Kocaeli İl ve Çevre Durum Raporu, 2006)

5.3. SU NOKTALARI

5.3.1. Akarsular

Çalışma alanında ana dere niteliğinde bulunan en büyük dere Dil Deresi'dir. Bu derenin yan kolları Tavşanlı Dere, Ballıkaya Dere, Gürlek Dere ve Değirmen Dere'dir. Bunun dışında



Şekil 7. Havza sınırları; 1-Gebze-Çayırova, 2-Gebze-Dil deresi

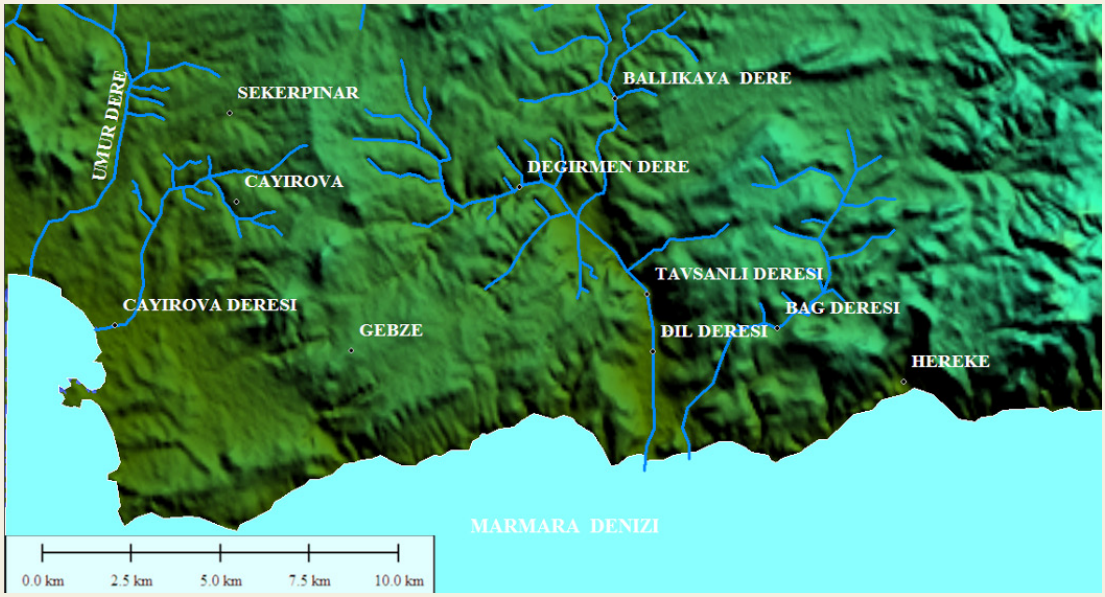
Çayırova Deresi ve Bağ Dere bulunmaktadır. Dil Deresinin dışında kalan dereler sadece yağışlı aylarda su taşırlar. Tavşanlıdere-Dilovası Dere'nin debisi 34.0 hm³/yıl dır (Tablo 3, Şekil 8).

5.3.2. Kaynaklar

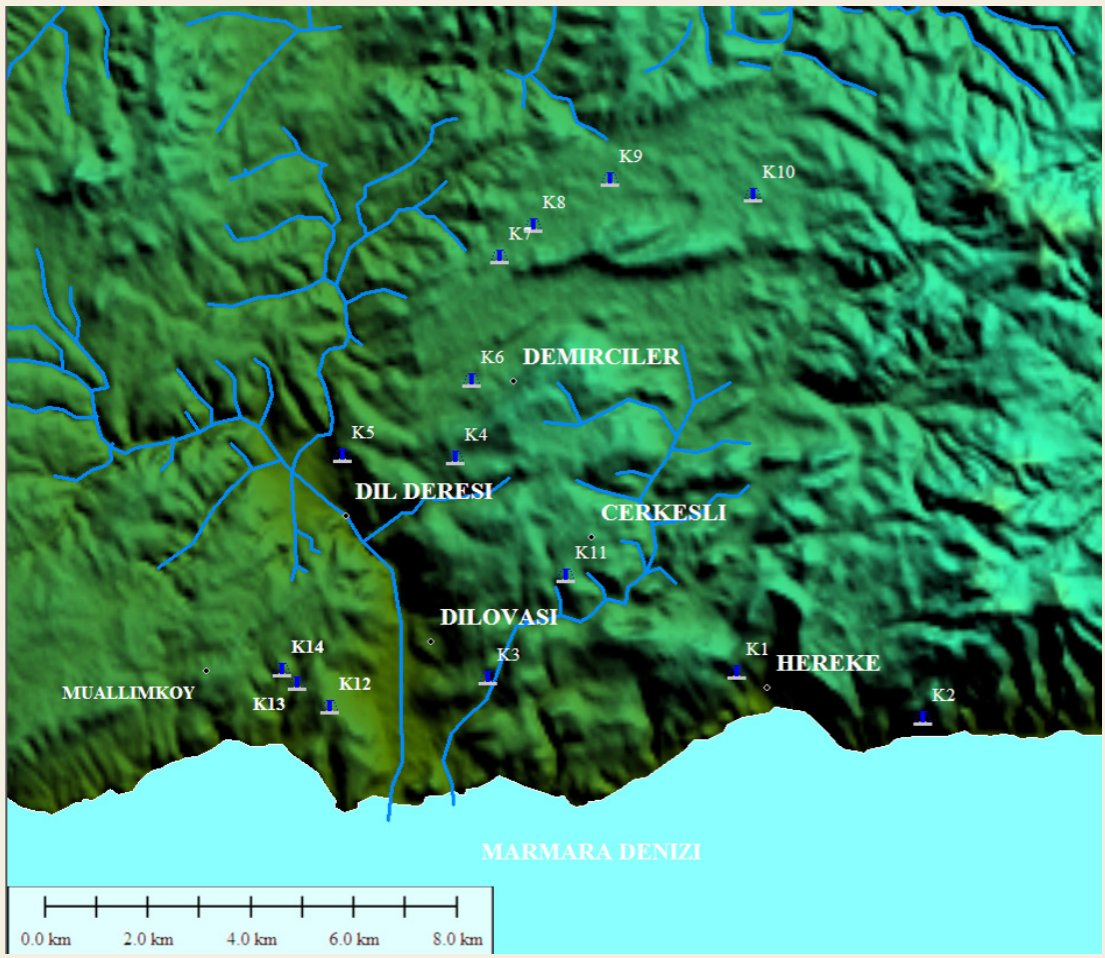
İnceleme alanında 14 adet kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların tamamı Dilovası ve Hereke'deki kayaçlardan yer yüzüne çıkmaktadır. Kaynak kotları 2-308 m arasındadır. Boşalma miktarları 0,019-20 l/sn, 86,4-1728 m³/gün ve 31536-630720

Tablo 3. Akarsular ve Özellikleri

AKARSUYUN ADI	TOPLAM UZUNLUĞU (KM)	FEYEZAN DEBİSİ(m³/sn)	İL SINIRLARI İÇİNDE BAŞLANGIÇ VE BİTİŞ NOKTALARI	KOLU OLDUĞU AKARSU	ÖZELLİKLERİ
Dil Deresi	17	Q5=98.500 Q100=355.000 Q500=457.000	Denizli Köyü İzmit Körfezi	Tavşanlıdere Ballıkayadere Gürlekdere Değirmendere Duraca Dere	Anadere, ulaşıma, su sporlarına, su ürünleri üretim ve avcılığa elverişli değildir.
Bağ Deresi (Enarca dere)	12		Samanlı Dağları İzmit Körfezi	Serenli Dere Boğaz Dere	
Çayırova Deresi	8		Çayırova İzmit Körfezi		
Değirmendere	6	Q10=30.801 Q100=77.158 Q500=97.668	Samanlı Dağları İzmit Körfezi	Bozukyol Deresi	Yandere, ulaşıma, su sporlarına, su ürünleri üretimine elverişli değildir.
Umur Dere	9		Şekerpınar İzmit Körfezi		



Şekil 8. İnceleme alanındaki akarsu drenaj sistemleri



Şekil 9. Su kaynaklarının yerleri

Tablo 4. Kaynaklar

x	y	kaynak no	kaynak adı	kaynak yeri	kaynak kotu(m)	boşalma miktarı l/sn	boşalma miktarı(günde) m^3	boşalma miktarı(yılda)m^3
720142,426	4518908,819	K1	Ulupınar	Hereke	20	20		
723763,156	4517974,348	K2	Tulumbasuyu	Hereke	2		864	315360
715321,323	4518799,702	K3	Kayapınarı	Dilovası	66	3	259,2	94608
714690,688	4523235,014	K4	Küplü	Dilovası	250	4	272	99280
712501,012	4523262,133	K5	Ballıkaya veya Ovabaşı kaynağı	Dilovası	52	10	360	315360
715008,808	4524782,14	K6	Kovabaşı kaynağı	Dilovası	200	15	1296	473040
715532,43	4527270,696	K7	Duraca Kaynağı	Dilovası	235	3	258	94170
716192,321	4527911,203	K8	Hasanpaşa Kaynakları	Dilovası	245	5	430	156960
717689,615	4528830,683	K9	Elmalı Dere Kaynakları	Hereke	248	20	1728	630720
720468,268	4528518,853	K10	Karacasu Kuyusu	Dilovası	308	4		
716825,354	4520848,395	K11	Akpınar	Dilovası			86,4	31536
712252,125	4518199,643	K12	Akçay çeşmesi	Dilovası		9		
711602,736	4518688,358	K13	İkizce çeşmesi	Dilovası		1,2		
711321,558	4518956,147	K14	Kavak çeşmesi	Dilovası		1,1		

m^3/yıldır. Kaynakların hidrolojik özellikleri Tablo 4 te verilmiştir. Kaynak yerleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Hidrojeolojik özellikleri ise hidrojeoloji bölümünde ele alınmıştır.

5.3.3. Kuyular

Yeraltısu seviyesindeki değişimler meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik faktörlerin etkisindedir. Yağış yeraltı su seviyesindeki değişimi doğrudan etkiler. Kurak aylarda (Haziran-Eylül), yeraltı su seviyesi göreceli olarak düşerken, yağışlı aylarda (Ocak-Nisan) ise yeraltısu seviyesi yükselmektedir. İnceleme alanındaki kuyular Gebze-Çayırova ve Gebze-Dil Deresi havzası olmak üzere 2 bölümde, kuyu kotu, derinlik, statik su seviyesi, dinamik su seviyesi, verim ve günlük çekilen su miktarı olarak Tablo 5.1-5.2 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyuların statik su seviyeleri 0-200 m arasındadır. Dinamik su seviyeleri ise 4-280 m civarıdır. Günlük çekilen su miktarı maksimum 950,4 m^3'tür. Verim 0,5-11 l/sn' dir. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyuların statik su seviyeleri, 0-8,5 m arasındadır. Dinamik su seviyeleri, 8,2-22,85 m civarındadır. Günlük çekilen su miktarı maksimum 1002,2 m^3'tür. Verim 3,2-10 lt/s'dir. İnceleme alanındaki tüm kuyular Şekil 10 ve Şekil 11'de verilmiştir.

6. HİDROJEOLOJİ

6.1. HİDROJEOLOJİ BİRİMLERİ

6.1.1. Geçirimsiz Birimler (Gçz)

Geçirimsiz kayalar marn, şeyl, silttaşı, magmatik ve volkanik kayalardır. Bu kayaçların kalınlık ve hacimce yoğun olduğu kaya toplulukları geçirimsiz birimlerdir. Bunun

Tablo 5.1 Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyular

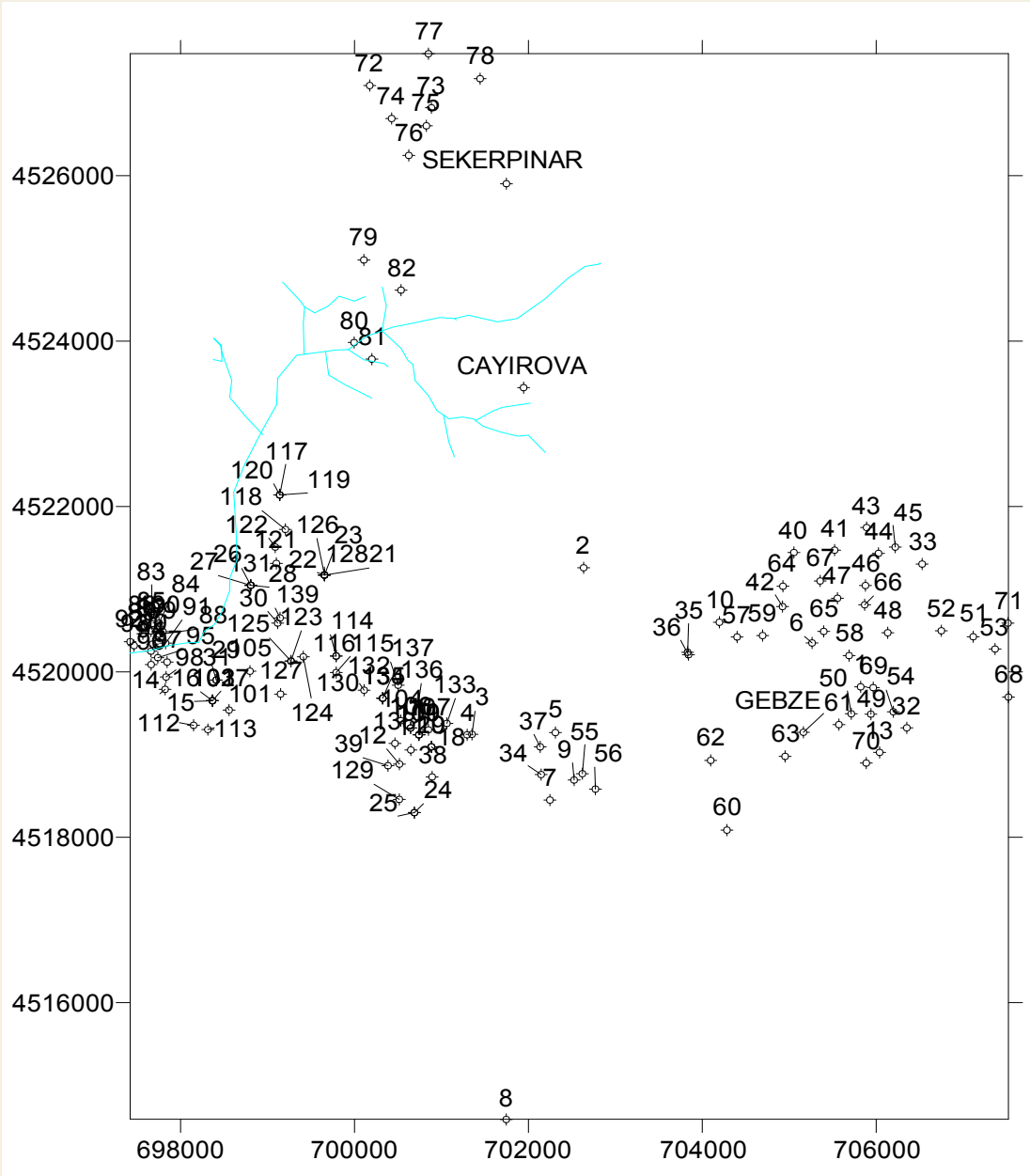
kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ (m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)	kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ (m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)
1	39	210					37	47	8,50	0			
2	40						38	28	8,50	0			
3	40	496	200	280		20	39	22	8,50	0			
4	40	424				20	40	175	15,36	0			
5	81	10					41	156	14,00	0			
6	91						42	160	13,95	12,00			
7	63	12		4			43	169	15,35	0			
8	50	45					44	162	15,45	0			
9	38						45	163	14,00	0			
10	12						46	145	14,00	0			
11	38	250				812	47	153	15,00	0			
12		250					48	171	15,00	0			
13	21	7					49	85	15,30	0			
14	2						50	82	15,14	0			
15		62	2	16	5	432	51	189	15,00	0			
16							52	189	10,00	0			
17							53	181	10,00	0			
18		60	7	19	1,2	103,68	54	165	15,15	0			
19							55	80	15,40	0			
20							56	0	15,00	0			
21	36,259	11,4	6,85	14,55	0,6	5,18	57	155	15,45	0			
22							58	176	12,00	0			
23							59	173	15,45	0			
24	36,082	14,5	9		0,5	43,2	60	133	10,00	0			
25							61	183	10,00	0			
26		71	3,2	25,8	5,3	457,92	62	173	10,00	0			
27							63	58	15,00	0			
28							64	168	11,50	0			
29							65	160	11,00	0			
30							66	165	12,50	0			
31	14,73	60	5,71				67	161	10,50	0			
32	176	8,00	0				68	172	10,50	0			
33	134	6,20	0				69	184	13,50	0			
34	58	8,00	0				70	173	12,00	0			
35	192	6,00	0				71	167	10,50	0			
36	190	6,00	0				72	101	16,00	1,80			

Tablo 5.2 Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyular

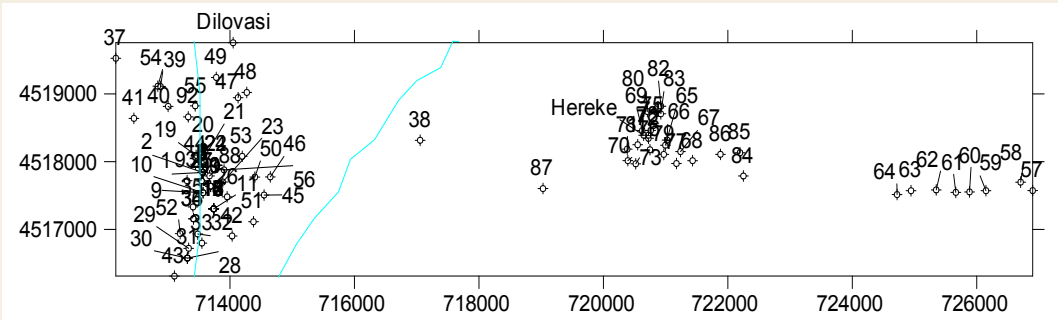
kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ (m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)	kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ (m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)
1	39	210					37	47	8,50	0			
2	40						38	28	8,50	0			
3	40	496	200	280		20	39	22	8,50	0			
4	40	424				20	40	175	15,36	0			
5	81	10					41	156	14,00	0			
6	91						42	160	13,95	12,00			
7	63	12		4			43	169	15,35	0			
8	50	45					44	162	15,45	0			
9	38						45	163	14,00	0			
10	12						46	145	14,00	0			
11	38	250				812	47	153	15,00	0			
12		250					48	171	15,00	0			
13	21	7					49	85	15,30	0			
14	2						50	82	15,14	0			
15		62	2	16	5	432	51	189	15,00	0			
16							52	189	10,00	0			
17							53	181	10,00	0			
18		60	7	19	1,2	103,68	54	165	15,15	0			
19							55	80	15,40	0			
20							56	0	15,00	0			
21	36,259	11,4	6,85	14,55	0,6	5,18	57	155	15,45	0			
22							58	176	12,00	0			
23							59	173	15,45	0			
24	36,082	14,5	9		0,5	43,2	60	133	10,00	0			
25							61	183	10,00	0			
26		71	3,2	25,8	5,3	457,92	62	173	10,00	0			
27							63	58	15,00	0			
28							64	168	11,50	0			
29							65	160	11,00	0			
30							66	165	12,50	0			
31	14,73	60	5,71				67	161	10,50	0			
32	176	8,00	0				68	172	10,50	0			
33	134	6,20	0				69	184	13,50	0			
34	58	8,00	0				70	173	12,00	0			
35	192	6,00	0				71	167	10,50	0			
36	190	6,00	0				72	101	16,00	1,80			

Tablo 6. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyular

Kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ(m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)	Kuyu no	KUYU KOTU (m)	DERİNLİK (m)	STATİK SU SEVİYESİ (m)	DİNAMİK SU SEVİYESİ(m)	VERİM (l/sn)	GÜNLÜK ÇEKİLEN(m^3/gün)
1		50	5,8	18,4	7	604,8	37	39	236	5,7			
2							38		184				
3							39	0	10,50	0			
4							40	0	10,50	0			
5	6,478	40	2,2	8,2	10	864	41	0	10,50	0			
6							42	0	19,00	0			
7							43	0	3,00	0			
8		40	1,8	12	3,2	302,4	44	0	19,00	0			
9		32	4,75	13	3,45	298	45	0	3,00	0			
10							46	0	12,00	0			
11		70	4,15	22,85	5,25	453,6	47	0	4,50	0			
12							48	0	9,00	0			
13							49	0	7,50	0			
14							50	0	6,00	0			
15	4,516	30,5	3,5	15,14	4	345	51	0	1,50	0			
16							52	0	10,50	0			
17							53	0	7,50	0			
18							54	0	7,50	0			
19	20						55	0	1,50	0			
20		6,5					56	0	7,50	0			
21		5					57	4	15,45	4,00			
22		5					58	9	10,00	4,00			
23		7,5					59	5	15,08	4,00			
24	7	6,5	3,7				60	5	16,65	4,00			
25	5	4,5	0,9				61	5	19,95	4,00			
26		1,5					62	7	15,45	4,00			
27		1					63	5	19,95	4,00			
28		2,5					64	3	15,45	0			
29		5					65	24	11,50	0			
30		4					66	42	8,50	0			
31		3,75					67	40	10,00	0			
32		2,3					68	18	12,00	0			
33	3	6,3	0				69	19	18,45	0			
34		3,1					70	29	13,60	0			
35	4	4,2	1				71	35	13,50	0			
36	9	7	8,5				72	13	15,25	0			



Şekil 10. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu yerleri



Şekil 11. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyu yerleri

dışında kayacın tutturucusunun çamur olması ve iyi sıkılaşmış olması, birime geçirimsiz özellik kazandırır.

Geçirimsiz birimler hidrojeoloji haritasında (Şekil 10) turuncu renkle gösterilmiştir. İstinye Formasyonu'nun alt birimi olan laminalı kireçtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Sedefadası Üyesi ile iri yumrulu killi kireçtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Kaynarca Üyesi, türbiditik kumtaşı, şeyl ve kireçtaşından oluşan Trakya Formasyonu, Sancaktepe Graniti, Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan, andezit, dasit, riyolit ve bazalttan oluşan Karacatepe Volkanit Üyesi, kumtaşı, silttaşı, şeyl ardalanmasından oluşan Erikli Formasyonu, şeyl, marn, ince kumtaşı, kireçtaşından oluşan Tepeköy Formasyonu, kumtaşı, şeyl, marn ardalanmasından oluşan Bakırlıkıran Formasyonu, Eskihisar Andeziti, mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı, şeylden oluşan Akveren Formasyonu, marn, şeyl, kumtaşı ardalanmasından oluşan Atbaşı Formasyonu, yığışımlı şeyl parçaları, blok, çamur matriksli çökellerden oluşan Darıca Formasyonu geçirimsiz birimlerdir (Tablo 7).

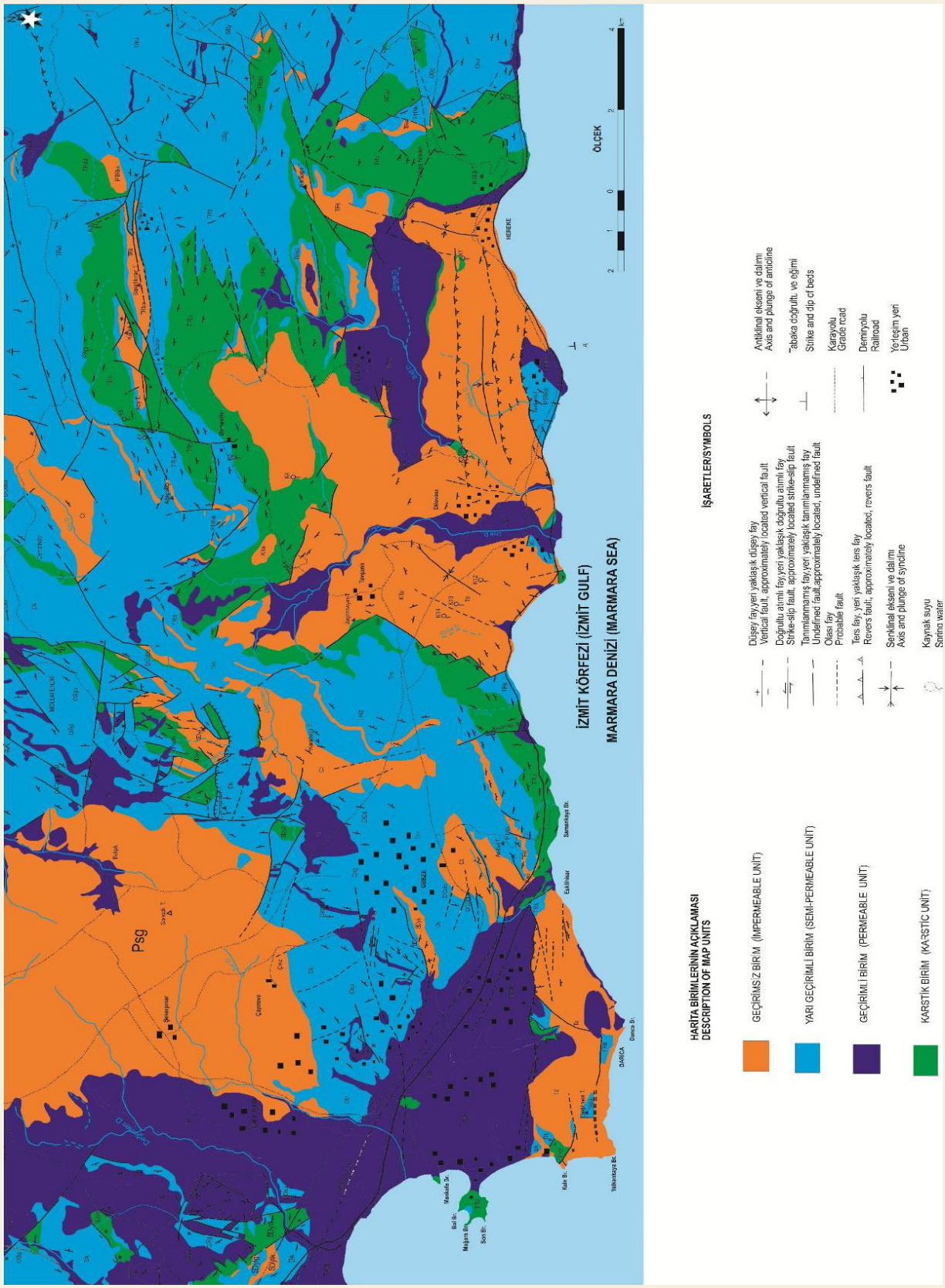
6.1.2. Yarı Geçirimli Birimler (Gçy)

Geçirimli kayalar (kumtaşı ve çakıltaşı) ve geçirimsiz kayaların (marn, şeyl, silttaşı, magmatik ve volkanik kayalar) kalınlık ve hacimce eş miktarda bulunduğu kaya toplulukları yarı geçirimli birimlerdir. Karstik kayalar (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, çört) ve geçirimsiz kayaların (marn, şeyl, silttaşı) eş miktarda bir arada bulunduğu kaya topluluklarına da yarı geçirimli birim denebilir. Yarı geçirimli birimler hidrojeoloji haritasında (Şekil 12) açık mavi renkle gösterilmiştir. Kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Bakacak Formasyonu, feldispatlı kumtaşı, şeyl, arkozik konglomeradan oluşan Kurtköy Formasyonu, silttaşı, şeyl, kumtaşı, kumlu kireçtaşından oluşan Gözdağ Formasyonu'nun alt birimi olan Umurdere Üyesi, kireçtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan İstinye Formasyonu'nun alt birim olan Gebze Üyesi, şeyl, kumtaşı, kireçtaşından oluşan Kartal Formasyonu, Büyükada Formasyonu'nun alt birimi olan çört-şeyl ardalanmasından oluşan, Yörükali Üyesi ve küçük yumrulu kireçtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Ayineburnu Üyesi, radyolarit, çört, şeyl, kireçtaşından oluşan Baltalimanı Formasyonu, Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan çamurtaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşan Alfaklar Üyesi, kireçtaşı, şeyl, kumtaşından oluşan Demirciler Formasyonu, gri yumrulu kireçtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Kazmalı Formasyonu ve O'nun alt birimi olan kırmızı yumrulu kireçtaşı-şeylden oluşan Kuşça üyesi, kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Teksen Formasyonu, kumtaşı, kiltaşı, çakıltaşı, kömürden oluşan Meşetepe Formasyonu yarı geçirimli birimlerdir (Tablo 7).

6.1.3. Geçirimli Birimler (Gç)

Geçirimli kayalar kumtaşları (kalkarenit, kuvarsarenit) ve çakıltaşlarıdır. Bu kayaların kalınlık ve hacimce ağırlıkta olduğu kaya toplulukları geçirimli birimlerdir. Zayıf tutturulmuş kayalar da geçirimli olma özelliği gösterebilir. Geçirimli birimler hidrojeoloji haritasında (Şekil 12) koyu mavi renkle gösterilmiştir.

Kuvarsitik kumtaşı-çakıltaşı ardalanmasından oluşan Aydos Formasyonu, Gözdağ Formasyonu'nun alt birimi olan, feldispatlı kuvars kumtaşından oluşan Aydınlı Üyesi, çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşından oluşan Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan Ayvalıdere Üyesi, kireç çakıltaşı ve kalkarenitten oluşan Çerkeşli Formasyonu, Teksen Formasyonu'nun alt birimi olan Eren Çakıltaşı Üyesi, kireççakıltaşından oluşan Hereke Formasyonu, çakıltaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşan Kayalıtepe Formasyonu, zayıf tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından oluşan Karapürçek Formasyonu ve Alüvyon geçirimli birimlerdir (Tablo7).



Şekil 12. İnceleme alanının Hidrojeoloji haritası

Tablo 7. İnceleme alanındaki hidrojeoloji birimlerinin sınıflaması

Yaş	Formasyon	Üye	Kalınlık (m)	Litoloji	Geçirimlilik
Kuvaterner	Alüvyon		5-50	Tutturulmamış, çakıl, kum, silt, kil	Geçirimli
Kuvaterner	Traverten			Traverten	Karstik
Tersiyer-Kuvaterner	Karapürçek		20	Zayıf tutturulmuş Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı	Geçirimli
Tersiyer	Darıca		30	Yığışımlı şeyl parçaları, blok, çamur matriksli	Geçirimsiz
Tersiyer	Meşetepe		100	Kumtaşı, kiltaşı, çakıltaşı, kömür	Yarı geçirimli
Tersiyer	Kayalıtepe		100	Çakıltaşı, kumtaşı	Geçirimli
Tersiyer	Atbaşı		50-350	Marn, şeyl, kumtaşı	Geçirimsiz
Kretase-Tersiyer	Akveren		350	Mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı, şeyl	Geçirimsiz
Kretase	Eskihisar Andeziti			Andezit	Geçirimsiz, ama kırık ve çatlaklarından su alınabilir
Kretase	Hereke / Kutluca		100	Kireççakıltaşı / Resifal Kireçtaşı	Geçirimli / Karstik
Kretase	Teksen		500	Kumtaşı, şeyl	Yarı geçirimli
		Eren		Çakıltaşı	Geçirimli
Triyas	Bakırlıkıran / Çerkeşli		35 / 50-70	Kumtaşı, şeyl, marn / Kireç çakıltaşı, kalkarenit	Geçirimsiz / Geçirimli
Triyas	Tepeköy		30-75	Şeyl, marn, ince kumtaşı ± kireçtaşı	Geçirimsiz
Triyas	Kazmalı	Kuşça	5-400	Kırmızı yumrulu kireçtaşı, şeyl	Yarı geçirimli
				Gri yumrulu kireçtaşı, şeyl	Yarı geçirimli
Triyas	Ballıkaya		5-350	Dolomit, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı	Karstik

Triyas	Demirciler			50-400	Kireçtaşı, şeyl, kumtaşı		Yarı geçirimli
		Değirmen			Kireçtaşı		Karstik
Triyas	Erikli			1-80	Kumtaşı, silttaşı, şeyl		Geçirimsiz
Permiyen-Triyas	Kapaklı	Karacatepe	Alfaklar	800	Andezit, dasit, riyolit,bazalt	Çamurtaşı, kumtaşı	Geçirimsiz / Yarı geçirimli
			Ayvalıdere			Çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı	Geçirimsiz / Geçirimli
Permiyen	Sancaktepe Graniti						Geçirimsiz ancak kırık ve çatlaklarından su alınabilir.
Karbonifer	Trakya			500-1000	Türbiditik kumtaşı, şeyl, kireçtaşı		Geçirimsiz
Karbonifer	Baltalimanı			75	Radyolarit, çört, şeyl, kireçtaşı		Yarı geçirimli
Devoniyen-Karbonifer	Büyükada	Ayineburnu		200	Küçük yumrulu kireçtaşı, şeyl		Yarı geçirimli
		Yörükali			Çört, şeyl		Yarı geçirimli
		Bostancı			Çörtlü kireçtaşı		Karstik
Devoniyen	Kartal	Kozyatağı		750	Şeyl, kumtaşı, kireçtaşı		Yarı geçirimli
Silüriyen-Devoniyen	İstinye	Kaynarca		300	İri yumrulu killi kireçtaşı, şeyl		Geçirimsiz
		Gebze			Kireçtaşı, şeyl		Yarı geçirimli
		Sedefadası			Laminalı kireçtaşı, şeyl		Geçirimsiz
Silüriyen	Dolayoba			100	Resifal Kireçtaşı		Karstik
Ordovisiyen-Silüriyen	Gözdağ	Aydınlı		500	Feldispatlı kuvars kumtaşı		Geçirimli
		Umurdere			Silttaşı, şeyl, kumtaşı, kumlu kireçtaşı		Yarı Geçirimli
Ordovisiyen	Aydos			10-100	Kuvarsitik kumtaşı, çakıltaşı		Geçirimli
Ordovisiyen	Kurtköy			1000	Feldispatlı kumtaşı, şeyl, arkozik konglomera		Yarı Geçirimli
Ordovisiyen	Bakacak			750	Yeşil kumtaşı, mor şeyl		Yarı Geçirimli

6.1.4. Karstik Birimler (Ak)

Karstik kayalar kireçtaşları, kuvarsitler, çörtler, jipsler, anhidritler ve halitlerdir. Böyle kaya toplulukları karstik birimlerdir. Karstik birimler hidrojeoloji haritasında (Şekil 7) yeşil renkle gösterilmiştir. Resifal kireçtaşından oluşan Dolayoba Formasyonu, Demirciler Formasyonu'nun alt birimi olan Değirmen Kireçtaşı Üyesi, dolomit, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşından oluşan Ballıkaya Formasyonu, resifal kireçtaşından oluşan Kutluca Formasyonu ve Traverten karstik birimlerdir (Tablo 7).

6.2. KAYNAKLAR

İnceleme alanında 14 adet kaynak bulunmaktadır. Kaynakların tamamı Dilovası ve Hereke civarında boşalmaktadır. Kaynakların hidrolojik bilgilerine, Eroskay (1978) ve MTA (1994) dan yararlanılarak değinilmiştir.

6.2.1. Ulupınar Kaynağı (K1)

Ulupınar Kaynağı Aşağı Hereke Sümerbank bez fabrikasının kuzeyinde, karayolu virajının iç tarafındaki duvarın dibinden boşalır. Kaynak Geç Kretase yaşlı resifal kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Kutluca Formasyonu ile Geç Kretase-Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun dokanağından yüzeye çıkmaktadır. Kaynak kotu 20 m, boşalma miktarı 20 l/sn, Suyun sertliği 23-24 Fr0, suyun sıcaklığı 15.1 °C, pH ı 7.2' dir. Boşalma çok sayıda gözden olur ve yağışa bağlı olarak çok değişir.

6.2.2. Tulumbasuyu Kaynağı (K2)

Tulumbasuyu Kaynağı Hereke'nin 3.5 km kadar doğusunda, demiryolu-karayolu arasındadır. Denizden gelen araçların su alması için küçük bir iskele ve duba vardır. Kaynak Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'ndan yüzeye çıkmaktadır. Kaynak kotu 2 m, boşalma miktarı 864 m^3/gün, 315360 m^3/yıl, suyun sıcaklığı 15 °C, pH'ı 7.2' dir.

6.2.3. Kayapınarı Kaynağı (K3)

Kayapınarı Kaynağı, Dilovası'nda, Bağ Dere (Enarca Dere)'de, Dolambayırı'nın batısındadır. Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu ile Geç Kretase-Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun dokanağından yüzeye çıkmaktadır. Tipik bir karst kaynağıdır. Az çok aynı yükseltide üç gözden boşalma görülür. Kaynak kotu 66 m, boşalma miktarı 3 l/sn, 259.2 m^3/gün, 94608 m^3/yıldır.

6.2.4. Küplü Kaynağı (K4)

Küplü Kaynağı Dilovası'nda, Demirciler Köyü'nün 2 km kadar güneybatısındadır. Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu ile Geç Kretase-Paleosen yaşlı Mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun dokanağından yüzeye çıkmaktadır. Kaynak kotu 250 m, boşalma miktarı 4 l/sn, 272 m^3/gün, 99280 m^3/yıl, suyun sıcaklığı 13.5-14.5 °C, pH 8' dir.

6.2.5. Ballıkaya ve Ovabaşı Kaynağı (K5)

Ballıkaya ve Ovabaşı Kaynağı**,** Dilovası'nda, Ballıkaya boğazı'nın çıkışında sol yamaçta bulunmaktadır. Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'nun karstik bir yarığından boşalır. Kaynak kotu 52 m, boşalma miktarı 10 l/sn, 360 m³/gün 315360 m³/yıl, suyun sıcaklığı 15.2 °C, pH 7.1'dir.

6.2.6. Kovabaşı Kaynağı (K6)

Kovabaşı Kaynağı, Dilovası'nda, Demirciler Köyü'nün 1 km batısında bulunmaktadır. Erken Triyas yaşlı, kireçtaşı, şeyl, kumtaşından oluşan yarı geçirimli bir birim olan Demirciler Formasyonu ile Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'nun faylı dokanağından boşalır. Tipik bir karst kaynağıdır. Kaynak kotu 200 m, boşalma miktarı 15 l/sn, 1296 m³/gün, 473040 m³/ yıl, suyun sıcaklığı 14.6 °C, pH 7.2' dir.

6.2.7. Duraca Kaynağı (K7)

Duraca Kaynağı, Demirciler yolunun 500 m batısında, Duraca deresindedir. Erken Triyas yaşlı, kireçtaşı, şeyl, kumtaşından oluşan yarı geçirimli bir birim olan Demirciler Formasyonu ile Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'nun dokanağından çıkar. Tipik bir karst boşalmasıdır. Dereden beslenir. Kaynak kotu 235 m, boşalma miktarı 3 l/sn, 258 m³/ gün, 94170 m³/ yıldır.

6.2.8. Hasanpaşa Kaynakları (K8)

Hasanpaşa Kaynakları, İstanbul şosesi ile Demirciler kavşağının 750 m güneybatısındadır. Bir kaç gözlü bir kaynaktır. Erken Triyas yaşlı, kireçtaşı, şeyl, kumtaşından oluşan yarı geçirimli bir birim olan Demirciler Formasyonu ile Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'nun dokanağından çıkar. Bahçe sulamada kullanılır. Kaynak kotu 245 m, boşalma miktarı 5 l/sn, 430 m³/gün, 156960 m³/yıl, suyun sıcaklığı 15.7 °C, pH 7.1' dir.

6.2.9. Elmalı Dere Kaynakları (K9)

Elmalı Dere Kaynakları, Çingenebayırı tepesinin doğusunda bulunmaktadır. Bir kaç gözlü bir kaynaktır. Erken Triyas yaşlı, kireçtaşı, şeyl, kumtaşından oluşan yarı geçirimli bir birim olan Demirciler Formasyonu ile Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'nun dokanağından çıkar. Kireçtaşında kuzey yönünde gelişen yeraltı suyu akımını belirler. Kaynak kotu 248 m, boşalma miktarı 20 l/sn, 1728 m³/gün, 630720 m³/yıl, suyun sıcaklığı 14.6 °C, pH 7.1' dir.

6.2.10. Karacasu Kuyusu Kaynağı (K10)

Karacasu kaynağı, Tepeköy yolu ile İstanbul şosesi kavşağının kuzeydoğusunda yer alır. Akarkuyu şeklindedir. Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu'ndan çıkar. Boşalma akarkuyu şeklinde geliştirilmiştir. 2.5 m derinliğindedir. Kuyu taşla örtülmüştür. Kaynak kotu 308 m, boşalma miktarı 4 l/sn, suyun sıcaklığı, 14 °C 'dir.

6.2.11. Akpınar Kaynağı (K11)

Akpınar kaynağı Çerkeşli yolunun 50 m kadar güneyinde bulunur. Erken-Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan geçirimli bir birim olan Ballıkaya Formasyonu ile Geç Kretase-Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun dokanağından yüzeye çıkmaktadır. Tipik bir karst kaynağıdır. Debisi değişir. Yağmurlarda suyu az miktarda bulanır. Boşalma miktarı 86.4 m^3/gün, 31536 m^3/yıldır.

6.2.12. Akçay Çeşmesi (K12)

Akçay Çeşmesi Muallim Köyü'nün doğusunda bulunur. Paleosen-Eosen yaşlı Marn, şeyl, kumtaşından oluşan geçirimsiz bir birim olan Atbaşı Formasyonu'nun faylı dokanağından yüzeye çıkmaktadır. pH'ı 6.8 ve debisi 0.019 l/sn' dir. Kurak dönemlerde debisi azalmakta ve kurumaktadır.

6.2.13. İkizce Çeşmesi (K13)

İkizce Çeşmesi Muallim Köyü'nün doğusunda bulunur. Geç Kretase-Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun faylı dokanağından yüzeye çıkmaktadır. pH'ı 6.8 ve debisi 1.2 l/sn' dir. Eskiden iki çeşme halinde olan bu kaynak Muallimköyü'nün su deposuna akıtılmaktadır.

6.2.14. Kavak Çeşmesi (K14)

Kavak Çeşmesi Muallim Köyü'nün doğusunda bulunur. Geç Kretase-Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve şeylden oluşan geçirimsiz bir birim olan Akveren Formasyonu'nun faylı dokanağından yüzeye çıkmaktadır ve boşa akmaktadır. pH'ı 6.8 ve debisi 1.1 l/sn' dir.

6.3. YERALTI SULARI

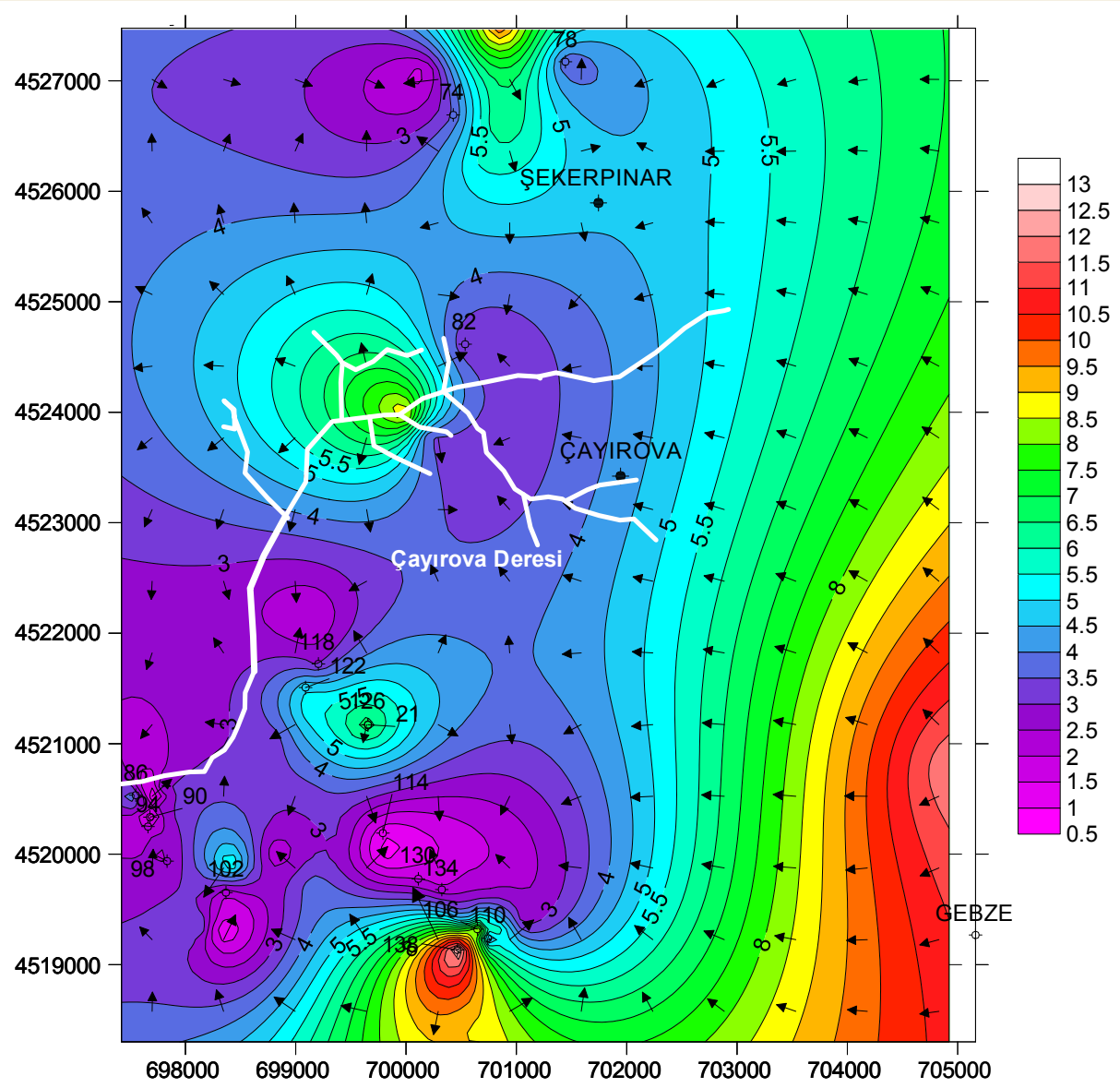
Gebze-Çayırova Havzası'na ait yeraltı suyu akış yönü haritası Şekil 13'de verilmiştir. Bu haritada kırmızı renkli alanlar yeraltısularının beslendiği alanlardır. Beslenim yönü doğudan batıya doğrudur. Yeşilden mor renge doğru gidildiğinde yeraltısuları seviyelerinde bir düşüş görülmektedir. Mor renkli alanlarda yeraltı suları oldukça düşük seviyededir. Bu alanlarda kuyular yoğundur. Ve fazla pompalama yapıldığından kuyular kurumuştur.

Gebze-Dil Deresi Havzası'na ait yeraltısuyu akış haritası Şekil 14'te verilmiştir. Bu haritada şeklin güney ve orta kesimindeki kırmızı ve yeşil renkli kısımlar yeraltısularının beslendiği alanlardır. Beslenim yönü kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur. Mor ve mavi renkli kısımlar kuyuların yoğun bulunduğu ve fazla pompalama yapılan alanlar olduğundan kuyular kuruma tehlikesindedir.

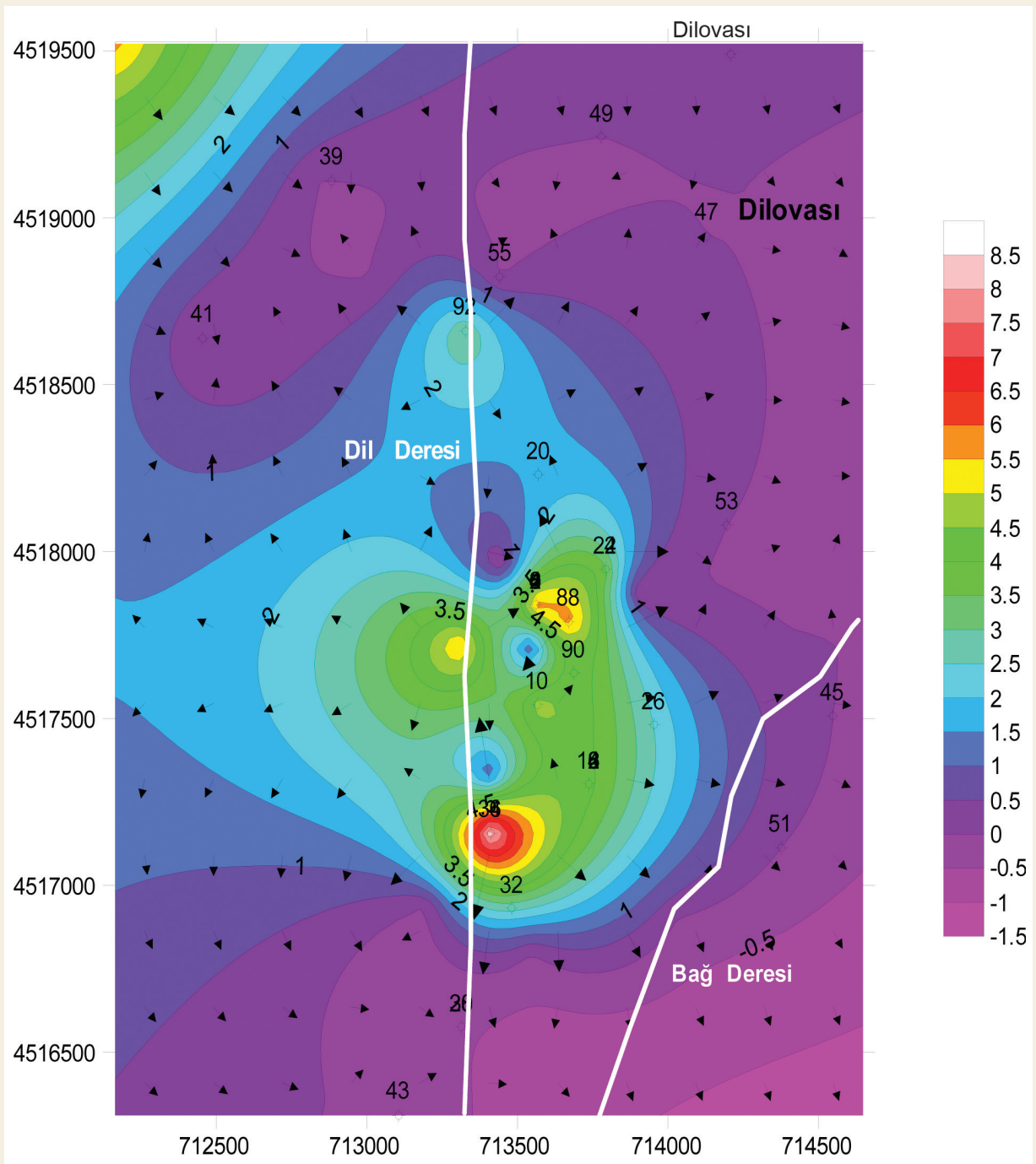
7. HİDROJEOKİMYA

7.1. YERALTI SULARININ GENEL KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Olağan yeraltı sularının kökeni yağış sularıdır. Yağış sularının bir kısmı yeraltına süzülerek akifere ulaşır. Ancak bu süzülme sırasında ve akiferde, geçtiği kayaçları kısmen çözündürerek yeni bir kimyasal kompozisyon kazanır. Yeraltı sularının kimyasal bileşimi, suyun dokanakta olduğu kayaların kimyasal bileşimine, dokanak yüzeyi ve süresine, yeraltısuyunun akım hızına, sıcaklığa, ortamın basıncına, iyon etkinliği ve ortak iyon etkinliğine bağlı olarak değişir. Yeraltı sularının kimyasal analizleri bu suların kullanım alanlarını ve kullanılabilme özelliklerini belirlemede büyük önem taşır. Buharlaşma, yoğunlaşma, süzülerek toplanma ve zemine sızma gibi sonsuz bir döngü hidrolojik çevrim sırasında, su pek çok değişikliğe uğramaktadır.



Şekil 13. Gebze-Çayırova Havzası'nın yeraltı suyu akış yönü haritası



Şekil 14. Gebze-Dil Deresi Havzası'nın yeraltı suyu akış yönü haritası

Su kimyasal yapısı nedeniyle, yeryüzünde bulunan en iyi çözgenlerden biridir. İyonize olabilen birçok tuzlar suda çok iyi çözünebilirler. Sular içerisinde, askıda iyonize koloidal ve gaz halinde yabancı maddeler saf olarak bulunmazlar. Doğal suların farklı kimyasal özelliklere sahip olmaları, kısmen farklı kayaçların üzerinden geçmeleri ile açıklanabilir. Bu durum göz önüne alındığında, suların geçtiği ortamlara işaret eden özellikler kazanmış olmasını beklemek olağandır. Bu durum aşağıdaki açıklamalarla doğrulanabilir.

Yeraltısularının başlıca elementlerinden Ca, Mg, Na, K, Cl miktarları yönünden mağmatik kayalar incelendiğinde (r=meq/1 olarak) ultrabazik ve baziklerde rMg++ > rCa^{++} > rNa+ > rK^{+} ; nötr (siyenit) kayalarda rNa+ > rK^{+} > rCa^{++}> rMg^{++} veya diyoritlerde rCa^{++} > rMg^{++} > nNa+ > rK^{+} ; asidik kayalarda (granit)rNa+ > rK^{+} >rCa^{++} > rMg^{++} şeklindedir. rCa^{++} / rMg^{++} oranı ultrabazik kayalardan asidik kayalara doğru yükselir. rNa^{+} / rK^{+} oranı; ultrabazik ve bazik kayalardan, asidik olanlara oranla daha yüksektir. (rCa^{++} + rMg^{++}) rNa^{+} oranı genellikle ultrabazik kayalardan asidik kayalara doğru azalır . Karbonat bileşenleri suda belirli oranda çözülebilirler ve bu da 150 mg/1 ile 300 mg/1 arasında değişir. Kireçtaşı ve beraberindeki tuzların çözünmesi, kayanın yapısal ve tektonik durumuna bağlıdır. Genellikle kireçtaşları çok az NaCl ve CaSO4 tuzları içerirler. Bu nedenle kireçtaşlarından gelen sular karbonatça zengin ve Cl, SO4 iyonlarınca zengindir (Çağatay ve diğ,1993).

Yeraltı sularında mevsim, yağış ve başka etmenler sebebiyle, yıl içinde değişiklikler gözlenir. Yeraltı suları sıcaklığa, basınca, dokanak yüzeyi ile süresine, su hacmine, verdikleri gazlara, ortamın pH'ına ve diğer maddelerin çözünme oranına bağlı olarak, geçtikleri kayaların minerallerini kimyasal bozunuma uğratarak iyonlarca zenginleşirler.

Yer kabuğunda ortalama ağırlık yüzde dağılımına bakılırsa, % 47 oksijen, % 27,5 silis, % 8,6 alüminyum, % 5 demir, % 3,5 kalsiyum, % 2,5 potasyum, % 2,5 sodyum ve % 2 magnezyum belli başlı elementleri meydana getirirler. Diğer elementler % 1'den azdır. Buna karşın, yeraltı sularında en çok rastlanan iyonlar; Na^{+}, $Ca^{++,}$ Mg^{++}, HCO_3^{-}, $SO4^{-2}$ ve Cr^{-} dur. Klorür iyonlarının denizlerde ve yeraltı sularında bol bulunmasına rağmen yer kabuğunda dağılım miktarı çok azdır.

Sıcaklık, suda çözünürlüğü genellikle arttırır. Ancak gazların suda çözünürlükleri sıcaklıkla ters orantılıdır. CaCO3 dışındaki hemen hemen tüm tuzlar, suda sıcaklıkla çözünürlükleri artar. Yeraltı suları $CaCO_3$'ca doygundur. Eğer herhangi bir su $CaCO_3$'ca olağan doygunlukla veya buna yakın ise (300-400 mg/1)bikarbonatlı sular sınıfına girer. Elementlerin bir kısmı tüm ortamlarda, diğerleri ise özel koşullarda çözünür. Bir kısım elementlerin çözünmesi veya onun çözünmesine etken olan etmen bir diğerinin çökelmesine neden olabilir. pH veya sıcaklık gibi herhangi bir parametrenin değişimi beraberinde diğer parametrelerin değişmesine neden olabilir. Bu nedenle çözünürlük, koşulları farklı ve aynı zamanda karşılıklı etkileri karmaşık bir konudur. Çözünürlük düşünüldüğünde genel olarak fiziksel ve biyolojik koşullar göz önüne alınır. Ayrıca, doğada en çok bulunan Si, Al, Fe, Mn gibi elementler suda az çözünürler (Şahinci, 1991). Bu elementlerin çözünürlüğünü kontrol eden faktörler vardır. Bunların çözünürlüğüne etki eden en önemli iki faktör; kimyasal ayrışmaya gösterdikleri direnç ve iyon yapma özelliklerinin az olmasıdır. Suyun etkisiyle oluşacak kimyasal ayrışmaya karşı kayalarda, minerallerden minerallere değişiklik görülmektedir. Kısacası yüksek sıcaklıkta oluşan mineraller bozunmaya daha yatkın iken, en son oluşanlar bozunmaya karşı dirençlidir.

Doğal sularda bulunan elementler, genellikle birincil (başlıca) (1000-1 mg/1), ikincil (10-0.01 mg/1), üçüncül (az) (1x10-5mg/1) ve

Tablo 8. Doğal Suların İçerdiği Maddelerin Sınıflandırılması (Uslu ve Türkman,1987)

Çizelge 4.2. Doğal suların içerdiği maddelerin sınıflandırılması (Uslu ve Türkman, 1987)

Köken	Askıda	Kolloidal	Gaz	İyonize olmamış katı maddeler ve dipoidler	Pozitif	Negatif
Mineral topraklar ve kayalardan	Kil,kum ve diğer anorganik topraklar	SiO_2 Fe_2O_3 AL_2O_3 NgO_2	CO_2	İyonize olmamış katı maddeler ve dipoidler	Ca^+ Mg^+ Na^+ K^+ Fe^+ Mg^+ Zn	HCO^-_3 Cl^- SO^-_4 NO^-_3 CO^-_3 $HSiO^-_3$ $H_2BO^-_3$ HPO^-_4 $H_2PO^-_4$ OH^-
Atmosferden			N_2 O_2 CO_2 SO_2		H^+	HCO^-_3 SO^-_4
Organik dekompozis-yonlardan	Organik topraklar (Humus) organik atıklar	Bitkisel pigmentler Organik atıklar	CO_2 NH_3 O_2 N_2 H_2S CH_4 H_2 Koku vektörleri	Bitkisel pigmentler organik atıklar	Na^+ NH^+_4 H^+	Cl^- HCO^-_3 NO^-_2 NO^-_3 OH^- HS^- Organik radikaller
Yaşayan Organizma-lardan	Balıklar, algler, diotomalar ve diğer küçük hayvancıklar	Virüsler, bakteriler, algler ve diatomlar				

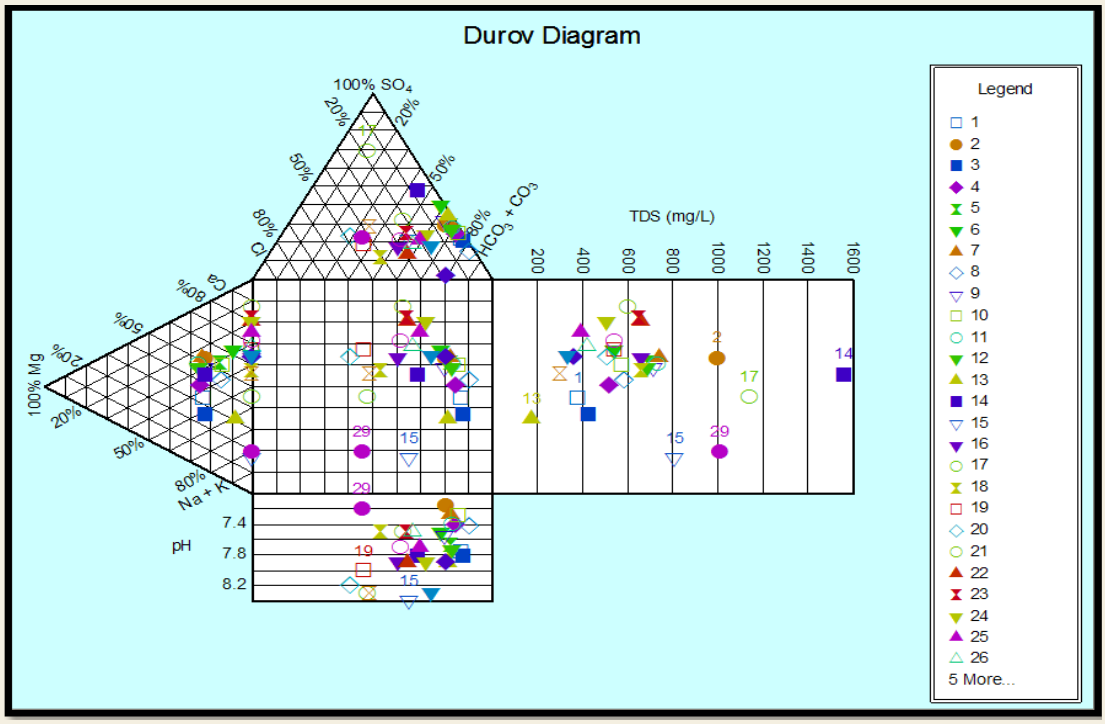
eser (1x10-3mg/1'den az) elementler diye sınıflanabilir (Şahinci, 1991).

Çalışma alanındaki tüm kuyu ve kaynakların kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir; durov diagramları Şekil 15 ve Şekil 16.

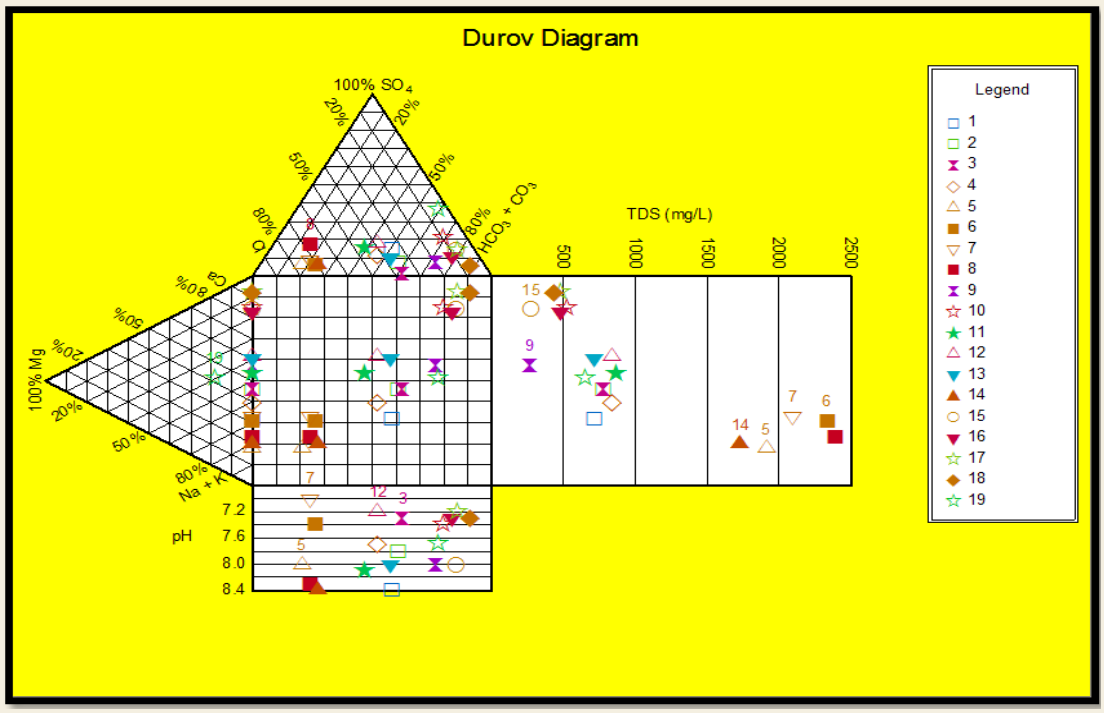
7.1.1. Suların Sertliği

Sertlik, su içinde çözünmüş halde bulunan Ca ve Mg bileşiklerinden gelen özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu Ca ve Mg'un meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr0) kullanılmaktadır.

1 Fransız Sertlik Derecesi = 1 litre suda, 10 mg Ca ve Mg bikarbonat veya buna eşdeğer diğer sertlik verici iyonların bulunmasıdır. Sert sulardaki toprak alkali iyonları sabunu meydana getiren yağ asitleri ile birleşir ve suda çözünmeyen çökeller meydana getirerek köpürmeyi geciktirirler. Sertlik, kazanda suyun ısıtılması ile kalsiyum karbonatın çökelti halinde metal yüzeylerde birikmesine ve kireç tabakasının meydana gelmesine neden olur. Sert sular endüstride işletmelere büyük zararlar vermektedir. Kireçlenme, ısı iletkenliğini düşürerek daha fazla enerji kullanımına, önemli bakım sorunlarına ve kısa süre sonra kazanın tamamen iş yapamaz duruma gelmesine neden olur (Küçükyalı, 2000). Bu durumda, endüstriyel amaçla kullanılacak olan yeraltı sularının yumuşatma işlemlerine tabi tutulması gerekmektedir. (Samsunlu, 1999).



Şekil 15. Gebze-Çayırova Havzası'na ait durov diagram



Şekil 16. Gebze-Dil Deresi Havzası'na ait durov diagram

Yeraltısularının toplam sertlik derişimlerine göre sınıflandırılması Tablo 9'da verilmiştir. İnceleme alanının sertlik haritası Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'te, sertlik sınıflaması Tablo 10 ve Tablo 11'de sunulmuştur.

Şekil 17'de kırmızı alanlar su sertliğinin en fazla olduğu yerlerdir. Haritada kuzey kesimlerdeki alanlarda sertliğin arttığı görülmektedir. Kırmızı ve yeşil renkli bölgelerde karbonatlı kayalar yoğun olduğundan sertlik yüksek seviyelerdedir.

Tablo 9. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci,1991)

Fransız Sertliği	Suyun Sınıfı
0.0-7.2	Çok yumuşak
7.2-14.5	Yumuşak
14.5-21.5	Az sert
21.5-32.5	Oldukça sert
32.5 - 54.0	Sert
54'den az	Çok sert

Şekil 18'de kırmızı alanlar su sertliğinin maksimum seviyede olduğu yerlerdir. Haritada güney ve doğu kesimlerdeki alanlarda sertliğin arttığı görülmektedir. Kırmızı ve yeşil renkli bölgelerde karbonatlı kayalar yoğun olduğundan sertlik yüksek seviyelerdedir. Ayrıca haritanın güney kesimine bakıldığında deniz suyu girşinin olduğu söylenebilir.

7.1.2. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Hidrojen iyon konsantrasyonu, su içerisinde bulunan hidronyum ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak suyun asit yada bazik özelliğe sahip olmasıdır. Yeraltısuları genel olarak pH < 7 olan asidik özelliğe sahip iken yüzey suları pH < 8 olan bazik özellikteki sulardır. pH'a göre sınıflandırma Tablo 12'deki gibidir ;

Düşük pH' lı ve toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu yüksek sular, korozif oldukları için borulardaki ağır metalleri çözebilirler. Asit karakterli sular hiçbir zaman tesise verilmemelidir. Bunların pH' sının 9-10 civarına çıkarılarak işleme sokulması gerekmektedir (Küçükyalı, 2000).

Tablo 10. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının sertlik sınıflaması

kuyu no	Sertik Dh°(FrO)	Sınıflama	Kuyu no	Sertlik Dh°(FrO)	Sınıflama
1	14,4	Yumuşak	17	45	Sert
2	31,6	Oldukça Sert	18	34	Sert
3	10,2	Yumuşak	19	33	Sert
4	18,3	Az Sert	20	30	Oldukça Sert
5	25,8	Oldukça Sert	21	47	Sert
6	27,5	Oldukça Sert	22	42	Sert
7	34,1	Sert	23	47	Sert
8	16,2	Az Sert	24	36	Sert
9	24,5	Oldukça Sert	25	25	Oldukça Sert
10	23,3	Oldukça Sert	26	25	Oldukça Sert
11	30,5	Oldukça Sert	27	35	Sert
12	27,2	Oldukça Sert	28	14	Yumuşak
13	7,01	Çok yumuşak	29	26	Oldukça Sert
14	29,6	Oldukça Sert	30	21	Az Sert
15	6,5	Çok yumuşak	31	19	Az Sert
16	37	Sert			

Tablo 11. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyu sularının sertlik sınıflaması

kuyu no	Sertlik Dh°(Fr0)	Sınıflama
1	29	Oldukça Sert
2	31	Oldukça Sert
3	32	Oldukça Sert
4	27	Oldukça Sert
5	52	Sert
6	60	Çok Sert
7	62	Çok Sert
8	45	Sert
9	16	Az sert
10	40	Sert
11	41	Sert
12	45	Sert
13	38	Sert
14	51	Sert
15	20	Az sert
16	36	Sert
17	41	Sert
18	38	Sert
19	17,2	Az sert

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası ve Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyu sularının pH'ı 7-8,5 arasındadır, bazik karakterlidir. Ancak K12, K13 ve K14 kaynaklarının pH'ı 6,8'dir. Asit karakterlidir. pH' ın düşük olmasının sebebi fay zonlarında bulunan çözünmüş gazlar (CO_2, HS gibi) olabilir (Şekil 19-20).

Şekil 19'da haritadaki kırmızı ve sarı alanlar suyun pH'ının yüksek olduğu kesimlerdir. Haritanın geneline bakıldığında denize yakın ve batı kesimlerde pH'ın maksimum olduğu gözlenmektedir. Doğu kısımda yeşil alanlarda da pH yüksektir.

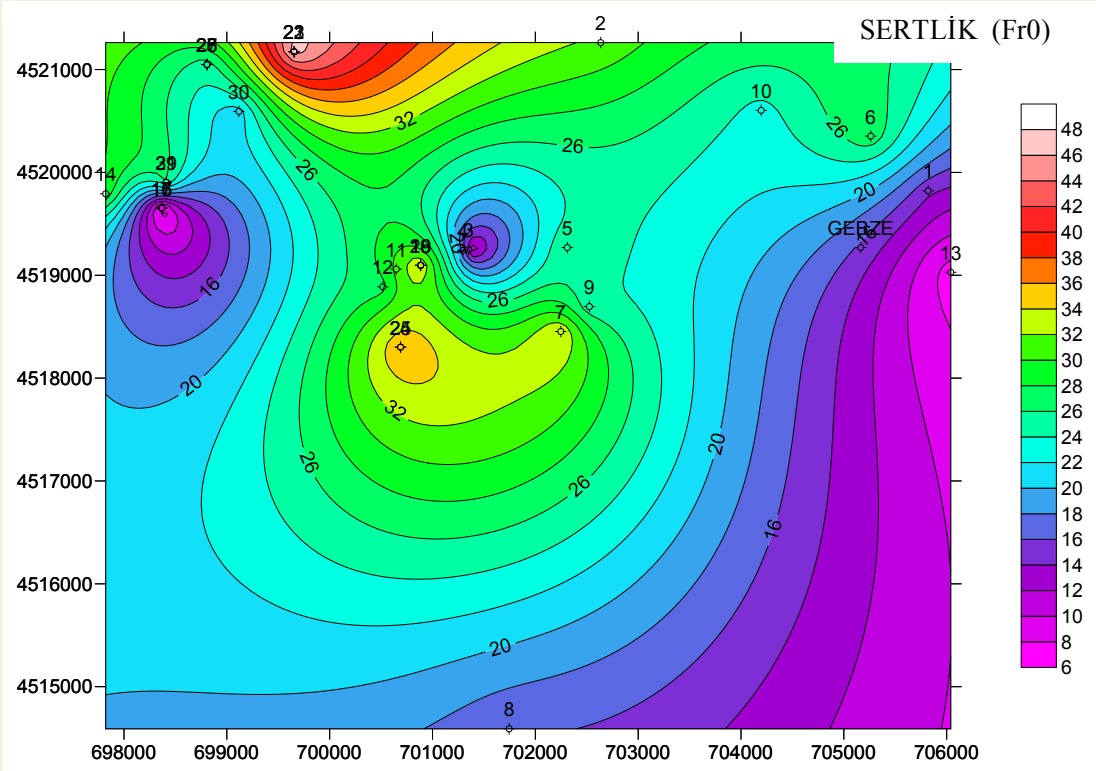
Suların tamamı baziktir. Şekil 20 'de kırmızı ve sarı renkli kısımlar oldukça bazik pH'a sahiptir. Suların tamamı bazik karakterlidir.

7.1.3. Özgül Elektriksel İletkenlik (EC)

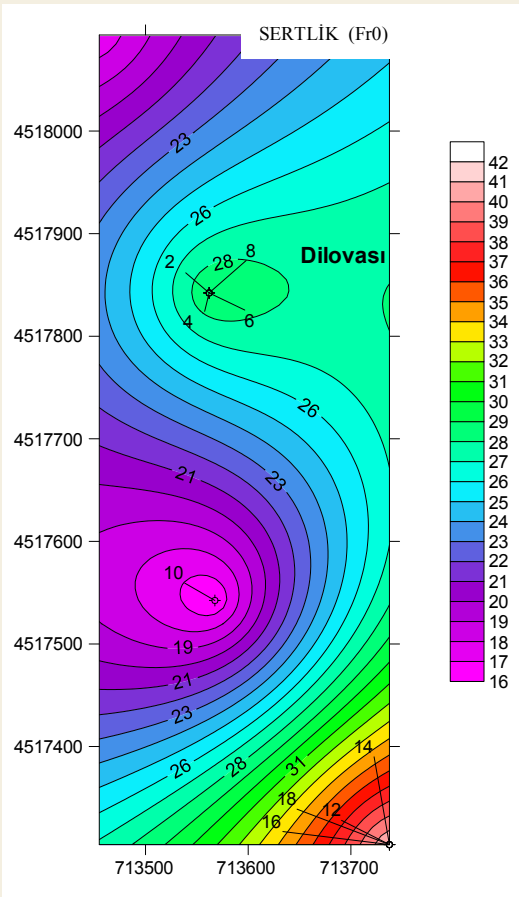
Elektiriksel iletkenlik, cisimlerin elektiriği geçirme özelliğidir. Her cismin elektiriği geçirme özelliği farklıdır. Örneğin saf su elektiriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtkandır. Özgül elektriksel iletkenlik ise, +25 °C'deki 1 cm^3 suyun iletkenliğidir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığa bağlıdır. Saf suyun özgül elektiriksel iletkenliği 0,5–5 µmho /cm, içme sularının elektiriksel iletkenliği ise 30–2000 µmho/cm arasında değişmektedir. Özgül elektiriksel iletkenlik sulama ve içme sularının sınıflandırılmasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Yüksel, 2007) Endüstriyel işlemlerde, buhar kazanlarında kullanılan suyun iletkenliğinin yüksek olması kazanın işletme verimliliğini düşürür. Bu nedenle işletmede; elektriksel iletkenliği maximum 6000 µ*S* / *cm* olan sular kullanılmalıdır (Barkut, 2001). İnceleme alanının EC haritası Şekil 21 ve 22'de sunulmuştur.

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının elektriksel iletkenliği, 500-1680 µmho/cm'dir. İçme suyu kullanımı açısından uygundur. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu kuyunun elektriksel iletkenliği 2000 µmho/cm'in üzerinde olduğundan içme suyu kullanımı açısından uygun değildir. Kaynakların elektriksel iletkenliği 500-950 µmho/cm civarında olduğundan içme suyu kullanımı açısından uygundur.

Şekil 21'de haritanın kırmızı olan, batı kesimlerinde EC oldukça fazladır. Bu kesimlerde deniz suyu girişi olduğundan iletkenlik artmıştır. Nedeni, deniz suyu girişiyle iyon konsantrasyonunun artmasıdır.



Şekil 17. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının sertlik (Fr0) haritası



Şekil 18. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyu sularının sertlik (Fr0) haritası

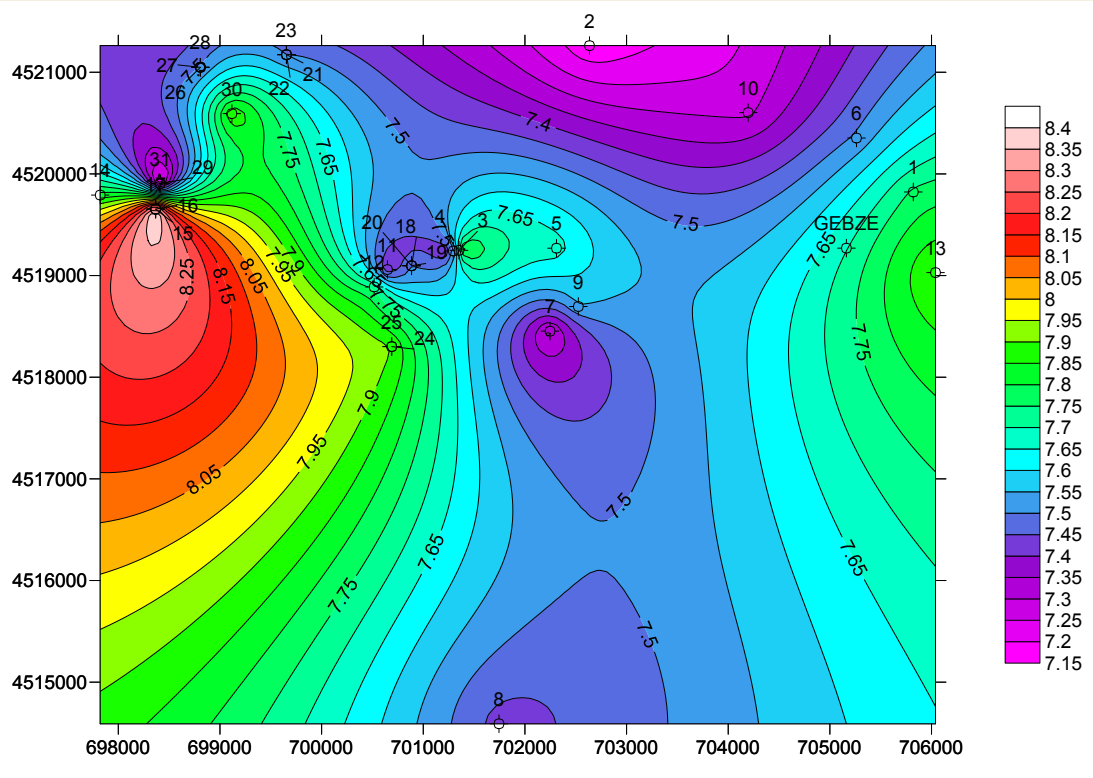
Şekil 22'de haritanın kırmızı olan, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde EC oldukça fazladır. Güneydoğu kesiminde deniz suyu girişi olduğundan iletkenlik artmıştır. Nedeni, deniz suyu girişiyle iyon konsantrasyonunun artmasıdır. Kuzeydoğu kesiminde ise iyon derişiminin yüksek olması nedeniyle iletkenlik değerleri yüksektir.

7.1.4. TDS

Toplam çözünmüş madde (TDS), suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli bir parametredir. 1500 mg TDS/l derişimi "Tatlı Su" kaynakları için üst limittir. 5000 mg TDS/l derişimine sahip sular genel olarak "Acı Su" olarak tanımlanırken, daha fazla TDS içeren sular "Tuzlu Su" olarak tanımlanır. Sularda yüksek oranda TDS bulunması (>2000 mg TDS/l) borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir, içme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishal etkisi gösterebilir. Bu özellikteki bir su, endüstriyel veya sosyal su temininde kısıtlı amaçlar haricinde kullanılamayacağı gibi,

Tablo 12. Suların pH'a göre sınıflandırılması

pH	Sınıfı
> 8	bazik
8,5 – 7	bazik karakterli
7	nötr
7 – 4,5	asit karakterli
< 4,5	asidik



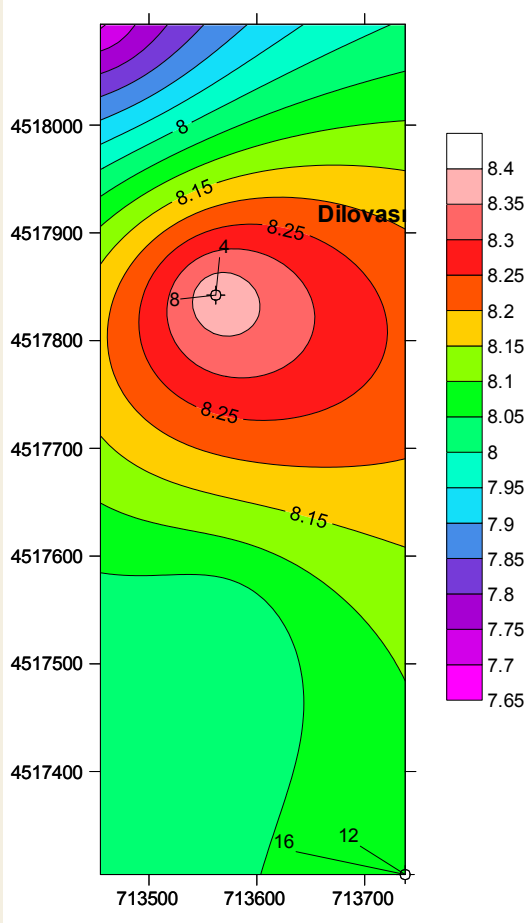
Şekil 19. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının pH haritası

sulama suyu amaçlı olarak da kullanılamaz. Toplam çözünmüş maddesi çok düşük olan sular agresif ve koroziftirler. Bu nedenle özel kullanımlarda tedbir alınmalıdır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının tamamı tatlı su sınıfındadır. Ancak 14 no'lu numune (Çayırova Deresi) Acı su sınıfındadır. Gebze Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu numune Acı su sınıfında, diğer numuneler tatlı su sınıfındadır. Kaynak sularının tamamı tatlı su sınıfındadır (Şekil 23-24).

Şekil 23'te haritanın kırmızı olan, batı kesimlerinde TDS oldukça fazladır. Bu kesimlerde deniz suyu girişi olduğundan tuzluluk artmıştır. Nedeni, deniz suyu girişiyle iyon derişiminin artmasıdır.

Şekil 24'te haritanın kırmızı ve turuncu olan, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde TDS oldukça fazladır. Güneydoğu kesiminde deniz suyu girişi olduğundan tuzluluk artmıştır. Sebebi, deniz suyu girişiyle iyon derişiminin artmasıdır. Kuzeydoğu kesiminde ise iyon konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle TDS değerleri yüksektir.



Şekil 20. Gebze-Dil Deresi Havzası'nın pH haritası

7.1.5. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

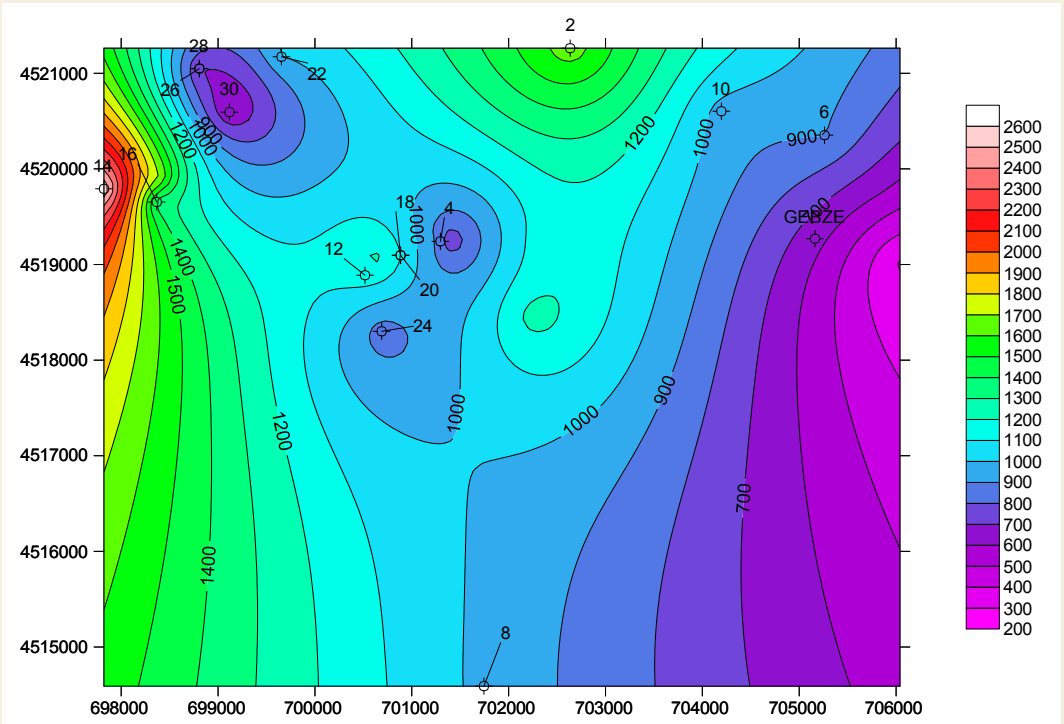
Sulama suyunun kalitesinin belirlenmesi açısından önemli bir kriter olan sodyum miktarı toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltır ve sulamadan sonra toprak üzerinde kaymak şeklinde sert bir kabuk oluşmasına neden olur. Böylece bitki kökleri hava alamaz ve bitkiler için zehirli bir ortam oluşur. Bu nedenle SAR değerinin bilinmesi önemlidir (Yüksel,2007). Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 15 no'lu kuyu suyu, Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7 ve 8 no'lu kuyu suyu iyi özellikte sulama suları, diğerleri çok iyi özellikteki sulama suları sınıfındadır.

7.1.6. Sodyum Yüzdesi (% Na)

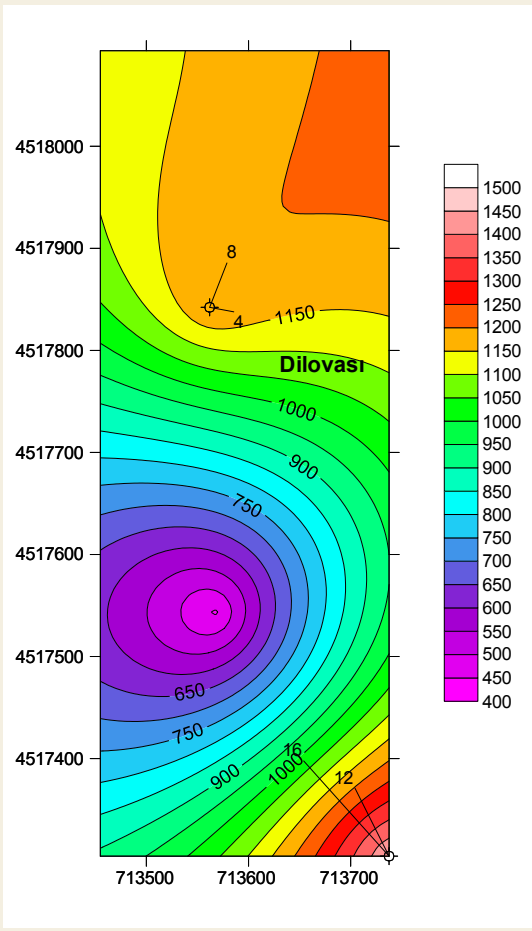
Sodyum yüzdesi sulama suyu sınıflamasında kullanılır. Genel olarak sodyum yüzdesi 50'den küçük olan sular sulamaya uygun kabul edilir. İnceleme alanındaki kuyu suları'nın %Na sınıflaması Tablo 15 ve Tablo 16'da verilmiştir. Buna göre, çalışma alanındaki kaynak sularından K13 iyi, diğerleri çok iyi sulama suyu sınıfındadır.

7.2. YERALTI SULARININ KİMYASAL SINIFLAMASI VE KULLANIM ÖZELLİKLERİ

Kimyasal sınıflama, yeraltı sularının kökeni, egemen ve toplam çözünmüş iyon miktarı, değişik



Şekil 21. Gebze-Çayırova Havzası'nın EC(µmho/cm) haritası



Şekil 22. Gebze-Dil Deresi Havzası'nın EC (µmho/cm) haritası

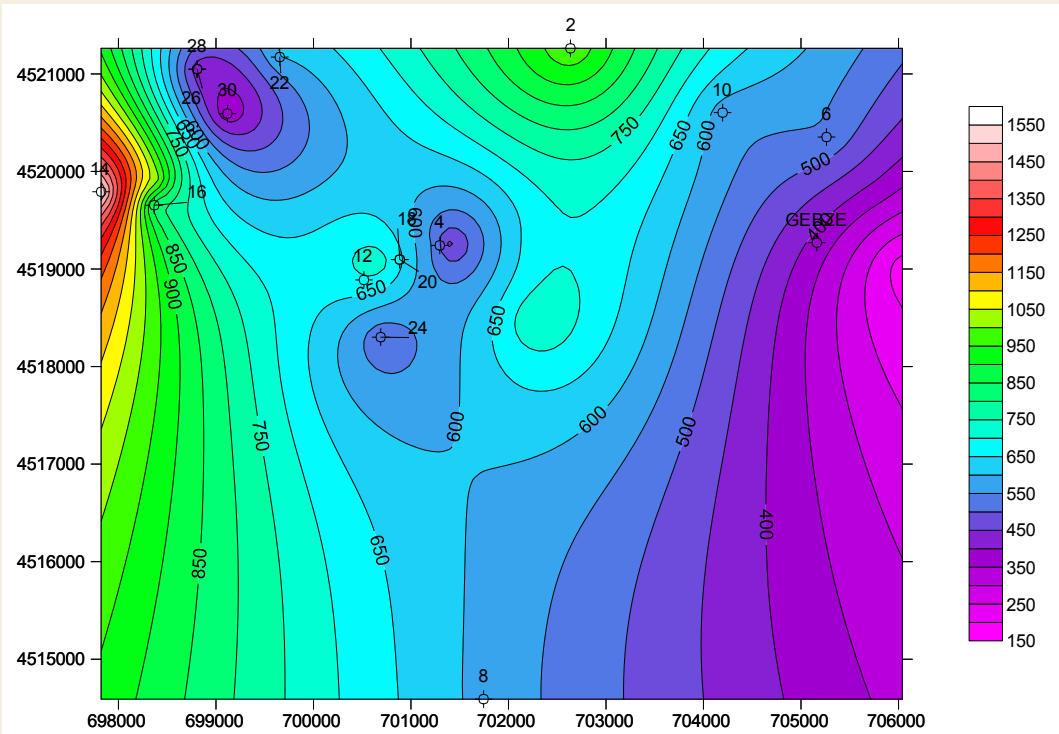
kökenlerden gelen suların karşılaştırılması, içme, kullanma, endüstri ve tarımda, kimyasal yönden kullanabilme özellikleri gibi birçok sorunun yanıtlanmasında yardımcıdır. İnceleme alanından alınan su örneklerinin analizleri İstanbul Üniversitesi Jeokimya laboratuarlarında yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları, Piper, Shoeller, ABD tuzluluk ve Wilcox diyagramları kullanılarak bölge suları kullanım özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

7.2.1. Suların İçilebilirlik Özellikleri

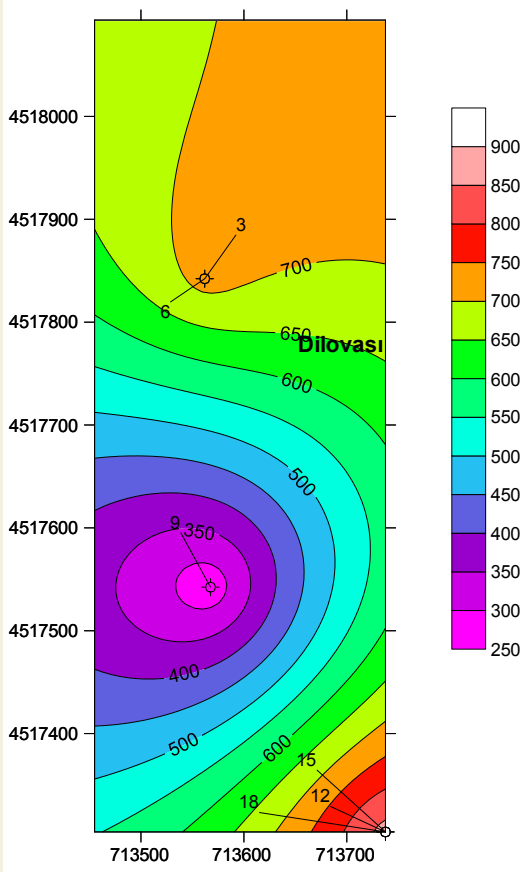
Doğal suların güvenilir olarak içilebilmesi için içerisindeki maddelerin belirli limitler arasında olması gerekmektedir. Bu nedenle birçok ülke kendi kaynaklarına göre içme suyu standartları geliştirmiştir. Ülkemizde geçerli olan içme suyu standardı TSE (1986) Tablo 17'de, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu standardı ise Tablo 18'de verilmiştir. İnceleme alanındaki yeraltı sularının sözkonusu standartlara uyup uymadığına daha önceki bölümlerde de değinilmiştir.

7.2.1.1. Schoeller'e Göre Suların İçilebilirlik Özellikleri

Bu diyagramda düşey ekseni logaritmik, yatay ekseni aritmetik ölçekli kağıt üzerine eşit aralıklarla yatay eksen üzerine sırasıyla



Şekil 23. Gebze-Çayırova Havzası'nın TDS(mg/l) haritası



Şekil 24. Gebze-Dil Deresi Havzası'nın TDS (mg/l) haritası

rCa, rMg, r(Na+ K), rCl, r SO_4 ve r(CO_3+ HCO_3) iyonları yerleştirilir ve bu değerlere göre içilemeyen, zorunlu olmadıkça içilemeyen, kötü kaliteli, iyi kaliteli ve çok iyi kaliteli sular olmak üzere 6 sınıfa ayrılmaktadır. Her bir iyonun meq/l değerleri logaritmik düşey eksenlere işaretlenerek birleştirilir. Schoeller suları; klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre sınıflamaktadır (Shoeller, 1955). Bu sınıflama aşağıda verilmiştir.

Klorür derişim
-Hiperklorürlü sular: Klorür miktarı 700 meq/l 'den doygunluğa kadar olan sular
-Klorotalastik sular: Klorür miktarı 420–700 meq/l arasındaki sular
-Klorürce zengin sular: Klorür miktarı 140–420 meq/l arasındaki sular
-Orta klorürlü sular: Klorür miktarı 40–140 meq/l arasındaki sular
-Oligoklorürlü sular: Klorür miktarı 15–40 meq/l arasındaki sular
-Normal klorürlü sular: Klorür miktarı 15 meq/l 'den az sular

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki tüm su örnekleri normal klorürlü sular sınıfındadır.

Tablo 15. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının %Na sınıflaması

Kuyu no	%Na	Sınıflama	Kuyu no	%Na	Sınıflama
1	50,8	Kullanılabilir	16	36,6	İyi
2	30,3	İyi	17	54,5	Kullanılabilir
3	59,3	Kullanılabilir	18	41,9	Kullanılabilir
4	44,1	Kullanılabilir	19	32,6	İyi
5	32,5	İyi	20	35	İyi
6	32,3	İyi	21	12,8	Çok iyi
7	29,4	İyi	22	19,3	Çok iyi
8	44,7	Kullanılabilir	23	17,8	Çok iyi
9	35,9	İyi	24	19,7	Çok iyi
10	36,6	İyi	25	24,6	İyi
11	31,8	İyi	26	30,9	İyi
12	34,2	İyi	27	28	İyi
13	65,3	İhtiyatlı kullanılmalı	28	43,4	Kullanılabilir
14	26,04	İyi	29	65,4	İhtiyatlı kullanılmalı
15	89,7	Zararlı kullanılmaz	30	27,08	İyi
			31	34,9	İyi

Tablo 16. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyu sularının % Na sınıflaması

Kuyu no	%Na	Sınıflama
1	50,4	Kullanılabilir
2	51,8	Kullanılabilir
3	51,9	Kullanılabilir
4	59,7	Kullanılabilir
5	68,2	İhtiyatlı kullanılmalı
6	68,04	İhtiyatlı kullanılmalı
7	65,23	İhtiyatlı kullanılmalı
8	75,7	İhtiyatlı kullanılmalı
9	29,49	İyi
10	14,62	Çok iyi
11	45,5	Kullanılabilir
12	36,9	İyi
13	37,7	İyi
14	65,5	İhtiyatlı kullanılmalı
15	12,5	Çok iyi
16	14,9	Çok iyi
17	6,7	Çok iyi
18	7,23	Çok iyi
19	43,68	Kullanılabilir

Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu su numunesi oligoklorürlü sular, diğer su örnekleri ise normal klorürlü sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal klorürlü sular sınıfındadır.

Sülfat derişimi
-Hiposülfatlı sular: Sülfat miktarı 58 meq/l 'den fazla sular
-Sülfatlı sular: Sülfat miktarı 24-58 meq/l arasındaki sular
-Oligosülfatlı sular: Sülfat miktarı 6-24 meq/l arasındaki sular
-Normal sülfatlı sular: Sülfat miktarı 6 meq/l 'den az sular

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 14 ve 17 no'lu su örneği oligosülfatlı sular, diğer su örnekleri normal sülfatlı sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 8 no'lu su numunesi oligosülfatlı sular, diğerler su numuneleri ise normal sülfatlı sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal sülfatlı sular sınıfındadır.

Karbonat + bikarbanot derişimi
-Hiperkarbonatlı sular: $HCO_3^-+CO_3^-$ toplam miktarı 7 meq/l 'den fazla olan sular
-Normal karbonatlı sular: $HCO_3^-+CO_3^-$ toplam miktarı 2-7 meq/l arasındaki sular
-Hipokarbonatlı sular: $HCO_3^-+CO_3^-$ toplam miktarı 2 meq/l 'den az olan sular

Yapılan analizlerde Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 28 no'lu su numunesi hipokarbonatlı sular, 7-8-10-11-12 ve 14 no'lu su numunesi hiperkarbonatlı sular, diğer su numuneleri ise normal karbonatlı sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 2-3-6-7-14-16-17 ve 18 no'lu su numunesi hiperkarbonatlı sular, diğer su numuneleri ise normal karbonatlı sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal karbonatlı sular sınıfındadır.

Yapılan analizlerde içme suyu kalitesi açısından, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 1-3-4-8-10-13-28-30 ve 31 no'lu su numunesi çok iyi kaliteli, 17 no'lu su numunesi kötü kaliteli sular, 14-15 ve 29 no'lu su numunesi orta kaliteli, diğer su örnekleri ise iyi kaliteli sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 9 ve 15 no'lu su numunesi çok iyi kaliteli, 1-2-3-4-10-11-12-13-16-17-18 ve 19 no'lu su numunesi iyi kaliteli, diğer su numuneleri ise kötü kaliteli sular sınıfındadır. K1-K4 ve K12 kaynak suları çok iyi, K5-K13 ve K14 kaynak suları ise iyi kaliteli sular sınıfındadır.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin içme standartlarına uygunluğunu belirlemek amacıyla kimyasal analiz sonuçları Schoeller Diyagramı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 25-26-27-28).

9. SONUÇLAR

1. İnceleme alanı Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinin etkisinde kalmış kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Pliyosende peneplenleşen saha daha sonra akarsularla yarılmış ve plato haline gelmiştir. Paleotopografyanın oluşmasında ve akarsuların şekillenmesinde geçirdiği yapısal evrimin etkisi büyüktür. Bölge aktif tektonik bir bölge olup Kuzey Anadolu Fay'ının etkisinde kalmaktadır. İnceleme

Tablo 17. İçilebilir Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (TSE, 1986)

Maddenin Adı	Tavsiye Edilen Miktar (mg/l)	Müsaade Edilebilecek maxMiktar (mg/l)
1- Zehirli Maddeler		
Kurşun (Pb)	-	0.05
Krom IV (Cr^{IV})	-	0.05
Arsenik (As)	-	0.05
Selenyum (Se)	-	0.01
Siyanür (CN)	-	0.01
Kadmiyum (CD)	-	0.0005
Gümüş (Ag)	-	0.05
2-Sağlığa Zararlı Maddeler		
Florür (F)	0.8-1.7	1.4-2.4
Nitrat (NO_3)		45
3-Sağlığa ve/veya İçilebilme Özelliğine Etki Eden Maddeler		
Renk	5 birim	50 birim
Bulanıklık	5 birim	25 birim
Buharlaşma Kalıntısı	500	15000
Klorür (CI)	200	600
Serbest Klor (CI_2)	0.1	0.5
Sülfat (SO_4^{+2})	200	400
Demir (Fe)	0.3	1.0
Mangan (Mn)	0.1	0.5
Bakır (Cu)	1.0	1.5
Çinko (Zn)	5	15
Kalsiyum (Ca)	75	200
Magnezyum (Mg)	50	150
Magnezyum (Mg)+Sodyum Sülfat ($Na_2\ SO_4$)	100	500
Alkali Benzen Sülfanat (ABS)	0.5	1.0
Fenolik Maddeler (fenol cinsinden)	-	0.002
PH	7.0-8.5	8.5-9.2
Sertlik ($CaCO_3$)	500	
4-Kirlenmeyi Gösteren Maddeler		
Karbon Kloroform Ekstraktı	0.2	0.5
Nitrit (NO_2)	-	-
Amonyak (NH_3)	-	-

alanında Paleozoyik, Permo-Triyas, Geç Kretase-Orta Eosen, Geç Oligosen-Erken Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı sedimenter kayalar ile Permiyen, Permo-Triyas ve Geç Kretase yaşlı magmatik-volkanik kayalar yüzeyler.

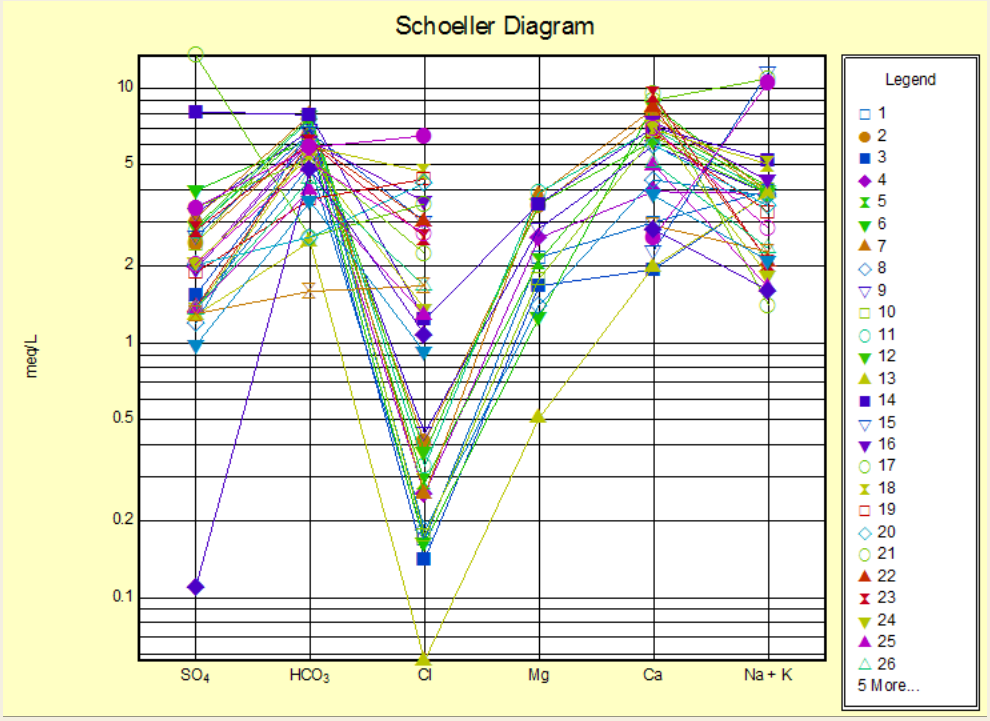
2. Çalışma alanı 2 havzaya bölünmüştür. 1. Havza Gebze-Çayırova Havzası, 2. Havza ise Gebze-Dil Deresi Havzası'dır. 1. Havza 93,4 km^2, 2. Havza ise 171,4 km^2'lik yüzölçümüne sahiptir.

3. İnceleme alanının hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, hidrometerolojik veriler (sıcaklık, yağış, buharlaşma) ve su noktaları (akarsular, kuyular, kaynaklar) incelenmiş ve havzanın su bilançosu hesaplanmıştır. Eklenik sapma grafiği çizilmiş, yağışlı ve kurak dönemler belirlenmiştir. Uzun yıllar içinde yağış miktarlarına bakıldığında en fazla yağış 1997'de ve 1180,8 mm'dir. 2001-2004 yıllarına ait buharlaşma verilerine bakıldığında maksimum buharlaşma miktarı 2002 yılı Haziran ayına ait ve 5,9 mm'dir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen en

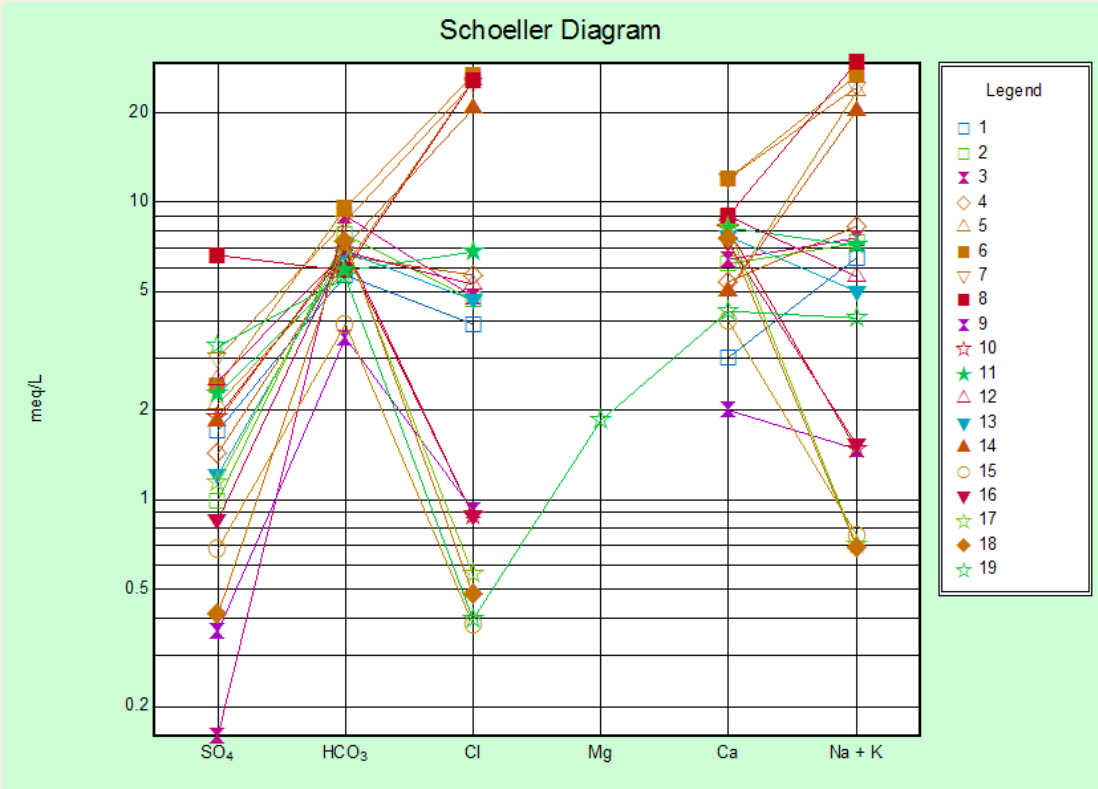
Tablo 18. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) İçme Suyu Standartları

Özellik	Kabul Edilen	Üst Sınır
Toplam Katılar	-	
Renk (^{0}H)		0.05
Tad	-	0.05
Koku	-	0.05
Asılı maddeler	-	0.01
Klorür	-	0.01
Demir	-	0.0005
Mangan	-	0.05
Bakır		
Çinko	0.8-1.7	1.4-2.4
Kalsiyum		45
Magnezyum		
Sülfat	5 birim	50 birim
Toplam sertlik ($CaCO_3$ olarak)	5 birim	25 birim
Nitrat (NO_3)	500	15000
Fenol	200	600
Anyonik deterjan	0.1	0.5
Flor	200	400
PH	0.3	1.0
Arsenik	0.1	0.5
Kadmiyum	1.0	1.5
Krom	5	15
Siyanür	75	200
Kurşun	50	150
Civa	100	500
Selenyum	0.5	1.0
Polinükleer aromatik hidrokarbonlar	-	0.002
Alfa radyoaktifesi (PC/L)	7.0-8.5	8.5-9.2
Beta radyoaktifesi (PC/L)	500	

yüksek sıcaklık değeri Temmuz ayında ve 44,1 °C, en düşük sıcaklık değeri ise Şubat ayında ve -8,3 °C olarak ölçülmüştür. 2001-2004 yılları arasındaki örtülü kar kalınlığına bakıldığında en yüksek kar örtüsü 2002 yılı Ocak ayına ait ve 33 cm'dir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen kar yağışlarına bakılırsa en yüksek örtü kalınlığı 25 Şubat 1983'te ve 74.0 cm'dir. Çalışma alanında Ana dere özelliğinde bulunan en büyük dere Dil Deresi'dir. Bu derenin yan kolları Tavşanlı Dere, Ballıkaya Dere, Gürlek Dere ve Değirmen Dere'dir. Çayırova Deresi ve Bağ Dere de diğer önemli derelerdir. Dil Deresinin dışında kalan dereler sadece yağışlı aylarda su taşırlar. Tavşanlıdere-Dilovası Dere nin debisi 34.0 hm^3/yıl dır. Çalışma alanında 14 adet kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların tamamı Dilovası ve Hereke'deki kayaçlardan boşalmaktadır. Bu kaynaklar, Ulupınar, Tulumbasuyu, Kayapınarı, Küplü, Ballıkaya ve Ovabaşı, Kovabaşı, Duraca, Hasanpaşa, Elmalıdere, Karacasu kuyusu, Akpınar, Akçay Çeşmesi, İkizce Çeşmesi, Kavak Çeşmesidir. Kaynak kotları 2-308 m arasındadır. Boşalma miktarları 0,019-20 l/sn, 86,4-1728 m^3/gün ve 31536-630720 m^3/yıl'dır. İnceleme alanındaki kuyular havzalara göre, kuyu kotu, derinlik, statik su seviyesi, dinamik su seviyesi, verim ve günlük çekilen su miktarı olarak ayırtlanmıştır, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyuların statik su seviyeleri 0-200 m arasındadır. Dinamik su seviyeleri ise 4-280 m civarıdır. Günlük çekilen su miktarı maksimum 950,4 m^3'tür. Verim 0,5-11 l/sn'dir. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki kuyuların statik



Şekil 25. Gebze-Çayırova Havzası'na ait schoeller diyagram

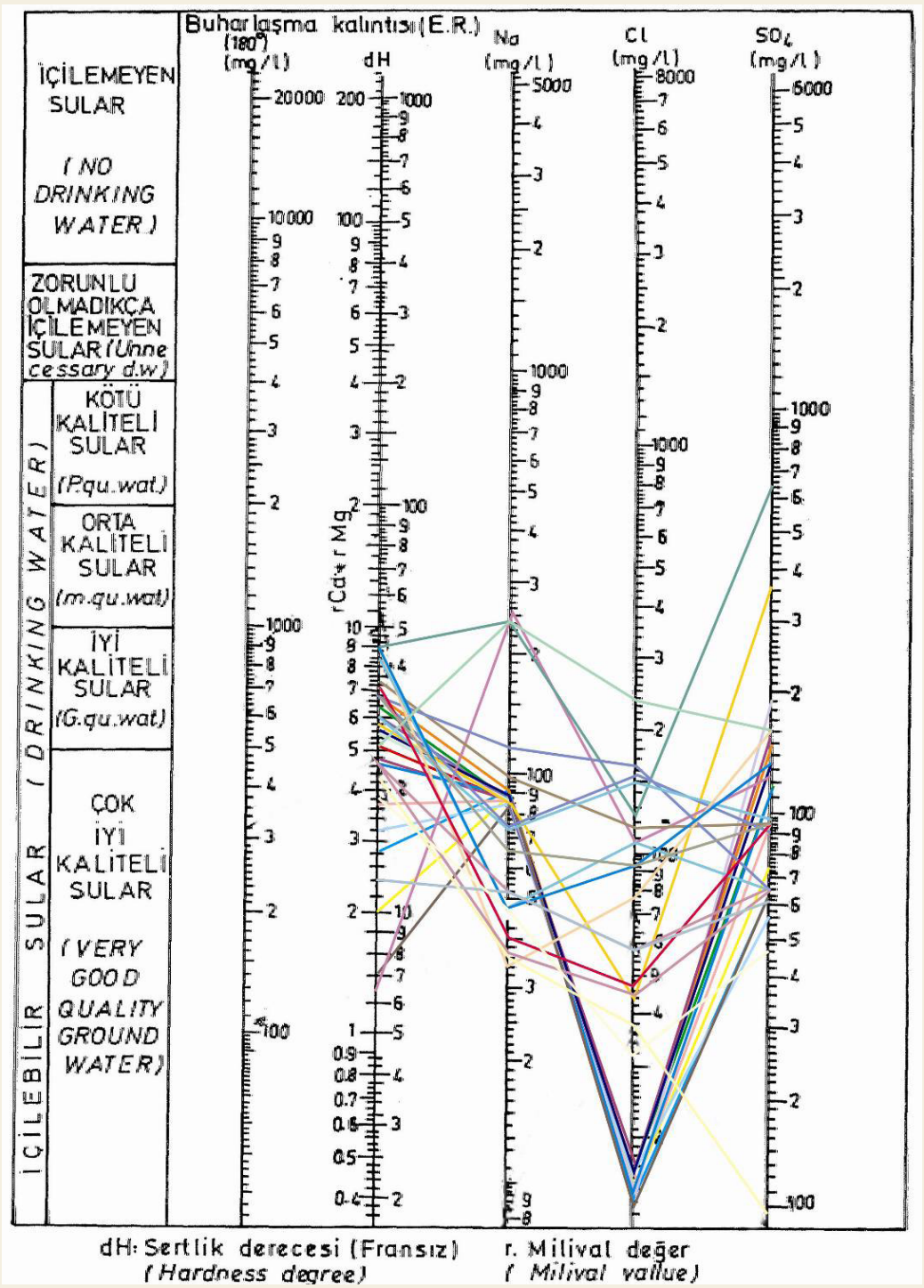


Şekil 26. Gebze-Dil Deresi Havzası'na ait schoeller diyagram

su seviyeleri, 0-8,5 m arasındadır. Dinamik su seviyeleri, 8,2-22,85 m civarındadır.

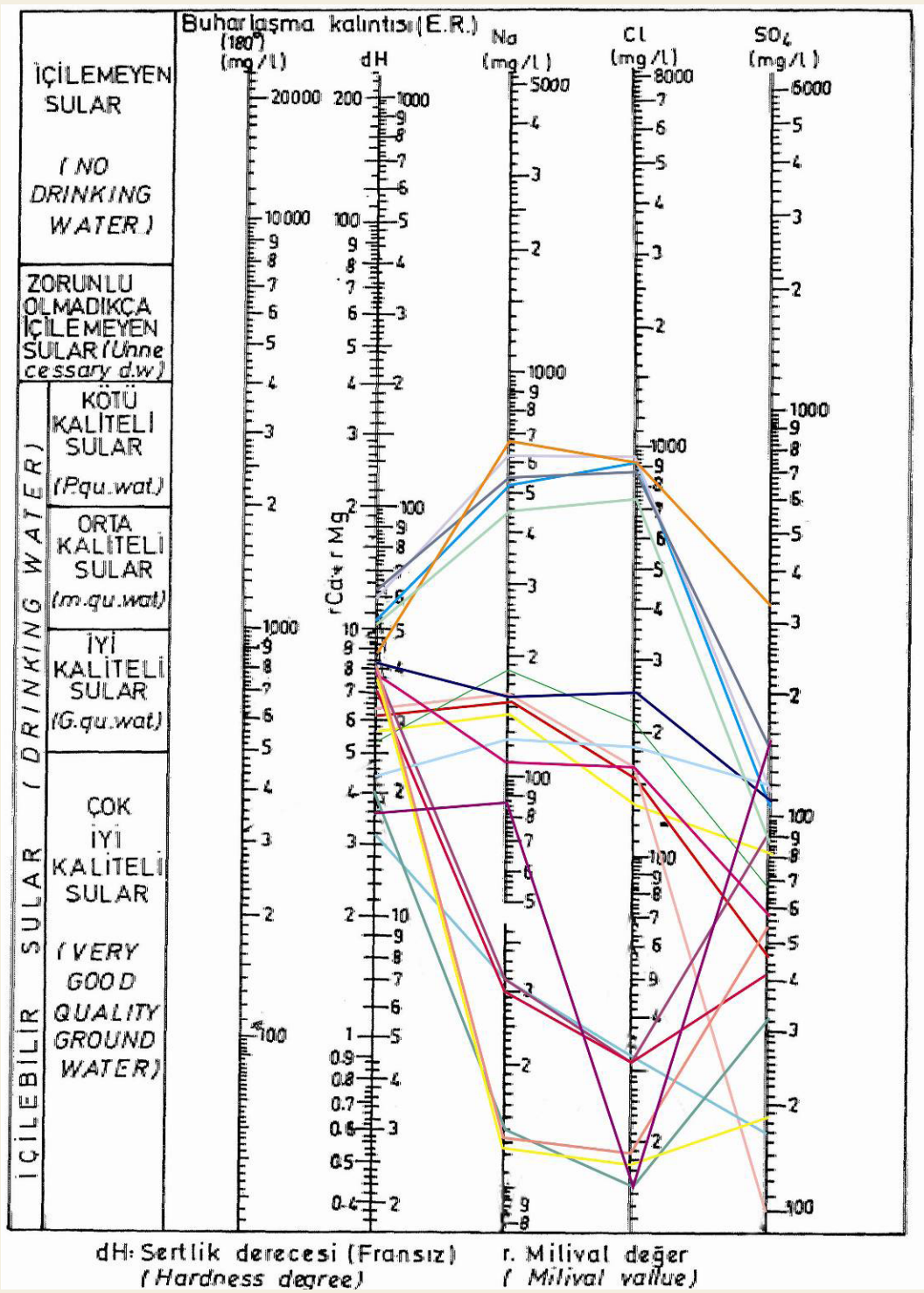
Günlük çekilen su miktarı maksimum 1002,2 m^3'tür. Verim 3,2-10 l/s'dir.

4.Çalışma alanındaki litolojik birimler geçirimsiz, geçirimli, yarı geçirimli ve karstik



Şekil 27. Gebze-Çayırova Havzası'na ait schoeller diyagram

olarak ayırtlanmış ve hidrojeoloji haritası yapılmıştır. İstinye Formasyonu'nun alt birimi olan Sedefadası Üyesi ile Kaynarca Üyesi, Trakya Formasyonu, Sancaktepe Graniti, Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan, Karacatepe Volkanit Üyesi, Erikli Formasyonu, Tepeköy Formasyonu, Bakırlıkıran Formasyonu, Eskihisar Andeziti, Akveren Formasyonu, Atbaşı Formasyonu ve Darıca Formasyonu geçirimsiz birimlerdir. Bakacak Formasyonu,



Şekil 28. Gebze-Dil Deresi Havzası'na ait schoeller diyagram

Kurtköy Formasyonu, Gözdağ Formasyonu'nun alt birimi olan Umurdere Üyesi, İstinye Formasyonu'nun alt birim olan Gebze Üyesi, Kartal Formasyonu, Büyükada Formasyonu'nun alt birimi olan Yörükali Üyesi ve Ayineburnu Üyesi, Baltalimanı Formasyonu, Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan Alfaklar Üyesi, Demirciler Formasyonu, Kazmalı Formasyonu ve O'nun alt birimi olan Kuşça üyesi, Teksen Formasyonu, Meşetepe Formasyonu yarı geçirimli birimlerdir. Aydos Formasyonu, Gözdağ Formasyonu'nun alt birimi olan,

Aydınlı Üyesi, Kapaklı Formasyonu'nun alt birimi olan Ayvalıdere Üyesi, oluşan Çerkeşli Formasyonu, Teksen Formasyonu'nun alt birimi olan Eren Çakıltaşı Üyesi, Hereke Formasyonu, Kayalıtepe Formasyonu, Karapürçek Formasyonu ve Alüvyon geçirimli birimlerdir. Dolayoba Formasyonu, Demirciler Formasyonu'nun alt birimi olan Değirmen Kireçtaşı Üyesi, Ballıkaya Formasyonu, Kutluca Formasyonu ve Traverten karstik birimlerdir.

5. İnceleme alanında yer alan iki havzanın ayrı yeraltı suyu haritaları çizilmiştir. 1. Havzanın beslenim yönü doğudan batıya doğrudur. 2. Havzanın beslenim yönü kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur. Her iki havzada da yeraltı suyu seviyeleri oldukça düşüktür. Kuyular kuruma tehlikesindedir.

6. Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla durov diagram ve kimya haritaları çizilmiştir.

7. Suların sertliği çok yumuşaktan, çok sert sulara değişmektedir.

8. Yapılan analizlerde tüm kuyu ve kaynak sularının pH'ı 7-8,5 arasındadır. Ancak K12, K13 ve K14 kaynaklarının pH'ı 6,8'dir. Fay zonlarında bulunan çözünmüş gazlar pH'ı düşürmektedir.

9. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının elektriksel iletkenliği, 500-1680 µmho/cm'dir. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu kuyunun elektriksel iletkenliği 2000-4000 µmho/cm'dir. Kaynakların elektriksel iletkenliği 500-950 µmho/cm civarındadır

10. Gebze-Çayırova Havzası'ndaki kuyu sularının tamamı tatlı su sınıfındadır. Ancak 14 no'lu numune (Çayırova Deresi) Acı su sınıfındadır. Gebze Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu numune Acı su sınıfında, diğer numuneler tatlı su sınıfındadır. Kaynak sularının tamamı tatlı su sınıfındadır.

11. SAR sınıflamasına göre, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 15 no'lu kuyu suyu, Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7 ve 8 no'lu kuyu suyu iyi özellikte sulama suları, diğerleri çok iyi özellikteki sulama suları sınıfındadır.

12. Kimya haritalarında denize yakın kısımlarda gözlenen yüksek miktarda Cl, Na ve K derişimleri, EC ve TDS değerleri deniz suyu girişinin göstergesidir.

13. Alkalinitenin yüksek olması, bölgede alkali kayaçların yaygın bulunmasının sonucudur.

14. Yapılan analizlerde NO_2 değerleri kuyu ve kaynak sularında 1mg/l'nin altında olduğundan kullanım açısından bir problem yaratmamaktadır. NO_3 değerleri sadece Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 2 no'lu kuyuda 45 mg/l'nin üzerindedir. Diğer kuyu ve kaynakların suları içme suyu kullanımı açısından uygundur. Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının amonyak değerleri 0,2 mg/l'nin altındadır.

15. Çalışma alanında evsel atıklar ve fabrika atıkları dereleri kirletmektedir. Dereler alüvyonu beslemektedir. Dolayısıyla alüvyon üzerinde açılmış kuyu suları kirlenmektedir.

16. Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak suları içme suyu kullanımı açısından schoeller ve piper diagramlara yerleştirilmiştir. Schoellere göre, Klor derişimine göre, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki tüm su örnekleri normal klorürlü sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 5-6-7-8 ve 14 no'lu su numunesi oligoklorürlü sular, diğer su örnekleri ise normal klorürlü sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal klorürlü sular sınıfındadır. Sülfat derişimine göre, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 14 ve 17 no'lu su örneği oligosülfatlı sular, diğer su örnekleri normal sülfatlı sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 8 no'lu su numunesi oligosülfatlı sular, diğerler su numuneleri ise normal sülfatlı sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal sülfatlı sular

sınıfındadır. Karbonat+bikarbonat derişimine göre, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 28 no'lu su numunesi hipokarbonatlı sular, 7-8-10-11-12 ve 14 no'lu su numunesi hiperkarbonatlı sular, diğer su numuneleri ise normal karbonatlı sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 2-3-6-7-14-16-17 ve 18 no'lu su numunesi hiperkarbonatlı sular, diğer su numuneleri ise normal karbonatlı sular sınıfındadır. Kaynak sularının tümü normal karbonatlı sular sınıfındadır. İçme suyu kalitesi açısından, Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 1-3-4-8-10-13-28-30 ve 31 no'lu su numunesi çok iyi kaliteli, 17 no'lu su numunesi kötü kaliteli sular, 14-15 ve 29 no'lu su numunesi orta kaliteli, diğer su örnekleri ise iyi kaliteli sular sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 9 ve 15 no'lu su numunesi çok iyi kaliteli, 1-2-3-4-10-11-12-13-16-17-18 ve 19 no'lu su numunesi iyi kaliteli, diğer su numuneleri ise kötü kaliteli sular sınıfındadır. K1-K4 ve K12 kaynak suları çok iyi, K5-K13 ve K14 kaynak suları ise iyi kaliteli sular sınıfındadır.

20. ABD Tuzluluk Diyagramına göre Gebze-Çayırova Havzası'ndaki 14 no'lu su kuyu suyu C_4S_1, 15 ve 17 no'lu kuyu suyu C_3S_2, 1-3-13-25-26-28-30 ve 31 no'lu kuyu suyu C_2S_1 sınıfında, diğerleri ise C_3S_1 sınıfındadır. Gebze-Dil Deresi Havzası'nda 9-15-18 no'lu kuyu suyu C_2S_1, 1-2-3-4-10-11-12-13-16-17 ve 19 no'lu kuyu suyu C_3S_1, 6-7 ve 14 no'lu kuyu suyu C_4S_3, 5 ve 8 no'lu kuyu suyu C_4S_4 sınıfındadır. K4 kaynak suyu C_2S_2, K5 ve K12 kaynak suyu C_2S_1, K1, K13 ve K14 kaynak suyu ise C_3S_1 sınıfındadır

21. Wilcox Diyagramına göre sulama suyu açısından Gebze-Çayırova Havzası'ndaki sondaj kuyularından alınan 1-3-13-25-26-28-29-5-30 ve 31 no'lu su örneği çok iyi kullanılabilir, 14 ve 15 nolu su örneği şüpheli kullanılamaz, 17 no'lu su örneği şüpheli kullanılabilir, diğer su örnekleri iyi kullanılabilir özelliktedir (Şekil 7.37). Gebze-Dil Deresi Havzası'ndaki 9-15 ve 18 no'lu su örneği çok iyi kullanılabilir, 4 no'lu su örneği şüpheli kullanılabilir, 14 no'lu su örneği şüpheli kullanılamaz, 5-6-7 ve 8 no'lu su örneği uygun değil, diğerleri iyi kullanılabilir özelliktedir (Şekil 7.38). K1-K13 ve K15 no'lu kaynak suları iyi kullanılabilir, K4-K5 ve K12 no'lu kaynak suyu çok iyi kullanılabilir özelliktedir

KAYNAKLAR

Altınlı, İ. E., (1968 a), *İzmit–Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi*, MTA Rap. No. 3973, Ankara.

Altınlı, İ. E., (1968 b), *İzmit–Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi*, MTA Der., S.71, ss.1-26, Ankara.

Altınlı, İ. E., Soytürk, N., and Saka, K., (1970), *Hereke-Tavşanlı-Tepecik alanının jeolojisi*, İst. Üniv. Fen. Fak. Mecm., C.XXXV, S.1-2, ss.69-75, İstanbul. (Geology of the Hereke-Tavşancıl-Tavşanlı-Tepecik area. Rev. Fac. Sci. Üniv. İstanbul, Serie B, Tom. XXXV, Fas.1-2, ss.69-75, İstanbul).

Bargu, S. ve Sakınç, M. , (1989,90), *İzmit Körfezi ile İznik Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, C 6, S. 1-2, SS. 45-76.

Baykal, M. F., Kaya, O., (1965), *İstanbul Silüriyen'i hakkında*, MTA Derg. S.64, ss.1-7. Ankara .

Coğrafya dünyası, (2007-2009), *Kocaeli'nin iklimi ve bitki örtüsü,* **http://www.cografya.gen.tr/tr/kocaeli/iklim.html**

Çağatay, N., Erler, A., (1993), *Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler*, T.J.K. Yerbilimleri Eğitim Dizisi, İkinci Baskı, s : 15-58, 157-162, Ankara.

Çakır, Ş., (2000), *Demirciler-Sadıklar-Gündoğdu-Tütünçiftlik (Kocaeli) bölgesinin jeolojisi*, Kocaeli Üniv. Fen Bilimleri Ens. Anabilim Dalı: Jeoloji, Doktora tezi (yayımlanmamış).

Demirtaş, R., Yılmaz R., (1999), *17 Ağustos 1999 Deprem Raporu*, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi.

DSİ, (1977), *İstanbul-İzmit arası kıyı ovalarının hidrojeolojik etüt raporu*.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga , A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E., (1998), *Doğu Marmara bölgesinin Neojen-Kuvaterner 'deki Evrimi,* MTA Derg., S.120, ss.233-252, Ankara.

Erguvanlı, İ., Yüzer, E., (1973), *Yeraltı suları Jeolojisi*, İstanbul Teknik ÜniversitesiYayınları. 967: 293-324.

Eroskay, S., 0., (1978), *Kocaeli Yarımadası Güneyindeki Kireçtaşlarının Hidrojeolojisi ve Karst Parametrelerinin Analizi*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu TBAG-124 Projesi, İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, s.22-23.

Ketin, İ., Gümüş, A., (1962), *Sinop –Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkındaki rapor (1.Kısım: Tersiyer formasyonlarının etüdü)*. TPAO Rap. No. 213, Ankara (yayımlanmamış).

Ketin, İ., (1983), *Türkiye Jeolojisine Genel bir Bakış*, İTÜ Maden Fak.İTÜ Kütüphanesi, S.1259, 595s., İstanbul.

Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, (2006), Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kocaeli.

Küçükyalı, R., (**2000)** , *Buhar Tesisatı, Isısan Çalışmaları*, 252: 60-141.

MTA, (1994), *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kampüs Alanının Jeolojik ve Hidrojeolojik Etüt Raporu*, Ankara.

MTA, (2005), *Türkiye Jeoloji Haritalar, 1/50.000 ölçekli, Bursa 22-b ve 23-a paftaları*, Jeoloji Etütleri İdaresi, Ankara.

MTA, (2008), *Kocaeli Deprem Haritası*, Maden Tetkik Arama Marmara Bölge Müdürlüğü, (**www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/kocaeli/index.php?id=kocaeli&m**)

Özgül, N., (2005), *İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Daire Başkanlığı, 78 s., (yayınlanmamış).

Özgüler, H., (1997), *Su, su kaynakları ve çevresel konular,* Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı Sayı 2: 57-63.

Sayıl, N., Osmanşahin, İ., (2005), *Marmara Bölgesinin Depremselliğinin İncelenmesi*, 1 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeofizik Müh. Böl.,Trabzon , 2 İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Böl., Avcılar-İstanbul 1417

Schoeller, H., (1955), *Geochimic des eaux souterraines* es.Ins. France. Petrole. Paris.

Scofield, (1935), *The Salinity of ırrigation water*. Smitsonian Institute Annual Report.USA.

Şahinci, A., (1991), *Doğal Suların Jeokimyası*. Reform Matbaası. 548 s. İzmir.

TAF Preventive Medicine Bulletin, (2008), *Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi*, s:351-356.

T.S.E., (1986), *İçme Suları*, Birinci Baskı. T.S. 266. 42 s.

TS 266, (2005), *Sular - İnsanî tüketim amaçlı sular*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tuncay, H., (1994), *Su Kalitesi*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 512, 243 s. İzmir.

TÜMAS, (2010), *Yıllık Toplam Yağış Verileri-Kocaeli,* Devlet Meteroloji İşleri, **www.dmi.gov.tr**

Who Food Additives Series: 24, (1989), *Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants*. Cabridge.

Wilcox, L.V., (1955), *Classification and Use of Irrigation Waters*, US Dept Agriculture Circ.

World Health Organization, (2006), *Guidelines for drinking-water quality*, third edition., Geneva. p. 221-459.

Yazman, M. ve Çokuğraş, R., (1983), *Adapazarı- Kandıra- Düzce-Akçakoca yerleşim merkezleriyle sınırlı alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları*. TPAO Rap. No.1747. Ankara (yayımlanmamış).

Yurtsever, A., (1982), *Kocaeli Triyası Biyostratigrafi Projesi, Gebze-Hereke-Tepecik alanında Mesozoyik-Senozoyik kayalarının jeolojisi*. MTA Rap. No. 7195, Ankara (yayımlanmamış).