

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALÇOVA BARAJI HAVZASININ**  
**HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ**

**Ayşen YILDIRIM**

**Kasım, 2009**

**İZMİR**

# **BALÇOVA BARAJI HAVZASININ HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

**Ayşen YILDIRIM**

**Kasım, 2009**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

AYŞEN YIDIRIM tarafından **PROF. DR. GÜLTEKİN TARCAN** yönetiminde hazırlanan “**BALÇOVA BARAJI HAVZASININ HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
**PROF. DR. GÜLTEKİN TARCAN**  
.....

Danışman

.....  
.....  
Jüri Üyesi

.....  
.....  
Jüri Üyesi

.....  
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜRLER

Bu tezin konu seçimi ve tamamlanmasında çalışmalarımı yöneten ve yönlendiren, öneri ve eleştirilerinden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Gültekin TARCAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanması sırasında laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Jeo. Müh. Cihan GÜNEŞ' e, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım Makina Mühendisi E. Engin ERBAŞ ve Jeoloji Mühendisi Onur KARADAĞ' a çok teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında bana destek veren, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan, yaşantım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir yardımımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen sevgili AİLEME sonsuz teşekkürler.

Ayşen YILDIRIM

# BALÇOVA BARAJI HAVZASININ HİDROJEOLOJİK İNCELENMESİ

## ÖZ

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, İzmir ilinin önemli su kaynaklarından olan Balçova Barajı'nın yeraltı suyu potansiyelini, kalitesini belirlemek amacıyla hidrojeolojik havza etüdü yapılmıştır. Çalışmalar doğrultusunda havzada; jeoloji, hidrojeoloji, hidroloji, hidrojeokimyasal incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler Balçova baraj havzasının yüzey drenaj alanı içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Jeoloji çalışmalarında; inceleme alanında yer alan birimlerin jeolojik yapısına açıklık getirmek amacıyla, bölgede yapılmış olan önceki çalışmalar incelenmiş, saha çalışmaları ile revize edilerek bölgenin jeoloji haritası hazırlanmıştır. Bölgede Üst Kretase yaşlı İzmir Ankara Zonu'na ait Bornova Karmaşığı olarak adlandırılan filiş birimi gözlenmektedir.

Hidrojeoloji çalışmalarında; inceleme alanında gözlenen litolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerine göre az geçirimli birim olarak değerlendirilmiş, bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Akiferin hidrojeolojik parametresi, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü tarafından barajın yapımı sırasında açılan sondaj kuyularında yapılmış olan pompaj deneyleri verilerinden yararlanılarak belirlenmiştir.

Hidroloji çalışmalarında inceleme alanına ait yağış, buharlaşma-terleme, akış verilerinden yararlanılarak havza için toplam beslenme ( $4,1 \times 10^6 \text{m}^3/\text{yıl}$ ) ve boşalım ( $1,89 \times 10^6 \text{m}^3/\text{yıl}$ ) miktarları hesaplanmıştır.

Çalışma alanında suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, temsili lokasyonlardan alınan yüzey ve yeraltı suyu örneklerinin hidrojeokimyasal analizleri yapılmıştır. Bu veriler yardımıyla bölgenin hidrojeokimya haritası

hazırlanmıştır. Havzadaki sular Piper diyagramına göre genel olarak karışık sular sınıfına girmektedir. Havzadan alınan su örnekleri Schoeller diyagramına göre; olağan klorürlü-sülfatlı-karbonatlı sular, ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre; C2S1 sınıfına girmektedir. Yani, orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir. Havzadaki sular Wilcox diyagramlarına göre; çok iyi kalitede sular, AIH' ya göre yapılan sınıflamada ise Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>' lü sular ve Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>' lü sular olarak nitelendirilmiştir. Alınan tüm su numuneleri çözünmüş iyon miktarlarına göre tatlı sular sınıfına girmektedir.

İnceleme alanından alınan su numuneleri içerdiği arsenik oranları yönünden incelenmiş, WHO Dünya Sağlık Örgütü' nün belirlediği sınırların üzerinde kalması nedeni ile insan sağlığı açısından tehdit oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeoloji, Hidrojeoloji, Balçova Barajı, Su Kimyası

# **HYDROGEOLOGICAL STUDY OF THE BALÇOVA DAM BASIN**

## **ABSTRACT**

This study has been prepared as master thesis in Geological Engineering Section of the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University.

In this study, hydrogeological basin investigation has been carried out to determine the quality and potential of groundwater of Balçova Dam basin which is one of the most important water basins in İzmir. For their purpose, geological, hydrology, hydrogeology and hydrochemical features of the Balçova Dam basin constrained by surface drainage area have been determined.

Revised geological map was prepared by using previous studies in the study area. Upper Cretaceous Flish unit called Bornova Melange belongs to İzmir Ankara Zone is observed the region.

The lithological units have been evaluated less permeable, impermeable units in terms of their hydrogeological features hydrogeological map was made.

Hydrogeological parameter, DSİ 2. Regional Management during the construction of the dam by the drop in drilling wells that were made was determinate by use of pumping test data.

By using precipitation, evaporation-transpiration, flow data for the area, total recharge and discharge were found as  $4,1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year and  $1,89 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year respectively.

In order to find out the hydrochemical features surface and groundwater samples taken from representative locations in the study area were analyzed for the hydrochemical features. 1/25.000 scale hydrochemical map was made in this analysed. The water in Balçova basin genarally plot within the mixed water in piper diagram. Diagrams taken from the basin according to the Schoeller Balçova regular

water samples with chloride-sulfate-carbonate water is entering class. The water in basin was found that the water quality is also in the class C2S1 according to the ABD Salinity Lab. classification. The water in basin are very good usable water depends on the Wilcox diagram. From the basin in the classification according to AHI, Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> and Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> water. All water samples taken from the Balçova Dam basin dissolved ions by amount of fresh water into the class that was seen.

In the study area all water in terms of the rations of arsenic and WHO Word Health Organization has remained over determined limits.

**Key Words:** Geology, Hydrogeology, Balçova Dam, Water Chemistry



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>BÖLÜM BİR-GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Amaçı .....	4
1.2 Kaynak Özetleri.....	4
1.2.1 Önceki Çalışmalar .....	4
1.3 Meteryal ve Yöntem .....	7
1.3.1 İnceleme Alanının Tanıtılması.....	7
1.3.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım.....	7
1.3.2.1 Projenin Yeri .....	7
1.3.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü .....	9
1.3.2.3 Jeomorfoloji .....	9
1.3.2.3.1 Dağlar .....	10
1.3.2.3.2 Ovalar .....	10
1.3.2.3.3 Sırtlar .....	10
1.3.2.3.4 Turizm .....	10
1.3.2.3.5 Tarım .....	11
1.3.2.3.6 Ulaşım.....	11
<b>BÖLÜM İKİ-BOLÇOVA BARAJI.....</b>	<b>12</b>
2.1 Genel Baraj Tarihi .....	12
2.2 Balçova Barajı'nın Tarihçesi .....	12
2.3 Balçova (Cengiz Sran) Barajı .....	13
2.3.1 Balçova Barajının Teknik Özellikleri .....	14
2.3.1.1 Tesis İşletimi .....	16

2.3.1.1.1 Havalandırma Ünitesi.....	17
2.3.1.1.2 Klorklama .....	18
2.3.1.1.3 Filtre Ünitesi .....	18
2.3.1.2 Tesisin Aylık Üretim Bilgileri.....	19
2.3.1.2.1 Barajın Şu Anki Durumu.....	20
2.3.2 Balçova Barajı'nda Yapılması Planlanan Su Alma Yapıları .....	21
<b>BÖLÜM ÜÇ-ARAŞTIRMALAR .....</b>	<b>22</b>
3.1 Genel Jeoloji .....	24
3.1.1 Menderes Masifi.....	25
3.1.2 İzmir- Ankara Kenet Kuşağı.....	26
3.1.2.1 Bornova Karmaşığı.....	28
3.1.2.1.1 İzmir Filişi .....	29
3.1.3 Yeniköy Formasyonu .....	31
3.1.4 Cumaovası Volkanitleri .....	31
3.1.5 Yamaç Molozu ve Alüvyon .....	32
3.1.6 İnceleme Alanının Jeolojisi.....	34
3.1.7 Stratigrafi .....	36
3.1.7.1 Yapısal Jeoloji .....	37
3.1.7.1.1 Tabakalanma, Kıvrımlar.....	39
3.1.7.1.2 Heyelanlar.....	40
3.1.7.1.3 Faylar ve Depremsellik .....	41
3.2 Hidroloji.....	51
3.2.1 Yağış .....	51
3.2.1.1 Aritmetik Ortalama Yöntemi.....	53
3.2.1.2 Eşyağış (İzohiyet) Eğrileri Yöntemi .....	53
3.2.1.3 Eklenik Sapma ve Yağış Grafikleri .....	55
3.2.2 Sıcaklık .....	64
3.2.3 Nem .....	66
3.2.4 Buharlaştırma.....	67
3.2.4.1 Thorntwaite Yöntemi .....	67

3.2.5 Akış.....	69
3.2.6 Su Bilançosu .....	70
3.3 Hidrojeoloji.....	72
3.3.1 Su Noktaları.....	73
3.3.2 Akarsular .....	73
3.3.2.1 Ilıca Dersi .....	75
3.3.3 Pınarlar ve Çeşmeler.....	75
3.3.4 Sondaj Kuyuları.....	76
3.3.5 Hidrojeolojik Özellikler .....	77
3.3.6 Litolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	79
3.4 Hidrojeokimya .....	81
3.4.1 Su Kimyası .....	81
3.4.1.1 Örnek Alımı ve Analiz Yöntemleri.....	83
3.4.2 Balçova Barajı ve Çevresindeki Suların İncelenmesi.....	84
3.4.3 Yeraltı Sularının Fiziksel Özellikleri.....	85
3.4.4 İçme Sularının Özellikleri.....	86
3.4.5 Yeraltı Sularının Genel Kimyasal Özellikleri .....	86
3.4.5.1 Sertlik.....	90
3.4.5.2 Hidrojen İyonu Konsantrasyonu(PH) .....	93
3.4.5.3 Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) .....	95
3.4.5.4 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) .....	97
3.4.5.5 Sodyum Yüzdesi.....	98
3.4.5.6 Suların Kimyasal Analizinde Oluşan Hatalar Anyon ve Katyon ... Dengesinden .....	99
3.4.6 Suların Sulamada Kullanım Özellikleri.....	100
3.4.6.1 Sulama Sularının Wicox' a Göre Sınıflandırılması.....	103
3.4.6.2 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı .....	103
3.4.7 Suların Beton Üzerine Etkisi.....	106
3.4.8 Suların Kullanım Özellikleri .....	107
3.4.8.1 Suların İçilebilirlik Özellikleri.....	107
3.4.9 İçme ve Kullanma Sularının Bakteriolojik Özellikleri.....	111

3.4.10 Su Kalitesi.....	110
3.4.11 Yeraltı Sularının Kimyasal Sınıflaması.....	118
3.4.11.1 Scholler (1995) Göre Suların Sınıflandırılması.....	118
3.4.11.2 Piper (Üçgen) Diyagramına Göre Suların Sınıflandırılması .....	121
3.4.11.3 Drov Diyagramı .....	124
3.4.11.4 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflandırılması .....	125
3.4.11.5 Sularda Çözünmüş Toplam İyon Miktarına Göre Sınıflama.....	127
3.3.12 Doğal Sularda Bulunan Elementler .....	128
3.3.13 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Başlıca İyonlar .....	128
3.3.14 Balçova Barajı Rezervuar Alanında Yer Alan Su Örneklerinin .....	
Doygunluk İndekslerinin Değerlendirilmesi.....	147

**BÖLÜM DÖRT-SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....154**

**KAYNAKLAR.....158**

**EKLER.....165**

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

Tüm canlılar için hayat su ile başlamış ve su ile devam edecektir. Canlıların yaşamlarını sürdürmeleri için ihtiyaç duydukları doğal kaynakların başında su gelmektedir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak kirlilik tehdidi altında bulunan dünya üzerindeki kullanılabilir su miktarına karşılık hızla artan dünya nüfusu sınırlı olan su kaynaklarının önemi giderek artmaktadır.

Yeryüzünde yüzey ve yeraltı sularının esas kaynağını oluşturan yağışın dünya ortalaması 1000 mm iken Türkiye ortalaması 646 mm' dir. Bu durum Türkiye' nin su kaynakları bakımından zengin ülkeler arasında yer alamadığı göstermektedir. Bu nedenle ülkemizde su kaynaklarının rezervini tüketmeden ve kalitesini bozmadan yararlanma zorunluluğu artmaktadır. Ülkemizde, artan nüfusla kişi başına düşen su potansiyeli her yıl biraz daha azalmaktadır.

Yeryüzündeki suların % 97' si okyanuslar, kalan % 3' lük oranı ise tatlı sular oluşturmaktadır. Tatlı suların % 79' unu buzullar (tüm suların % 2,39), % 20' sini yeraltı suları (tüm suların % 0,6), % 1' ni de ulaşılabilir sular (tüm suların % 0,03), oluşturmaktadır. Ulaşılabilir bu suların % 52' sini göller (tüm suların % 0,015), % 38' ini yeryüzündeki nem (tüm suların % 0,010), % 8' ini atmosferdeki su buharı (tüm suların % 0,002), % 1' ini canlıların organizmalarındaki sular (tüm suların % 0,0003) ve kalan % 1' ini nehirler ve kaynakları (tüm suların % 0,0003) oluşturmaktadır (Karagüzel, 2004).

Tarımsal sulama ve yerleşim alanlarını en büyük su kaynaklarını oluşturan yüzey ve yeraltı suları, artan nüfusa ve gelişen sanayileşmeye bağlı olarak gün geçtikçe daha da artan kirlenme riski ile karşı karşıyadır. Yerleşme alanlarından ve sanayi tesislerinden kaynaklanan sıvı atıkların arıtılmaksızın deşarj edilmesi ve katı atık depolaması, tarım alanlarında artan tarımsal mücadele ilaçları ve gübre kullanımı yüzey suları ve yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Yüzey suyu ve yeraltı suyunun kalitesinin ve kirliliğinin belirlenerek, gerekli koruma-iyileştirme

tedbirlerinin alınabilmesi için ortamın jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Dünyadaki mevcut iklim koşullarını ciddi boyutta etkileyebilecek bir küresel ısınmanın yaşandığı değişik platformlarda dile getirilmektedir. Kutup ve Alplerdeki buzul tabakalarının günümüzde erimeye başlaması küresel ısınmanın bir sonucu olarak kabul edilmektedir. Oluşan bu küresel ısınmanın etkisiyle yeraltı suyu miktarı giderek azalmakta ve suların kalitesi düşmektedir. Nitekim geçtiğimiz yıl İzmir' in içme suyu kaynaklarında karşılaşılan arsenik sorunu yine küresel ısınmanın bir etkisidir. Karşılaşılan bu durum İzmir' in içme suyu ihtiyacı için barajlara duyulan önemi daha da arttırmıştır.

Yapılan bu çalışma kapsamında Balçova Baraj havzasının hidrojeolojik incelenmesi amaçlanmıştır. Balçova Barajı İzmir ilinin içme suyu ihtiyacını karşılayan ikinci büyük barajdır. (İzmir ilinin içme suyu ihtiyacının % 1,56' sını karşılamaktadır.)

Yapılan çalışmalar sonucunda Balçova Barajı ve çevresinin jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanında bulunan birimler stratigrafik ve petrografik özelliklerine göre ayırtılarak, çalışma alanının genel jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanının jeoloji haritası hazırlanırken, litolojik birimler arazi gözlemleri ve DSİ' den elde edilen barajın yapım aşamasındaki sondaj loglarından yararlanılmıştır.

İzmir ilinde tüketime verilen içme ve kullanma suyu Büyükşehir Belediyesi tarafından 2 baraj ve 131 kuyudan temin edilerek 18 adet depo vasıtasıyla tüketime verilmektedir. İzmir kentinde tüketilen su miktarı yaklaşık 6 m<sup>3</sup>/s olup, bu miktar Halkapınar, Sarıkız, Göksu pınarları, Menemen Ovası yeraltı suyu, Tahtalı ve Balçova barajlarından sağlanmaktadır.



Şekil 1.1 İzmir ili su kaynaklarının 2008' deki payları (İZSU, 2008)

### İzmir İli'nin Mevcut Ve Gelecekteki Su Kaynakları



Şekil 1.2 İzmir ilinin mevcut su kaynakları (İZSU 2008)



Şekil 1.3 İzmir ilinin gelecekteki su kaynakları (İZSU 2008)

## 1.1 Çalışmanın Amacı

Yapılan bu yüksek lisans tezi kapsamında Balçova baraj havzasının hidrojeolojik açıdan incelenerek havzadaki su potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 1.2. Kaynak Özetleri

### 1.2.1 Önceki Çalışmalar

Baraj sahasında ön inceleme aşaması jeolojik çalışmaları baraja adını veren Cengiz Saran tarafından yapılarak rapora bağlanmıştır. Saran; Ilica Deresi, Çatak Mevkii'nde, gre ve şistler (şeyl) den oluşan yamaçlarda yaptığı hendek çalışmalarında bozuşmamış kaya ya da 1-2 m derinde rastlandığından söz ederek sol sahilde tabakalanmanın  $60^\circ$  ile mansaba doğru, sağ sahilde ise DB doğrultulu bir çatlak sisteminin gözlemlendiğinden; sol sahilde süreksizlikler kalsit dolguluyken sağ sahilde çatlak boşluklarının daha çok kuvars dolgulu olduğundan bahseder. Rezervuardaki yamaçların çok fazla kırılmış ve kırılanmış olduklarından tabaka ve



çatlak doğrultu ve eğimlerdeki yeknesaklık kaybolmuştur. Çatlakların enjeksiyonla geçirimsizliğinin sağlanacağı görüşünde olan araştırmacı; 60° mansaba eğimli şistler (şeyl)lerin varlığının stabilite yönünden iyi bir işaret olmamakla beraber, tabaka yüzeylerinin inceliği, intizamsızlığı, arada gre (kumtaşı) mevcudiyeti, gövdeye gelecek basıncın fazla olmayışı gibi nedenler yüzünden baraj yeri orta derecede stabildir, der. Eski incelemelerde 'Şeyl' yerine bu kelimenin Avrupa terminolojisindeki karşılığı olan 'Şist' kullanılmıştır.

İnceleme alanı aynı zamanda tarihi Agememnon kaplıcalarının çıktığı jeotermal bölge içinde yer almaktadır. Bu nedendir ki barajın yer aldığı derenin adı 'Ilıca Deresi' dir. Agememnon Kaplıcaları baraj aksının 1.8 km kuzeyinde yer almaktadır. 52-63. Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 1996 yılında yayınlanan Türkiye Jeotermal Envanterine göre baraj aksının kuzeyindeki bu kesimde Üst Kretase yaşlı İzmir Filişi yayılım göstermektedir. İzmir Filişi' nin genel tektonik gidişi 'KD-GB' dir. Kaplıcaların bulunduğu biri bu gidişe uygun olarak konumlanmış olan Agememnon Fayı-1 ve diğeri İzmir Körfezi çöküntüsünün genel gidişi olan DB uzanımına uyumlu olarak konumlanmış bulunan Agememnon Fayı-2 olarak isimlendirilen iki fay ile bu faylara bağlı olarak oluşmuş 6 adet fay daha mevcuttur. Bu faylardan Agememnon Fayı-2 fayı İzmir deprem senaryosuna göre 6,5 magnetitünde kırılacağı beklenen DB uzanlı İzmir Fayı' nın bir segmentini oluşturmaktadır. Jeotermal kaynaklarda bu iki fayın kesişim noktasından çıkmaktadır. Her iki fayda günümüzde İzmir ve çevresinde depremler yaratan genel tektonik gidişlerle uyum içerisindedir.

Balçova Barajı ilk olarak ön inceleme aşamasında 1965 yılında incelenmiştir. 1967 yılında planlama raporu hazırlanan barajın 1970 yılında inşaat ihalesi yapılmıştır. Başlangıçta sulama amacıyla planlanan ve inşaatına başlanan barajın amacı daha sonra içme suyu temini olarak değiştirilmiştir. İlk inşaat ihalesi firmanın işi bırakmasıyla yarım kalmış, 1974 yılında ikinci bir ihale daha yapılmış ancak bu aşamada da iş tamamlanamamış ve baraj inşaatı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından emaneten yapılarak 1980 yılında tamamlanmıştır. Balçova Barajı 1983 yılından beri İzmir Büyükşehir alanına içme ve kullanma suyu sağlamaktadır.

Balçova Barajı kaynakları tamamen yeraltı suyuna dayalı olan İzmir kentinin ilk yüzeysel su kaynağı olması nedeniyle de ayrı bir önem taşımaktadır.

**Alacalı, (2006)**, Yapmış olduğu yüksek lisans tezi kapsamında Balçova jeotermal sahasındaki hidrotermal alterasyon verilerini belirlemeye çalışarak Balçova Jeotermal Sahasında incelemelerde bulunmuştur.

**Akartuna, (1962)**, İzmir-Torbalı, Seferihisar-Urla bölgesinde yaptığı çalışmalarda temelin metamorfik kayalardan oluştuğunu, bunların üzerine uyumsuzlukla filiş topluluğunun geldiğini belirtir. Yazara göre filiş topluluğunun uyumsuzlukla Neojen yaşlı kireçtaşı, marn, tuf, çakıltası, kumtaşı ve killerin bulunduğundan söz eder. Bölgede gelişen hakim hareketin Hersiniyen ve Alpin orojenezlerine ait olduğunu söyler. Ayrıca tüm bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Pliyosen' e ait volkanitlerin geldiğinden söz eder.

**Aksoy, (2001)**, Balçova-Narlidere jeotermal sistemi olarak ele alınan sahada yapılan doktora çalışmasında sistem izleyici testlerini uygulayarak enjekte edilen suların rezervuardaki hareket yönlerini ve hızlarını belirlemeye çalışmıştır.

**Ender ve Şimşek (1975)**, İzmir Filişi' nin sınırlarının kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı faylarla sınırlandırılarak, İzmir Seferihisar- Cumaovası civarındaki birimleri Paleozoik yaşlı kristalin şist ve mermerler, metamorfiklerin üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Kretase yaşlı İzmir Filişi ve tabanda yeşil şist fasiyesi, Yeniköy Formasyonunu ve bu formasyonu uyumsuz olarak üsteleleyen Cumaovası Volkanitleri şeklinde ayırtlamıştır.

**Köse, (2007)**, Yapmış olduğu yüksek lisans tezi kapsamında Balçova Kabaoğlu heyelan sahası ve Narlıdere Norbel heyelan sahasında oluşan mühendislik jeolojisi sorunlarını incelemiştir.

**Öngür, (1972)**, İzmir-Urla çevresinde yaptığı incelemelerde gözlenen birime İzmir Filişi adını vermiş ve bu birimin üyelerini alttan üste doğru; Karabelen gnays

üyesi, Kavacık kuvarsit üyesi, Efemçukuru üyesi, Gödence kaba filiş üyesi, Kaya arkoz üyesi olarak ayırtlamıştır.

**Kiper, (2007)**, tarafından hazırlanan rapora göre Balçova (Cengiz Saran) Barajı su alma yapısı ile ilgili hazırlanmış olduğu jeoteknik etüt raporu kapsamında barajın sağ sahilinde araştırmalarda bulunmuştur. Kışın yağışlı dönemlerde baraj rezervuarındaki ham suda yüksek bulanıklık değerleri, yaz döneminde ise yüksek mangan değerleri tespit edildiği için İZSU tarafından bir kademeli su alma yapısının yapılması planlanmış ve bu konu ile ilgili araştırmalar yapılmıştır.

### **1.3 Materyal ve Yöntemler**

#### ***1.3.1 İnceleme Alanının Tanıtılması***

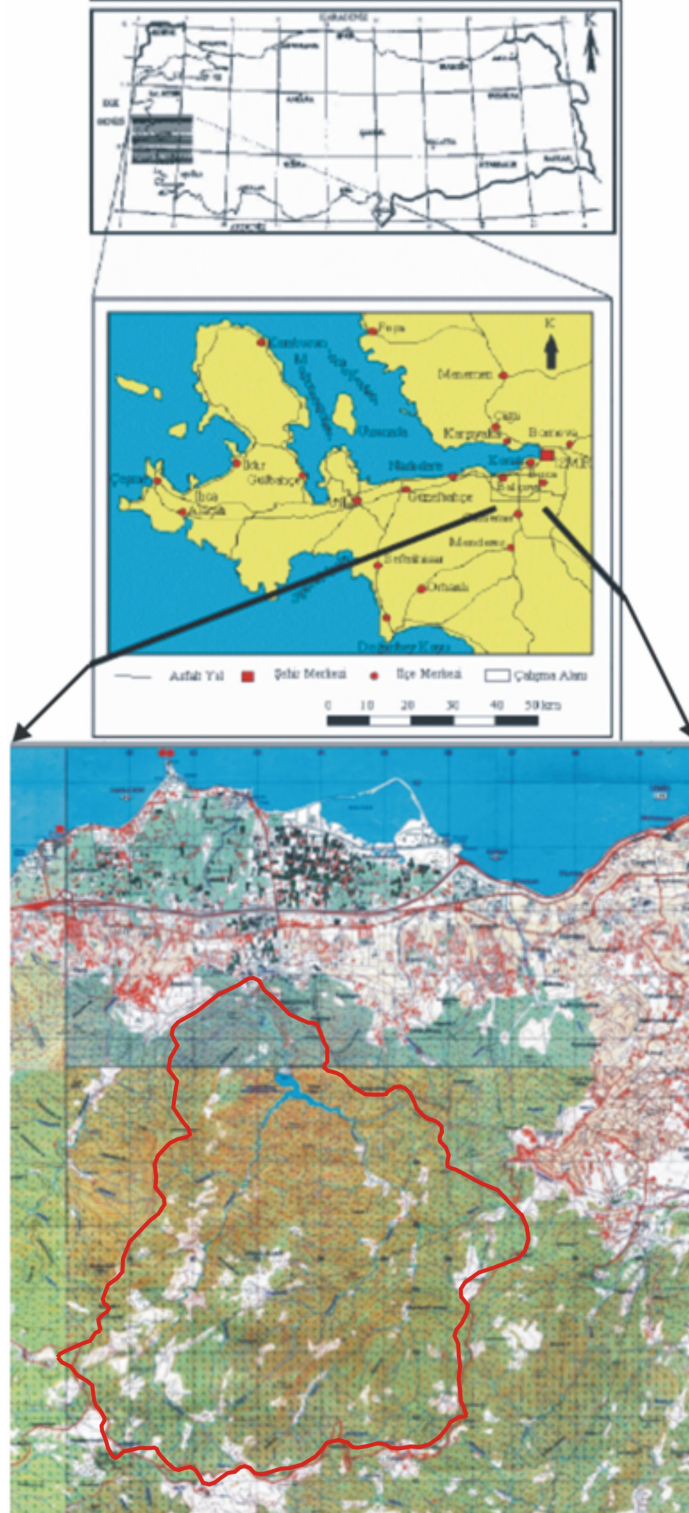
İnceleme alanı Türkiye' nin batı bölgesinde, İzmir ilinin güneyinde yer alıp yaklaşık 37 km<sup>2</sup> lik alanı kapsamaktadır. İnceleme alanı İzmir L18A1 ve L18A4 paftalarında yer almaktadır. Havza İzmir ili, Balçova ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Balçova Türkiye' nin 3. büyük kenti olan İzmir' in 9 anakent ilçesinden biridir. Doğusunda Buca ve Konak ilçeleri, batısında Narlıdere ilçesi, kuzeyinde ise İzmir Körfezi yer almaktadır

#### ***1.3.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım***

##### ***1.3.2.1 Projenin Yeri***

Proje alanı Batı Anadolu' da İzmir Körfezi' nin güney yakasında yer almakta, Balçova-Agatemnon Mevkii' nde ovaya çıkan Ilıca Deresi üzerinde inşa edilen bir baraj olup Balçova-Narlıdere ve İzmir Büyükşehir Belediyesi' ne içme suyu temini amaçlanmıştır. Baraj drenaj alanı 37 km<sup>2</sup> dir. İnceleme alanı İzmir ilinin yaklaşık 10 km batısında yer alan Balçova ilçe merkezinin 3,8 km güneyinde yer alır. İzmir' in batısında, Çeşme Karayolu üzerinde yer alan Balçova ilçe merkezinden yaklaşık 2

km' lik bir yolla batıda Agememnon Kaplıcaları, buradan da yaklaşık 1,8 km' lik güneye giden asfalt bir yolla da baraj aksına ulaşılır.



Şekil 1.4 Çalışma alanının yer bulduru haritası

### 1.3.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı ve çevresinde Akdeniz iklimi gözlenmektedir. Kış ayları genellikle yağışlı ve ılık, yaz aylarında ise yüksek sıcaklık hakimdir. İl bazında yıllık ortalama sıcaklık, kıyı kesimlerde 17-18 °C arasında değişmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklıklar 27 °C civarında değişir. Ancak gündüzleri sıcaklıklar çoğu zaman 35 °C aşar. En sıcak aylar Temmuz-Ağustos ve en soğuk aylar ise Aralık-Ocak-Şubat aylarıdır. Senelik yağış miktarı 700-1200 mm arasında değişir. Yıllık yağışın % 50' den fazlası kış mevsiminde % 40- 45' i ilkbahar ve sonbaharda , % 2-4' ü ise yaz aylarında düşmektedir. Kar yağışlı günler sayısı, alçak kesimlerde yok denecek kadar azdır. Yüksek kesimlerde gerek kar yağışlı gün sayısı, gerekse karın yerde kalma süresi artmaktadır. Balçova ve çevresinin hakim bitki örtüsünü maki ve garig toplulukları oluşturur. Balçova Barajı çevresinde ise yüksek çam ormanları hakimdir. İnceleme alanında boyları yer yer 10 m' yi bulan çam ormanlarına rastlanmaktadır. Bununla birlikte ovada toprakların verimli ve iklim koşullarının elverişli olması nedeni ile çiçekçilik ve süs bitkisi üretimi de önemli bir yer tutmaktadır. İnceleme alanına en yakın meteoroloji istasyonu Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)' nce işletilen İzmir-Güzelyalı meteoroloji istasyonudur.

Dağların denize dik uzanması ve ovaların İç Batı Anadolu eşiğine kadar sokulması, denizel etkilerin iç kesimlere kadar yayılmasına olanak vermektedir. Ancak, il bütününde yükseklik, bakı ve kıyıda uzaklık gibi fiziksel coğrafya farklılıkları, yağış, sıcaklık ve güneşlenme açısından önemli sayılabilecek iklim farklılıklarına da yol açmaktadır.

### 1.3.2.3 Jeomorfoloji

İzmir il topraklarının % 60' ı dağlık, % 12' si plato ve % 22' si ovalardan oluşmaktadır. Dağlar kıyıya dik uzanırlar. İl bazında birçok dağ mevcut olup çalışma alanındaki önemli yükseltiler, ovalar ve sırtlar aşağıda verilmiştir.

*1.3.2.3.1 Dağlar:* Baraj drenaj alanı, dağlık arazi olup ormanlık arazi niteliğindedir. Drenaj alanında yer alan önemli tepeler sırası ile Manastırdağı Tepe (754 m), Dededağı Tepe (432 m), Topak Tepe, Gongallı Tepe, Kocapınar Tepe, Kızılınış Tepe (762 m), Istapa Tepe (575 m), Beşpınar (965 m), Ilıca Tepe, Basalar Tepe, Delice Tepe, Tekke Dağı (1005 m) ve Sandallık Dağı' dır.

*1.3.2.3.2 Ovalar:* İl sınırları içerisindeki bütün ovalar çok verimlidir. Küçük Menderes Ovası en bereketli ovadır. Balçova Barajı' nın bulunduğu vadinin önünde uzanan 1375 ha toplam alanı olan, Balçova-Narlidere Ovası 1-50 m kotları arasında yer almaktadır.

*1.3.2.3.3 Sırtlar:* Baraj alanı yüksek bir topoğrafyaya sahiptir barajın rezervuar alanında gözlenen sırtlar ise Çakmak, Gavuroğlu, Fethi, Banaz ve Yeniköy Sırtları' dır.

#### *1.3.2.4 Turizm*

Balçova ilçesi hem iç turizm ile dış turizm hem de günübirlik rekreasyonel etkinliklerin eşsiz mekanıdır. Balçova' nın doğal çekiciliklerinin temelinde, ilçe merkezinin hemen güneyinde 500 m ye yaklaşan bir yükselti alanı, onun önünde eğimi kıyıya doğru yavaş yavaş azalan bir etek ovası ve deniz kıyısının varlığı yatmaktadır. Bu üçlü morfolojik yapıyı ormanlar ve termal sular tamamlamaktadır. Balçova ilçe merkezinin yaslandığı Dede Dağı, başta Ilıca Deresi olmak üzere, diğer derelerle yarılmış, büyük kısmı ormanlarla kaplı bir alana sahiptir.

Balçova ilçesi dahilindeki ormanlar doğal güzelliğin simgesi olduğu kadar, turizmin de kuvvetli bir elemanıdır. Nitekim termal turizmi bütünleyen sağlıklı bir iklim ortamında bulunma, ancak bol güneşli bir iklim ve oksijen kaynağı ormanlar sayesinde mümkün olmaktadır. Balçova' nın orman varlığı turizm ve rekreasyon için eşsiz bir kaynaktır. İlçenin bir diğer turizm çekiciliği, İzmir Körfezi kıyılarıdır. İnciraltı-Üçkuyular arasındaki kıyıların yer yer bataklık olan ve yerleşmeye

açılmamış kısımları kurutulmuş, düzenlemeler yapılarak, yeni rekreatif alanlar yaratılmıştır.

Bu kıyıların gerisindeki Bahçelerarası mevkiinde yer alan çiçek seraları, narenciye ve sebze bahçeleri, Balçova' nın diğer yeşil zenginliğidir.

Balçova' nın belli başlı turizm merkezleri şunlardır; Agamemnon Kaplıcaları, Termal Tedavi Merkezi Barındıran Oteller, Teleferik Tesisleri, Balçova Barajı, İnciraltı Gençlik Merkezi, Yat Limanı. İlçenin kuzeyinde yükselti olması nedeniyle yapılaşma doğu-batı yönünde oluşmuştur. İlçenin coğrafi konumu ulaşım kolaylığı açısından da olumlu olmuştur.

#### *1.3.2.5 Tarım*

Balçova ilçesinin toplam alanı 2.890 hektar olup bu alanın % 19' u yani 550 hektarı tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Bunun, 185 hektarı narenciye, 130 hektarı zeytin alanı, 79 hektarı sebze, 63 hektarı süs bitkisi, 10 hektarı bağ alanı, 5 hektarı meyve, 78 hektarı da tarıma elverişli boş arazidir. İlçede 144 adet cam sera 541 adet ise plastik sera mevcuttur.

#### *1.3.2.6 Ulaşım*

Balçova ulaşım açısından İzmir ilinin en avantajlı ilçelerinden birisidir. İlçenin karayolu bağlantılarının olduğu gibi hava limanına ve deniz yollarına da bağlantısı mevcuttur. İzmir Valiliği' ne 10 dakika uzaklıkta olan Balçova, Adnan Menderes Hava Limanı' na ise 15 dakika uzaklıktadır. Denizden ulaşımı sağlayan Üçkuyular Arabalı Vapur İskelesi ve Levent Marina da ilçenin sınırları içindedir. Üçkuyular' daki vapur iskelesi ve yat limanı ile deniz ulaşımı sağlanırken, karayolu bağlantıları açısından da ilçe önemli bir nokta da yer almaktadır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **BALÇOVA BARAJI**

#### **2.1 Genel Baraj Tarihi**

Yeryüzündeki ilk barajlar, Ortadoğu' daki nehirlerin vadilerinde, o yörenin insanları tarafından mevsim yağmurlarının denetim altına alınarak, sellenmenin önüne geçilmesi amacıyla yapılmıştır. Bilinen en eski baraj, M.Ö. 3000 yıllarında Mısır' da, Garavi Vadisi' nde yapıldığı belirtilmektedir. Toprak barajın uzunluğu 116 metreyi bulmaktadır.

Dünyanın en yüksek beton kemer barajı İsviçre de bulunan Grand Dixence Dam and HEPP' dir. Bu barajın temelden yüksekliği 285 m ve gövde hacmi 6 milyon m<sup>3</sup> tür.

En eski kemer baraj M.S.2. yy' da Fransa da yapılmış olan Vallon de Baume Barajı olup, yüksekliği 12 m' dir. Anadolu' daki en eski kemer baraj ise MS.6. yy' da yapılmış olan Dara I ve II barajlarıdır. Anadolu' da elektrik enerjisini ilk olarak üreten tesis 1902 yılında Tarsus' ta yapılmış olan Tarsus Çağlayanı' nın suyunu kullanan alçak düşüslü Tarsus HES' dir. Türkiye' nin elektrik üretmek amacı ile kurulmuş ilk barajı Sarıyer Barajı' dır.

Cumhuriyet Dönemi' nde yapılmış olan ilk baraj ulu önder Mustafa Kemal Atatürk tarafından 1936 yılında Ankara' da yaptırılan gövde yüksekliği 38 m olan Çubuk I Barajı' dır.

#### **2.2 Balçova Barajı' nın Tarihçesi**

Balçova barajı ilk olarak ön inceleme aşamasında 1965 yılında incelenmiştir. 1967 yılında planlama raporu hazırlanan barajın 1970 yılında inşaat ihalesi yapılmıştır. Başlangıçta sulama amacıyla planlanan ve inşaatına başlanan barajın amacı daha sonra içme suyu temini olarak değiştirilmiştir. İlk inşaat ihalesi firmanın işi



bırakması nedeniyle yarım kalmış, 1974 yılında ikinci bir ihale daha yapılmış ancak bu aşamada da iş tamamlanamamış ve baraj inşaatı DSI' ce emaneten yapılarak 1980 yılında tamamlanmıştır. Balçova barajı 1983 yılından beri İzmir Büyükşehir alanına içme ve kullanma suyu sağlamaktadır. Balçova barajı su kaynakları tamamen yeraltı suyuna dayalı olan İzmir kentinin ilk yüzeysel su kaynağı olması nedeniyle de önem taşımaktadır.

Barajın ilk incelemelerini yapan ve bir başka baraj incelemesi sırasında hayatını kaybeden Cengiz Saran' nın anısını yaşatmak üzere adı baraja verilmiş olup, baraj Cengiz Saran Barajı adı ile de anılmaktadır.

### **2.3 Balçova (Cengiz Saran) Barajı**

Balçova İlçesi' deki Ilıca tesislerinin 3 km. güneyinde Ilıca Deresi üzerinde bulunan baraj içme suyu amaçlıdır.



Şekil 2.1 Balçova Barajı genel görünümü 1

### 2.3.1 Balçova Barajı' nın Teknik Özellikleri (İZSU, 2008)

#### **Hidroloji**

Yağış havzası alanı	: 33 km <sup>2</sup>
Ortalama gelen akım	: 12 410 000 m <sup>3</sup> /yıl
İçme suyuna verilen su	: 12 000 000 m <sup>3</sup> /yıl

#### **Baraj Gövdesi**

Barajın tipi	: Kil çekirdekli kaya dolgu.
Baraj gövde kret kotu	: 149,40 m
Baraj gövde kret uzunluğu	: 230,00 m
Baraj gövde kret genişliği	: 10,00 m
Barajın talvegden yüksekliği	: 63,40 m
Barajın temelden yüksekliği	: 73,40 m
Maksimum su seviyesi	: 147,38 m
Normal su seviyesi	: 146,00 m
Minimum su seviyesi	: 101,00 m

#### **Baraj Gölü**

Toplam göl hacmi	: 8 250 000 m <sup>3</sup>
Aktif göl hacmi	: 7 900 000 m <sup>3</sup>
Ölü göl hacmi	: 350 000 m <sup>3</sup>
Normal su kotunda göl alanı	: 0,35 km <sup>2</sup>

#### **Dolu savak**

Yeri	: Sol sahilde
Dolu savak tipi	: Karşıdan alıslı, kapaklı
Dolu savak eşik kotu	: 140,25 m

Dolu savak kapak üst kotu	: 146,60 m
Dolu savak kret uzunluğu	: 10,50 m
Dolu savak kapak sayısı	: 2 adet
Dolu savak giriş debisi	: 385 m <sup>3</sup> /s
Dolu savak proje debisi	: 340 m <sup>3</sup> /s

### **Cevirme tüneli ve Dip savak**

Yeri	: Sağ sahilde
Çevirme tüneli uzunluğu	: 357,48 m
Çevirme tüneli çapı	: 2,60 m
Dip savak uzunluğu	: 227,48 m
Dip savak cebri boru çapı	: 0,90 cm

### **Aritma Tesisi**

Tipi	: hızlı kum filtre havuzları
Havuz sayısı	: 10 adet
Havuz alanı	: 57,8 m <sup>2</sup>
Aritma hızı	: 5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /saat
Havalandırma tipi	: kaskat
Kaskat sayısı	: 7 adet



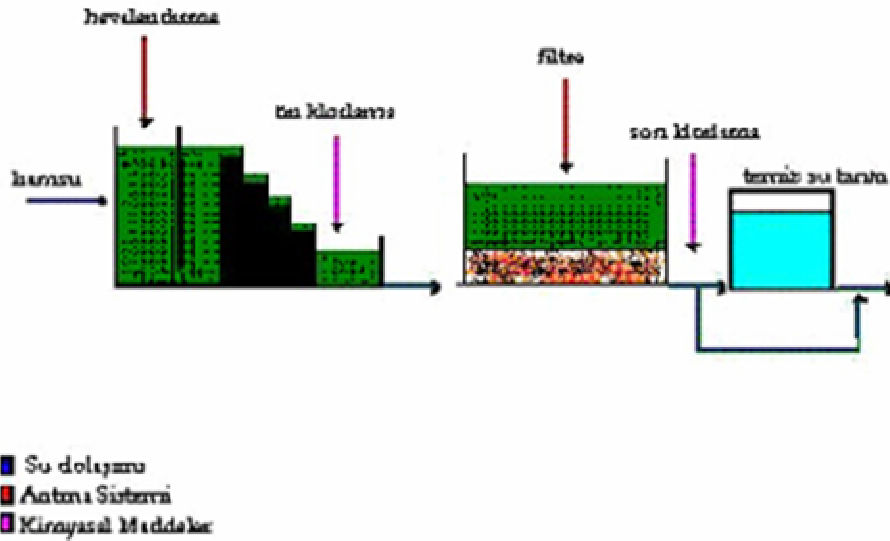
Şekil 2.2 Balçova Barajı genel görünümü 2

### *2.3.1.1 Tesis İşletimi*

İzmir İçme Suyu Projesi kapsamında bulunan Balçova Barajı'ndan içme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla yapımı gerçekleştirilen Balçova Arıtma Tesisleri Mayıs 1984' de işletmeye alınmıştır.

Tesis kapasitesi 70.000 m<sup>3</sup>/gün suyun arıtılmasına imkan tanıyacak niteliktedir. Arıtma üniteleri; havalandırma, ön klorlama, hızlı kum filtreleri, temiz su tankı, son klorlamadan oluşmaktadır.

## Balçova Barajı Arıtma Tesisi Şeması



Şekil 2.3 Balçova arıtma tesisinin akım şeması (İZSU, 2008)

**2.3.1.1.1 Havalandırma Ünitesi:** Havalandırma; ham suya oksijen kazandırmak, demir ve manganın oksitlenerek giderilmesini ve koku, tat yaratan unsurların uzaklaştırılmasını sağlamak için gerekli bir arıtma işlemidir. 7 basamaklı bir kaskat havalandırma sistemiyle atmosferik oksijen ham suyun içinde çözünmektedir. Kaskat, ham suyun oksijen içeriğini % 60 doygunluğa getirmek için tasarlanmış olup özellikleri aşağıda verilmiştir

### Havalandırma Ünitesi Özellikleri

Tablo 2.1 Havalandırma ünitesinin özellikleri

<b>Tipi</b>	Kaskat
<b>Kaskat sayısı</b>	7 adet
<b>Kaskat düşü yüksekliği</b>	75 cm
<b>Savak tipi</b>	Ayarlı saç savak
<b>Ünite boyutları</b>	50 m x 2 m x 7 adet

**2.3.1.1.2 Klorlama:** Havalandırılmış suya, havalandırma ünitesinin hemen çıkışında klor dozlaması (ön klorlama) yapılır. Ön klorlama, yapılarda gelişebilecek veya var olan mikro-organizmaları yok etmek, rengi azaltmak ve alg büyümesini engellemek için uygulanır.

Ön Klorlama işleminin yanı sıra arıtılmış su, şehre verilmeden önce dezenfeksiyon için son klorlamaya tabi tutulur. Bu işlemler için Balçova İçme Suyu Arıtma Tesisi' nde gaz klor kullanılmaktadır. Tank odasından gaz olarak sağlanan klor, klorinatörlerde dozajı ayarlanarak ve enjektörler vasıtasıyla basınçlı suyun yarattığı vakum etkisiyle ön ve son klorlama noktalarına ulaştırılır.

**2.3.1.1.3 Filtre Ünitesi:** Havalandırılmış ve ön klorlaması yapılmış su, vasıtasıyla filtrelere ulaşır, dağıtma yapıları ile her bir filtreye giriş yapar ve kum tabakası bulunan filtrelerden süzülür. Su filtrelerden geçerken, çok küçük tanecikler filtre kumlarının içinde tutulur ve filtrelenen suyun, filtre çıkışında son klorlaması yapılır. Suyun arıtma işlemi bu noktadan sonra tamamlanmış olup şehrin ihtiyacına cevap verebilecek kapasitede olan temiz su tanklarına ulaşır. Depo çıkışı doğrudan isale hattına bağlı olduğundan, şehirdeki şebekenin ihtiyacı olan su depodan çekilmektedir. Filtrelerde geri yıkama işlemi manüel olarak yapılmakta olup geri yıkama suyu dereye tahliye edilmektedir.

#### *Filtre Ünitesi Özellikleri*

Tablo 2.2 Filtre ünitesinin özellikleri

<b>Tipi</b>	Hızlı kum filtre
<b>Havuz sayısı</b>	10 adet
<b>Filtre alanı</b>	57,75 m <sup>2</sup>
<b>Filtrasyon hızı</b>	5 m/saat
<b>Filtre yatağı malzemesi</b>	Kum + Çakıl
<b>Filtre derinliği</b>	100 cm
<b>Kum boyutu</b>	0,7 mm
<b>Filtre dren tipi</b>	Nozul
<b>Temiz su deposu hacmi</b>	5.000 m <sup>3</sup>

Filtre ünitesinde ayrıca filtre geri yıkamasında kullanılan geri yıkama suyu pompaları, hava körükleri ve tüm sistemin su ihtiyacını sağlayan servis suyu ve yangın suyu sistemleri bulunmaktadır.

SCADA projesi kapsamında eklenen ekipmanlarla izleme ve kontrol çalışmaları yapılmaktadır. İzlenen parametreler sırasıyla, Giriş suyu için, bulanıklık, pH; Arıtılmış suda debi, bulanıklık, pH, iletkenlik, bakiye klor, çözülmüş oksijendir. Arıtılmış su, temiz su deposuna ulaşır ve son klorlama yapılarak güneydeki Balçova, Üçkuyular bölgesine su temin edilir.

Baraj su hacmi maksimum 8,5 milyon m<sup>3</sup> olduğundan, genellikle yetersiz su seviyesi olduğunda veya aşırı yağışlarda bulanıklık nedeniyle arıtma tesisi devre dışı bırakılmaktadır.

Baraj koruma alanı, ormanlık alan ile kaplı olduğundan ham su kalitesi oldukça iyi olup, kimyasal arıtma olmaksızın suyun arıtımı yapılabilmektedir.

Arıtma tesisi çıkış suyunun kalitesinin TS 266 standartlarına uygun olduğu yapılan tetkikler ile tespit edilmektedir.

### 2.3.1.2 Tesisin Aylık Üretim Bilgileri

Balçova İçme Suyu Arıtma Tesisi' nde günlük olarak üretilen su miktarı ve Balçova (Cengiz Saran) Barajı' ndaki ay sonu rezerv miktarı aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 2.3 Balçova içme suyu arıtma tesisi üretim bilgileri (İZSU, Eylül 2008).

<b>Baraj Su Kodu (m)</b>	<b>Barajdaki Su Hacmi (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aylık Toplam Üretilen Su (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ortalama Su Üretimi (lt/s)</b>
109,83	587.000	78.385	30

2.3.1.2.1 *Barajın şu anki durumu:* İzmir ili ve çevresinde son yağan yağmurlarla Balçova Barajı havzasında metrekareye 119 kilogram yağış düşmüş olup barajın doluluk oranı yüzde 7,58' den 07 Mayıs 2009 tarihi itibariyle yüzde 91,37' e ulaşmıştır. Barajların su seviyelerinin artmasında Ocak ayından itibaren artan yağışlar neden olmuştur.



Şekil 2.4 Barajı doluluk oranının düşük olduğu zamanı gösteren fotoğraf



Şekil 2.5 Balçova Barajı doluluk oranının yüksek olduğu zamanı gösteren fotoğraf



Tablo 2.4 Barajda son durum (İZSU, 2009)

Baraj Adı	Su Durumu	Aktif Doluluk Oranı (%)	Tarih
Balçova Barajı	1.545.000m <sup>3</sup>	18,47	16.01.2009
Balçova Barajı	2.452.000 m <sup>3</sup>	30,37	04.02.2009
Balçova Barajı	7.101.000 m <sup>3</sup>	91,37	07.05.2009
Balçova Barajı	6.439.000 m <sup>3</sup>	82,68	26.05.2009
Balçova Barajı	4.729.000 m <sup>3</sup>	62,04	08.07.2009
Balçova Barajı	3.490.000 m <sup>3</sup>	43,99	16.09.2009

### 2.3.2 Balçova Barajı'nda Yapılması Planlanan Su Alma Yapıları

Kışın yağışlı dönemlerde baraj rezervuarındaki ham suda yüksek bulanıklık değerlerinin tespit edilmesi, yaz dönemlerinde ise yüksek Mangan parametresi değerleri ve baraj gölünün su yüzeyinde doğan veya çevreden suya karışan yağ tabakaları meydana gelmesi, baraj göl seviyesinin 15-20 m daha derinden içme ve kullanma suyu çekilmesi durumunda çekilen suyun kalitesi açısından yeterli oksijenli su olmadığı, güneş ışınlarının bu kotlara yeterince ulaşamadığından bakterilerin artma olasılığı olduğundan ve ayrıca insan sağlığı açısından zararlı ve arıtmada temizlenmesi pahalı olan ağır metallerin bulunması gibi nedenlerle barajdan sürekli su temini amacıyla kademeli su alma yapısı planlanmıştır. Göl yüzeyinden en az 3-12 m derinden içme ve kullanma suyu çekilmesinin ideal bir kot olduğu belirlenmiştir (Kiper, 2007).

Balçova Baraj gölünden İZSU tarafından su numunesi alınmasına ve de baraj alanının jeolojik olarak incelenmesine izin verilmediğinden dolayı yukarıda belirtilen değerler 2007 yılında kademeli su alma yapısı ile ilgili olan etüt raporundan alınmıştır.

## BÖLÜM ÜÇ ARAŞTIRMALAR

Bu kısım stratigrafi, bölgesel jeoloji, yapısal jeoloji, hidrojeoloji ve hidrojeokimya bölümlerinden oluşmaktadır. Stratigrafi bölümünde birimlerin tanımı ve dağılımı, litoloji özellikleri, dokanak ilişkileri, yaş özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgesel jeoloji bölümünde çalışma alanının neotektonik hareketleri ve yapısal evrim özellikleri anlatılmıştır. Yapısal jeoloji bölümünde çalışma alanında tektonik olaylar sonucunda oluşan faylar ve bu fayların özellikleri açıklanmıştır. Hidrojeoloji bölümünde bilanço elemanları olan yağış, buharlaşma ve akış parametreleri hesaplanarak su bilançosu hazırlanmıştır. Hidrojeokimya bölümünde ise alınan yüzey ve derin kuyu örneklerinin arazi ve laboratuarda yapılan analizleri sonucunda fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak yarı logaritmik Scholler diyagramı, Piper, ABD Tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır. Kullanılan sınıflandırmalarla, suların kaliteleri ve içilebilirlikleri belirlenmiştir.

Balçova baraj havzasında yeraltı suyu potansiyelini ve kalitesini belirlemek amacıyla yapılan araştırmalar; jeoloji, hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal çalışmaları olarak gruplandırılmıştır. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli İzmir L18A1 ve L18A4 paftalarında yer almakta olup yaklaşık 37 km<sup>2</sup> lik alanı kapsamaktadır

**Jeoloji:** Çalışmada öncelikle 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalara havza sınırları çizilmiştir. Daha sonra önceden hazırlanan jeoloji haritaları üzerinde çalışmalar yapıp geliştirilerek havza sınırları içerisinde kalan alanın ayrıntılı jeoloji haritası hazırlanmıştır.

**Hidrojeoloji ve hidroloji;** Çalışmanın bu bölümünde inceleme alanında su noktaları, litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, akiferin hidrojeolojik parametreleri ve yeraltı suyu dinamiği konuları araştırılmıştır. Çalışma alanında en yakın olan Devlet Meteoroloji İstasyonları' nın uzun yıllara ait yağış verileri kullanılarak havzanın su bilançosu hesaplanmıştır. Bilanço elemanları akış, yağış,

buharlaşma ve sızmadır. Havza içerisindeki ortalama yağış tayini için Eş Yağış Yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde inceleme alanı çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait yıllık ortalama yağış değerleri kullanılmıştır. Yıllık gerçek buharlaşma değerinin hesaplanmasında Thorntwaite yöntemi, ortalama yağış miktarlarının hesaplanmasında ise aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanının çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış ve yıllık toplam yağış değerleri aşağıda verilmiştir. Devlet Meteoroloji İstasyonları' nda ölçülen ortalama yağışlar; Güzelyalı DMİ:682,4 mm, Menderes DMİ:624,93 mm, Bergama DMİ:542,63 mm, Bornova DMİ:611,7 mm, eşme DMİ:546,21 mm, Dikili DMİ:519,49 mm, Ödemiş DMİ:546,36 mm, Seferihisar DMİ:588,6 mm, Selçuk DMİ:646,13 mm olarak hesaplanmıştır.

Devlet Meteoroloji İstasyonları' nda ölçülen minimum yağışlar; Güzelyalı DMİ:427,3 mm, Menderes DMİ:422,0 mm, Bergama DMİ:362,1 mm, Bornova DMİ:392,4 mm, eşme DMİ:376,9 mm, Dikili DMİ:285,6 mm, Ödemiş DMİ:401,0 mm, Seferihisar DMİ:384,1 mm, Selçuk DMİ:464,8 mm olduğu belirtilmektedir.

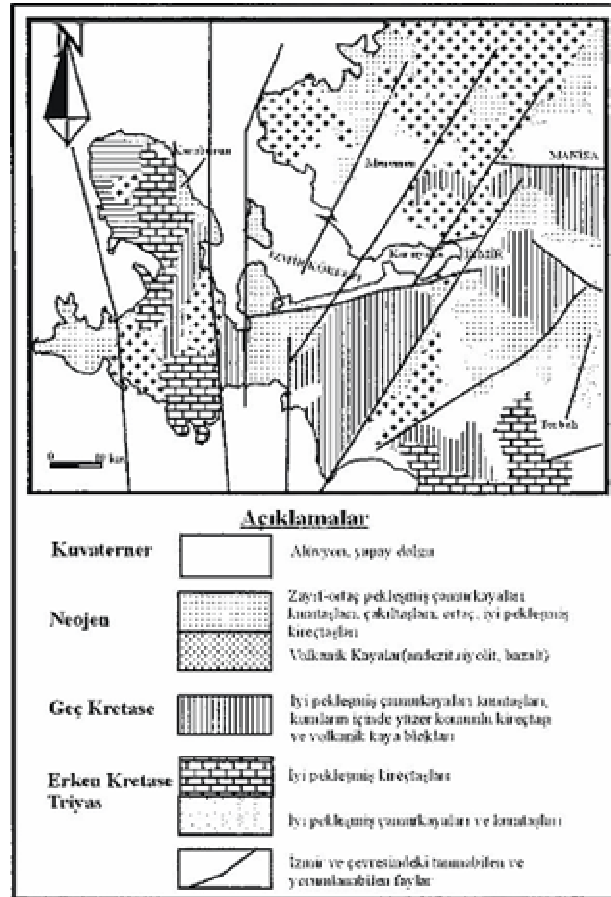
Devlet Meteoroloji İstasyonları' nda uzun yıllara ait yağış verileri ölçülerek eklenik sapma grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafikler bölüm 3.2'de (şekil 3.26-43) gösterilmektedir.

**Hidrojeokimya;** alışma alanında yeraltı suyunun hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlemek amacıyla havzayı temsil edecek yüzey ve yeraltı suyu numuneleri alınmıştır. Alınan su örneklerinin jeokimyasal analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Jeokimya laboratuvarında yapılmıştır. Ayrıca alınan su örneklerinin arazide elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek farklı diyagramlar ve haritalar üzerinde yorumlanmış ve çeşitli kullanım açısından uygunlukları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca elde edilen bu veriler yardımı ile havzanın hidrojeokimya haritası çizilmiştir.

### 3.1 Genel Jeoloji

İzmir ve çevresinde yer kabuğunun yapısal oluşumu çok eski jeolojik çağlara dayanır. Buna karşılık bugünkü şekillenme daha yakın zamanlarda, Neotektonik dönemde gerçekleşmiştir.

Batı Anadolu’ da İzmir ve çevresinde genel uzanımı kuzeydoğu-güneybatı olan üç tektonik kuşak yer almaktadır. Bu kuşaklar doğudan batıya doğru, Menderes Masifi, İzmir-Ankara Zonu ve Karaburun Kuşakları’ dır.



Şekil 3.1 İzmir ve çevresindeki önemli kaya toplulukları ile tanımlanabilir ve yorumlanabilir faylar (Kaya, 1982, Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü 1:500.000 Ölçekli Jeoloji Haritası)

İzmir ve yakın çevresindeki temeli Bornova Karmaşığı oluşturur. İzmir-Ankara Zonu olarak adlandırılan tektonik kuşak kapsamındaki Bornova Karmaşığı' nın içerisinde Kretase yaşlı filiş en baskın birimidir. Bu birim başlıca kumtaşı, çamurtaşı ve bu kayaların içerisinde yüzer konumda bulunan kireçtaşı bloklarından oluşur. Bölgesel olarak temeli oluşturan bu birim üzerine, Neojen yaşlı tortul ve volkanik kayalar açısız uyumsuz olarak gelirler. Miyosen' den itibaren bölgede Neotektonik evreye geçilmiş ve bu evrede değişik tip ve büyüklükteki bölgesel gerilmelerin etkisi altında kalan tüm birimlerde, jeolojik ortamlarda deformasyonlar gelişmiş bunun sonucunda da Batı Anadolu' nun tipik horst-graben yapıları ortaya çıkmıştır (Erdoğan, 1990).

İzmir ve yakın çevresindeki ana yapı blokları kuzeyde Yamanlar ve Manisa Dağları, güneyde Kemalpaşa Dağı ve Balçova ile Seferihisar arasındaki dağlık alanlardır. Bu dört yüksek yer şekilli bloğunun da temel yapısını, literatürde 'İzmir Filiş'i' veya 'Bornova Melanji' olarak adlandırılan jeolojik birim oluşturur (Brinkmann 1976, Erdoğan, 1990). Bölgesel özellikleri iyi bilinen bu birimin içyapısı oldukça karışıktır. İzmir Filiş'i' nin kökeni Menderes Masifi' nin batısında KD' ya doğru uzanan bir jeosenkinalde Kretase' de biriken çamurlardır. Genel olarak bu birimin alt seviyeleri daha çok kırıntılı (kumtaşı ve kiltası), üst seviyeleri karbonatlı sedimanlardan oluşur. Ancak İzmir Filiş'i' nin asıl ilginç ve karışık özelliği kalınlığı bin metreyi geçen bu sediman birikiminin, GD' daki Menderes Masifi üzerine itilerek karalaşmış olmasıdır. Bu büyük jeodinamik etki farklı özelliklerdeki sedimanları farklı etkilemiş, üstteki karbonatlı birim büyük bloklar halinde alttaki kırıntılı birim üzerinde sürüklenmiş, yer yer onun içine sokulmuştur. Bunlar bugünkü morfolojide daha çok yüksek dorukları meydana getirmektedir (Kayan, 2000).

### ***3.1.1 Menderes Masifi***

Menderes masifi Batı Anadolu' nun en önemli metamorfik birimidir ve İzmir-Ankara kenet kuşağı ile Likya napları arasında yer alır. Diğer tektonik üniteler gibi Menderes Masifi de kabaca KD-GB doğrultuludur. Menderes Masifi en üst düzeyleri Alt Eosen' e kadar çıkan metamorfik kuşaklardan oluşmuştur.

Okay (1989) masifin genel stratigrafik dizilimin Prekambriyen gnayslarla başladığını ve yukarı doğru Alt Paleozoik mika şistler, Permo-Karbonifer meta kuvarsit, siyah fillit ve koyu rekristalize kireçtaşları ile devam ettiğini belirtmiştir. Bunların üzerinde Mesozoyik kalın tabakalı, rekristalize neritik kireçtaşları yer alır. Paleosen ve Alt Eosen rekristalize pelajik kireçtaşları ve şist ile temsil edilmişlerdir. Yılmaz (1997) masifin yaşı ile ilgili birçok radyometrik ve paleontolojik yaşlandırma yapıldığını ancak masifin oluşumu ve gelişmesinin hala tartışıldığını ifade etmiştir. Alttaki gnaysların radyometrik yaşının 1.2 milyar yıldan 5-10 milyon yıla kadar değiştiği ortaya konulmuştur (Şengör ve diğ. 1984). Bununla beraber esas metamorfik fazın Geç Kretase ile Erken Miyosen arasında meydana geldiği sanılmaktadır (Yılmaz, 1997).

### ***3.1.2 İzmir-Ankara Kenet Kuşağı***

Bu kenet kuşağı Sakarya kıtası ile Menderes masifi Toros sistemi arasında yer almaktadır. Genel olarak ofiyolitik melanj ve peridotitlerden oluşur (Erdoğan ve Güngör, 1992). İzmir çevresi Bornova şisti veya karmaşığı olarak adlandırılmaktadır. Triyas' ta Menderes Masifi ile Sakarya Kıtası arasında gelişen okyanusa ait kabuk Üst Kretase' de Sakarya Kıtası' nın altına dalmaya başlamıştır. Paleosen' de iki kıtanın çarpışmasıyla okyanusa ait çökeller ve denizaltı volkanitleri güneye doğru taşınmıştır. Bu kuşak boyunca ilksel özelliğini kaybetmiş tortulların ve volkanitlerin yayılım gösterdiği alana İzmir Ankara Zonu adı verilir (Kaya, 1991, Erdoğan ve Güngör, 1992).

Brinkmann tarafından ilk kez tanımlanmış olan (1966, 1972 ve 1976) İzmir-Ankara Zonu, başlıca filiş türü kayalar, değişik kireçtaşları ile ultramafik kayalardan oluşur. Kampaniyen-Daniyen yaşında oluşmuş filiş havzası içerisindeki kireçtaşı kütleleri tortullaşma sırasında yer değiştirmiştir. Bunun sonucu olarak blokları tabanında, sedimantasyonla yaşıt yumuşak deformasyon yapıları yaygın olup üzerleri ise filiş tarafından çok düzensiz dokanaklar boyunca sıvanmıştır. İzmir-Ankara Zonu içerisinde oluşmuş bu bloklu birime, Bornova Karmaşığı adı verilmiştir (Erdoğan, 1985-1988).

Menderes Masifi üzerine bindirmiş olan İzmir Ankara Zonu, Manisa' dan Seferihisar' a kadar uzanan geniş bir bölgede Kampaniyen-Daniyen olan filiş fasiyesinde tortul kayalar ve mafik volkanik ara katkılardan yapıli bir matriks ve matriks içinde yüzen boyları 20 km' yi aşan kireçtaşı bloklarından oluşur. Bölgesel olarak temeli oluşturan bu birim üzerine, Neojen yaşlı tortul ve volkanik kayalar açısai uyumsuz olarak gelir. Bornova Karmaşığı adı verilen bu birimin, matriksinin çökelimi sırasında kireçtaşı blok ve mega blokları tortulaşma ortamına taşınmış ve bunun sonucu blokların çevresinde yumuşak sediment deformasyonları gözlenen karmaşık dokanak yapıları gelişmiştir (Erdoğan, 1990).

Genel olarak ofiyolitik melanj ve peridotitlerden oluşan İzmir Ankara Zonu bazı yerlerde metamorfizma geçirmiştir. Melanj ve Sakarya/Menderes üniteleri arasında tektonik kontak bulunmaktadır ve orijinal bindirme kontağının yer yer daha sonraki tektonizmadan etkilendiğı belirtilmiştir (Yılmaz, 1997). Melanj, aşırı deformasyon geçirmiş volkanik sedimentler birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimler genelde sipilitik bazik lavlar şeyl ve kumtaşları içermektedirler. Yine melanjın içinde radyolaryalı çörtler, pelajik kireçtaşları, manganlı çörtler, neritik kireçtaşları, mermer blokları ve serpantinler yer almaktadır. Melanjın yaşının en az Üst Kretase olduğu içindeki kırmızı renkli kireçtaşı bloklarından anlaşılmaktadır (Yılmaz, 1997).



Şekil 3.2 Batı Anadolu'nun tektonik haritası ve ana kıtasal blokları-tektonik zonları gösteren bölgeler (Okay, 1989)

### 3.1.2.1 Bornova Karmaşığı

Bölgede görülen en yaşlı birim İzmir Ankara Zonu' na ait Bornova Karmaşığı'dır. (Erdoğan, 1990). Maestrihtiyen-Daniyen yaşlıdır. Temel oluşturan Bornova Karmaşığı, İzmir Ankara Zonu' nun ileri derecede deformasyona uğraması sonucu olarak kıvrımlı bir yapı göstermektedir. Oldukça karmaşık bir içyapı sunan birimde çamurtaşı şeyl ve çakıltaşı düzeyleri görülmektedir.

Çoğunlukla alterasyona uğramış Bornova karmaşığı, sarımsı kahve renktedir. Bazı seviyelerde ise grimsi siyah turuncumsu kahverengi renklerinde gözlenmektedir. Aşırı derecede deforme olmuş birim kıvrımlı-kırıklı-ezik ve parçalanmış yapısıyla karakteristiktir.





Şekil 3.3 Bornova Karmaşığı içerisinde gözlenen kireçtaşları

### Mesozoyik – Üst Kretase

*3.1.2.1.1 İzmir Filişi* : Filiş genellikle killi şist, arkoz, konglomera, gre, kristalin kalk şist tabakalarından oluşmuştur. Filişin bazı kısımlarında killi şist ve radyolaritler arasında tespit edilen ve bazen milimetre kalınlığına sahip olan hafif kristalin kalk şist seviyeleri Üst Kretase' yi temsil eden fosiller (Globotruncana çeşitleri) bulundurmaktadır.

Üst Kretase gri kalkerleri alttaki filişlerle tedrici geçiş gösterir. Bu kalkerler bazı yerlerde şistlere ait tabakalar üzerinde diskordans olarak bulunur.

Miyosen' de alt ve üst seriler ayırt edilmiştir. Alt seri konglomera, gre, marn, kil ve volkanik tüflerle kalker seviyelerini bulundurur. Üst seride ise hakim olan kalkerden başka, marn, kil ve volkanik tüfler yer alır.



Şekil 3.4 İnceleme alanında gözlenen filiş birimleri

Kretase; Filiş ve gri renkli kalkerlerle temsil olunur.

Filiş; genellikle koyu esmer renkli olan filişler çeşitli killi şist, mikalı gre, arkoz, konglomera, kristalin veya dolomitik kalker, kırmızımtırak pembe veya grimsi esmer renkli şistli kalker ve radyolaritlerle temsil olunmuştur. Bu tabakalar bazen kuvars, kalsit bazen de her iki minerale ait damarlarla kat olunmuştur. Filişe ait tabakalar diğerleri ile konkordan ve aşamalı geçişlidir. Bunlar arasında her hangi bir diskordans gözlenmemiştir. Filişlerin genel doğrultusu K-G' dir. Tabaka eğimleri ise 20°-85° arasında değişmektedir.

Kretase' nin en üstü gri renkli kompakt kalkerlerle temsil olunmuştur. Kalkerlerle alttaki filişler arasında konkordan ve aşamalı bir geçiş söz konusudur (Akartuna, 1962).

## **Senozoyik (Miyosen)**

### **3.1.3 Yeniköy Formasyonu**

Adını çalışma alanının güneyindeki Yeniköy' den alan ve çalışma alanının güney kesimlerinde gözlenen bu formasyon, çakıltası, kumtaşı, kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Birim Yılmaz (1977) tarafından Yeniköy Fm. olarak tanımlanmıştır. Yeniköy Formasyonu' nun alt dokanağı İzmir Filişi ile uyumsuz olup, çoğu yerde faylıdır. Formasyon içinde bulunan fosillere göre Alt Pliyosen, Dasiyen, Dasiyen civarı olarak yaş değerlendirilmesi yapılmıştır (Akartuna 1962).

**Kumtaşları:** Kahverengimsi ayrışma renkli sarımsı taze yüzey renklidir. Değişik kalınlık ve yönlerde katmanlıdırlar. Kötü boyplanmalı tanelere sahip olup, taneler yarı köşelidir. Çatlaklı olup bu çatlaklar kalsit dolguludur.

**Şeyler:** Gri, sarımsı, yeşilimsi ayrışma renkli, gri taze yüzey renklidir. Kumtaşı ile ardalanmalı olarak bulunur.

**Çamurtaşları:** Açık gri sarımsı renkli oldukça dayanımlı ve çatlaklıdır. Kırıldıklarında düzgün kırılma yüzeyi oluşturur. Yapılan çalışmalar sonucu bu birime Miyosen yaşı verilmiştir (Akartuna, 1962). Bu bölgedeki Neojen tortullarının (marınlar) konumu; K20 D\ 20 GD (Yıldırım, 2005).

## **Pliyosen**

### **3.1.4 Cumaovası Volkanitleri**

Çalışma alanının güneydoğusu ve güneybatısında gözlenen birim aglomera, tüf, tüfit, riyolit ve perlitlerden meydana gelmektedir. Yeniköy Formasyonu bu birimi uyumsuzlukla üzerlemektedir.

**Riyolitler:** Beyazımsı pembemsi grimsi renklidir. Vitrofirik porfirik yapıda olup sferolitik doku ve akma dokusu yaygın tipidir. Mineralojik bileşimleri kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz ve biyotittir. % 40-50 ferokristal ile % 40-50 kriptokristalin camsı hamur içermektedir (Özgenç 1978). Riyolitlerin konumu; K 35 D/ 15 GD (Yıldırım, 2005).

**Perlitler:** Cumaovası mevkiinde perlit cevherleşmesi Murat Tepe' nin kuzey eteklerinden başlayıp takiben 10 km boyunca Murat, Mezarkaya, Aktaş, Güllüktepe ve Karadağa kadar uzanmaktadır. Perlit cevheri tamamen yüzeyde olup bazı kısımları 0 -1,5 m' yi bulan doğal örtü tabakasıyla kaplıdır. Perlitler grimsi, mavimsi, sarımsı renklidir. Ortaç dayanım gösterirler. Bol çatlaklı ve kırıklı bir yapı sunarlar. Çalışma alanındaki perlit lav akıntıları şeklinde yerleşmiştir. Perlitlerin konumu; K 10 B / 72 KB (Yıldırım, 2005).

**Tüf:** Tüfler içerisinde gevşek dayanımı az malzemeyle dayanımı daha fazla olan malzeme bir arada bulunmaktadır. Elimize aldığımızda kolay ufalanabilen malzeme içerisinde biyotit çakılları gözlenmektedir (Yıldırım, 2005).

## **Kuvaterner**

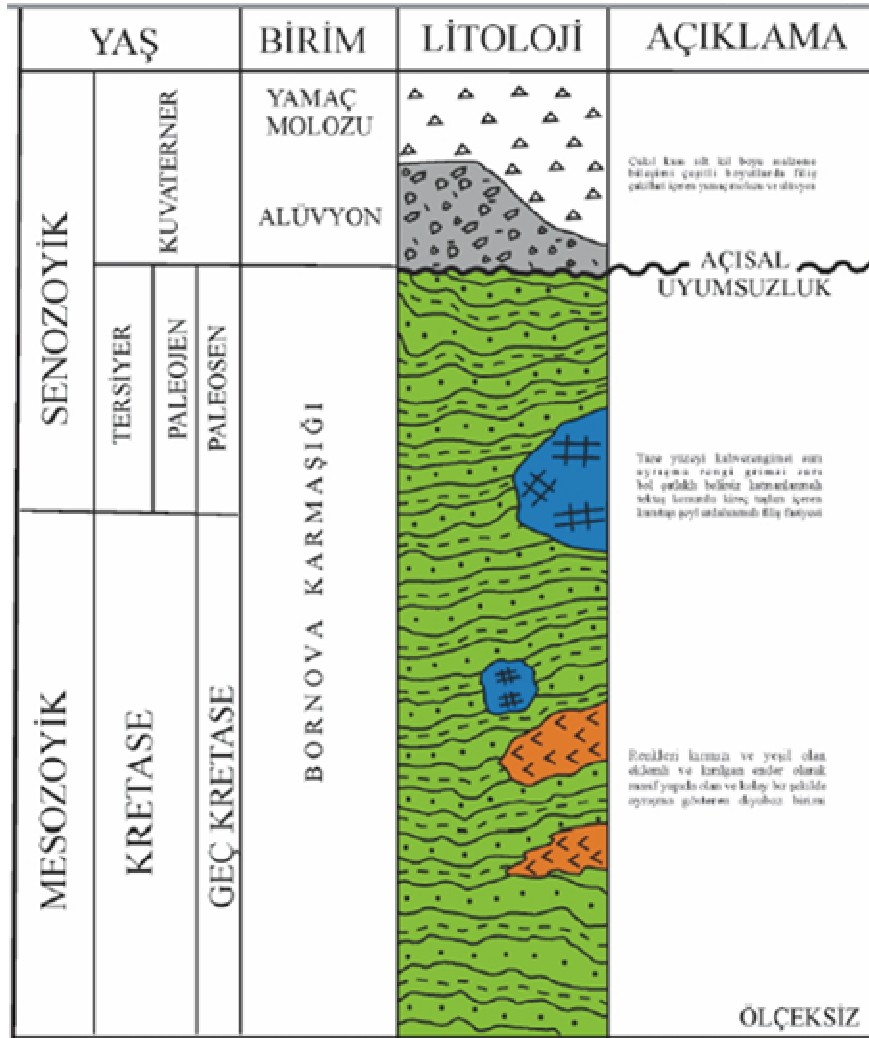
### **3.1.5 Yamaç Molozu ve Alüvyon**

Bölgedeki Kuvaterner, dere vadileri boyunca gözlenen çakıl, kum ve kilden oluşan yeni alüvyonlar, kum ve çakıldan oluşan alüvyonlar ve normal fayların oluşturduğu yükseltelerin eteklerinde gözlenen yamaç molozları ile temsil edilmektedir.

Baraj rezervuar alanında gözlenmeyen yamaç molozları inceleme alanının kuzey kesimlerinde gözlenmektedir. Agamemnon I Fayı olarak adlandırılan fayın kuzeyinde Balçova' nın güneyindeki vadinin batı yamacında gözlenmektedir. Yamaç molozları, normal fayların yükselmesine bağlı olarak faya yakın kesimlerde

oluşmuşlardır. Yamaç molozu gevşek tutturulmuş yer yer köşeli çakıllardan oluşmaktadır.

Yamaç molozları deniz kenarına doğru gittikçe incelmekte ve Kuvaterner yaşlı alüvyona geçiş göstermektedir. Balçova ilçesindeki yerleşimin büyük bölümü bu alüvyon düzlük üzerinde yer almaktadır. Alüvyon birimi daha çok filiş üyelerinin kötü boylanmış çakıllarından, kum ve kilden oluşmuş kötü boylanmalıdır.



Şekil 3.5 İnceleme alanının kolan kesiti (Özer, 2005)

### 3.1.6 İnceleme Alanının Jeolojisi

Balçova Barajı ve çevresinde Üst Kretase yaşlı İzmir Filişi bulunur. İzmir Filişi meta kumtaşı, fillit, meta kıltaşı, meta diyabaz, serpantinit ve kireçtaşı gibi kayalardan oluşur. İnceleme alanında serpantinitlere barajın güneybatı kesimlerinde rastlanılmıştır. Filişin üst seviyesi gri renkli kalkerlerden meydana gelmiştir. Filişin bütün seviyeleri birbirleriyle yanal ve dikey geçiş gösterirler. Bunlar bazen kalsit, bazen kuvars damarları ile kat olunmuştur. Bent yerinde bulunan filiş oluşumlarından koyu gri renkli killi şist, kalk şist, dolomitik kalker, gre ve arkoz bulunmaktadır. Filiş oluşumları bazen hafif bazen da oldukça kuvvetli bir metamorfizmaya maruz kalmıştır. Kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Şistler genellikle geçirimsiz, yarı geçirimli ve yer yer çatlaklı, eklemlidir. Tabanda ortalama 5,5 m kalınlığında alüvial depozit bulunmaktadır. Genellikle silt, kum çakıl ve bloktan ibaret alüvyon, bent yerinde düzensiz bir şekilde depolanmıştır. Baraj yeri ve çevresi oldukça etkin bir deprem alanının içerisinde kalmaktadır.

Değişik renk ve kalınlıkta olan İzmir Filişi, Menderes Masifi üzerine allokton olarak gelir. İzmir Filişi' nin üzerine açılal uyumsuzlukla Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu gelmektedir. Bu formasyon kumtaşı, kıltaşı, kireçtaşı ve çakıltaşlarından oluşmuş olup Cumaovası Volkanitleri tarafından kesilmiştir. En üstte yamaç molozu ve alüvyon bulunur.



Şekil 3.6 Barajın güneybatı kesimlerinde gözlenen serpantinitlerden bir görünüm



Şekil 3.7 Barajın güneybatı kesimlerinde gözlenen serpantinitlerden genel bir görünüm

İzmir Filişi Balçova kaplıcalarından güneye doğru Ilica Deresi boyunca yer alan yol yarmalarında, Balçova Baraj yolu boyunca, traşlanmış bölgelerde gözlenmektedir. İnceleme alanı çevresinde ise Seferihisar, Doğanbey, Gümüldür,

Bornova, Kemalpaşa, Güzelbahçe civarında gözlenmektedir. İnceleme alanındaki filiş birimi içerisinde hidrotermal alterasyona uğramış kayalar gözlenmektedir.

Baraj yerinde talvegde maksimum 5,5 m kalınlığında silt, kum, çakıl ile bloklardan oluşan, düzensiz olarak depolanmış alüvyon yer alır (Kiper, 2007).

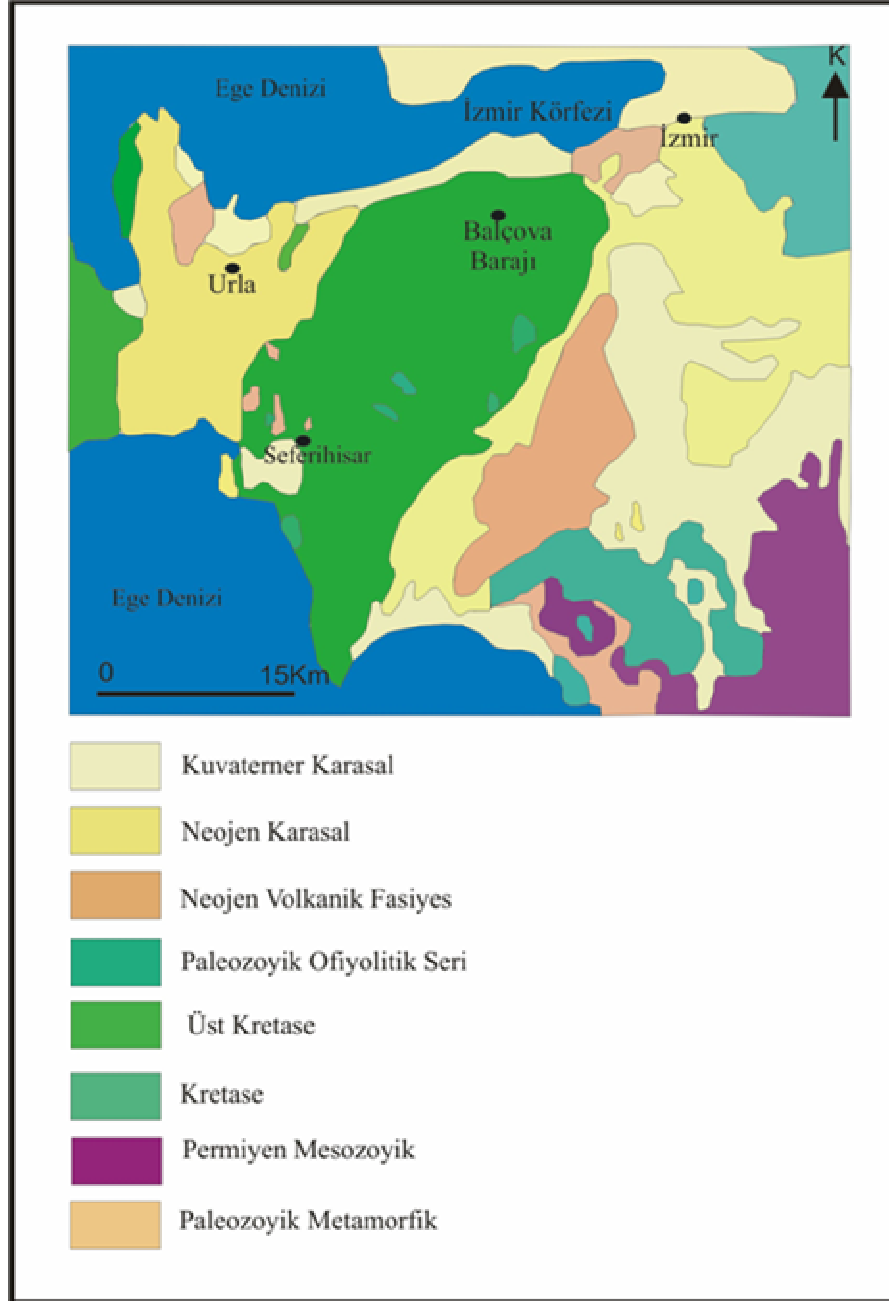


Şekil 3.8 Balçova baraj yolundaki alterasyonları gösteren fotoğraf

### ***3.1.7 Stratigrafi***

Çalışma alanının stratigrafik ve yapısal özelliklerinin ortaya konulması amacıyla bölgenin daha önceden hazırlanmış jeoloji haritası incelenmiş ve alanda mevcut olan kaya birimleri ayırtlanmaya çalışılmıştır. Birimlerin özelliklerinin ve çökme ortamlarının belirlenmesi amacıyla baraj alanı ve çevresinde yapılan daha önceki çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen bu veriler ve arazi gözlemleriyle birleştirilerek çalışma alanının jeoloji haritası hazırlanmıştır.





Şekil 3.9 İzmir ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA 1964)

### 3.1.7.1 Yapısal Jeoloji

Ege Bölgesi günümüzde aktif bir K-G gerilme deformasyonunun etkisindedir. Batı Anadolu, günümüzde başlıca iki etkin hareketin denetiminde tektonik gelişim göstermektedir. Bunlardan birisi, Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı' nın

sınırladığı levhacığın Karlıova birleşme noktasından başlayarak ortalama 20mm/yıl batı yönünde ilerlemesidir. Batı Anadolu aynı zamanda K-G yönlü bir gerilmeye uğramaktadır. Buna bağlı olarak bölge 3-6 cm/yıl gerilmektedir. Bunun sonucunda bölgenin jeolojisinde egemen yapı unsurları olarak D-B gidişli grabenler gelişmektedir.

İzmir Körfezi-Bornova oluşunun kuzey ve güneyindeki dağ bloklarının KD-GB doğrultulu İzmir-Ankara Zonu içerisinde bulunduğu, aynı zamanda batı-doğu doğrultulu en son yükselim kuşaklarının (horstların) bölümleri olduğu görülür. Çalışma alanı Batı Anadolu tektonik yapısına sahiptir. Batı Anadolu' da egemen olan neotektonik dönem genişmesinin etkisi ile Ege Bölgesi' nde görülen horst-graben yapısı burada da gözlenmektedir.

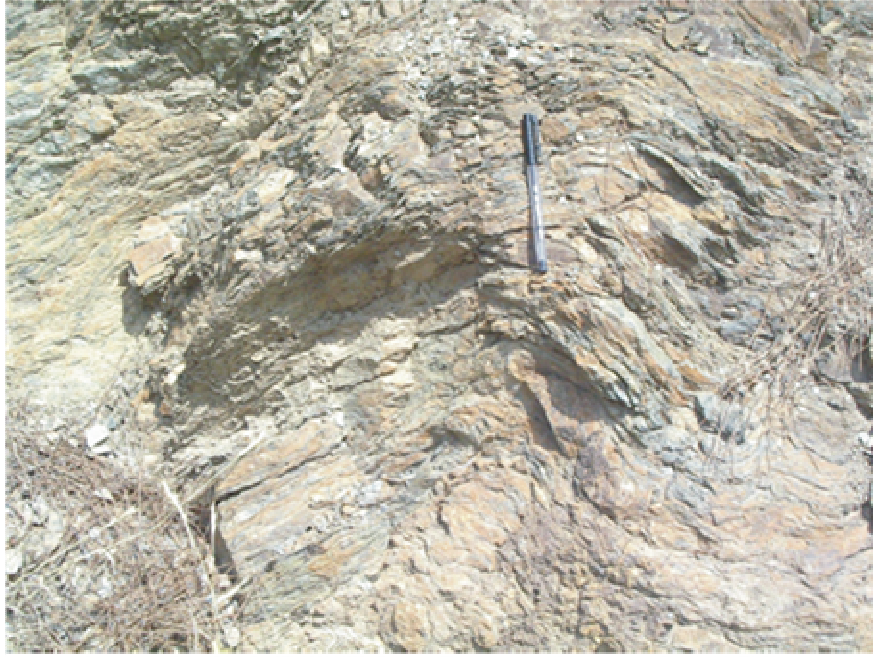


Şekil 3.10 Doğu Akdeniz'in güncel tektoniğini kontrol eden ana yapılar ve Araştırma Alanının konumunu gösterir harita (MTA, 2005)

Bunun nedeni İzmir çevresinde neotektonik şekillenmenin iki farklı aşamada gerçekleşmiş olmasıdır. İlk aşamada Miyosen' de yükselen filiş kuşağının, kendi içyapısında meydana gelen boyuna-enine açılmalarla KD-GB doğrultusunda parçalanıp, çukurlaşan alanlar o dönemin paleocoğrafyasına uygun olarak göllerle kaplanmıştır. Bu gelişme şiddetli bir volkanizma ile birlikte sürmüştür. Göl

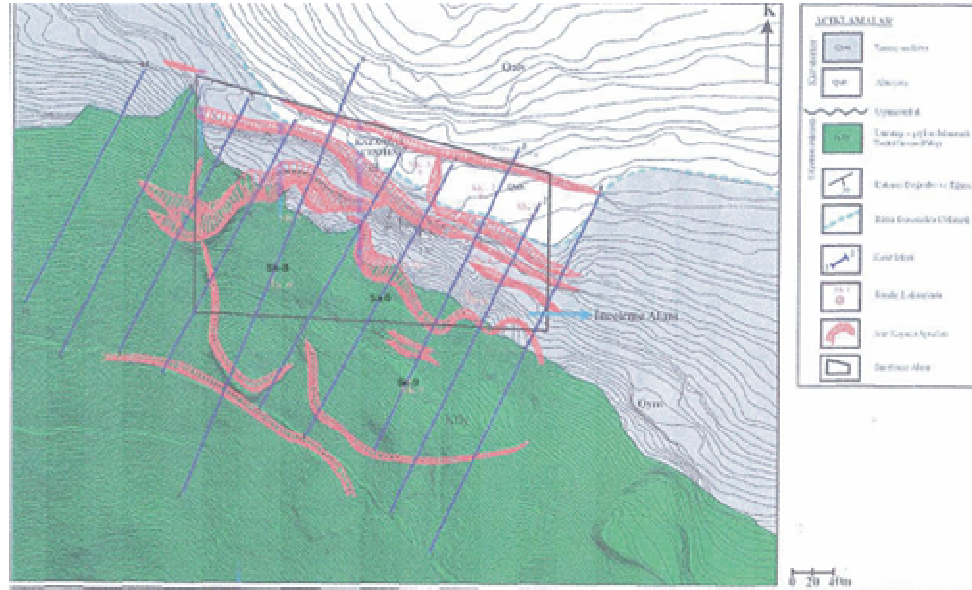
sedimanlar altta daha çok kırıntılı, üstte karbonatlı katmanlardan oluşmaktadır (Kayhan, 2000). İkinci aşamada ise yükselmeye devam eden dağ blokları arasındaki Miyosen yaşlı gölsey sediman istifleri de parçalanmış; graben içinde grabenler gelişmiştir. Batı Anadolu'daki yükselme geriliminin Güney Ege yitim zonuna doğru çekilmesiyle batı-doğu doğrultulu faylanmalar etkili olmuş ve bugünkü horst graben morfolojisi gelişmeye başlamıştır. İzmir de bu genç çöküntü alanlarından birinin içerisinde bulunmaktadır (Brinkmann, 1976).

*3.1.7.1 1 Tabakalanma, Kıvrımlar:* İnceleme alanında en yaygın birim olan İzmir Filişi' nin tabaka doğrultu ve eğimleri, birimin içyapısındaki düzensizliklerin ve tektonik olayların bir sonucu olarak değişkenlik göstermektedir. Birim oldukça kırıklı ve kıvrımlı bir yapıdadır. İzmir Filiş birimi kendi içerisinde bile çok fazla kıvrım ve kıvrımcıklar gözlenmektedir. İnceleme alanında filiş serisine ait birimler çok ince tabakalı ve laminalıdır. Tabakalar  $K55-74^{\circ}$  B doğrultuludur. Eğim yönleri ise  $30-35^{\circ}$  arasında değişen açılarla KD' ya doğrudur. Ayrıca birimin değişkenlik sunan doğrultu ve eğim yönleri de Menderes Masifi'nin yükselmesine bağlı olarak filişin KB yönünde kayması ile açıklanabilir (Sözbilir ve diğ., 2008).



Şekil 3.11 Ilıca Deresi yakınlarındaki filiş içerisindeki kıvrımlardan bir görünüm

3.1.7.1.2 *Heyelanlar*: İnceleme alanının çevresinde Norbel ve Kabaoğlu heyelan sahaları bulunmaktadır. Bu heyelan sahaları çevrelerinde bulunan yapılara zarar vermelerine karşın Balçova baraj havzası içerisinde herhangi bir olumsuz etkileri gözlenmemiştir.



Şekil 3.12 Norbel ve Kabaoğlu Heyelan Sahaları Jeoloji Haritası (Köse, 2007)

*3.1.7.1.3 Faylar ve Depremsellik:* Bir bölgenin deprem etkinliği olan depremsellik, deprem bilgisinin türevine dayanır. Bir deprem için; oluş zamanı, episantr koordinatları, odak derinliği, episantr dağılımı, büyüklük dağılımı, episantr ve büyüklüklerin derinlik dağılımı, şiddet dağılımı, enerji yoğunluk dağılımı, hız tepki fonksiyonu ve ivme spektrumu, fay düzlemi çözümleri, kaynak parametreleri, deprem riski, enerji boşalımı, moment tansör analizleri, kaydedilen deprem bilgisinin türevidir. İşte depremsellik tüm bu bilgilerin korelasyonu ve kombinasyonu ile oluşan bir kavramdır. Hemen hemen tamamı deprem bölgesi olan Türkiye' nin doğusu ile batısı deprem mekanizması bakımından genel bir farklılık gösterir. Bu anlamda Anadolu levhası, iki kenarından doğrultu atımlı faylarla yönlendirilen, batısında daha çok eğim atımlı fay mekanizmasına sahip depremlerin egemen olduğu; biri yanal hareketi diğeri düşey hareketi karakterize eden temel iki kuvvet mekanizması ile davranışını sürdüren bir küttedir (Utku, 2000).

Türkiye, dünyanın en önemli aktif kuşaklarından Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer alır. Bu kuşak eski jeolojik dönemler boyunca tektonik yönden hareketli bir kuşaktır. Türkiye, güneyden kuzeye ve kuzeybatıya hareket eden Afrika ve Arap plakaları ile kuzeydeki Avrasya Plakası üzerinde yer almaktadır. Bu plakaların sıkıştırması ile batıya doğru kaçmaya zorlanan Anadolu Plakası' nın hareketi, Batı Anadolu'da kuzey-güney yönlü genişlemeler sonucu Ege graben sistemlerini oluşturmuştur. Batı Anadolu' da Ege Denizi' ne dik, birbirlerine paralel uzanımlı ova ve dağları oluşturan faylar bulunmaktadır (Baba ve diğ., 2000).



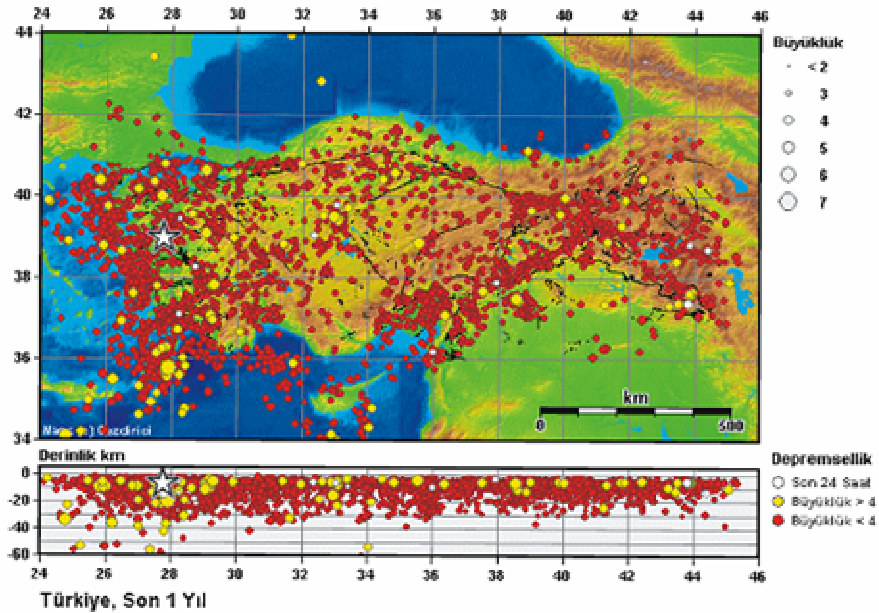
Şekil 3.13 Türkiye'nin neotektonik dönem haritası (Ramazanoğlu, 2008)

Bu yanal kaçış hareketinin kuzey sınırını Kuzey Anadolu Fayı belirlemektedir. Güney sınırını ise doğuda Doğu Anadolu Fayı, güney Anadolu'da ise Kıbrıs ve Helenik yayları oluşturmaktadır (Şekil 3.14). Kıbrıs ve Helenik yayları boyunca Afrika kıtasının kuzey kenarındaki okyanusal litosfer Anadolu ve Ege'nin altına dalarak yutulmaktadır.



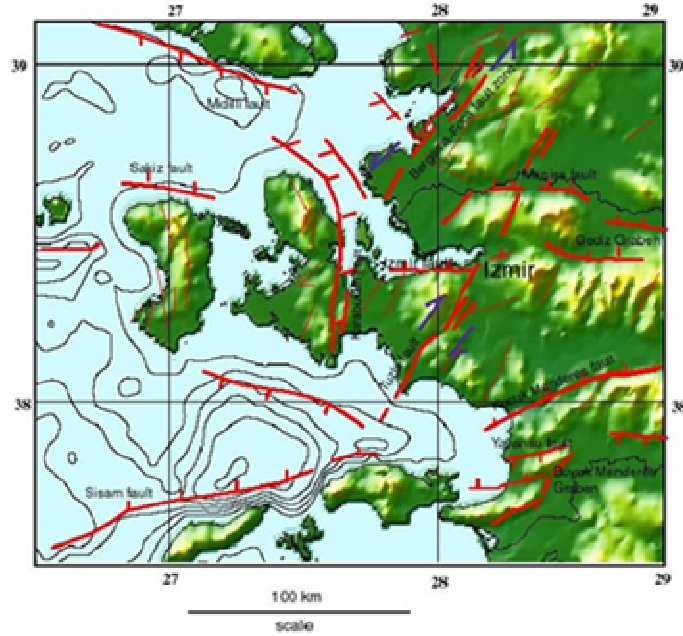
Şekil 3.14 Anadolu Levhasının Batıya Kayışının Mekanizması (MTA, 2000)

İzmir ve çevresi neotektonik dönemde açılmalı tektonik rejimin egemen olduğu Batı Anadolu’ da yer alır. İzmir kent yerleşimi söz konusu açılmalı tektonik rejimin ürünü olan Gediz Grabeni’ nin batı ucunda D-B uzanımlı tektonik bir oluğa yerleşmiş aynı adlı körfezi çevreler. İzmir ve çevresi tektonik hareketliliği ve dinamizmi nedeni ile tarihsel dönemlerden bu yana yoğun deprem aktivitesine sahne olmuştur. Bölgedeki deprem episantrlarının çoğunluğu Ege Denizi’ nde, Karaburun-Sakız Adası, İzmir Körfezi-Midilli Adası ve Doğanbey Burnu-Sisam Adası arasına rastlamaktadır. Son yüzyıl içerisinde İzmir ve çevresini etkileyen üç büyük deprem meydana gelmiştir. 1928 Torbalı depremi (Ms:6,5), 1949 Karaburun depremi, 1992 Doğanbey depremi, daha çok İzmir’ in güneyindeki alanlarda etkili olmuştur (Akıncı ve diğ., 2000).



Şekil 3.15 Türkiye’ de son bir yılda meydana gelen depremler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2009)

Ege Bölgesi’ nin tektonik yapısından dolayı bu bölgede oluşan depremlerin büyük bir çoğunluğunun merkez üssü Ege Denizi içerisinde yer almaktadır. Özellikle Gediz Grabeni’ nin batısında yer alan Kemalpaşa Fayları, Körfez güneyindeki İzmir Fayı, Cumaovası-Doğanbey Burnu arasındaki Tuzla Fayı ve Karaburun Yarımadası’ nda yer alan Gülbahçe-Karaburun Fayı yöresinin aktif fayları, Cumaovası-Dumanlıdağ Fayları ise olası aktif fay olarak yorumlanmıştır (Barka ve diğ., 2000).



Şekil 3.16 İzmir ve çevresinin aktif fayları (İzmir Deprem Master Planı)

Morfolojik olarak en belirgin tektonik yapılar D-B doğrultuludur. Normal fay karakterindeki bu yapılar Gediz grabeninin batı ucunda ve İzmir Körfezi' nde yer alırlar. Ayrıca KD-GB ve KB-GD faylar özellikle İzmir civarında önemli rol oynamaktadır ve bu fayların kinematik özellikleri İzmir kuzeyi ve güneyinde farklılaşmaktadır. Normal faylarla sınırlı graben yapıları İzmir Körfezi doğusunda yer alırlar

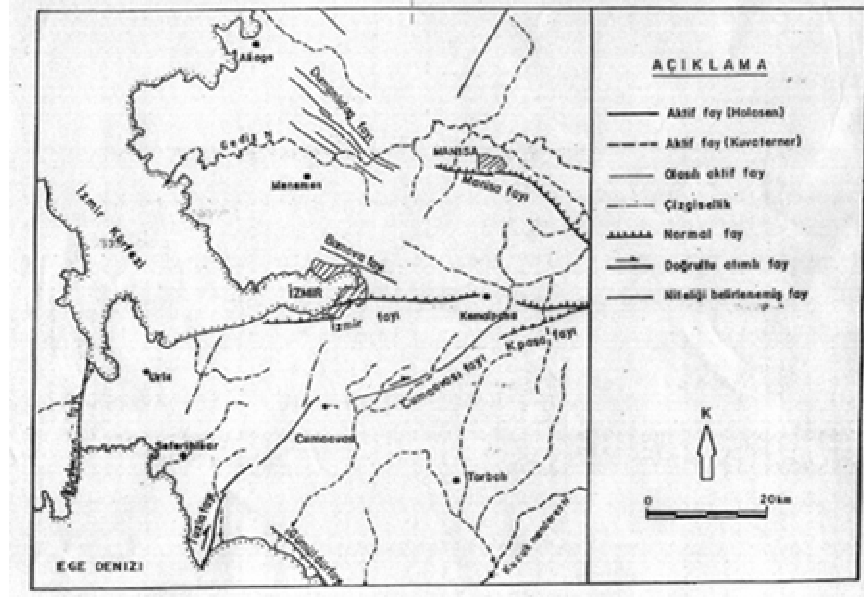
İnceleme alanına etkisi olduğu düşünülen faylar aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

\* *İzmir Fayı*: İzmir Körfezi' nin doğusunda bu körfezi güneyden morfolojik olarak sınırlayan D-B uzanımlı fay İzmir Fayı olarak adlandırılmıştır (Emre ve Barka, 2000). İzmir Körfezi' nin doğu yarısı fayın kuzey bloğunda gelişmiş bir tektonik çukurluk veya oluk niteliğindedir. Bu tektonik oluk Batı Anadolu açılmalı tektonik rejimi içerisinde şekillenmiş en büyük çöküntü havzalarından birisini oluşturan Gediz graben sisteminin batıya doğru devamında yer alır. Fayın kuzey bloğunda şekillenmiş İzmir çöküntü havzasının tabanını Karaburun Yarımadası ile



Bayraklı arasında Ege Denizi suları altındadır ve körfezi oluşturur. İzmir Çöküntüsü kuzeydoğuda Kretase yaşlı Bornova Filişi ile Miyosen yaşlı sedimenter ve volkanik kayalardan oluşan Yamanlar Dağı kütle tarafından sınırlandırılmıştır. Fayın güney bloğu ise morfolojik olarak yüksektir. En batıda Kretase yaşlı Bornova Filişi, Dikmen Dağı yükselimini oluşturur. Balçova-Güzelbahçe arasında İzmir Fayı genelde Bornova Filişini keser veya bununla Kuvaterner yaşlı çökeller arasında dokanak oluşturur. Balçova ile Buca arasında fayın güney bloğunda Miyosen yaşlı volkanik çökel kayalar yüzeyler.

İzmir Fayı batı ucunda fay ikiye ayrılır. Güney kolu KD-GB doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı Seferihisar Fayı' nın doğrultusunda sonlanır. KB' ya yönelen kuzey kol ise olasılıkla İzmir Körfezi tabanında Çiçekadalari ile Uzunada doğusunda yer alan KKB-GGD doğrultulu fay zonuyla bağlantılıdır. Fay İzmir kent yerleşimini D-B yönünde boydan boya keser.

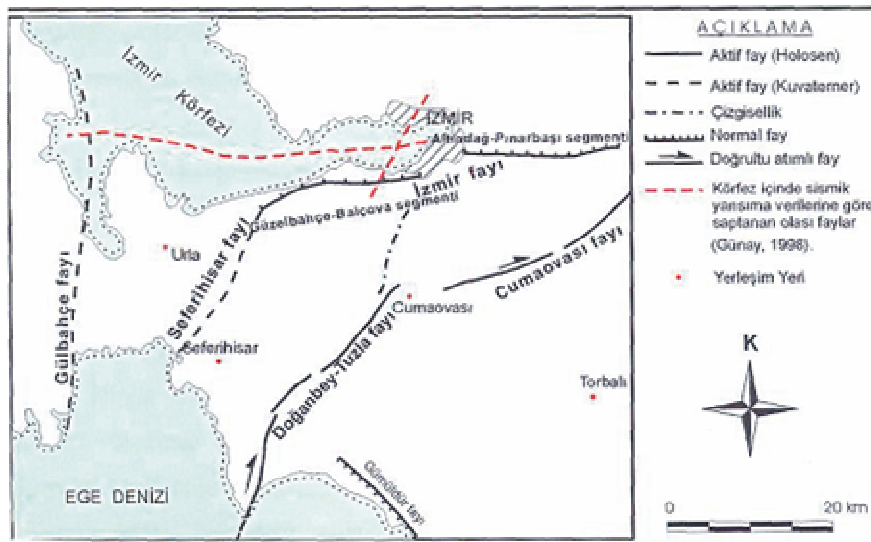


Şekil 3.17 İzmir Fayı'nın konumu

İzmir Fayı Balçova ve Narlıdere olmak üzere iki geometrik segmente ayrılmıştır. Balçova segmenti İzmir Fayı' nın batı bölümünü oluşturur. Güzelbahçe kuzeyindeki Yalı Mahallesi ile Göztepe arasında segment K82D genel doğrultulu olup, 15 km

uzunluğundadır. En güneydeki fay ana fay niteliğindedir. Fay zonu İzmir Körfezi ile Seferihisar yükselimi arasında yaklaşık 400 m yüksekliğe ulaşan dik yamaç zonunun etek bölümünde yer alır. Zondaki faylardan güneydekiler genelde Kretase yaşlı Bornova Filişi' nin oluşturduğu kaya topluluklarını keser. Kuzeydeki faylar ise İzmir Körfezi güneyinde dar bir kıyı şeridi oluşturan ve yelpaze deltası çökellerinde meydana gelen kıyı düzlüğü alüvyonları ile filişel kayalar arasında yer yer dokanak oluşturur ve çoğunlukla da filiş içerisinde izlenir.

Narlidere batısında birbirine paralel iki fay yer alır. Güneydeki fay ise İstihkam Okulu ile Balçova'daki Agamemnon Kaplıcaları arasında 8km uzunluğunda kesintisiz bir çizgisellik oluşturur. K80-85D genel gidişli olan bu parça güneye içbükey bir yay şeklindedir. Narlıdere doğusunda Balçova segmenti bir birine paralel bir seri normal faylardan oluşur. Agamemnon kaplıcalarının hemen güneyinde Ilıca dere vadisinin doğu yamacında Bornova Filişi' ne ait litolojilerde fay düzlemi net olarak izlenebilmektedir. Kaplıca binasının güneyinde Ilıca Deresi girişindeki temel kayalarda açılmış bir yarmada yapılan ölçümlerde fay düzleminin K80B doğrultulu ve  $63^\circ$  ile kuzeye eğimli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Sözbilir vd tarafından yapılan kinematik analiz çalışmalarıyla fayın oblik atım niteliği taşıdığı ispatlanmıştır.



Şekil 3.18 İzmir ve çevresinin neotektonik yapıları (Köse, 2007)

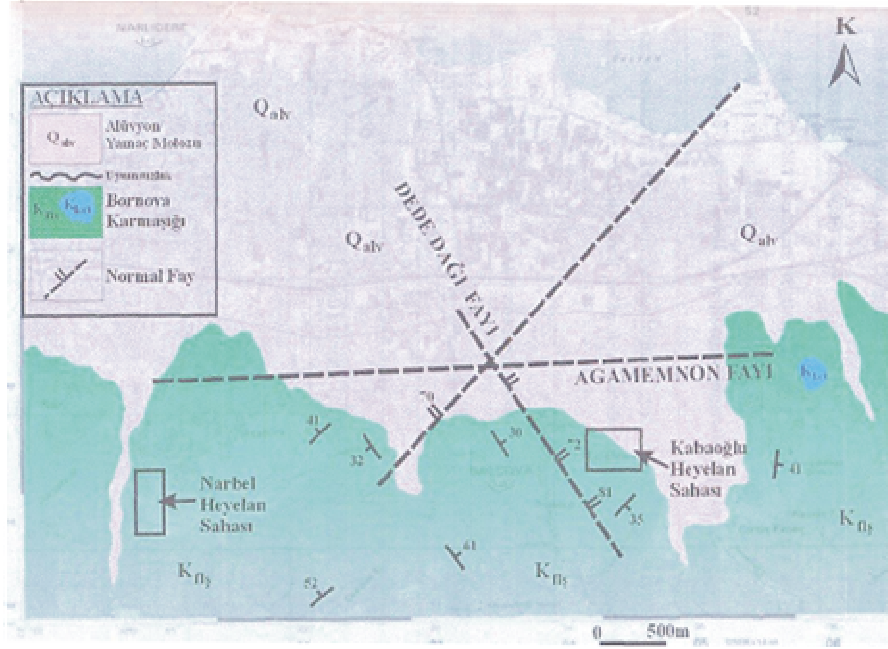
D-B Doğrultulu İzmir Fayı' nın Balçova segmenti kapsamındaki 'Agamemnon-I' Fayı Balçova sahasında net bir şekilde gözlenmektedir. Ancak KD-GB doğrultulu 'Agamemnon-II' Fayı ise hala tartışmalıdır.



Şekil 3.19 Prenseler Hotel' in arkasındaki fayın görünümü

**\*Agamemnon I Fayı :** Pliyosen başında oluşmaya başlamış D-B doğrultulu Agamemnon Fayı-I aktivitesini sürdürmektedir. Balçova kaplıcaları 'nın oluşması da bu faya bağlıdır. Fay zonu boyunca hidrotermal alterasyon yaygındır ve eğim ortalama 65° kuzeydir.

**\*Agamemnon II Fayı :** İlk kez Tezcan (1962) tarafından yapılan çalışmalarla ortaya konan fayın K30°D VE eğiminin 79° GB olduğu belirtilmiştir. Erdoğan 1990'a göre KD-GB doğrultulu Agamemnon-II fayı Balçova bölgesinde etkili olan diğer önemli faydır. Bu fay Agamemnon Fayı-I' den daha eski olup, termal aktivitesi daha azdır.



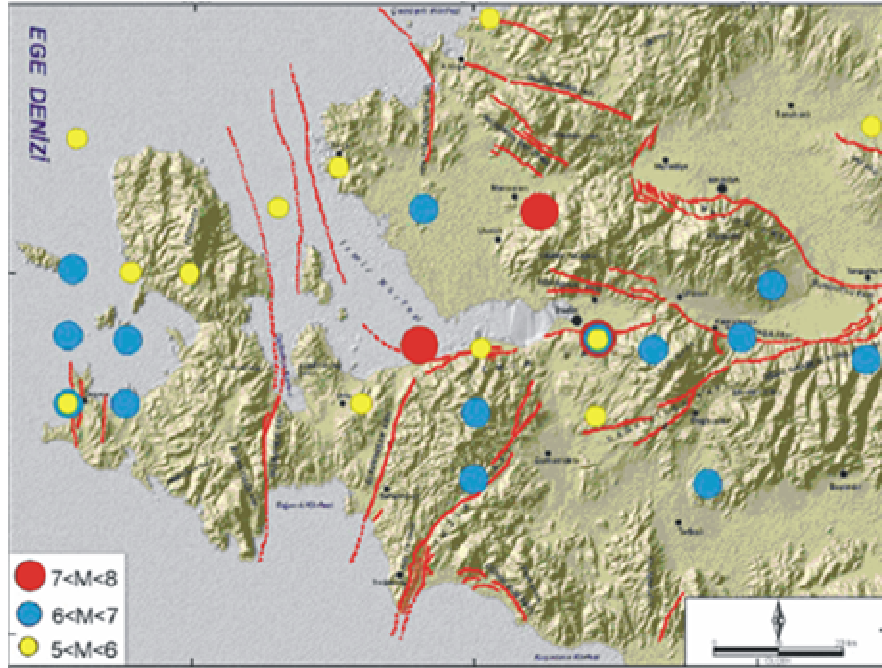
Şekil 3.20 İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası, fay hatları ve heyelan sahaları (Köse, 2007)

*\* İzmir ve çevresinde Meydana Gelmiş Önemli Depremler*

Tablo 3.1 İzmir ve çevresinde tarihsel dönemlerde hasara yol açmış büyük depremler

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Büyüklik
17	38,40	27,50	X	7,0
105	38,90	27,00	VIII	6,4
176-177	38,60	26,65	VII	5,8
178	38,30	27,10	VIII	6,5
688	38,41	27,20	IX	6,5
1039	38,40	27,30	VIII	6,8
20 Mart 1389	38,40	26,30	VIII	6,7
20 Mayıs 1654	38,50	27,10	VII	6,4
2 Haziran 1664	38,41	27,20	VII	5,8
1688	38,41	27,20	IX	
14 Şubat 1680	38,40	27,20	VII	6,2
10 Temmuz 1688	38,40	26,90	X	6,8

13 Ocak 1690	38,60	27,40	VII	6,4
Eylül 1723	38,40	27,00	IX	6,4
4 Nisan 1739	38,50	26,90	IX	6,8
24 Kasım 1772	38,80	26,70	VIII	6,4
3-5 Temmuz 1778	38,40	26,80	IX	6,4
13 Ekim 1850	38,40	27,20	VIII	
3 Kasım 1862	38,50	27,90	X	6,9
1 Şubat 1873	37,75	27,00	IX	
29 Temmuz 1880	38,60	27,10	IX	6,7
15 Ekim 1883	38,30	26,20	IX	6,8
1 Kasım 1883	38,30	26,30	VIII	



Şekil 3.21 İzmir ve yakın çevresindeki tarihsel dönemlerin diri fay haritası üzerindeki dağılımı (MTA İzmir'e ve yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri raporu, Jeoloji Etüt Dairesi, 2005)

Tablo 3.2 1900-1995 yılları arasında İzmir ve çevresinde oluşmuş yıkıcı depremler

Tarih	Adı	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklik	Ölü	Yıkıntı
19.01.1909	Foça	38,00	26,50	60	6	8	700
31.03.1928	Torbalı	38,50	28,10	60	6	50	2100
22.09.1939	Dikili	39,00	26,90	60	7	60	1235
02.05.1953	Karaburun	38,51	26,55	60	5	-	73
01.02.1974	İzmir	38,55	27,22	24	6	20	47
16.12.1977	İzmir	38,41	27,19	24	5	-	40
14.06.1979	Foça	38,79	26,57	15	6	-	22

Tablo 3.3 İzmir ve yakın çevresinde son yüzyılda gelişmiş (M&gt;5) depremler (İzmir Deprem Senaryosu, 2002)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Şiddet	Büyüklik
<b>19 Ocak 1909 (Foça)</b>	<b>38.66</b>	<b>26.94</b>	-	<b>5.8</b>	<b>IX</b>
31 Mart 1928 (Torbalı)	38.18	27.80	10	6.5	IX
22 Eylül 1939 (Dikili)	39.17	26.94	10	6.6	VIII-IX
23 Temmuz 1949 (Karaburun-Çeşme)	38.57	26.29	10	6.6	VIII-VII-IX
2 Mayıs 1953 (Yenice-Gönen)	38.46	26.57	40	5.0	VII-VIII
16 Temmuz 1955 (Söke-Balat)	37.65	27.26	40	6.8	VIII
6 Nisan 1969 (Demirci)	38.47	27.35	9	4.8	VI
1 Şubat 1974 (İzmir)	38.55	27.22	24	5.3	VII
16 Aralık 1977 (İzmir)	38.41	27.19	24	5.5	VIII
14 Haziran 1979 (Karaburun)	38.79	26.57	15	5.7	VII
6 Kasım 1992 (Doğanbey)	38.16	26.99	17	5.7	VII
28 Ocak 1994 (Manisa)	38.69	27.49	5	5.2	VII
10 Nisan 2003 (Karaburun)	38.26	26.83	16	5.6	VII

### 3.2 Hidroloji

Çalışma alanının ayrıntılı hidrojeoloji çalışması yapılması için Balçova Baraj Havzası çevresinde bulunan Devlet Meteoroloji İstasyonları' nın uzun yıllara ait ölçüm değerleri kullanılarak su bilanço elemanları hesaplanmıştır. Bilanço hesabı için gerekli olan hidrojeolojik verilerin belirlenmesi için yağış, akış, buharlaşma ve terleme hesapları yapılmıştır.

#### 3.2.1 Yağış

İnceleme alanı ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarında ortalama yağış değerleri (2000-2008); (Not: 2009 yılı yağış değerleri 12 ayı tamamlamadığı için ortalama yağış değeri hesaplanırken kullanılmamıştır.)

Güzelyalı DMİ	:682,4 mm (2000-2009)
Menderes DMİ	:624,93 mm
Bergama DMİ	:542,63 mm
Bornova DMİ	:611,7 mm
Çeşme DMİ	:546,21 mm
Dikili DMİ	:519,49 mm
Ödemiş DMİ	:546,36 mm
Seferihisar DMİ	:588,6 mm
Selçuk DMİ	:646,13 mm

Tablo 3.4 Balçova çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yıllık yağış verileri (İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2009)

Yıllar	Güzelyalı	Menderes	Bergama	Bornova	Çeşme	Dikili	Ödemiş	Seferihisar	Selçuk
2000	554,0	573,6	461,5	530,2	376,9	508,3	484,5	422,6	538,0
2001	928,5	895,6	643,1	871,5	510,9	631,1	657,5	706,8	853,3
2002	650,4	788,2	659,3	602,2	869,7	690,0	658,2	816,1	707,1
2003	642,3	664,2	501,3	579,1	529,1	537,3	660,7	588,3	759,6
2004	503,6	530,1	475,6	392,4	684,7	437,7	437,0	608,3	609,2
2005	829,0	762,9	795,5	699,8	635,6	681,3	560,5	672,7	836,8
2006	745,3	484,6	439,8	606,7	388,7	341,7	550,3	658,2	503,3
2007	487,2	503,2	545,5	-	515,5	562,2	507,6	485,3	543,1
2008	427,3	422,0	362,1	-	404,8	285,6	401,0	384,1	464,8
2009	628,8	749,4	748,5	-	493,2	684,1	533,3	567,9	557,2

Tablo 3.5 İzmir ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonları hakkında genel bilgi (İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2009)

İstasyon Adı	İstasyon No	Kuruluş Tarihi	Enlem	Boylam
Güzelyalı	17220	01.01.1938	38°23'	27°04'
Çeşme	17221	01.01.1929	38°18'	26°18'
Dikili	17180	01.01.1939	39°04'	26°53'
Bornova	17790	01.01.1929	38°28'	27°13'
Bergama	17742	01.01.1929	39°08'	27°11'
Seferihisar	17820	01.01.1961	38°12'	26°51'
Ödemiş	17822	01.01.1929	38°14'	27°58'
Selçuk	17854	01.01.1964	37°57'	27°52'
Çiğli			38°31'	27°01'

İnceleme alanı çevresindeki meteoroloji istasyonlarından alınan veriler doğrultusunda İzmir ve çevresinde en çok yağışlı ayların Ocak-Şubat en az yağışlı ayların ise Haziran-Temmuz olduğu belirlenmiştir.

Balçova baraj havzası çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarının verilerinden yararlanılarak havzaya düşen ortalama yağışın tayini için aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Havzaya düşen ortalama yağış miktar 626,90 mm olarak hesaplanmıştır.



### 3.2.1.1 Aritmetik Ortalama Yöntemi

0-500 m<sup>2</sup> alanlar için uygulanan bu yöntemde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır; Araştırma sahası ve yakın dolaylarında bulunan DMİ' larında ölçülen yağış değerleri mm olarak harita üzerine işaretlenir. DMİ uzun yıllara ait yağış değerlerinin aritmetik ortalaması (Pi) bulunur. İstasyonlara ait ortalama yağış değerleri toplamı istasyon sayısına bölünerek bölge için ortalama yağış değeri hesaplanır.

$$P_{ort} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

İnceleme alanında aritmetik ortalama yöntemi yardımıyla hesaplanan ortalama yağış miktarı;

$P_{ort} = 626,90$  mm (Güzelyalı, Menderes, Bornova ve Seferihisar DMİ' na ait ortalama yağış miktarlarına göre hesaplanmıştır.)

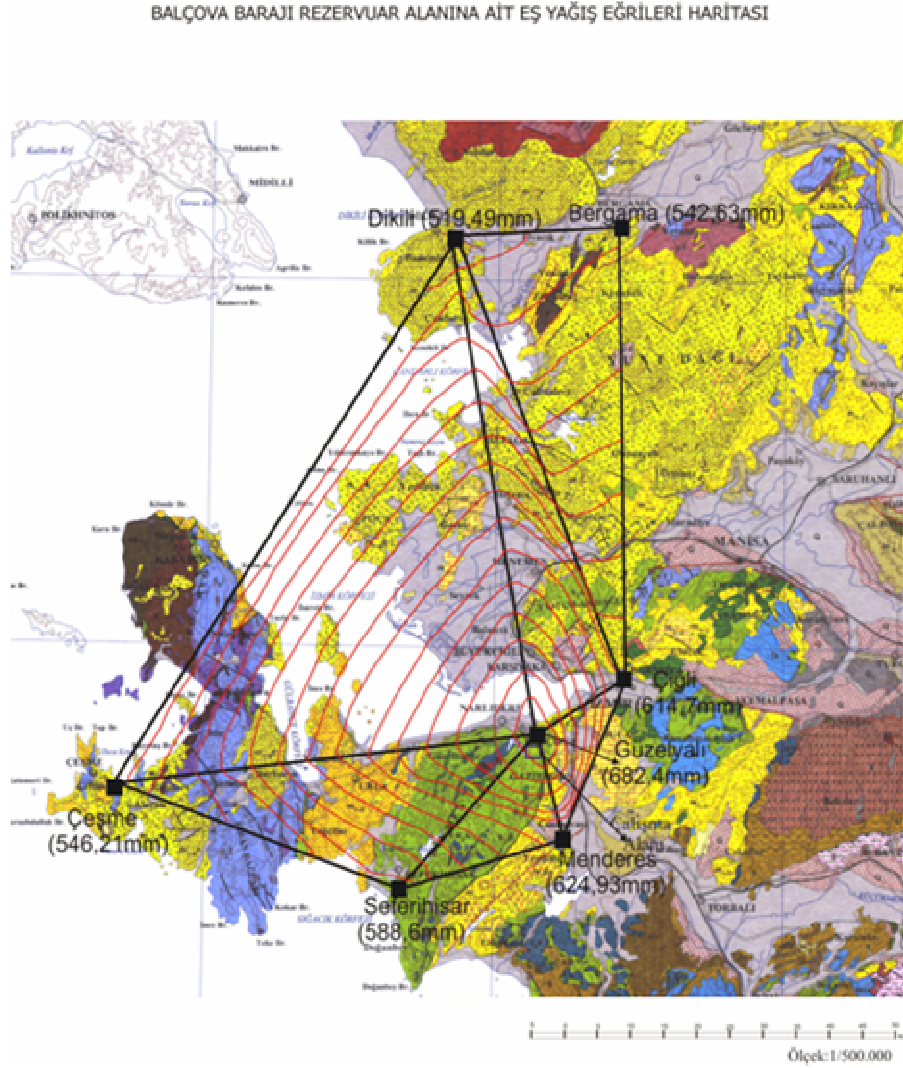
### 3.2.1.2 Eşyağış (İzohiyet) Eğrileri Yöntemi

Eşyağış (İzohiyet) eğrileri yönteminde çalışma alanı çevresinde bulunan DMİ ölçüm noktaları birleştirilerek bir ügen ağı çizilir. Bu üçgenlerin arasından DMİ' larına ait yıllık ortalama yağış değerleri kullanılarak eş yağış eğrileri (10 m aralıklı) çizilir. Bu yöntemde aşağıdaki formül kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı hesaplanır (Soyaslan, 2004).

- $a_n$  : İki eşyağış eğrisi arasında kalan alan (m<sup>2</sup>)  
 $P_n + P_{n+1}$  :  $a_n$  alanını sınırlayan eşyağış eğrileri değeri (mm)  
 $A$  : Çalışma alanı (mm<sup>2</sup>)  
 $P_{ort}$  : Çalışma alanı için yıllık ortalama yağış değeri

$$P_{ort} = \frac{a_1 [(P_1 + P_2)/2] + a_2 [(P_2 + P_3)/2] + a_3 [(P_3 + P_4)/2] + \dots + a_n [(P_n + P_{n+1})/2]}{A}$$

Eşyağış (izohiyet) eğrileri yöntemi ile Güzelyalı, Çeşme, Seferihisar, Bornova, Bergama, Dikili DMİ verileri kullanılarak eş yağış eğrileri haritası çizilmiştir.

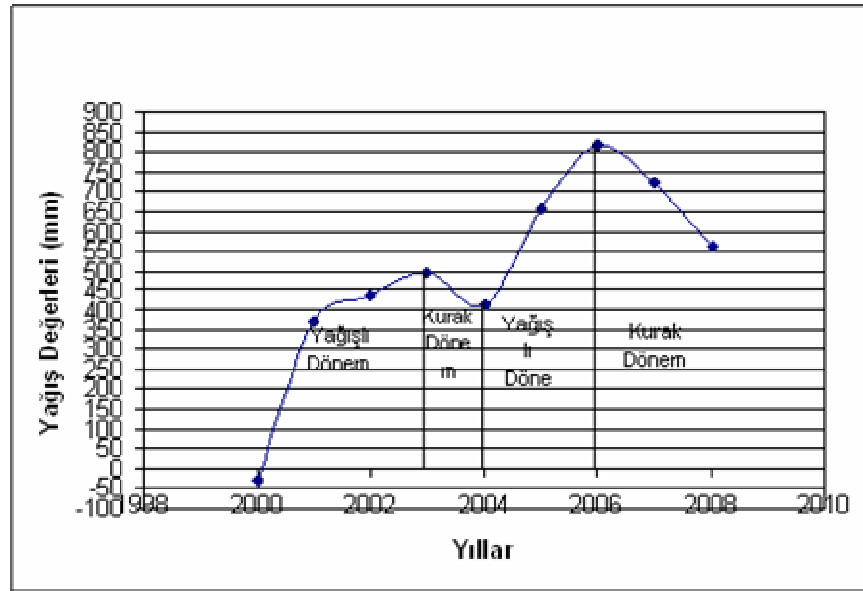


Şekil 3.22 Balçova baraj havzasına ait eş yağış eğrileri haritası

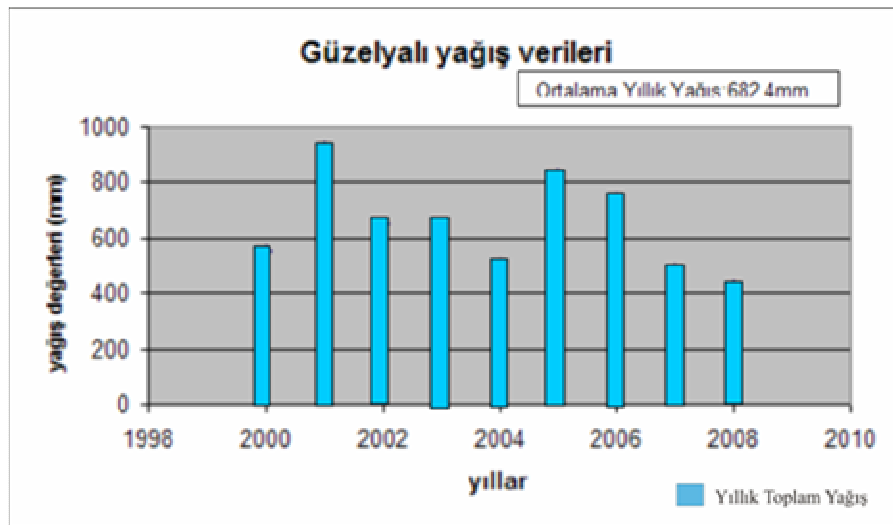
İnceleme alanı çevresinde bulunan Devlet Meteoroloji İstasyonları'ndan alınan yıllık yağış verilerinden yararlanarak eklenik sapma ve yağış grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere göre genel olarak;

- 2000-2003 yılları arası Yağışlı dönem,
- 2003-2004 yılları arası Kurak dönem,
- 2004-2006 yılları arası Yağışlı dönem,
- 2006-2008 yılları arası ise yine Kurak dönemi oluşturmaktadır.

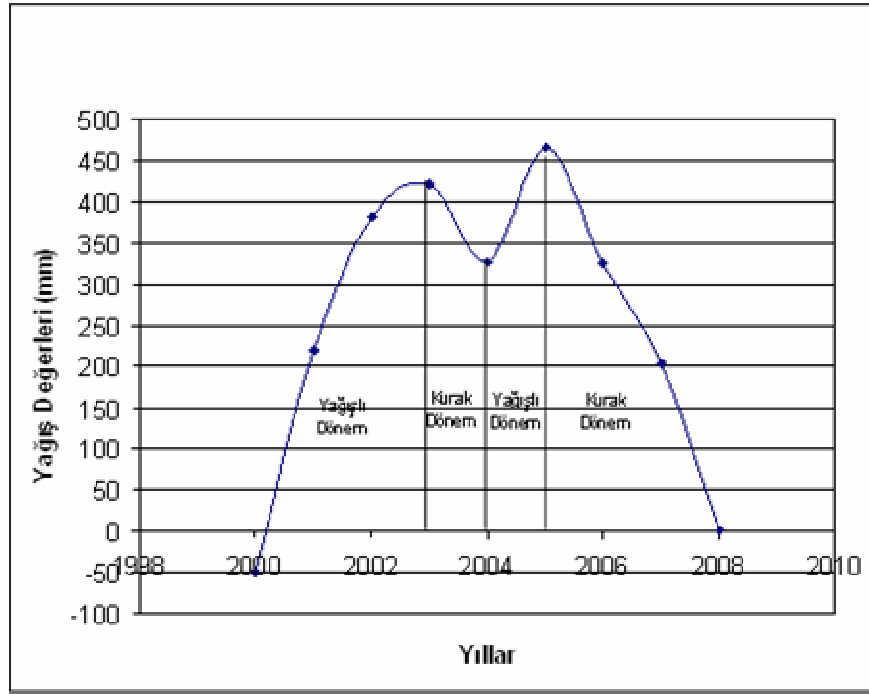
### 3.2.1.2 Eklenik Sapma Ve Yağış Grafikleri



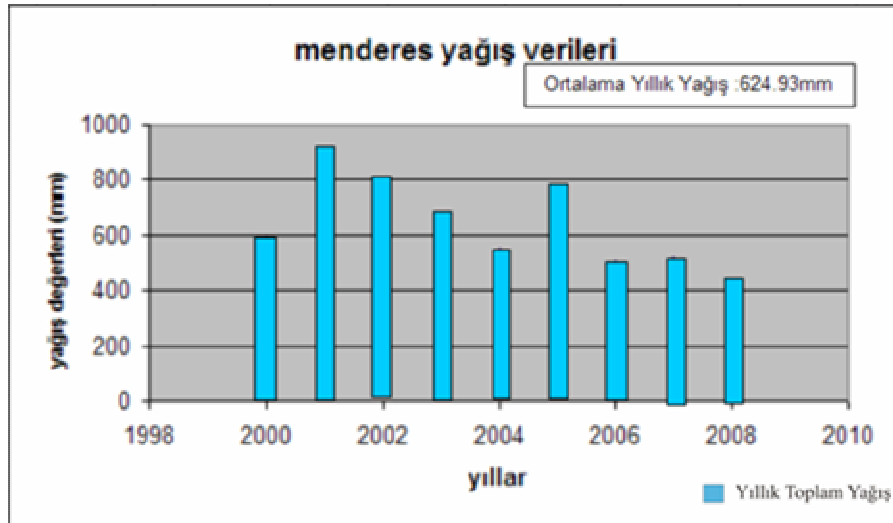
Şekil 3.23 Güzelyalı Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



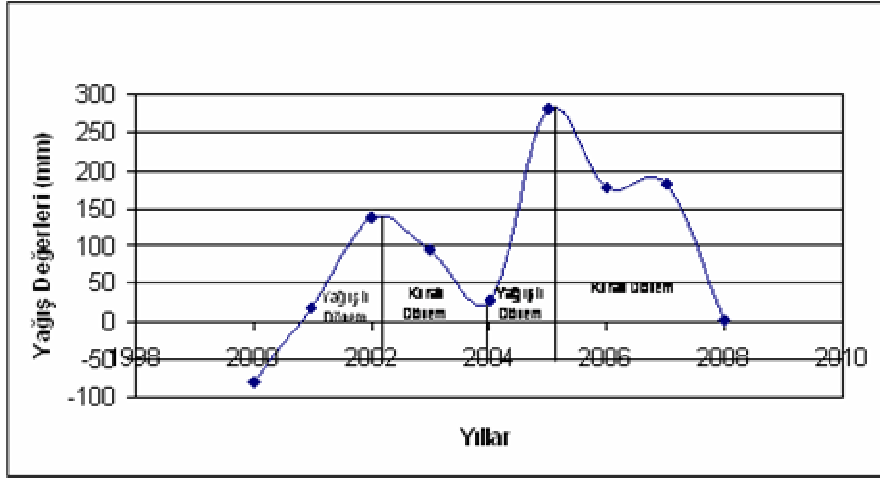
Şekil 3.24 Güzelyalı ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



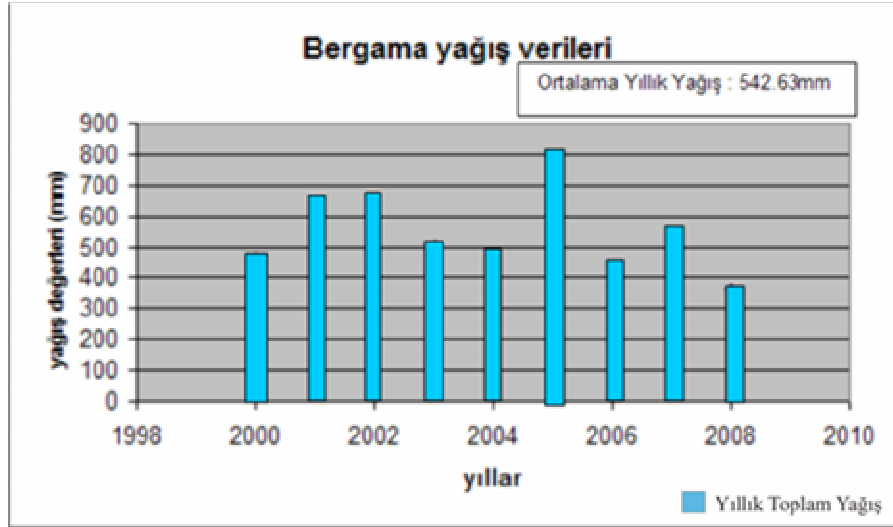
Şekil 3.25 Menderes Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



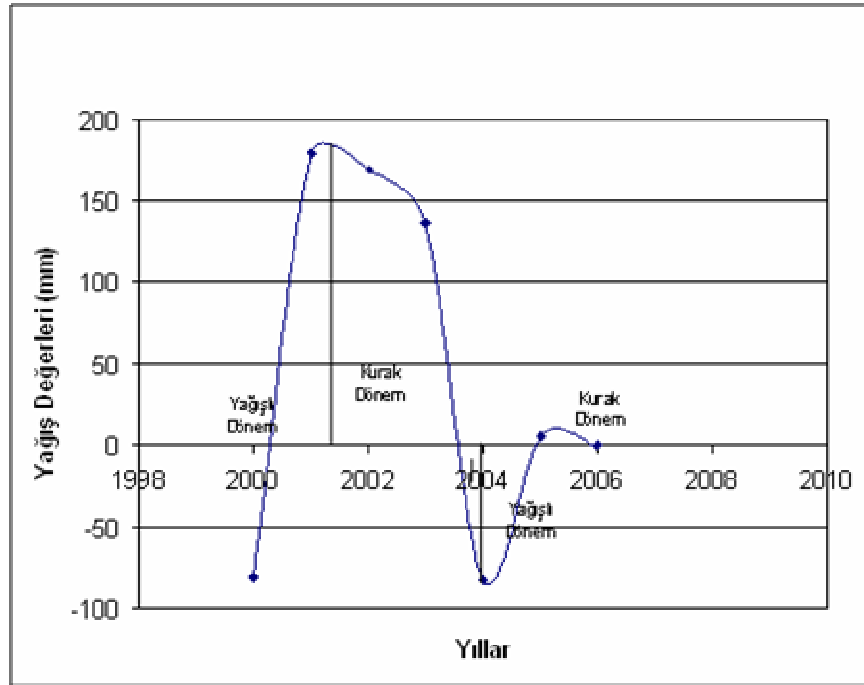
Şekil 3.26 Menderes ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



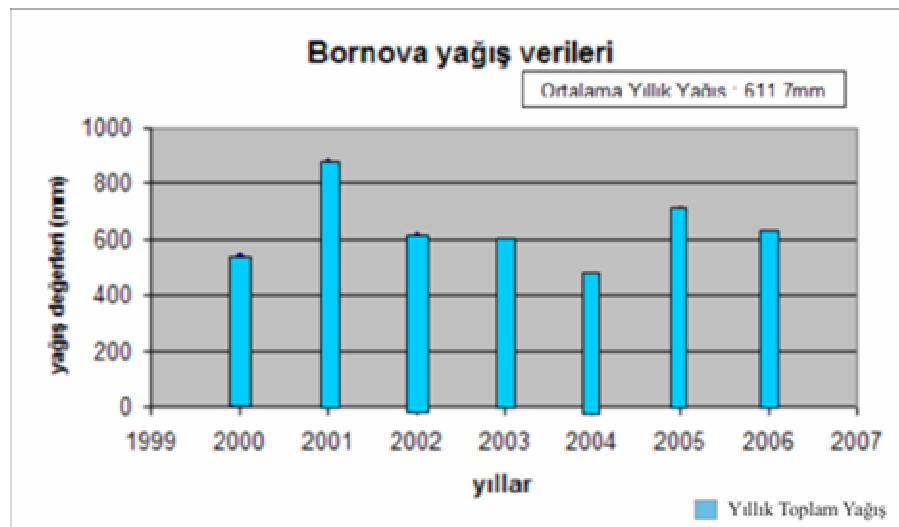
Şekil 3.27 Bergama Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



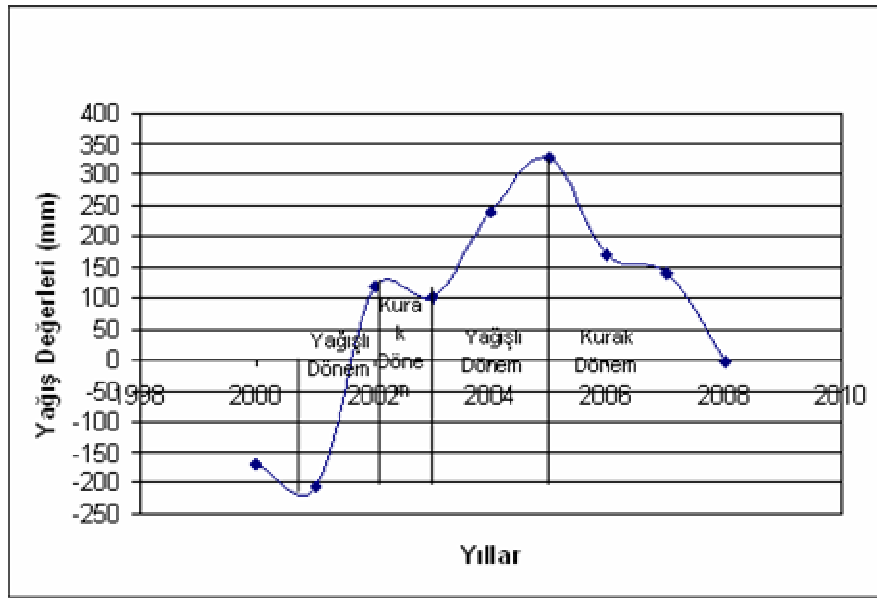
Şekil 3.28 Bergama ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



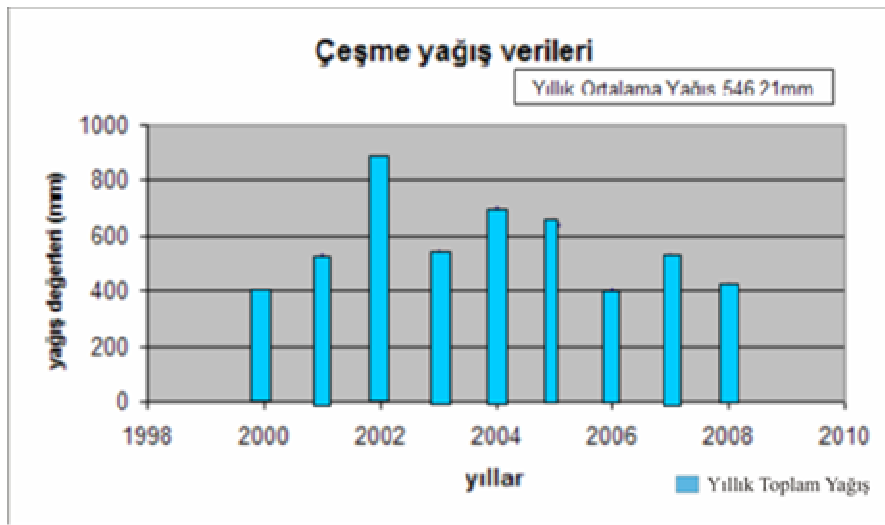
Şekil 3.29 Bornova Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



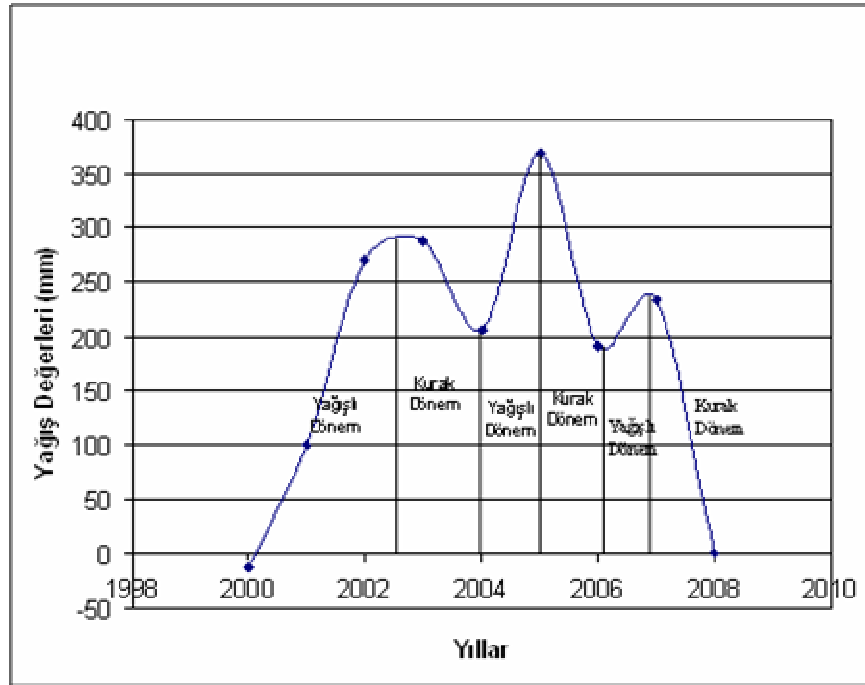
Şekil 3.30 Bornova ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



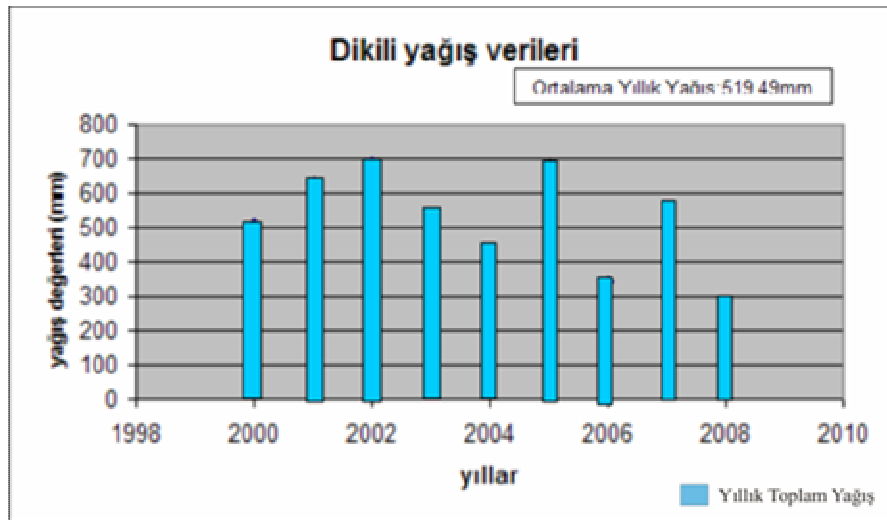
Şekil 3.31 Çeşme Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



Şekil 3.32 Çeşme ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri

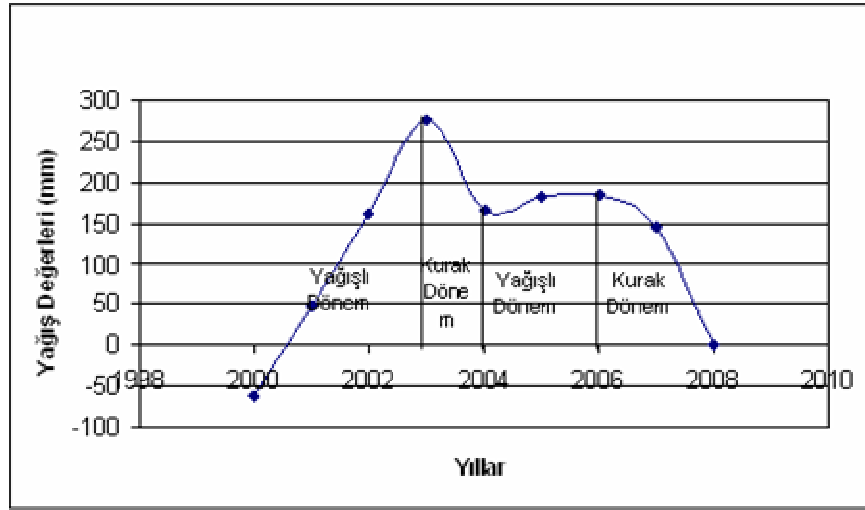


Şekil 3.33 Dikili Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği

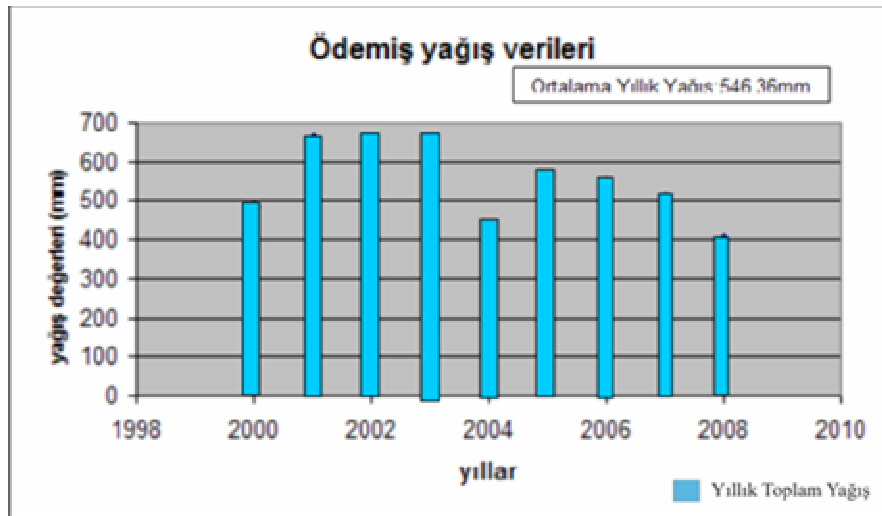


Şekil 3.34 Dikili ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri

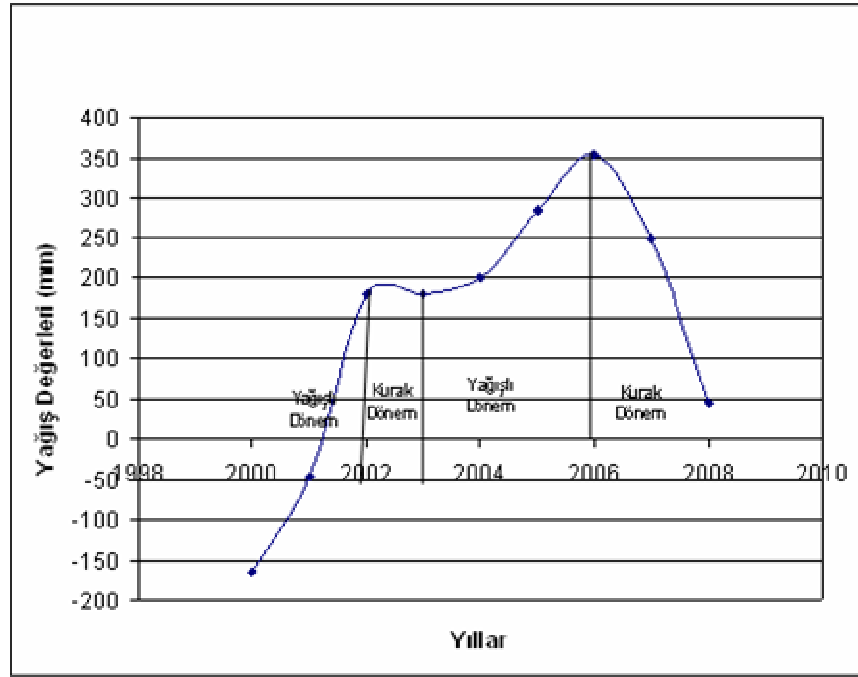




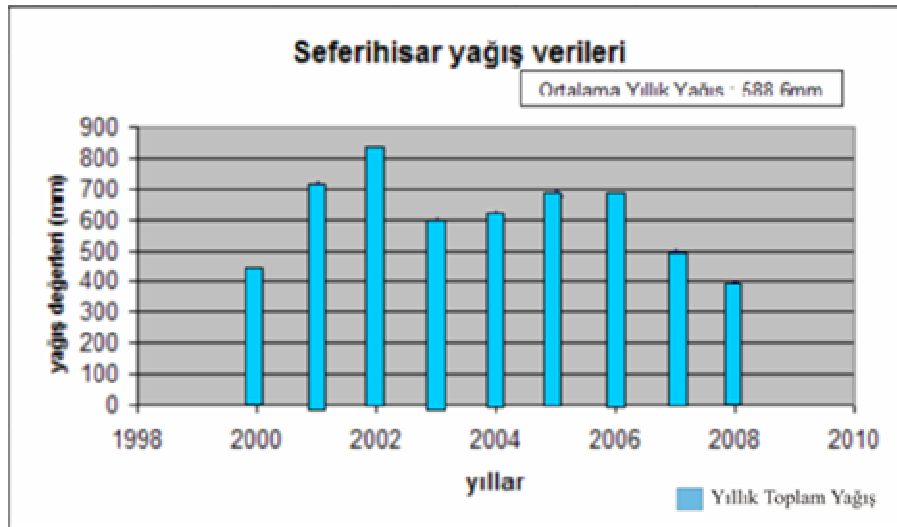
Şekil 3.35 Ödemiş Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



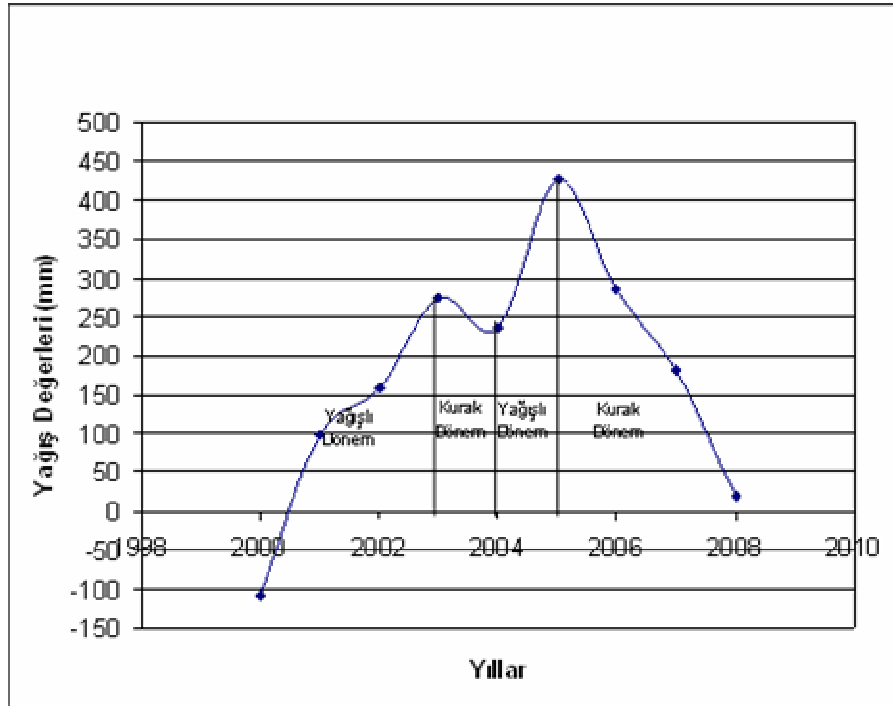
Şekil 3.36 Ödemiş ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



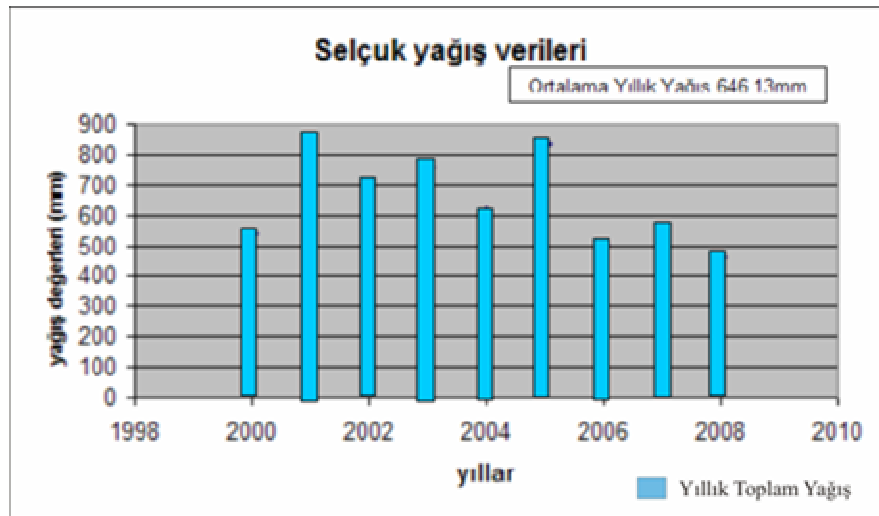
Şekil 3.37 Seferihisar Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



Şekil 3.38 Seferihisar ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri



Şekil 3.39 Selçuk Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait eklenik sapma grafiği



Şekil 3.40 Selçuk ilçesi 2000-2008 yılları arası yağış verileri

### 3.2.2 Sıcaklık

Balçova Barajı rezervuar alanına en yakın istasyon olan Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu' nun yıllık sıcaklık verileri değerlendirildiğinde en sıcak ayların Temmuz-Ağustos, en soğuk ayların ise Ocak-Şubat olduğu görülmektedir. Maksimum sıcaklık Temmuz ayında, minimum sıcaklık ise Ocak ayında görülmektedir. Uzun yıllara ait ortalama sıcaklık ise  $17,7^{\circ}\text{C}$  dir.

Tablo 3.6 Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu uzun yıllara ait sıcaklık verileri (İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2009)

	<b>OCAK</b>	<b>ŞUBAT</b>	<b>MART</b>	<b>NİSAN</b>	<b>MAYIS</b>	<b>HAZİRAN</b>	<b>TEMMUZ</b>	<b>AĞUSTOS</b>	<b>EYLÜL</b>	<b>EKİM</b>	<b>KASIM</b>	<b>ARALIK</b>	<b>Yıllık Ortalama Sıcaklık</b>
<b>2000</b>	6,1	9,2	11,1	17,7	21,7	26,6	29,9	28,6	24,4	18,2	15,7	11,0	<b>18,4</b>
<b>2001</b>	10,9	10,5	16,5	16,8	21,4	26,1	29,6	29,2	24,5	20,2	13,5	8,5	<b>19,0</b>
<b>2002</b>	7,8	12,5	13,4	15,5	21,0	27,2	28,9	28,0	23,2	19,1	14,6	8,8	<b>18,3</b>
<b>2003</b>	12,0	5,6	9,4	13,6	22,4	27,5	28,5	29,0	23,4	20,4	14,2	10,3	<b>18,0</b>
<b>2004</b>	8,3	9,4	12,9	16,6	20,4	26,1	28,6	27,4	24,1	21,0	14,4	11,1	<b>18,3</b>
<b>2005</b>	9,9	8,7	12,1	16,4	21,5	25,0	28,8	28,5	24,1	17,9	12,9	11,3	<b>18,1</b>
<b>2006</b>	6,9	9,6	12,1	17,4	21,1	25,7	28,1	29,2	23,8	19,2	12,4	9,7	<b>17,9</b>
<b>2007</b>	10,6	10,6	13,4	16,2	22,4	27,5	30,1	29,2	24,4	19,7	13,9	9,0	<b>18,9</b>
<b>2008</b>	7,6	9,3	15,2	18,0	21,0	26,9	28,6	29,2	23,9	19,6	15,7	11,5	<b>18,9</b>
<b>2009</b>	10,5	10,0	11,7	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>UZ.YIL ORT</b>	<b>8,7</b>	<b>9,3</b>	<b>11,4</b>	<b>15,7</b>	<b>20,7</b>	<b>25,4</b>	<b>27,8</b>	<b>27,4</b>	<b>23,4</b>	<b>18,7</b>	<b>14,0</b>	<b>10,4</b>	<b>17,7</b>

### 3.2.3 Nem

Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu' nda ölçülen nem değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir. Tabloda belirtilen nem miktarı % bağıl nem olarak verilmektedir.

Tablo 3.7 Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu uzun yıllara ait aylık ortalama nispi nem değerleri(İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2009)

Y/A	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORT
2000	65,2	65,0	61,3	63,8	65,3	52,9	39,4	50,3	55,2	59,4	64,9	69,0	59,3
2001	69,5	68,3	67,4	67,5	65,6	44,7	51,7	57,0	62,9	66,2	74,2	76,7	64,3
2002	70,9	71,2	69,2	70,4	628	56,3	61,6	59,5	68,7	67,5	74,6	71,6	67,0
2003	74,0	71,0	63,7	70,1	630	53,5	53,0	53,2	61,4	63,5	71,9	74,3	64,4
2004	71,1	64,9	60,0	60,6	60,6	60,0	52,7	59,8	62,4	65,3	65,3	70,1	62,7
2005	71,9	68,7	67,7	60,3	60,9	53,6	57,2	58,9	61,5	61,1	67,8	67,0	63,0
2006	65,6	66,8	68,0	62,7	61,5	59,3	53,5	55,0	63,5	69,7	68,6	67,5	63,5
2007	62,2	66,9	59,8	48,8	52,2	44,7	38,7	45,8	48,8	64,5	69,3	70,0	56,0
2008	61,7	60,0	61,1	55,8	49,9	43,8	40,3	45,2	53,2	58,2	69,1	65,1	55,3
2009	69,1	69,3	64,4	64,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UZ.YIL ORT	70,6	68,2	65,6	63,1	59,6	52,6	50,4	52,0	56,7	63,7	69,5	71,8	62,0

### 3.2.4 Buharlaşma

İnceleme alanında buharlaşmayı hesaplayabilmek için Thorntwaite yönteminden yararlanılmıştır. Güzelyalı Devlet Meteoroloji İstasyonu' na ait aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma değerleri hesaplanmıştır.

#### 3.2.4.1 Thorntwaite Yöntemi

Thorntwaite yöntemi kullanılarak havzadaki potansiyel buharlaşma ve terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık ve enlem düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Thorntwaite yönteminde kullanılan formüller aşağıda gösterilmektedir.

- t : Aylık ortalama sıcaklık (C°),  
i : Aylık sıcaklık indisi,  
I : Yıllık toplam sıcaklık indisi,  
Etp : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm),  
P : Enlem düzeltme katsayısı olmak üzere,

$$i = [(t/5)]^{1.514} \quad I = \sum i$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.492$$

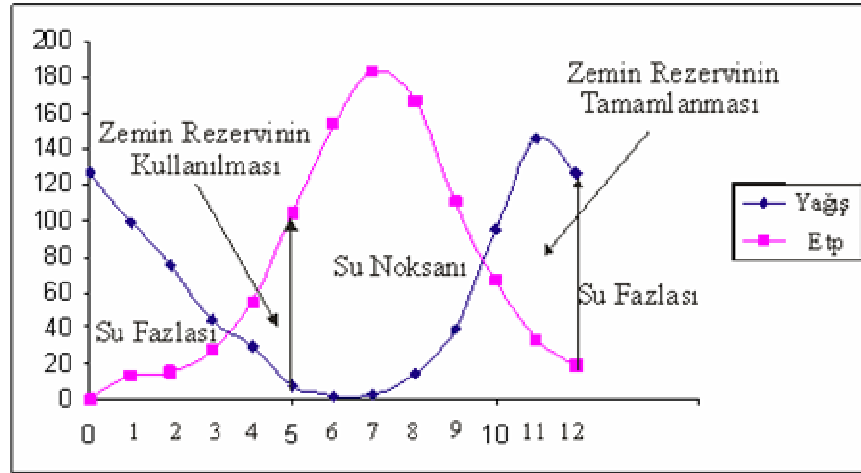
**Etp = 16 x [(10 x t) / I]<sup>a</sup> x p** formülü ile hesaplanır.

Thorntwaite yöntemi kullanılarak Balçova Baraj Havzası' na ait Etp değerleri aşağıda hesaplanmıştır.

Tablo 3.8 Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu verilerinin Thorntwaite Yöntemine uygulanması

<b>AYLAR</b>	<b>Ocak</b>	<b>Şubat</b>	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Haziran</b>	<b>Temmuz</b>	<b>Ağustos</b>	<b>Eylül</b>	<b>Ekim</b>	<b>Kasım</b>	<b>Aralık</b>
<b>ENLEM:</b>	38											
<b>AYLIK SICAKLIK</b>	8,7	9,3	11,4	15,7	20,7	25,4	27,8	27,4	23,4	18,7	14	10,4
<b>YAĞIŞ (P)</b>	126,6	98,7	75,3	44,5	30,1	7,7	1,9	2,5	14	39,5	95,1	146,6
<b>ETP(DÜZELTİLMİŞ)</b>	13,7	15,4	27,9	54,7	103,3	153,6	183,8	167,4	110,3	66,5	33,6	18,8
<b>REZERV SU</b>	100	100	100	89,7	16,5	0	0	0	0	0	61,4	100
<b>ETR (gerçek buharlaşma)</b>	13,7	15,4	27,9	54,7	103,3	24,2	1,9	2,5	14	39,5	33,6	18,8
<b>SU NOKSANI</b>	0	0	0	0	0	129,4	181,9	164,9	96,3	27,0	0	0
<b>SU FAZLASI</b>	112,8	83,2	47,3	0	0	0	0	0	0	0	0	89,2
<b>YAS' na sızan su (I)</b>	<b>78,7</b>	<b>81,0</b>	<b>64,1</b>	<b>32,0</b>	<b>16,0</b>	<b>8,0</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>44,7</b>





Balçova baraj havzası için 2000-2009 yılları arasına ait buharlaşma terleme su bilançosu tablo 3.8' de verilmiştir. Bu tabloya göre; toplam ortalama yıllık yağış miktarı 682,4 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri 949,47 mm ve gerçek buharlaşma (Etr) değeri ise 349,81 mm olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 47 Yıllık yağış değerlerinin ortalaması ise 681,254 mm olarak hesaplanmıştır. Bu verilerden yararlanılarak yağış ve potansiyel buharlaşma grafiği hazırlanmıştır. Bu grafiğe göre; Ocak ayından Nisan ayı sonuna kadar yağış değeri potansiyel buharlaşma değerinden fazladır. Bu yüzden bu dönemde su fazlası 332,63 mm olarak hesaplanmıştır. 100 mm olarak kabul edilen zemin rezervi Nisan-Haziran ayları arasında tamamen harcanmıştır. Haziran ayı ortalarından Ekim ayı sonuna kadar gerçekleşen su noksanı ise 599,66 mm' dir. Tüm bu verilere göre 682,4 mm olan ortalama yağışın 349,81 mm' lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmektedir. Balçova baraj havzası için su fazlası tüm yağışın % 48,73' ü kadardır.

### 3.2.5 Akış

37 km<sup>2</sup>' lik alana sahip olan Balçova baraj havzası içerisinde yüzeysel akış sunan dereler Yakapınar, Mezar, Kızılcapınar ve Kona Dereleri' dir. Bu dereler üzerinde DSİ' ye ait olan herhangi bir akım rasat istasyonu bulunmadığından derelerin akış değerleri hakkında bir bilgi elde edilememiştir. Ayrıca baraj havzası içerisinde bulunan Ilıca Deresi üzerindeki akım rasat istasyonundan da uzun yıllardır akım rasat

değerleri ölçülmemektedir. Balçova baraj havzası içerisinde yer alan dereler havza içerisinde doğup yine havza içerisinde boşalırlar. Havzayı dışarıdan besleyen yüzeysel akış bulunmamaktadır.

### 3.2.6 Su Bilançosu

Bu bölümde Balçova baraj havzası için hidroloji verileri yardımıyla su bilançosu hazırlanmıştır.

Balçova Barajı' nın drenaj alanı içerisindeki beslenme havzaya düşen yağış ve yağıştan meydana gelen akışın yeraltına süzülmesi ile olmaktadır. Balçova baraj havzasının en önemli beslenme kaynağı yağışlardır. Aritmetik ortalama yöntemine göre hesaplanan ortalama yağış miktarı : 626,90 mm' dir. Çalışma alanı toplam 37 km<sup>2</sup> olup bu alanın tamamı Bornova Karmaşığı içerisinde kalmaktadır.

Yağış: Yüzeysel Akış + Süzülme + Buharlaşma-Terleme hesabıyla yapılmaktadır.

Çalışma alanındaki yağışın % 51,26' lık kısmı buharlaşma terleme yoluyla kaybolduğu hesaplanmıştır. Geriye kalan % 48,74' lük kısmın %30' nun 'yüzeysel akış', % 18' lük kısmın da 'süzülme' ile kaybolması yaklaşımına göre yeraltı suyu beslenimi hesaplanmıştır.

#### Beslenme

Yağışın %18' lik kısmının süzüldüğü yaklaşımına göre;

Alan : 37 km<sup>2</sup> (37x10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>)  
Yıllık Ortalama Yağış :626,90 mm (0,6269 m)

Yağıştan Beslenme: **B<sub>1</sub>** olsun;

$B_1 = \text{Süzülme Alanı} \times \text{Yıllık Ortalama Yağış} \times \text{Süzülme Oranı}$

$B_1 = 37 \times 10^6 \times 0,6269 \times 0,18$

$$B_1=4,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Tüm alan  $B_1$  Biriminden oluştuğundan,  
Toplam Beslenim= $4,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır.

### **Boşalım**

- a) Buharlaşma-Terleme
- b) Suni Boşalım
- c) Doğal Boşalım

#### **a) Buharlaşma-Terleme ile**

Çalışma alanına düşen yağışın % 51,26'lık kısmı buharlaşma-terleme ile kaybolmaktadır.

#### **b) Suni Boşalım ile**

Balçova baraj havzası sınırları içerisinde DSİ'ye kayıtlı ruhsatlı kuyu bulunmamaktadır. Ancak rezervuar alanında özel şahıslara ait kuyular bulunmaktadır. Bu kuyuların üretim debileri hakkında doğru bilgiye ulaşamadığından ancak varsayımlar üzerinden yıllık çekim miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

Kuyulardan 50 l/s su çekildiği varsayılırsa; ( $50 \text{ l/s}=0,05 \text{ m}^3$ )

Bir yıl içerisinde  $31,5 \times 10^6$  sn olduğuna göre, sondajlarla meydana gelen yıllık boşalım miktarı ( $W_1$ );

$$W_1=0,05 \times 31,5 \times 10^6$$

$$W_1= 1,575 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ olarak hesaplanır.}$$

### c) Doğal Boşalım İle

Havza içerisindeki kaynakların ortalama debilerinin 10 l/s olduğu varsayılırsa;

Doğal Boşalım Miktarı  $W_2$  olsun;

$$W_2 = 0,01 \times 31,5 \times 10^6$$

$W_2 = 0,315 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  olarak hesaplanır.

Suni ve doğal boşalımın yıllık toplamı  $W_T$  ise;

$$W_T = W_1 + W_2$$

$$W_T = (1,575 + 0,315) \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$W_T = 1,89 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  olarak bulunur.

Yapılan hesaplamalardan da görüldüğü üzere havzaya düşen yağış miktarının havzada meydana gelen boşalım miktarını karşıladığı belirlenmiştir.

### 3.3 Hidrojeoloji

Yeraltı suyu bilançosu yapılmasına yönelik olarak havza çevresinde bulunan Devlet Meteoroloji İstasyonu verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanına düşen ortalama yağış miktarları, aritmetik ortalama yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Eş yağış (izohyet) eğrileri yöntemi ile havza içerisinde bulunan yağış eğrileri 1/500.000' lik jeoloji haritası üzerine çizilmiştir. Havza sınırları belirtilen bu harita içerisinde çok küçük bir alanı oluşturduğundan dolayı havzanın ortamlı yağış miktarı Eş yağış (izohyet) eğrileri yöntemi kullanılarak hesaplanamamıştır. Potansiyel ve gerçek buharlaşma değerleri Thorntwaite Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Havza içerisindeki kaynak boşalmından ve yağıştan beslenen Ilıca Deresi' nin ortalama yıllık akım miktarlarına ulaşamamıştır. Ancak varsayımlar üzerinden

yıllık boşalım miktarı hesaplanmıştır. Belirlenen bu bilanço elemanları kullanılarak çalışma alanı için yeraltı suyu bilançosu yapılmıştır.

### **3.3.1 Su Noktaları**

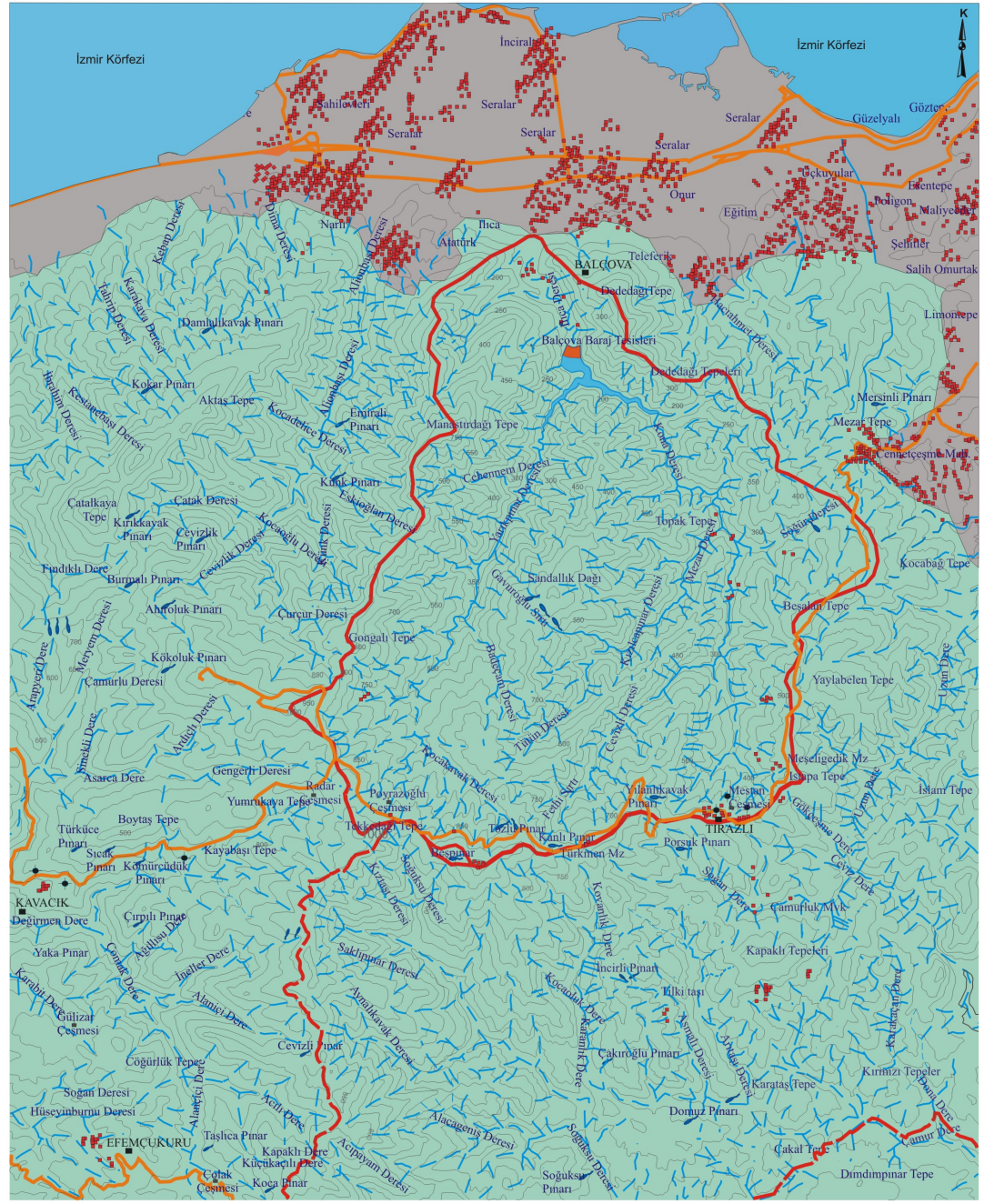
Çalışma alanında çok sayıda kaynak, yüzeysel akış, sondaj kuyuları ve bir adet baraj gölü bulunmaktadır.

### **3.3.2 Akarsular**

Çalışma alanında sürekli ve mevsimlik dereler bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan yüzeysel akışları göstermek için drenaj ağı haritası hazırlanmıştır.

Balçova Barajı' nın rezervuar alanı ve çevresinde birçok dere mevcuttur. Bunlardan en önemlileri barajın üzerine kurulduğu Ilica Deresi ve barajın rezervuar alanı dışında kalan Alionbaşı ve Hacıahmet Dereleri' dir. Barajın rezervuar alanı içerisinde kalan akan dereler Yakapınar, Kona, Mezar ve Kızılcapınar Dereleri' dir. Rezervuar alanı içerisinde kalan kuru dereler ise Cehennem, Badeçam, Kocakavak, Tütün, Cevizli ve Söğür Dereleri' dir.

## BALÇOVA BARAJ HAVZASINI VE ÇEVRESİNİN DRENAJ AĞI HARİTASI



## AÇIKLAMALAR


Şekil 3.41 Balçova baraj havzası ve çevresine ait drenaj ağı haritası

### 3.3.2.1 Ilica Deresi

Ilica Deresi, Balçova Barajı' nın yaklaşık 10 km kadar güney batısı, Tekke Dağı (1017 m) kuzey yamaçlarından Kestane Deresi adı altında birkaç kaynağın birleşmesi sonucunda oluşmaktadır. Çıtak Soykesi Dağı civarında Ilica Deresi adı altında kuzeye yani denize doğru akmaktadır. 37 km<sup>2</sup>' lik yağış alanı mevcut olup, üzerine inşa edilen Balçova Barajı' nın toplam hacmi 8.5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>' tür (Tansuğ ve Şatır, 1987). Balçova Barajı' nda Ilica Deresi' ne 1981 yılında kontrollü olarak 35-50 lt/sn su salınmış, 1983 yılı sonlarında ise dereye hiç su salınmamaya başlanmıştır. 1984 yılında su arıtma tesisi yapılmış ve 300-400 lt/sn olarak içme suyu şebekesine bağlanmıştır. Ilica Deresi kuzeye (denize) doğru akmaktadır.



Şekil 3.42 Ilica Deresi

### 3.3.3 Pınarlar ve Çeşmeler

Çalışma alanında yer alan kaynaklar ve çeşmeler hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. İnceleme alanında gözlenen kaynaklar; Yılanlıkavak, Kanlı, Tozlu, Beşpınar ve Kızılçukur Pınarları bulunmaktadır. Ayrıca rezervuar alanı içerisinde

Mestan, Radar ve Poyrazoğlu olmak üzere çeşmeler bulunmaktadır. Ancak bu çeşmeler günümüzde kurumuştur.



Şekil 3.43 Radar eşmesi

### **3.3.4 Sondaj Kuyuları**

Çalışma alanı DSİ tarafından 1963 yılından bu yana yasaklı bölge olarak ilan edildiği için çalışma alanında DSİ' ye kayıtlı herhangi bir ruhsatlı kuyu bulunmamaktadır. Ancak alışma alanı ve çevresinde yapılan incelemelerde yerleşim yerlerinin su ihtiyacını karşılamak amacıyla açılmış şahıslara ait birçok ruhsatsız kuyu olduğu belirlenmiştir.

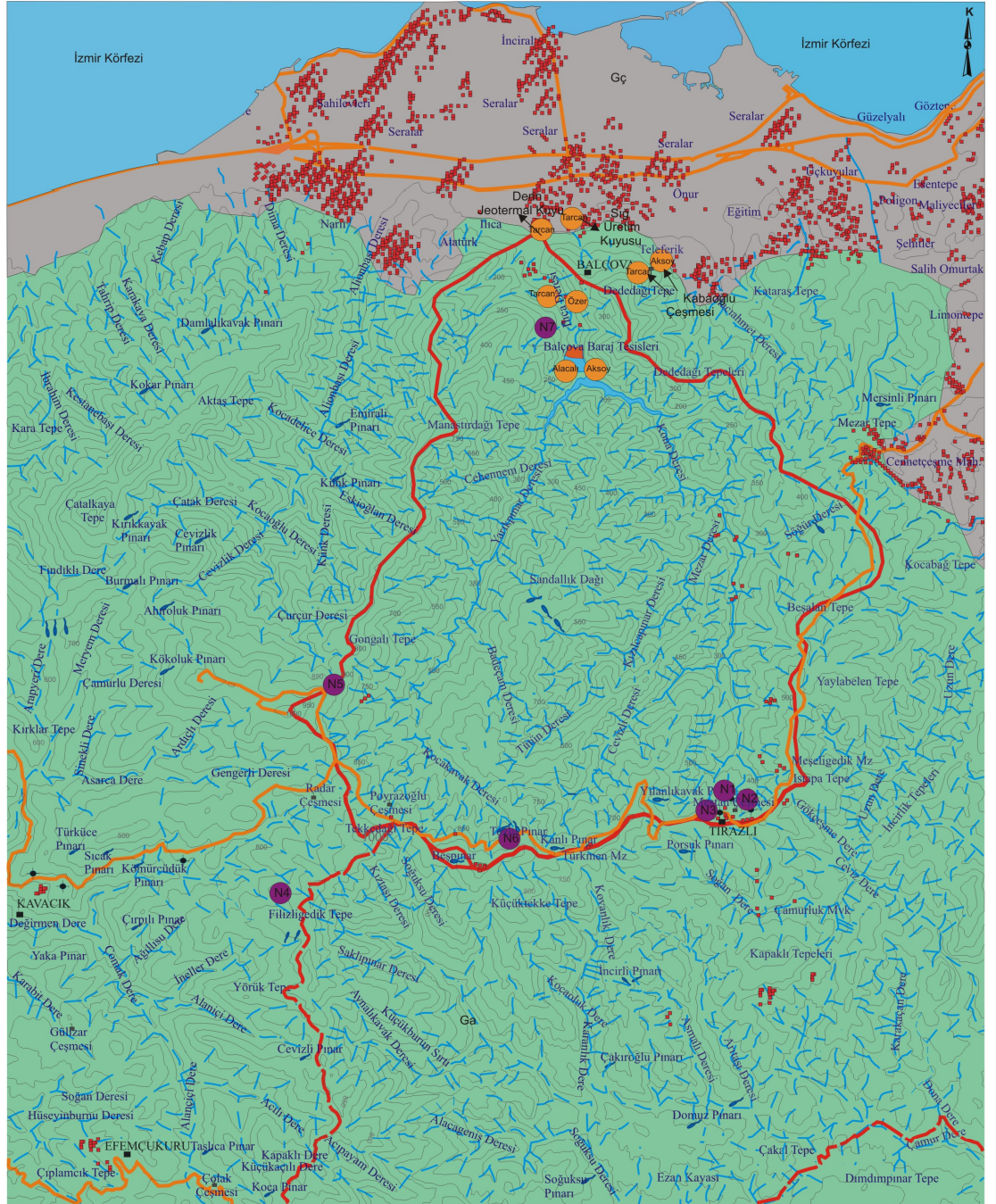
Çalışma alanında açılmış olan sondaj kuyuları filiş birimi içerisinde açılmış olup genellikle 100 m' den derindedir. Açılmış olan bu kuyular içme ve kullanma suyu amaçlı olarak kullanılmaktadır. Baraj rezervuar alanının kuzeyinde yer alan jeotermal saha içerisinde ise birçok derin jeotermal sondaj kuyusu bulunmaktadır.



### **3.3.5 Hidrojeolojik Özellikler:**

#### ***Yeraltı Suyunun Akım Yönü ve Seviyeleri***

İnceleme alanı ve çevresinde DSİ' ye kayıtlı ruhsatlı kuyu bulunmadığından sadece şahıslara ait belli başlı kuyuların su seviye ölçümleri belirlenebilmiştir. Baraj havzası çok dağlık bir alan olduğu ve rezervuar alanında yerleşim yerlerinin az olması nedeniyle şahıslara ait çok az kuyu bulunmaktadır. Bu kuyularda ölçülen yer altı su seviyesi 70 m civarındadır. Barajın yapımı sırasında açılan sondajların çoğunda yeraltı su seviyeleri belirlenmiş olmasına karşın bu sondajların koordinatlarının belirli olmaması nedeni ile verilerden yararlanılamamıştır.



#### ACIKLAMALAR


Şekil 3.44 Balçova Barajı ve çevresinden alınan numunelere ait hidrojeoloji haritası

### 3.3.6 Litolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Balçova Barajı rezervuar alanında gözlenen İzmir Filişi birimin hidrojeolojik özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

#### **İzmir Filişi:**

Çalışma alanında gözlenmekte olan hafif metamorfizmaya uğramış filiş birimi meta kumtaşı, meta silttaşı, meta kiltası, bu üyelerin ardalanmasından ve yer yer kireçtaşı mercekleri gözlenen birim aslında hidrojeolojik yönden geçirimsiz bir özellik sunar. Filiş biriminin üyesi olan geçirdiği tektonizmanında etkisi ile bol kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunan meta kumtaşı birimi, yağışların etkisi ile oluşan yüzey sularının bu kırık ve çatlaklardan derinlere doğru süzülmesiyle yeraltı sularının oluşumuna büyük etki sağlar. Bu bölgeye düşen tüm yağışlar yeraltı suyuna katkıda bulunmazlar, topoğrafik eğimin yüksek olduğu bölgelerde yüzeysel akış sunarlar. Bölgede gözlenen kireçtaşı mercekleri ise sahip olduğu kırık ve çatlaklar boyunca yağışların yer altına süzülmesine yardımcı olurlar. Dede Dağı' nın kuzey eteklerinde gözlenen bir soğuk su çıkışı olan Kabaoğlu Çeşmesi, filiş içerisinde gözlenen kireçtaşı merceklerinden süzülen yağış sularının yüzeye ulaştığı bir kaynaktır. Çalışma alanında gözlenen filiş birimi ilksel olarak geçirimsiz bir birim olsada, fay zonları boyunca gözlenen ikincil permeabilite özelliğinden dolayı özellikle Agamemnon-I Fay zonu boyunca yüksek debili sıcak su çıkışlarına olanak sağlamaktadır (Alacalı, 2006). Örneğin filiş birimi içerisinde yer alan Balçova jeotermal alanı bu fay zonlarının içerisinde yer almaktadır.

Bornova Karmaşığı' nı oluşturan filiş; çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşı gibi kayalar ile bazı volkanikleri içerir. Bu birimin geçirgenliğinde belirleyici olan çamurtaşı ve kumtaşıdır. Bu nedenle barajın yapımı sırasında açılmış olan sondaj kuyularında basınçlı su deneyler yapılmıştır. Bu deneyler kaya kütlelerinde oluşacak su kaçaklarını belirlemede bizlere yardımcı olur. Kaçakları belirlemek için de Lugeon Yöntemi kullanılır.

**Lugeon Yöntemi:** 10 atm basınç altında 1 dak.' da 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarıdır.

**Permeabilite Değeri;** (H.Özkan, 2006)

$< 10^{-8}$	Geçirimsiz Zemin/Kaya
$10^{-8} - 10^{-6}$	Az Geçirimli Zemin/Kaya
$10^{-6} - 10^{-4}$	Yarı Geçirimli Zemin/Kaya
$10^{-4} - 10^{-3}$	Geçirimli Zemin/Kaya
$>10^{-3}$	Çok Geçirimli Zemin/Kaya

Yukarıda verilen tablodan yararlanılarak bölgede açılan sondaj kuyularında yapılan Lugeon deney sonuçlarına göre çalışma alanında yer alan jeolojik birimlerin fiziksel ve hidrojeolojik özellikleri de göz önüne alınarak bölgedeki kayaların 'Az Geçirimli Kaya' sınıfına girdiği belirlenmiştir.

**Geçirimsiz Birim:** İnceleme alanında filişe ait şeyler ve kumtaşları ardalanmalı olarak gözlenmektedir. Çamur şeyler hidrojeolojik açıdan geçirimsiz (killi) birimi oluşturmaktadır.

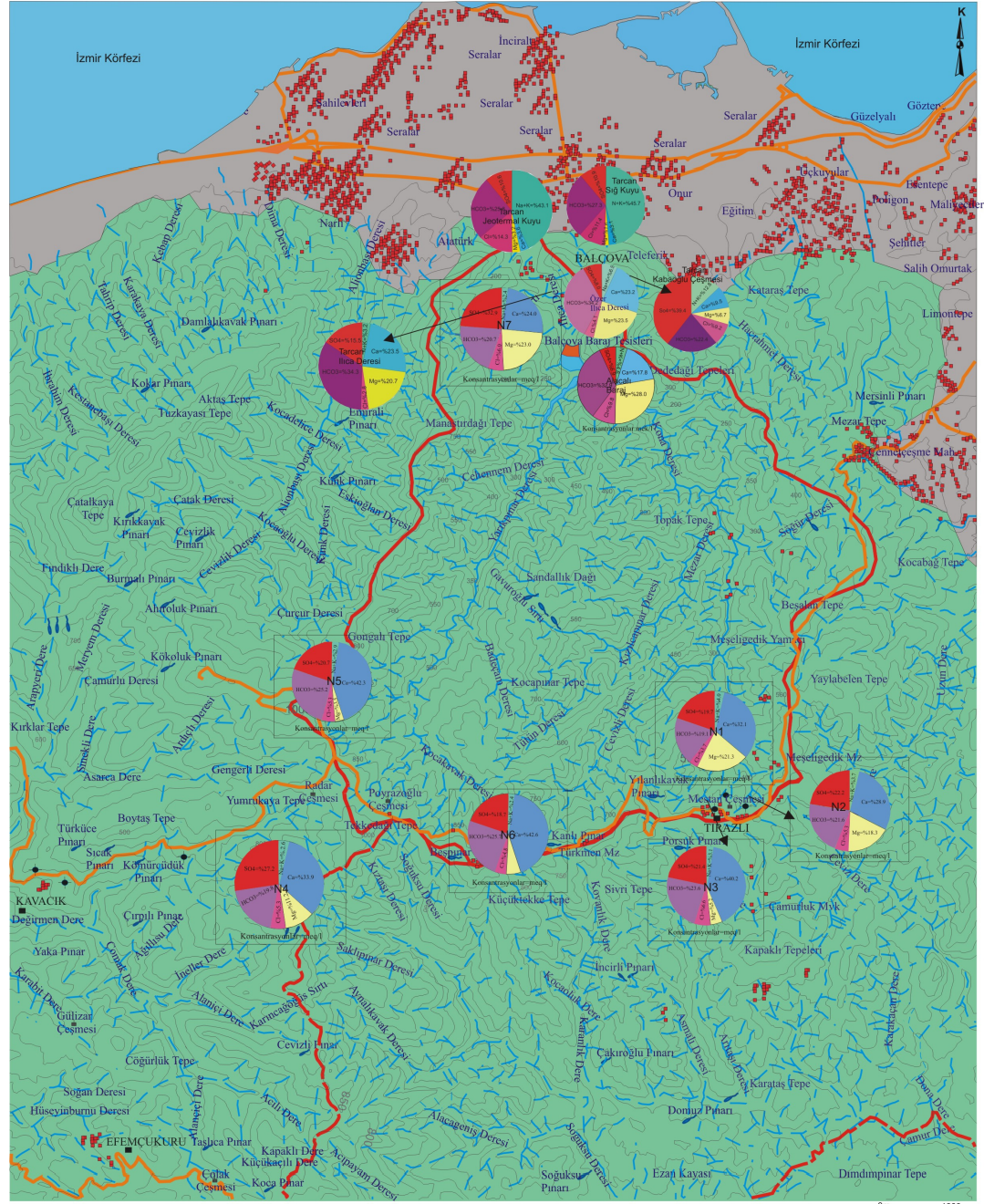
**Az Geçirimli Birim:** Filiş içerisinde gözlenen kumtaşları çoğunlukla sert silisifiye ve bol çatlaklı olup, kısmen yeraltı suyu içeren birimlerdir. Bazı yerlerde kumtaşlarından süzülen sular şeylerin yarattığı geçirimsizlik nedeniyle dokanak kaynaklarını oluşturur. Aynı şekilde filiş içerisinde yer alan kireçtaşlarında yeraltı suyunu içeren birim olarak değerlendirilebilir. Bu birim içerisinde de yer yer su çıkışları gözlenmektedir. Daha öncede bahsedildiği gibi buna örnek olarak rezervuar alanının kuzey doğusunda kalan Kabaoğlu Çeşmesi verilebilir.

**Geçirimli Birim:** İnceleme alanının kuzey kesimlerinde bulunana yamaç molozu ve alüvyon geçirimli birimi oluşturmaktadır.

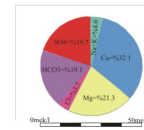
### **3.4 Hidrojeokimya**

#### ***3.4.1 Su Kimyası***

Bu bölümde baraj rezervuar alanı içerisinde ve çevresinde bulunan yüzey suları ve derin kuyulardan su örnekleri alınarak; kimyasal analizleri yapılmış ve suların farklı amaçlarla kullanılabilme özellikleri farklı diyagramlar yardımı ile yorumlanmıştır. Ayrıca elde edilen veriler yardımı ile havzanın hidrojeokimya haritası çizilmiştir.



#### ACIKLAMALAR

Şekil 3.45 Balçova Barajı ve çevresinden alınan numunelere ait hidrojeokimya haritası

### 3.4.1.1 Örnek Alımı ve Analiz Yöntemleri

Su kalitesinin belirlenmesi için standartlara uygun örnek alımı ve analizlerin hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Örnek alma, taşıma ve saklama işlemleri aşağıda belirtilen standartlara uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 3.46 Arazide örnek alımı

Arazi çalışmaları sonrası örnek alım noktalarının belirlenmesi ve örnekler üzerinde yapılacak hidrojeokimyasal analizler ve alınan su örneklerinin koruma yöntemleri belirlenerek bir çalışma programı geliştirilmiştir. Alınan örnek ile örnek alma şişeleri en az üç kez çalkalanarak yıkandıktan sonra hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek örnekler şişelenmiştir. Ayrıca alınan örnekler arazide süzme işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.47 Araziye alınan örneklerin süzme işlemi

Su örneklerinin alımında plastik kaplar kullanılmıştır. Belirlenen noktalarda alınan örneklerde fiziksel ve anyon analizleri için 0,5 litrelik kaplar, katyon analizleri için 0,5 litrelik kaplar ve arsenik analizleri için ise 0,1 litrelik ayrı örnek kapları kullanılmıştır. Örnek alım noktalarının koordinatları GPS ile belirlenerek harita üzerine işaretlenmiştir. Örneklere örnek numaraları verilmiş ve örnek numarası ile yapılacak analizlerin türleri kapların üzerine yazılmıştır. Alınan su örneklerinin analizleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı' nda yapılarak TSE 266 (2005)' e göre değerlendirilmiştir..

Araziden alınan su numuneleri, hidrojeokimyasal programlar; Aquachem (Calmbach, 1997), Hydrowin (Calmbach, 1995), Phreeq-C (Parkhurst & Appelo, 1999) ve Excel, Word, CorelDraw 12 paket programları ile değerlendirilerek yorumlanmıştır.

### ***3.4.2 Balçova Barajı ve Çevresindeki Suların İncelenmesi***

İnsanların sağlıklı yaşamaları ve hayatlarını devam ettirebilmelerinde gerekli olan suyun kullanılabilmesi için fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bilinmesi, kullanım amaçlarına uygun olarak bu özelliklerin belli sınırları aşmaması, özellikle içme sularının hastalık yapabilecek mikroorganizmalar ile mineral ve



organik maddelerden arındırılmış olması gerekmektedir. Suyun fiziksel özellikleri olan bulanıklık, koku, tat ve sıcaklık gibi faktörler açısından içilmeye uygun olmalıdır. Ayrıca pH değeri ve suyun sertliği makul sınırlar içerisinde olmalıdır. Bu nedenle dünya ve ülkemizde kullanılmakta olan, kullanım koşullarına (içme, kullanma, sulama) göre geliştirilmiş standart değerler (TSE 266 ve WHO gibi) bulunmaktadır.

### 3.4.3 Yeraltı Sularının Fiziksel Özellikleri

**Sıcaklık:** İçme ve kullanma sularında sıcaklık önemli bir faktördür. İçme sularında sıcaklığın 5-15 °C, şehir sularında 7-10 °C arasında olması istenir. Endüstri sularında özellikle soğutmada kullanılacaksa sıcaklığın daha da az olması istenir. Suların sıcaklığını mevsimlere göre değişmesi yada değişmemesi suların geliş yeri hakkında bilgi verir. Suyun viskozitesi, sıkışabilmesi, yoğunluğu vb. özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir.

**Renk:** Suların rengi içerisinde erimiş halde bulunan maddelerden oluşan hakiki renk veya su içerisinde çökebilen yada koloidal, asılı halde bulunan maddelerden ileri gelen görünür renk olabilir.

**Bulanıklık:** Suların içerisinde bulunan kil, silt, çok ufak parçalar halindeki organik maddeler, planktonlar ve diğer mikroskobik organizmalar suyun bulanık olmasına sebep olur.

**Tat ve Koku:** Suların içerisinde erimiş halde bulunan maddeler ve organizmalar suda belli bir miktardan fazla bulunursa, sulara özel koku ve tat vermektedir. Sular tuzlu, acı, ekşi tatta ve balıksı, küfümsü, otsu kokuda olabilir. Suların içerisinde bulunan mikroorganizmaları yok etmek için 0,3-3,0 mg/lt dozunda klorlama ile  $\text{CuSO}_4$  uygulanır. Sulardaki kokuları oluşturan organizmaların ölçülmesi için birim alan alınır ve bu alandaki mikroorganizmalar sayılır.

500-1000	mikroorganizma	koku fark edilir
1000-2000	mikroorganizma	herkes fark eder ve şikayet eder
>2000	mikroorganizma	iğrenç kokusu olur.

**Asılı Madde:** Suların içerisinde asılı halde kil, silt ve organizmalar bulunabilir. Bu maddeler sulara görünür bir renk verirler. Asılı maddelerin çökmesi bilhassa kil ve siltlerde, kil türüne bağlı olarak değişir.

### ***3.4.4 İçme Sularının Özellikleri***

Suların içme özelliklerinin saptanması iklim koşullarına, su potansiyeline ve jeolojik formasyona bağlı olarak ülkeden ülkeye değişir. Genel olarak; içme sularının sıcaklığının 7-10 °C arasında bulunmaktadır. 5 °C alt sınır, 18 °C üst sınır kabul edilir. İçme ve kullanma suları renksiz, kokusuz, tatsız, serin ve berrak olmalıdır. pH ; 7-8,5 arasında ve çürütücü, aşındırıcı, taş kabuk yapıcı olmamalıdır. İçme sularında asılı maddeler 100 mg/lt' yi, bulanıklık 15 mg/lt' yi, sertlik 45 Fransız sertlik derecesini, elektriksel iletkenlik ise 2200 µmho/cm' yi geçmemelidir. İyi bir içme suyunda toplam iyon miktarı 7,5 mek/l' yi geçmez; ancak 15 mek/l ve daha yukarı değerlerdeki sular zorunlu koşullarda içilebilir. İçme suları içerisinde hastalık yapıcı hiçbir madde bulunmaması gerekir.

### ***3.4.5 Yeraltı Sularının Genel Kimyasal Özellikleri***

Kimyasal sınıflama; yeraltı sularının kökeni, egemen ve toplam çözünmüş iyon miktarı, değişik kökenden gelen suların karşılaştırılması, içme, kullanma, endüstri ve tarımda kimyasal yönden kullanılabilme özellikleri gibi birçok sorunun yanıtlanmasında yardımcıdır.

Çalışma alanında yeraltı suyunun kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla kaynaklardan, yüzey sularından ve derin kuyulardan alınan su numunelerinin kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılmıştır.

Kimyasal analizlerde; katyonlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ), anyonlar ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ), hidrojen iyon konsantrasyonu (pH), özgül elektriksel iletkenlik (EC), sodyum yüzdesi (% Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), ağır metal analizleri ve sertlik gibi kimyasal özellikler tespit edilmiştir. Alınan su numunelerinin kimyasal analiz sonuçları tablo 3.9' da verilmiştir.

İnceleme alanında kaynaklardan, yüzey sularından ve derin kuyulardan alınan su örneklerinde genel olarak anyon ve katyon dağılımlarını görmek amacıyla 1/25.000 ölçekli hidrojeokimya haritası hazırlanmış, eklerde sunulmuştur. İnceleme alanındaki suların genel yapısı Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> ve Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>' lü sulardır.

Yeraltı sularının kalitesini belirleyen özellikler; sertlik, hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), alkalinite, asidite, sodyum iyonu yüzdesi (% Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve özgül elektriksel iletkenlik (EC)' dir.

Çalışma alanından toplam 7 adet soğuk su örneğine ait kimyasal analiz sonuçları (t°C, pH, EC, Na, K, Ca, Mg, Fe, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Zn, Fe, Cd, Mn, Pb, Al, Si, B, As) aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 3.9 Çalışma alanı ve çevresinden alınan numunelere ait kimyasal analiz sonuçları

Numune No	T (°C)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe <sup>++</sup> (mg/l)	Cd (mg/l)	Mn (mg/l)	Pb (mg/l)	Al (mg/l)	Si (mg/l)	B (mg/l)	As (mg/l)
1	18,8	10,24	0,099	72,442	29,151	14,592	130,54	105,7555	0,004	1,42	0,018	0,313	0,023	0,69	19,4	<0,058	3,058
2	17,4	10,75	0,087	73,296	28,215	23,808	165,92	135,630	0,031	0,026	0,018	0,314	0,019	0,337	19,5	<0,058	0,921
3	24,2	6,46	0,085	73,736	5,819	21,504	131,76	93,94545	0,021	<0,026	0,003	0,019	0,001	0,414	15,8	<0,058	0,683
4	14,8	5,72	0,072	65,961	13,2	18,432	117,12	127,0301	0,021	<0,026	0,008	0,031	0,024	0,668	18,5	<0,058	0,989
5	24,7	5,68	0,049	72,147	3,668	16,128	130,54	84,64555	0,019	<0,026	0,020	0,018	0,002	0,554	16,5	<0,058	0,608
6	28,1	5,41	0,054	84,334	6,841	16,896	154,94	88,6371	0,036	<0,026	0,029	0,034	0,019	0,359	15,9	<0,058	0,346
7	21,9	5,74	0,099	50,109	29,112	22,272	131,76	119,2939	0,093	<0,026	0,011	0,044	0,022	0,907	15,8	<0,058	0,353

Tablo 3.10 Balçova ve çevresinde yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinden yararlanılarak Balçova Barajı ve çevresinden alınan su numunelerinin kimyasal analiz sonuçları

Tez	T(°C)	pH	EC (mS/cm)	SO <sub>4</sub>	TDS (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Fe <sup>++</sup>	B
Alacalı (2006) Baraj	12,2	8,3	332		250	44,1	18,9	12	158	-	-	20	10	-	-
Alacalı (2006) Kabaoğlu Çeşmesi	23	7,96	184		140	10	4,6	11	60	-	-	<10	152	-	-
Aksoy (2001) Baraj	12	7,91	428	38	414	41	39	11	230	11	2	-	40	0,23	<b>0,6</b>
Aksoy (2001) Kabaoğlu Çeşmesi	18	7,62	154	13	-	18	41	20	240	17	2		25	0,02	
Özer (2005) Ilıca Deresi	19,8	7,9	637		-	66,8	41,1	-	300	13,3	16	36	21	-	-
Tarcan vd. (2004) Kabaoğlu Çeşmesi	23	7,8	134	87	-	8,77	3,77	-	63	12,81	1,27	-	15	0,14	-
Tarcan vd. (2004) Üretim kuyusu (B5)	85	7,07	1595	191	-	22,69	7,23	-	610	369,3	25,7	-	148	-	-
Tarcan vd. (2004) Ilıca Deresi	15	8,22	710	136	-	85,73	45,91	-	381	12,31	2,1		18	0,09	
Tarcan vd. (2004) Jeotermal kuyu (B10)	92	7,79	1759	186	-	26	14	178	564	345	29	-	185	-	-

Tablo 3.11 Balçova Baraj Havzasındaki suların bazı hidrokimyasal özellikleri.

Örnek No	T(°C)	Su Türü	$\Sigma$ Katyon	$\Sigma$ Anyon	Sertlik (Fr)	SAR
1	18,8	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> ' lı sular	6,588	4,759	30,255	0,255
2	17,4	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> ' lı sular	6,522	6,225	30,079	0,269
3	24,2	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> ' lı sular	4,499	4,731	20,858	0,193
4	14,8	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> ' lı sular	4,654	5,092	21,990	0,167
5	24,7	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> ' lı sular	4,222	4,363	19,561	0,175
6	28,1	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> ' lı sular	5,060	4,868	23,933	0,151
7	21,9	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> ' lı sular	5,182	5,280	24,957	0,158

Bu çalışma kapsamında yapılan tüm hesaplamalar Tablo 3.9' da belirtilen analiz sonuçlarına göre yapılmıştır. Su tipi IAH (1979) sınıflamasına göre değerlendirilerek hazırlanmıştır. Toplam katyon ( $\Sigma$  Katyon) ve toplam anyon ( $\Sigma$  Anyon) miktarları mek/l olarak hesaplanmıştır. Denge anyon katyon dengesini, pozitif değerler katyon fazlalığını, negatif değerler ise anyon fazlalığını belirtir. Sertlik Fransız sertlik derecesine göre tanımlanmıştır. SAR sulama amaçlı sodyum tehlikesini belirtir.

#### 3.4.5.1 Sertlik

Suların en önemli özelliği, sertliktir. Sertlik, su içinde çözülmüş halde bulunan Ca ve Mg bileşiklerinden ileri gelen bir özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu Ca ve Mg iyonlarının oluşturduğu bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Suların sertliği yada yumuşaklığı halk arasında sabunla köpürme özelliği olarak bilinir. Suların sertliği karbonat (geçici sertlik) ve karbonat olmayan (kalıcı sertlik) sertlik olmak üzere ikiye ayrılır Ca ve Mg bikarbonatlarından ileri gelen sertliğe 'geçici sertlik' denir ve ısıtılarak giderilir. Ca ve Mg karbonatlarından başka tuzlarından ileri

gelen ve ısıtılarak giderilemeyen sertliğe ise ‘kalıcı sertlik’ denir. Kalıcı ve geçici sertliğin toplamı ise ‘toplam sertliği’ oluşturur (Tarcan, 2007).

Tablo 3.12 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması

<b>Fransız Sertliği</b>	<b>Alman Sertliği</b>	<b>İngiliz Sertliği</b>	<b>Suyun Sınıfı</b>
0,0-7,2	0,00-4,00	0,00-5,04	Çok Yumuşak
7,2-14,5	4,00-8,12	5,04-10,15	Yumuşak
14,5-21,5	8,12-12,04	10,15-15,05	Az Sert
21,5-32,5	12,04-18,20	15,05-22,75	Oldukça Sert
32,5-54,0	18,20-30,24	22,5-37,80	Sert
54,02 den fazla	30,24’den fazla	37,80’ den fazla	Çok Sert

Suların sertliğini ifade etmek için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler; Alman sertliği 1000 ml suda 10 mg Ca miktarıdır. Bir Fransız sertlik derecesi= 1000 ml suda, 10 mg CaCO<sub>3</sub> veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların bulunmasıdır. Bir İngiliz Sertliği ise 700 ml suda 10 mg CaCO<sub>3</sub> olarak tanımlanır.

Ülkemizde suların sertliği için ‘Fransız Sertlik Derecesi (Fr<sup>0</sup>)’ kullanılmaktadır.

Suların sertliğini hesaplamak için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir:

$$\text{Toplam sertlik} = 5 \times (\text{rCa} + \text{rMg}) \quad (\text{r: mek/l})$$

Bu değer Fransız sertliği derecesini vermektedir. Çalışma alanından alınan örneklerin Fransız sertliğine göre sınıflaması Tablo 3.14’ te verilmiştir.

- 1 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(3.622+2.429)=30.255$   
 2 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(3.664+2.351)=30.079$   
 3 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(3.686+0.484)=20.858$   
 4 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(3.298+1.10)=21.990$   
 5 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(3.607+0.305)=19.561$   
 6 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(4.216+0.570)=23.933$   
 7 Nolu Örneğin Toplam Sertlik Derecesi;  $5x(2.505+2.486)=24.957$

Tablo 3.13 Suların sertlik tabloları (Karagüzel, 2005)

Sertlik Derecesi	Su Sınıfı	Örnek Numaraları
0-10	Memba Suyu	-
11-22	Tatlı Su	3-4-5
23-32	Sert Su	1-2-6-7
33-54	Çok Sert Su	-
>55	Çok Fazla Sert Su	-

Tablo 3.14 : Çalışma alanındaki suların sertliklerine göre sınıflandırılması

Numune No	Sertlik Değeri	Fransız Sertliğine Göre Sınıflaması	Alman Sertliğine Göre Sınıflaması	İngiliz Sertliğine Göre Sınıflaması
1	30,255	Oldukça Sert	Çok Sert	Sert
2	30,079	Oldukça Sert	Sert	Sert
3	20,858	Az Sert	Sert	Oldukça Sert
4	21,990	Oldukça Sert	Sert	Oldukça Sert
5	19,561	Az Sert	Sert	Oldukça Sert
6	23,933	Oldukça Sert	Sert	Sert
7	24,957	Oldukça Sert	Sert	Sert



Çalışma alanında alınan su numunelerine göre sertlik derecesi 19-31 Fr<sup>0</sup> arasında değişmektedir.

Tablo 3.15 Sertlik dönüşüm katsayısı tablosu

	<b>Fransız Sertliği</b>	<b>Alman Sertliği</b>	<b>İngiliz Sertliği</b>
1 Fransız Sertliği	1,00	0,56	0,70
1 Alman Sertliği	1,79	1,00	1,25
1 İngiliz Sertliği	1,43	0,80	1,00

#### 3.4.5.2 Hidrojen İyonu Konsantrasyon (pH)

Su içerisindeki hidrojen iyon konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması 'pH' değeri olarak tanımlanmakta ve 0-14 arasında değişmektedir.

pH, su içerisindeki H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyon konsantrasyonlarının azalış artış göstermesine bağlı olarak değişmektedir. Genelde yeraltı sularının pH' ı 4-9 aralığındadır. Bu pH değeri çözülmüş CO<sub>2</sub> ve diğer CO<sub>3</sub><sup>+</sup>HCO<sub>3</sub> bileşikleri arasındaki dengeye bağlı olarak değişmektedir. Bu denge de basınç ve sıcaklığa bağlıdır. pH' ı 8,5'un üzerinde olan sularda sodyum karbonat-bikarbonat sık gözlenir. pH' ı 4'ün altında olan sularda ise serbest asit bulunur.

Genelde yeraltı sularının pH < 7 olan asit özelliği fazla sulardır. Yerüstü suları ise pH > 8 olan bazik özellikte sulardır (Tarcan, 2007).

Su içerisindeki hidrojen iyon konsantrasyonu tanım aralığı;

<b>PH</b>	<b>Suların Türü</b>	
> 8,50	Bazik	OH- iyonları konsantrasyonu artar
8,50-7,00	Bazik Karakterli	
7,00	Nötr	H+ ve OH- iyonları denge halindedir
7,7-4,50	Asit Karakterli	H+ iyonları konsantrasyonu artar
< 4,50	Asidik	

Tablo 3.16 İnceleme alanından alınan su numunelerine ait ph değerleri (Not: Aşağıdaki tabloda suların türü arazi pH değerlerine göre hesaplanmıştır.)

<b>Numune No</b>	<b>Arazi pH</b>	<b>Laboratuvar pH</b>	<b>Suların Türü</b>
1	7,72	8,03	Bazik Karakterli
2	7,00	7,87	Nötr
3	7,93	8,11	Bazik Karakterli
4	7,80	8,18	Bazik Karakterli
5	7,81	8,24	Bazik Karakterli
6	6,26	8,15	Asit Karakterli
7	8,25	8,44	Bazik Karakterli

Yukarıdaki sınıflamaya göre çalışma alanındaki suların pH verilerine göre bu sular genel olarak 'bazik karakterli' olarak tanımlanmıştır.

### 3.4.5.3 Özgül Elektriksel İletkenlik (EC)

Su örneklerinde, suda çözülmüş toplam iyon miktarını hızlı bir şekilde tayin etmek için elektriksel iletkenliğe bakılır. Genelde iletkenlik, 50,000 imho/cm' ye kadar sudaki iyon konsantrasyonu ile orantılı olup, su içindeki çözülmüş madde miktarı fazla ise EC değerleri de artar (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Elektriksel iletkenlik, cisimlerin elektriği geçirme özelliğidir. Her cismin elektriği geçirme özelliği farklıdır. Saf su elektriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtkandır. Ancak, saf suya az miktarda karıştırılan mineral çözeltisi, suyun iletkenliğini yükseltir. 1cm<sup>3</sup> suyun elektriksel iletkenliğine 'özümlü elektriksel iletkenlik' denir. Suyun özümlü iletkenliği iyon cinsine, derişimine ve sıcaklığına bağlıdır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve birbirleriyle karşılaştırmak için 25 °C' ye indirgenerek verilir. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise çürütme özelliği fazladır. EC suların tuzluluğunu belirten bir parametredir. Yüksek derişimli suları EC değerleri yüksek, seyreltik suların EC değerleri ise düşüktür (Tarcan, 2007). EC değeri içme ve kullanma sularının sınıflandırılmasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3.17 Suların EC değerlerine göre sınıflandırılması (Tarcan, 2007)

Suyun Çeşidi	EC Değeri (µmho/cm veya µS/cm)
Salamura Sular	100.000-250.000
Deniz Suyu	50.000-60.000
Acı Sular	18.000-25.000
Yer Altın Suyu (Alüvyon)	500-2.000
Yer Altın Suyu (Andezit)	150-300
Yağmur Suları	40-160
Saf Su	4-14

Tablo 3.18 Suların elektriksel iletkenliklerine göre sınıflaması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)

EC ( $\mu\text{mho/cm}$ )	Suyun Sınıfı
<250	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılamaz

Çalışma alanında özgül elektriksel iletkenlik değeri; 480-634  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişmektedir.

Tablo 3.19 Çalışma alanındaki Suların elektriksel iletkenliklerine göre sınıflaması

Numune No	Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) $\mu\text{mho/cm}$ veya $\mu\text{S/cm}$	Suyun Çeşidi	Suyun Sınıfı
1	480 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
2	634 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
3	475 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
4	470 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
5	457 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
6	534 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi
7	525 $\mu\text{S/cm}$	Yeraltı Suyu (Alüvyon)	İyi

#### 3.4.5.4 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Suların içme ve tarımsal kullanıma uygunlukları suların EC ve SAR miktarları yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Sodyum adsorbsiyon oranı suların sulamada kullanılabilirliğini belirlemeye yardımcı olur. Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak geçirgenliği azaltan ve sulamadan sonra zemin üst seviyelerinde soğurulan sodyum, toprağın yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanmasını engeller. Ayrıca sodyum bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) sulama suları sınıflamasında kullanılan önemli bir özelliktir.

Sudaki sodyum oranı yüzde olarak şöyle bulunur;

$$\% \text{Na} = 100 ( \text{Na} + \text{K} ) / ( \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} )$$

Yukarıdaki bağıntının yerine daha kullanışlı bir eşitlik olan;

$$\text{Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)} = \text{Na} / [ ( \text{Ca} + \text{Mg} ) / 2 ]^{1/2}$$

Bağıntılarda iyonlar mek/l olarak alınmıştır.

SAR' miktarına göre sulama suları aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.20 SAR miktarına göre sulama sularının sınıflandırılması

SAR Değeri	Suların Niteliği
< 10	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
10-18	İyi Özellikte Sulama Suları
18-26	Orta Özellikte Sulama Suları
> 26	Fena Özellikte Sulama Suları

Tablo 3.21 İnceleme alanında alınan su örneklerinin SAR değerlerine göre niteliği

Numune No	SAR Değeri	Suların Niteliği
1	0,255	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
2	0,269	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
3	0,193	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
4	0,167	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
5	0,175	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
6	0,151	Çok İyi Özellikte Sulama Suları
7	0,158	Çok İyi Özellikte Sulama Suları

Çalışma alanında alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda bu havzadaki suların SAR değerleri % 0,15-0,26 arasında değiştiği belirlenmiştir. SAR değerlerine göre çalışma alanındaki sular genel olarak 'Çok İyi Özellikte Sulama Suları' sınıfına girmektedir.

#### 3.4.5.5 Sodyum Yüzdesi

Sodyum yüzdesi yeraltı sularının sulama suyu olarak kullanımını tespit etmek için kullanılır. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimi doğuracağından istenmemektedir. Sulardaki sodyum yüzdesi aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Na: } (r\text{Na}^+ \times 100) / (r\text{Na}^+ + r\text{Ca}^{++} + r\text{Mg}^{++} + r\text{K}^+) \quad (r:\text{mek/l})$$

Çalışma alanında alınana örneklerin sodyum yüzdeleri 4,6-7,6 arasında değişmektedir.

3.4.5.6 *Suların Kimyasal Analizinde oluşan Hatalar anyon ve kation dengesinden*

$$e = \frac{\text{Toplam Katyon Miktarı (mek/l)} - \text{Toplam Anyon Miktarı (mek/l)}}{\text{Toplam İyon Miktarı (mek/l)}} \times 100$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Hata yüzdesinin genellikle % 5' ten düşük olması istenir. Pozitif değer kation fazlalığına, negatif değer ise anyon fazlalığına karşılık gelir. Analiz yapımı sırasındaki ortaya çıkan hatalar dışındaki % 5' ten yüksek hata suda analizi yapılmamış iyon türlerinden bazılarının yüksek derişimde olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Balçova baraj havzası ve civarından alınan su örneklerindeki hata oranları yüzde olarak aşağıda belirtilmiştir;

<b>1 Nolu Örnek için;</b>	16,11
<b>2 Nolu Örnek için;</b>	2,33
<b>3 Nolu Örnek için;</b>	-2,51
<b>4 Nolu Örnek için;</b>	-4,48
<b>5 Nolu Örnek için;</b>	-1,6
<b>6 Nolu Örnek için;</b>	1,93
<b>7 Nolu Örnek için;</b>	-0,93 olarak belirlenmiştir.

Yukarıda da görüldüğü gibi baraj havzasından alınan su örneklerinde sadece 1 nolu örnekte hata oranı >% 5 olarak bulunmuştur. Sadece 1 nolu örnek için suda analizi yapılmamış bazı iyon türlerinin yüksek derişimde olduğu düşünülmektedir. 1-2-6 nolu örneklerde anyon fazlalığı, 3-4-5-7 nolu örneklerde ise kation fazlalığı gözlenmektedir.

### ***3.4.6 Suların Sulamada Kullanım Özellikleri***

Sulamada kullanılacak olan suların içerisinde çözünmüş fazla miktarda iyonlar bitkilere ve tarım toprağına fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi bitkilerin yapısındaki hücrelerde osmatik basıncı azaltarak suyun dal ve yapraklara ulaşmasını engeller, kimyasal yolla ise, bitki metabolizmasını bozar. Sularda bulunan sodyum ve bor gibi iyonların miktarları bitki gelişimini etkiler. Nitekim Balçova baraj havzasının kuzey kesimlerinde kalan Balçova Jeotermal sahasındaki bor miktarının fazlalığı o bölgede yetişen narenciye bahçelerini etkilemiş ve bu bahçelerin kurumasına yol açmıştır.

Çalışma alanında suların sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla ABD Tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox Diyagramlarına göre sınıflamalar yapılmıştır.

#### ***3.3.6.1 Sulama Sularının Wilcox' a Göre Sınıflandırılması***

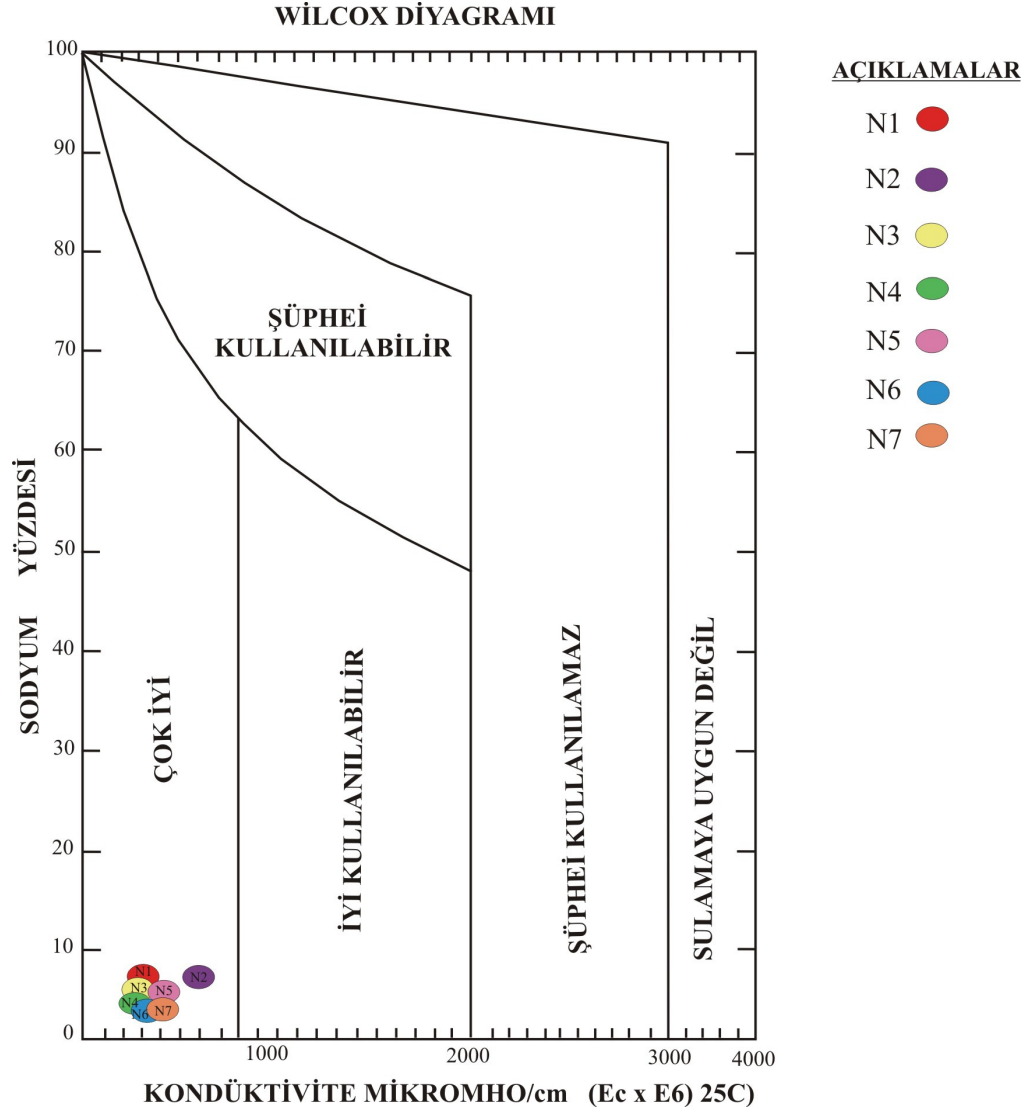
Kimi alanlarda sulama suyuna gereksinme duyulursa kullanılacak suyun sulamaya uygunluğu yapılacak analizlerin diyagramlara taşınmasıyla ortaya konabilir. Bu konuda kullanılan diyagramlardan birisi de Wilcox Diyagramı' dır. Suların elektriksel iletkenlik (EC) ve Na yüzde değerleri bu diyagram üzerine taşınarak sulama sular doğrudan yorumlanabilir (Şahinci, 1986).

Wilcox sulama sularını % Na, klorür, sülfat, bor ve elektriksel iletkenliğe karşı duyarlılıklarına göre aşağıdaki gibi sınıflamıştır.



Suda Bulunan Bor (mg/l)							
Suyun Sınıfı	%Na	rCl	rSO <sub>4</sub>	EC (µMH)	Duyarlı Bitkiler	Yarı Dayanıklı Bitkiler	Az Dayanıklı Bitkiler
Çok İyi	<20	<4	<4	<250	<0,33	<0,67	<1,00
İyi	20-40	4-7	4-7	<b>250-750</b>	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
Kullanılabilir	40-60	7-12	7-12	750-2000	0,67-1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
Şüpheli	60-80	12- 20	12- 20	2000- 3000	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
Kullanılamaz	>80	>20	>20	>3000	>1,25	>2,50	>3,75

Yukarıdaki sınıflamaya göre inceleme alanındaki sular '**Çok İyi - İyi**' sınıfına girmektedir.



Şekil 3.48 Wilcox Diyagramında Rezervuar alanı ve çevresinden alınan numunelerin gösterilmesi

Yeraltı sularının sulamada kullanılabilme özelliğini belirlemede kullanılan Wilcox diyagramına göre alınan tüm su örnekleri ‘**Çok İyi**’ sular sınıfına girmektedir.

### 3.4.6.2 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Sulama sularının sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvar Diyagramı kullanılır. Bu diyagram için suyun 25°C' deki kondüktivitesine ve sodyum adsorbsiyon oranının bilinmesine gerek vardır.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, tuzluluk ve sodyum tehlike derecesine göre 16 bölgeye ayrılmıştır. Hangi bölgedeki sudan hangi bitkilerin yararlanacağı belirtilmiştir. Düşey ekseninde SAR değerleri, yatay ekseninde EC değerleri bulunur. Bu diyagramın açıklaması;

**C1** (EC 250  $\mu\text{mho/cm}$ ' den az), az tuzlu sular: Her toprak, tüm bitkilerin sulamasına uygundur.

**C2** (EC 250-750  $\mu\text{mho/cm}$ ' den veya mS/cm arası), orta tuzlu sular: Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.

**C3** (EC 750-2250  $\mu\text{mho/cm}$ ' den veya mS/cm arası), tuzlu sular: Akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılamaz. Tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

**C4** (EC 2250  $\mu\text{mho/cm}$ ' den veya mS/cm'den büyük), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı olan bitki türleri seçilmelidir.

### **Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri**

**S1**, (az Sodyumlu sular): Tüm topraklarda Sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.

**S2**, (orta Sodyumlu sular): Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.

**S3, (Yüksek Sodyumlu sular):** Birçok toprak cinsine sodyum tehlikesi yaratabilir.

**S4, (AZ Sodyumlu sular):** Genel olarak sulama için uygun değildir. Ancak suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir.

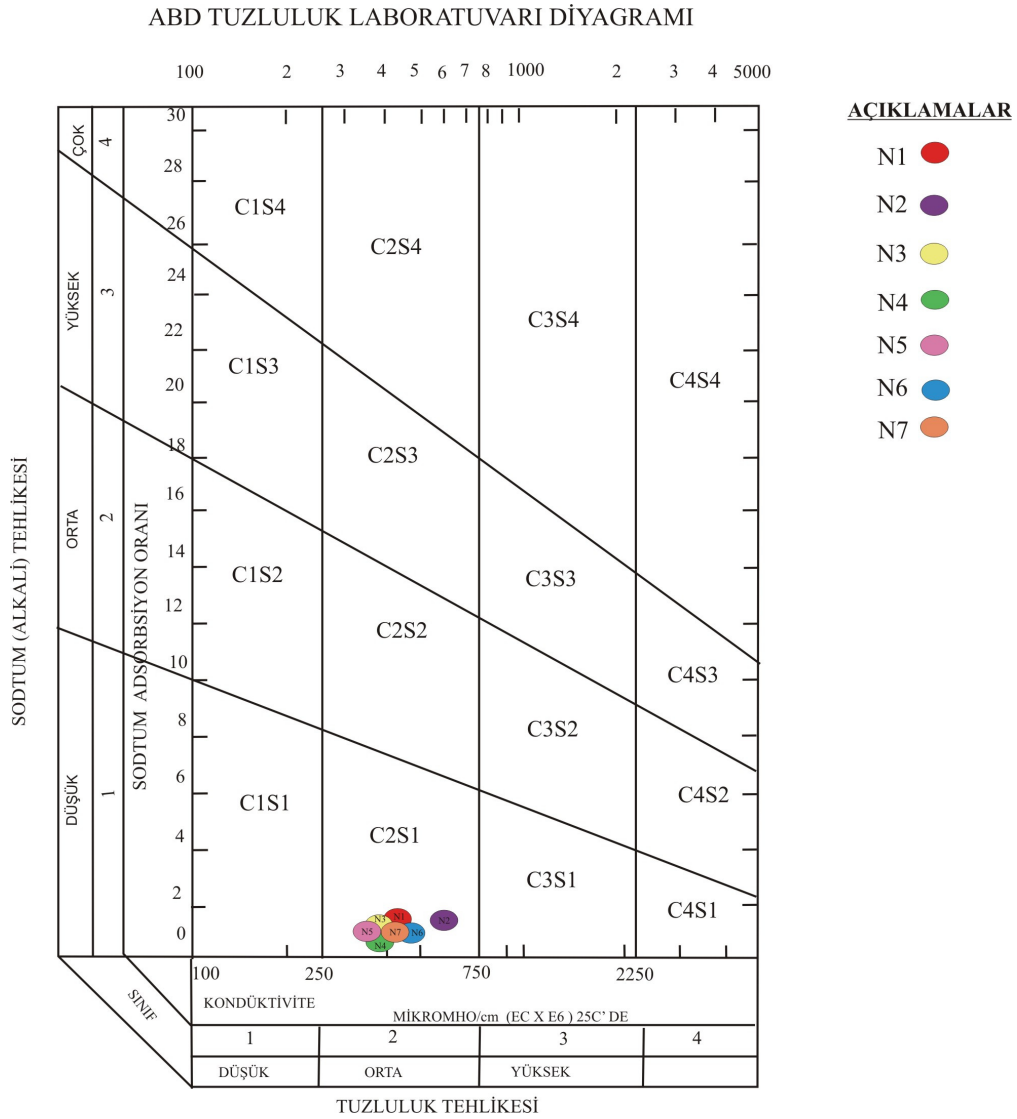
Böylece C1-S1, C2-S1, C3-S1 her türlü sulamalarda, C4-S1, C3-S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4-S2,C4-S3 sulamada kullanılmaz. Sulama suyunun pH' ı 9' u geçmemelidir.

Tablo 3.22 Suların sulama suyu olarak kullanımının belirlenmesi (Karagüzel, 2004)

Tuzluluğa Göre Alt Sınırlar	C1	Az tuzlu su.. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	<b>C2</b>	<b>Orta tuzlu su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.</b>
	C3	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C4	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış alanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum Miktarına Göre Alt Sınırlar	<b>S1</b>	<b>Az sodyumlu su. Sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur.</b>
	S2	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır
	S3	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılır.
	S4	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılamaz.

Çalışma alanından alınan su numuneleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen Sodyum Adsorbsiyon Oran (SAR) ve Elektriksel iletkenlik

değeri (EC) ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramlarında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre buradan alınan su numuneleri; **C2S1** sınıfına girmektedir. Bu sınıflamaya göre sular; Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir. Tüm topraklarda Sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.



Şekil 3.49 ABD Tuzluluk Diyagramı'nda alınan su numunelerinin gösterimi

Suyun pH sulamada önemli bir yer tutar ve genel olarak pH 9' u geçmemesi istenir. Toplam iyon miktarı 7,5 mek/l' den az sular, genellikle her türlü sulamaya

uygundur. İyon miktarı arttıkça suyun sulama özelliği azalır ve bu değer 22,5 mek/l' yi geçtiğinde, sulama için elverişli değildir.

### 3.4.7 Suların Beton Üzerine Etkisi

Suların beton üzerine etkisinde sülfat ( $SO_4$ ) miktarı önemlidir.

Tablo 3.23 Suların Beton üzerine etkisi (Karagüzel, 2004)

Etkime Derecesi	Sudaki $SO_4$ Miktarı	
	gr/l	mek/l
Pratik Olarak Yok	0,0-0,15	0,0-3,12
Etkime Var	0,15-1,00	3,12-20,82
Önemli	1,00-2,00	20,82-41,16
Çok Önemli	2,00' dan fazla	41,16' dan fazla

Tablo 3.24 Çalışma alanındaki suların Sülfat değerleri ve Yukarıdaki tabloya göre değerlendirme sonuçları

Numune No	Sudaki $SO_4$ Miktarı		Etkime Derecesi
	gr/l	mek/l	
1	0,105	2,203	Pratik Olarak Yok
2	0,135	2,285	Pratik Olarak Yok
3	0,093	1,957	Pratik Olarak Yok
4	0,127	2,646	Pratik Olarak Yok
5	0,084	1,763	Pratik Olarak Yok
6	0,088	1,846	Pratik Olarak Yok
7	0,119	2,484	Pratik Olarak Yok

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere inceleme alanından alınan su örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizler sonuçlarına göre bu suların beton üzerine her hangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

### ***3.4.8 Suların Kullanım Özellikleri***

Bu bölümde çalışma alanındaki belirlenen noktalardan alınan örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak suların içilebilmeye uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

#### ***3.4.8.1. Suların İçilebilirlik Özellikleri***

Doğal suların içme suyu olarak kullanılabilmesi için içinde buldukları maddelerin belirli limitler arasında kalması istenmektedir. Bu nedenle birçok ülke kendi kaynaklarına göre içme suyu standartları geliştirmiştir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları kullanılmaktadır. Türk İçme Suyu Standartları; zehirli maddeler, sağlığa etki eden maddeler, içilebilme özelliğine etki eden maddeler ve kirlenmeyi belirleyen maddeler şeklinde dört bölüme ayrılmaktadır.

## Türkiye İçme Suları Standartları

Tablo 3.25 Türkiye içme suları standartları (TSE-266, 1997-2005)

Özellik	Sımf 1 ve Sımf 2 Tip 1	Sımf 2 Tip 2	Birim	Açıklama	(TSE, 266 (1997)) (mg/ )
Antimon	5,0	5,0	µg / l		
Arsenik	10	10	µg / l		0,05
Benzen	1,0	1,0	µg / l		
Bor	1,0	1,0	mg / l		
Bromat	10	10	µg / l		
Kadmiyum	5,0	5,0	µg / l		
Kadmiyum	5,0	5,0	µg / l		0,05
Krom	50	50	µg / l		0,02
Bakır	100	2000	µg / l		1,5 max, müsaade edilen 1,0
Siyanür	50	50	µg / l		0,05
Flüorür	1,0	1,5	mg / l		1,5 max, müsaade edilen 1,0
Kurşun	10	10	µg / l		0,05
Cıva	1,0	1,0	µg / l		1,0
Nikel	20	20	µg / l		
Nitrat	25	50	mg / l		
Nitrit	0,10	0,50	mg / l		
Alüminyum en çok	200	200	µg / l		
Amonyum en çok	0,05	0,50	mg / l		
Klorür, en çok	30	250	mg / l		
Renk, en çok	1	20	mg/l Pt-Co skalası	Suyun kendine has renginden fark edilebilir bir sapma gözlenmemelidir	
İletkenlik, 20°C'ta, en çok	650	2500	µS/cm		
pH	6,5≤pH≤9,5	6,5≤pH≤9,5	pH birimi		.
Demir, en çok	50	200	µg / l		1,0 max müsaade edilen 0,3
Mangan, en çok	20	50	µg / l		1,5 max müsaade edilen 0,1
Koku	Suyun kendine has kokusunda fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir				
Sülfat, en çok		25	250	mg/l	
Sodyum, en çok		100	200	mg/l	
Tat	Suyun kendine has tadında fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemektedir				



Tablo 3.26 Suların Fiziko Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflanması (TS-266)

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer	Müsade Edilebilecek	Müsade Edilebilecek Maximum Değer
Sıcaklık °C	12	25	25
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5
Renk mg/l (Pt-Co Skalası)	1	20	1
Bulanıklık	5 birim	25 birim	5 birim
İletkenlik <sup>1)</sup> 20°C'de µS/cm		2000	650
Klorürler <sup>2)</sup> (Cl), mg/l	25	600	30
Serbest klor (Cl <sub>2</sub> ), mg/l	0.1	0.5	
Sülfatlar (SO <sub>4</sub> ), mg/l	25	250	25
Kalsiyum (Ca), mg/l	100	200	100
Magnezyum (Mg), mg/l	30	50	30
Sodyum (Na), mg/l	20	175	20
Potasyum (K), mg/l	10	12	12
Alüminyum (Al), mg/l	0.05	0.2	0.2
Kurutma Kalıntısı 80°C'de kurutulduktan sonra, mg/l		1500	500

Suların içmeye uygun olup olmadığını belirlemek için; TS 266 Türk İçme Suları Standartları, U.S.EVİRONMENTAL Protection Agency, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa Standartları, 1970 içme suları standartlarıdır. Aşağıda bu çizelgeler gösterilmiştir.

Tablo 3.27 Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO)

**Kaynaklar:** U.S. Environmental Protection Agency, 1975 ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa Standartları, 1970 (Seyman, 2005).

**a** Bu bileşenler için tavsiye edilen sınır değerleri başlıca görünüş ve tat karakteristikleri sağlamak içindir. **b** A.B.D ve Kanda standartlarına göre  $\text{NO}_3^-$  sınırı 10mg/l olarak ifade edilmektedir. Avrupa standartlarında bu sınır  $\text{NO}_3^-$  için 50mg/l'dir. **c** Maksimum izin verilebilir sınırlar sağlık kriterlerine göre belirlenir. **d** Sınır değeri bölgenin havza sıcaklığına bağlıdır; suyun uzun süre tüketilmesi durumunda Flüörür 5,10mg/l'de zehirli olmaktadır.

Bileşen	Tavsiye Edilen Konsantrasyon Sınırı (mg/l)
İnorganik	
Toplam Çözünmüş Katı Madde	500
Klorür (Cl)	250
Sülfat ( $\text{SO}_4$ )	250
Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	45 <sup>b</sup>
Demir (Fe)	0,3
Mangan (Mn)	0,05
Bakır (Cu)	1,0
Çinko (Zn)	5,0
Bor (B)	1,0
Hidrojen Sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ )	0,05
<b>Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyon</b>	
Arsenik (As)	0,05
Baryum (Ba)	1,0
Krom ( $\text{Cr}^{\text{VI}}$ )	0,05
Kadmiyum (Cd)	0,01
Selenyum	0,01
Antimon (Sb)	0,01
Kurşun (Pb)	0,05
Civa (Hg)	0,002
Gümüş (Ag)	0,05
Florür (F)	1,4-2,4 <sup>d</sup>
<b>Organik</b>	
Siyanür	0,05
Endirin	0,0002
Lindan	0,004
Metoksiklorür	01
Toksafen	0,005
2,4-D	0,1
2,4,5-TP silveks	0,01
Fenoller	0,001
Karbon Klaroform ekstratı	0,2
Sentetik deterjanlar	0,5
<b>Radionükleidler ve radyoaktivite</b>	<b>Maksimum İzin Verilebilir Değer (pCi/l)</b>
Radyum 226	5
Stronsiyum 90	10
Plütonyum	50000
Gros beta aktivitesi	30
Gros alfa aktivitesi	3
Bakteriyolojik	
Toplam Koli Bakterisi	100ml'de 1 adet

Yukarıdaki TSE 266-2005'e ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO)' na göre inceleme alından alınan su örneklerinde yapılan analiz sonuçlarında arsenik değeri alınan tüm numunelerde belirlenen sınır değerin üzerinde çıkmıştır. Ayrıca 1 nolu örnekte demir, 3 nolu örnek dışındaki tüm numunelerde kadmiyum, 1-2 nolu örnekte mangan değerleri belirtilen sınır değerin üzerindedir. 1-4-7 nolu örneklerde ise az miktarda da olsa kurşun değerleri sınır değerin üzerindedir.

### **3.4.9 İçme ve Kullanma Sularının Bakteriyolojik Özellikleri**

İçme ve kullanma sularının kimyasal tahlillerinin yanı sıra bakteriyolojik özelliklerindeki bilinmesi gerekir. Yüzey ve yeraltı sularının kirlenme derecelerine göre 1 cm<sup>3</sup> suda yüzlerce, binlerce, milyonlarca mikroorganizmalar özellikle bakteriler bulunur. Genel olarak yeraltı suları ne kadar derinde ise hastalık yapan bakteri miktarı azdır. Sularda bulunabilecek bakterilerin bir kısmı zararsız oldukları gibi bir kısmı da tifo, kolera, dizanteri gibi hastalıklara yol açabilir.

Eğer bir tek koli basili 500-750 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Çok Temiz,  
 Eğer bir tek koli basili 350-500 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Temiz,  
 Eğer bir tek koli basili 200-300 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Şüpheli,  
 Eğer bir tek koli basili 180-200 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Çok Şüpheli,  
 Eğer bir tek koli basili 50-100 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Kirli,  
 Eğer bir tek koli basili 25-50 cm<sup>3</sup> suda izlenirse, Çok Kirli Su olarak nitelendirilir.

Amerikan Halk Sağlığı Servisi 10 cm<sup>3</sup> suda hiç koli basili yoksa içilebilir kabul eder.

İngiliz bakteriyologlarına göre ise sınıflama aşağıdaki gibidir.

<b>100 cm<sup>3</sup> suda bulunan koliform sayısı</b>	<b>Suyun Niteliği</b>
0-1	Çok Temiz Sular
1-2	Temiz Sular
3-10	Şüpheli sular
10'dan fazla	Çok Şüpheli sular

#### ***3.4.10 Su Kalitesi***

Balçova Barajı' ndaki tesisten elde edilen arıtılmış suyun kalitesi genel olarak TSE 266' ya uygundur. Tesis giriş ve çıkış suyundan alınan numuneler İZSU Merkez Laboratuvarında analiz edilmektedir. Çapraz kontrol amacıyla Sağlık Bakanlığı İl Hıfzıssıhha Enstitüsü laboratuvarlarında da analiz yaptırılmaktadır. Ağır metal ve pestisitler altı ayda bir kez ölçtürülmektedir. Aşağıda İZSU Genel Müdürlüğü'nün web sitesinden alınan Balçova Barajı' na ait analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.28 Balçova içme suyu arıtma tesis giriş ve çıkış suyu İZSU merkez laboratuvarı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları (Ağustos 2008)

Parametre	Birim	Ham su	** İLGİLİ YÖNETMELİK DEĞERİNE GÖRE SINIFI	TS 266 STANDART DEĞERLERİ	ÇIKIŞ SUYU
pH	-	8,00	A1	6,5<=pH<=9,5	8,00
Renk	PtCo	0	A1	20	0
Bulanıklık	NTU	*	*	1	0,2
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	mg/lt	20	A1	250	20
T.Siyanür	mg/lt	0	A1	0,05	0
Amonyum (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/lt	0	A1	0,5	0
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/lt	*	*	0,5	0
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/lt	2	A1	50	Saptanamadı
T.Kjeldahl Azotu	mg/lt	0	A1	*	*
Florider	mg/lt	0,4	A1	1,5	0,3
Demir (Fe)	mg/lt	*	*	0,2	0,0120
Mangan (Mn)	mg/lt	0,1910	A3	0,05	0,0042
Bakır (Cu)	mg/lt	0,00676	A1	2	0,00077
Çinko (Zn)	mg/lt	0,00776	A1	*	*
Alüminyum (Al)	mg/lt	*	*	0,2	0,00408
Bor (B)	mg/lt	0,08	A1	1	0,06
Arsenik (As)	mg/lt	0,00241	A1	0,01	0,00164
Kadmiyum (Cd)	mg/lt	Saptanamadı	A1	0,005	Saptanamadı
Krom (Cr)	mg/lt	0,00034	A1	0,05	0,00014
Cıva (Hg)	mg/lt	Saptanamadı	A1	0,001	Saptanamadı
Nikel (Ni)	mg/lt	-	-	0,02	0,00049
Kurşun (Pb)	mg/lt	0,00035	A1	0,01	0,00012
Antimon (Sb)	mg/lt	*	*	0,005	0,00028
Selenyum (Se)	mg/lt	0,00013	A1	0,01	0,00015
Baryum (Ba)	mg/lt	0,02305	A1	*	*
Kobalt (Co)	mg/lt	-	-	*	*
Çöz. Demir(Fe)	mg/lt	0,185	A1	*	*
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/lt	5	A3	*	*
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/lt	Saptanamadı	A1	*	*
Askıda Katı Madde	mg/lt	Saptanamadı	A1	*	*
Oksijen Doygunluğu	%	81,9	A1	*	*
Sodyum (Na)	mg/lt	*	*	200	12
Fenolik Maddeler	µg/lt	0	A1	*	*
Sümfaktanlar	mg/lt	0	A1	*	*
Sıcaklık	°C	26	A3 üstü	*	*
İletkenlik	mg O <sub>2</sub> /lt	438	A1	2500	438
Oksitlenebilirlik	mg O <sub>2</sub> /lt	*	*	5	0,6
Toplam Koliform	adet/100 ml	-	-	0 adet/250 ml	0
Fekal Koliform	adet/100 ml	-	-	0 adet/250 ml	-
Toplam Bakteri	adet/1 ml	-	*	0 adet/1 ml	<1
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	mg/l	41	A1	250	38

\* İlgili standartta ve/veya yönetmelikte yer almamaktadır.  
\*\* "İçme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yüzeysel sular hakkında yönetmelik" değerine göre sınıfı.

Tablo 3.29: Balçova içme suyu arıtma tesis giriş ve çıkış suyu İZSU merkez laboratuvarı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları (09.07.2009)

Parametre	Birim	Ham su	** YÖNETMELİK	TS 266 STANDART DEĞERLERİ	ÇIKIŞ SUYU
pH	-	7,8	A1	6,5<=pH<=9,5	8,1
Renk	PtCo	0	A1	20	0
Bulanıklık	NTU	*	*	1	0,2
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	18	A1	250	21
Fosfatlar (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg/l	0,2	A1	*	*
Siyanür	mg/l	0	A1	0,0	0
Amonyak	mg/l	0	A1	0,5	0
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	*	*	0,5	saptanamadı
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	saptanamadı	A1	50	
Kjeldahl Metodu ile Azot	mg/l	0,2	A1	*	*
Florür	mg/l	0,1	A1	1,5	0,1
Demir (Fe)	mg/l	*	*	0,2	0,00638
Mangan (Mn)	mg/l	0,1349	A3	0,05	0,00287
Bakır (Cu)	mg/l	0,00202	A1	2	0,00099
Çinko (Zn)	mg/l	0,01626	A1	*	*
Alüminyum (Al)	mg/l	*	*	0,2	0,00771
Bor (B)	mg/l	0,11	A1	1	0,08
Arsenik (As)	mg/l	0,00093	A1	0,01	0,00079
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,00001	A1	0,005	saptanamadı
T. Krom (Cr)	mg/l	0,00062	A1	0,05	0,00045
Cıva (Hg)	mg/l	saptanamadı	A1	0,001	saptanamadı
Nikel (Ni)	mg/l	-	-	0,02	0,00042
Kurşun (Pb)	mg/l	0,00037	A1	0,01	0,00027
Selenyum (Se)	mg/l	0,00019	A1	0,01	0,00020
Baryum (Ba)	mg/l	0,01540	A1	*	*
Kobalt (Co)	mg/l	-	-	*	*
Çöz. Demir(Fe)	mg/l	0,05341	A1	*	*
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/l	3	A2	*	*
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/l	saptanamadı	A1	*	*
T. Askıda Katı Madde	mg/l	saptanamadı	A1	*	*
Çözünmüş Oksijen Doygunluğu	%	53	A2	*	*
Sodyum (Na)	mg/l	*	*		
Fenolik Maddeler	µg/l	0	A1	*	*
Sümfaktanlar	mg/l	0	A1	*	*
Sıcaklık	°C	16	A1	*	*
İletkenlik	µg/l	420	A1	2500	422
Oksitlenebilirlik	mg O <sub>2</sub> /lt	*	*	*	1,2
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	36	A1	250	39
Benzen	µg/l	*	*	1,0	<0,1
Bromat	µg/l	*	*	10	<2,0
Berilyum (Be)	µg/l	<0,002	-	*	*
Vanadyum (V)	mg/l	<0,002	-	*	*
Koku				Fark edilir değişiklik gözlenmemelidir	
Toplam Organik Karbon	mg/l	1,2299	-	Fark edilir değişiklik gözlenmemelidir	1,1572
Tat	-	*	*	Fark edilir değişiklik gözlenmemelidir	-

\* İlgili standartta ve/veya yönetmelikte yer almamaktadır.

**Tablo 3.30:** Balçova içme suyu arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu İzmir bölge Hıfzıssıhha Enstitüsü analiz sonuçları (Ağustos 2008)

PARAMETRE	HAMSU	** İLGİLİ YÖNETMELİK DEĞERİNE GÖRE SINIFI	TS 266 STANDART DEĞERLERİ	ÇIKIŞ SUYU
<b>Virolojik Analiz</b>				
Enterovirüs Üremesi	Enterovirüs Üremesi	Enterovirüs Üremesi	Enterovirüs Üremesi	Enterovirüs Üremesi
<b>Parazitolojik Analiz</b>				
Parazitolojik Üreme	Parazitolojik Üreme	Parazitolojik Üreme	Parazitolojik Üreme	Parazitolojik Üreme
<b>Pestisit Analizi (Toplam 47 adet parametre)</b>				
Organik Klorlu İnsektisitler	Organik Klorlu İnsektisitler	Organik Klorlu İnsektisitler	Organik Klorlu İnsektisitler	Organik Klorlu İnsektisitler
Organik Fosforlu İnsektisitler	Organik Fosforlu İnsektisitler	Organik Fosforlu İnsektisitler	Organik Fosforlu İnsektisitler	Organik Fosforlu İnsektisitler
Karbamatlı İnsektisitler	Karbamatlı İnsektisitler	Karbamatlı İnsektisitler	Karbamatlı İnsektisitler	Karbamatlı İnsektisitler
Sentetik Pyrethroidler	Sentetik Pyrethroidler	Sentetik Pyrethroidler	Sentetik Pyrethroidler	Sentetik Pyrethroidler
Akarisitler	Akarisitler	Akarisitler	Akarisitler	Akarisitler
Parathion	Parathion	Parathion	Parathion	Parathion
BHC (alfa, beta, gama)	BHC (alfa, beta, gama)	BHC (alfa, beta, gama)	BHC (alfa, beta, gama)	BHC (alfa, beta, gama)
Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin
<b>Kimyasal Analiz</b>				
Benzen (µg/l)	Benzen (µg/l)	Benzen (µg/l)	Benzen (µg/l)	Benzen (µg/l)
Bromat (µg/l)	Bromat (µg/l)	Bromat (µg/l)	Bromat (µg/l)	Bromat (µg/l)
Berilyum (Be) mg/l	Berilyum (Be) mg/l	Berilyum (Be) mg/l	Berilyum (Be) mg/l	Berilyum (Be) mg/l
Vanadyum (V) mg/l	Vanadyum (V) mg/l	Vanadyum (V) mg/l	Vanadyum (V) mg/l	Vanadyum (V) mg/l
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) mg/l	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) mg/l	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) mg/l	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) mg/l	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) mg/l
<b>Organik Kimyasal Analiz</b>				
Toplam Trihalometanlar µg/l	Toplam Trihalometanlar µg/l	Toplam Trihalometanlar µg/l	Toplam Trihalometanlar µg/l	Toplam Trihalometanlar µg/l
<b>Mikrobiyolojik ve Biyolojik Analiz</b>				
Pseudomonas Aeruginosa (250 ml)	Pseudomonas Aeruginosa (250 ml)	Pseudomonas Aeruginosa (250 ml)	Pseudomonas Aeruginosa (250 ml)	Pseudomonas Aeruginosa (250 ml)
Clostridium Perfringens (50 ml)	Clostridium Perfringens (50 ml)	Clostridium Perfringens (50 ml)	Clostridium Perfringens (50 ml)	Clostridium Perfringens (50 ml)
Salmonella spp (100 ml)	Salmonella spp (100 ml)	Salmonella spp (100 ml)	Salmonella spp (100 ml)	Salmonella spp (100 ml)
* İlgili standartta ve/veya yönetmelikte yer almamaktadır				

Parametre	Birim	Ham Su	Yanetmelik	TSE 266 Standart Değerleri	Çıkış Suyu
Akrilamid					
Benzo(a)piren	µg/Lt	saptanamadı	*	0,010	saptanamadı
1,2 dikloretan	µg/Lt	*	*	3	<0,1
<b>Fiziksel, Kimyasal Ve Bakteriyolojik</b>					
pH	-	8	A1	6,5≤pH≤9,5	8,1
Renk	PtCo	0	A1	20	0
Bulanıklık	NTU	*	*	1	0,70
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	mg/Lt	16	A1	250	18
Fosfatlar(P <sub>2</sub> O)	mg/Lt	0	A1	*	*
Siyanür	mg/Lt	0	A1	0,05	0
Amonyak	mg/Lt	0	A1	0,5	0
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/Lt	*	*	0,5	saptanamadı
Nitratlar (NO <sub>3</sub> )	mg/Lt	3	A1	50	3
Kjeldahl Metodu İle Azot	mg/Lt	0	A1	*	*
Flüorür	mg/Lt	0,1	A1	1,5	0,1
Demir (Fe)	mg/Lt	*	*	0,2	0,1053
Mangan (Mn)	mg/Lt	0,02475	A1	0,05	0,00523
Bakır (Cu)	mg/Lt	0,01083	A1	2	0,00097
Çinko (Zn)	mg/Lt	0,02736	A1	*	*
Alüminyum (Al)	mg/Lt	*	*	0,2	0
Bor (B)	mg/Lt	0,0161	A1	1	0,0163
Arsenik (As)	mg/Lt	0,00077		0,01	0,00109
Kadmiyum (Cd)	mg/Lt	0,00002	A1	0,005	saptanamadı
Krom (Cr)	mg/Lt	0,00193	A1	0,05	0,00111
Cıva (Hg)	mg/Lt	saptanamadı	A1	0,001	saptanamadı
Nikel (Ni)	mg/Lt	-	-	0,02	0,00068
Kurşun (Pb)	mg/Lt	0,00077		0,01	0,00013
Selenyum (Se)	mg/Lt	0,00031	A1	0,01	0,00022
Baryum (Ba)	mg/Lt	0,01871	A1	*	*
Kobalt (Co)	mg/Lt	-	-	*	*
Çöz. Demir(Fe)	mg/Lt	0,2916	A1	*	*
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/Lt	2	A1	*	*
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/Lt	saptanamadı	A1	*	*
T. Askıda Katı Madde	mg/Lt	5	A1	*	*
Çözülmüş Oksijen Doygunluk Oranı	%	78,2	A1	*	*
Sodyum (Na)	mg/Lt	*	*	200	8,06
Fenolik Maddeler	µg/Lt	0	A1	*	*
Sümfaktanlar	mg/Lt	0	A1	*	*
Sıcaklık	°C	23,4	A1	*	*
İletkenlik	µS/cm	379	A1	2500	378
Oksitlenebilirlik	mg O <sub>2</sub> /Lt	*	*	*	0,6
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	31	A1	250	35
Benzen	µg/l	*	*	1,0	<0,1
Bromat	µg/l	*	*	10	<2,0
Berilyum (Be)	mg/Lt	<0,002	-	*	*
Vanadyum (V)	mg/Lt	<0,002	-	*	*
Koku		-	-	Fark edilebilir değişiklik	-



Epikloridin	µg/lt	*	*	0,1	<0,1
Tetrakloreten ve Triklloreten	µg/lt	*	*	10	<0,1
Antimon (Sb)	mg / l	*		0,005	0,00013
Toplam Organik Karbon	mg / l	1,1778	-	Fark edilebilir değişiklik gözlenmemelidir.	1,2001
Tat	-	*	*	Fark edilebilir değişiklik gözlenmemelidir.	-
Vinil Klorür	µg/lt	*	*	0,50	<0,1
Virolojik Analiz					
Enterovirüs Üremesi		*	*	Bulunmamalıdır	saptanamadı
Parazitolojik Analiz					
Parazitolojik Üreme		*	*	Bulunmamalıdır.	saptanamadı
Pestisit Analiz					
Organik Klorlu İnsektisitler	µg/l	*	*	0,1	saptanamadı
Organik Fosforlu İnsektisitler	µg/l	*	*	0,1	saptanamadı
Herbisitler	µg/l	*	*	0,1	saptanamadı
Akarisitler	µg/l	*	*	0,1	saptanamadı
Karbamatlı İnsektisitler	µg/l	*	*	0,1	saptanamadı
BHC'ler (µg/l)	µg/l	saptanamadı	A1	*	*
Parathion (µg/l)	µg/l	saptanamadı	A1	*	*
Dieldrin	µg/lt	saptanamadı	A1	*	*
Mikrobiyolojik Ve Biyolojik Analiz					
Pseudomonas Aeruginosa	adet/250 ml	*	*	0	0
Clostridium Perfringens	adet/50 ml	*	*	0	0
Salmonella spp	adet / 100 ml	0	A1	0	0
Toplam Koliformlar	adet / 100 ml	0	A1	0	0
Fekal Koliform	adet / 100 ml	100	A1	*	*
Toplam Bakteri	adet / 1 ml	*	*	*	*
Fekal Streptokok	adet / 100 ml	0	A1	*	*
E.koli	adet / 100 ml	*	*	0	0
Enterekok	adet / 100 ml	*	*	0	0
Koloni Sayımı (22°C)	adet / 1 ml	*	*	Fark edilebilir değişiklik gözlenmemelidir.	33
Pseudomonas Aeruginosa	adet/250 ml	*	*	0	0
Legionella		*	*	Bulunmamalıdır	0
Radyoaktivite Analizleri					
Tritiyum	Bq/l	*	*	100	-
T. Gösterge Dozu	mSV/yıl	*	*	0,10	-
Alfa Aktivitesi	Bq/l	*	*	0,1	-
Beta Aktivitesi	Bq/l	*	*	1	-

### 3.4.11 Yeraltı Sularının Kimyasal Sınıflaması

Suların grafiklerde gösterilmesi toplu halde bir arada görülmesi, sınıflandırılması, birbirleriyle ilişkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması gibi amaçlar taşır. Hidrojeolojide sütun diyagramlar, üçgen diyagramlar, dairesel diyagramlar, Schoeller yarı logaritmik diyagram, Durov diyagramı ve Piper üçgen diyagramlar gerek iyonların topluca tek bir diyagramda gösterilmesi kolaylığından gerekse benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılması açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen diyagramlar ise suların sınıflamasında kolaylık sağlamaktadır.

#### 3.4.11.1 Scholler (1995) Göre Suların Sınıflaması

Scholler (1995) suları sınıflarken 3 kısma ayırmış. Bunlar; klorür, sülfat ve karbonat miktarına göre sınıflandırılmaktadır.

<b>Numune No</b>	<b>Sülfat Miktarı (mek/lt)</b>	<b>Klorür Miktarı (mek/lt)</b>	<b>Bikarbonat Miktarı (mek/lt)</b>
<b>1</b>	2,203	0,416	2,14
<b>2</b>	2,825	0,680	2,72
<b>3</b>	1,957	0,614	2,16
<b>4</b>	2,646	0,526	1,92
<b>5</b>	1,763	0,460	2,14
<b>6</b>	1,846	0,482	2,54
<b>7</b>	2,485	0,636	2,16

**a) Suların Klorür Derişimine Göre Sınıflandırılması;**

<b>Su Sınıfı</b>	<b>Klorür miktarı (mek/lt)</b>
Hiper Klorürlü Sular	>700
Klorotalasik Sular	420-700
Klorürce zengin Sular	140-420
Orta Klorürlü Sular	40-140
Oligoklorürlü Sular	15-40
Olağan Klorürlü Sular	<15

Klorür derişimi bakımında Balçova baraj havzasındaki suların klorür miktarları 0,4-0,7 arasında değiştiiğinden dolayı havzadaki sular ‘**Olağan Klorürlü**’ sular sınıfına girmektedir.

**b) Suların Sülfat Derişimine Göre Sınıflandırılması;**

<b>Su Sınıfı</b>	<b>Sülfat (SO4) miktarı (mek/lt)</b>
Hiposülfatlı	>58
Sülfatlı	24-58
Oligosülfatlı	6-24
Olağan Sülfatlı	<6

Sülfat derişimi bakımında Balçova baraj havzasındaki suların sülfat miktarları 1,8-2,8 arasında değiştiiğinden dolayı havzadaki sular ‘**Olağan Sülfatlı**’ sular sınıfına girmektedir.

**c) Karbonat ve Bikarbonat Derişimine Göre Suların Sınıflandırılması;**

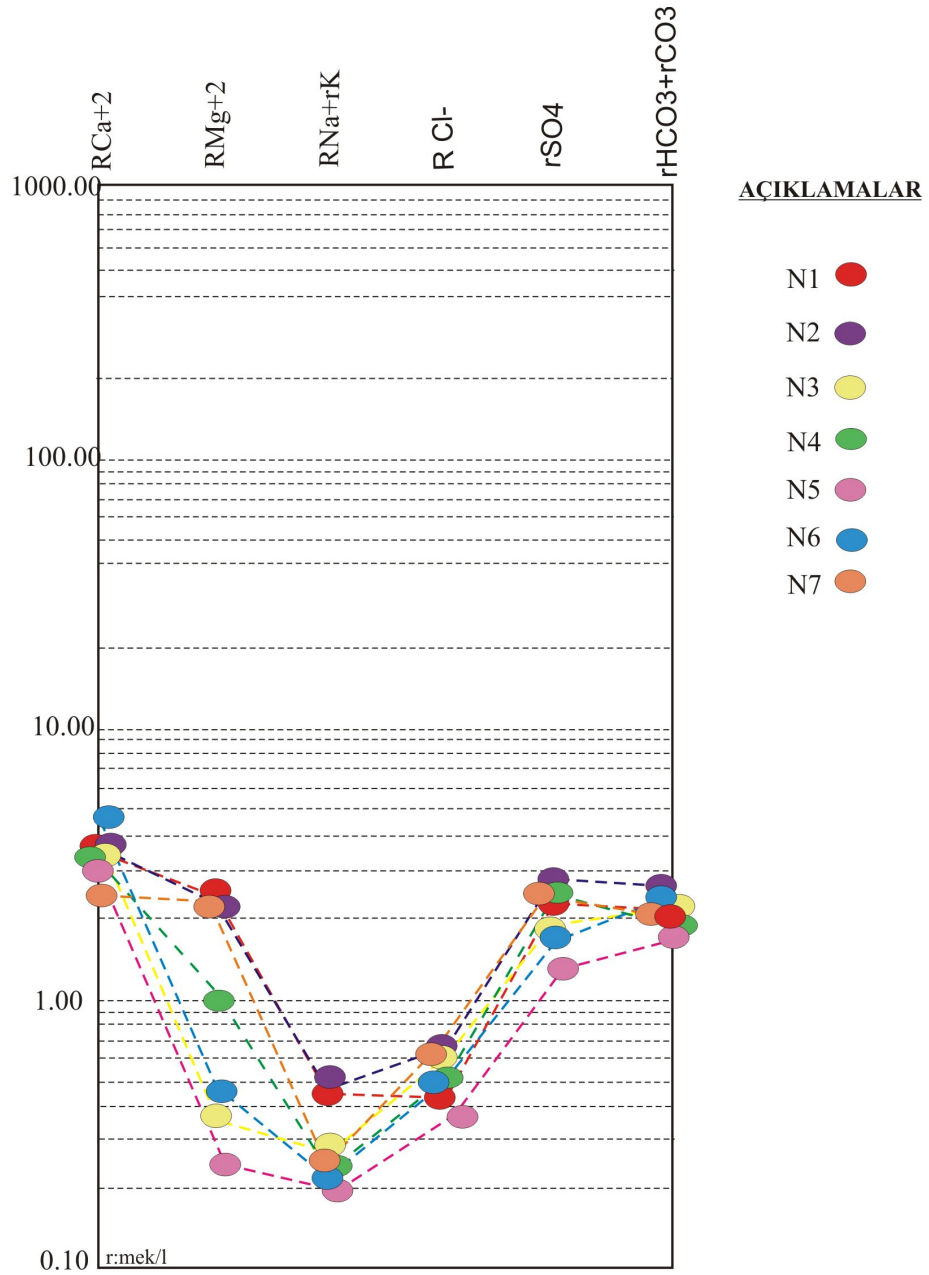
<b>Su Sınıfı</b>	<b>HCO<sub>3</sub> miktarı (mek/lt)</b>
Hiper Karbonatlı	>7
Olağan Karbonatlı	2-7
Az Karbonatlı	<2

Karbonat-Bikarbonat derişimi bakımında Balçova baraj havzasındaki sular genel olarak '**Olağan Karbonatlı**' sular sınıfına girmektedir.

**Suların Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramına Göre Sınıflanması**

Schoeller Yarı Logaritmik diyagrama göre suların sınıflaması yapılırken düşey eksenini logaritmik, yatay eksenini aritmetik ölçekli olan diyagramlar üzerine sırasıyla Ca, Mg, Na+K, Cl ve CO<sub>2</sub>+HCO<sub>3</sub> iyonlarının mek/l değerleri işaretlenerek birleştirilir. Böylece suların kimyasal özellikleri kırık çizgilerle tanımlanmış olur. Yarı logaritmik diyagramda farklı kökenli sular hemen ayırt edilebilir. Bu diyagramda benzer kökenli sular benzer kırık çizgiler oluştururlar. Schoeller yarı logaritmik diyagramda benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına sahip sular benzer pik verirler.

Çalışma alanındaki sular Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre değerlendirildiğinde (Şekil 3.49), sular genellikle aynı pik verdiklerinden dolayı aynı kökenli sulardır.



Şekil 3.50 Suların Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramına Göre Sınıflandırılması

### 3.4.11.2 Piper (Üçgen) Diyagramına Göre Suların Sınıflandırılması

Piper diyagramı, % mek/l cinsinden anyon ve katyonların ayrı ayrı gösterildiği iki üçgenden ve tüm iyonların ortak gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin saptanması, eşkenar dörtgen ise suların

sınıflaması ve karşılaştırılması mümkündür. Eşkenar dörtgen diyagram dokuz bölüme ayrılmıştır.

1 Nolu Alan; Alkali Toprak Elementler ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ) > Alkali Elementler ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )

2 Nolu Alan; ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ) < ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )

3 Nolu Alan; Zayıf Asit Kökleri ( $\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-$ ) > Güçlü Asit Kökleri ( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^-$ )

4 Nolu Alan; ( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^-$ ) > ( $\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-$ )

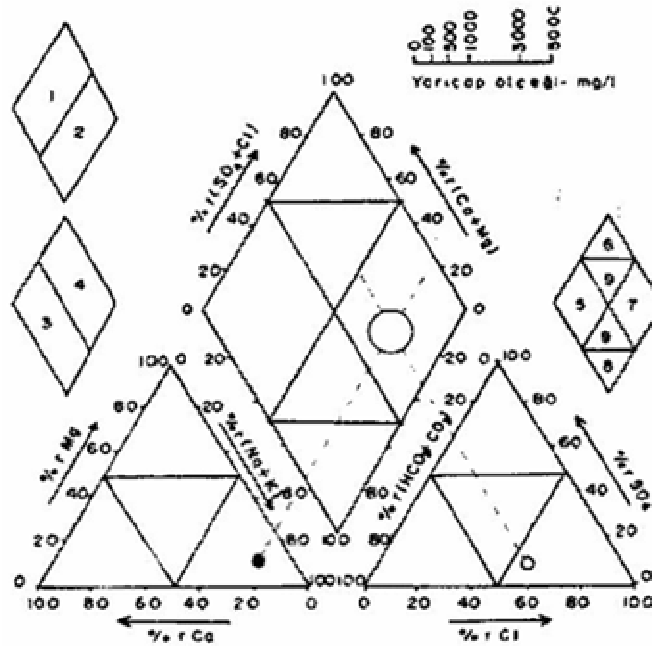
5 Nolu Alan; Karbonat Sertliği %50' den fazla olan sular

6 Nolu Alan; Karbonat Olmayan Sertliği % 50' den fazla olan sular

7 Nolu Alan; Karbonat olmayan alkalitesi % 50' den fazla olan sular; NaCl, KCl,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır

8 Nolu Alan; Karbonat alkalileri % 50' den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu gruba girer.

9 Nolu Alan; İyonların hiçbiri % 50' yi geçmeyen, karışık sular bu alana girer.



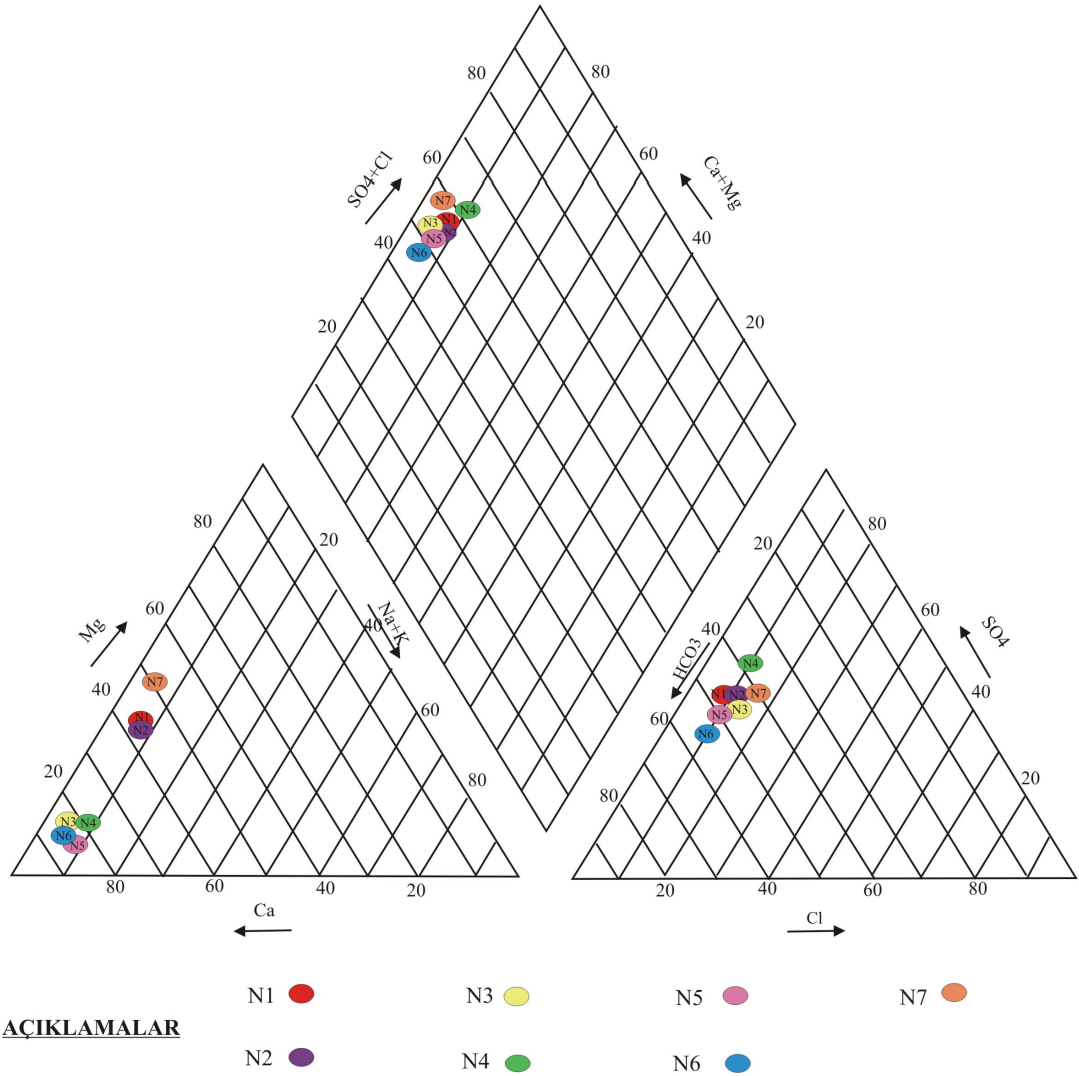
Şekil 3.51 Piper Diyagramı

Balçova baraj havzası ve çevresinden alınan su örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen anyon ve katyon değerleri kullanılarak Piper Diyagramında gösterilmiştir. Bu piper diyagramı verilere göre;

**1-2-3-5 Nolu Numuneler için;** Alkali toprak elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyüktür ( $Ca^{+} + Mg^{+} > Na^{+} + K^{+}$ ),  $((Cl^{-} + SO_4^{-}) > (CO_3^{-} + HCO_3^{-}))$ , İyonların hiçbiri % 50' yi geçmeyen, karışık sular bu alana girer.

**4-7 Nolu Numuneler için;** Alkali toprak elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyüktür ( $Ca^{+} + Mg^{+} > Na^{+} + K^{+}$ ),  $((Cl^{-} + SO_4^{-}) > (CO_3^{-} + HCO_3^{-}))$ , Karbonat Olmayan Sertliği % 50' den fazla olan sular

**6 Nolu Numune için;** Alkali toprak elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyüktür ( $Ca^{+} + Mg^{+} > Na^{+} + K^{+}$ ),  $((Cl^{-} + SO_4^{-}) > (CO_3^{-} + HCO_3^{-}))$ , Karbonat Sertliği % 50' den fazla olan sular



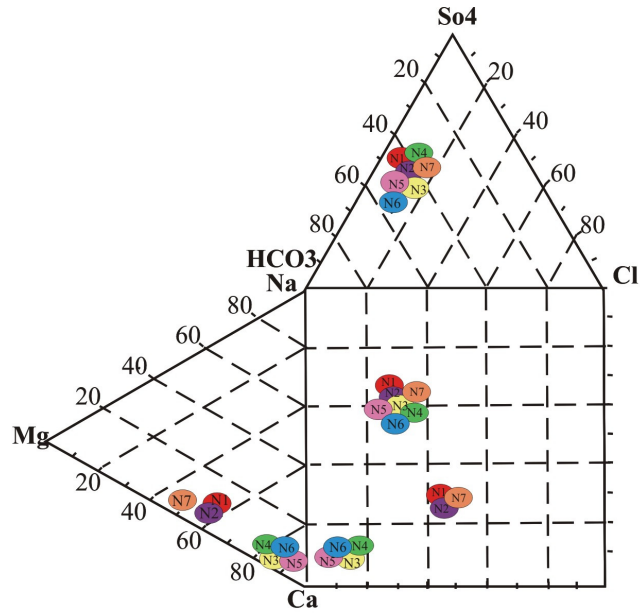
#### ACIKLAMALAR

Şekil 3.52 Baraj rezervuar alanı ve çevresinden alınan su numunelerinin Piper Diyagramında gösterilmesi

#### 3.4.11.3 Durov Diyagramı

Durov Diyagramında Piper' in üçgen diyagramı gibi anyon ve katyonların % mek/l değerlerini kullanarak ayrı ayrı iki üçgende gösterildiği ve bu üçgenlerin birbirine dik olarak iliştilendiği kare şekilli bir dörtgenden oluşur. Su noktaları önce üçgenlere yerleştirilir sonra kare diyagrama iz düşürülür. Bu şekilde suların karşılaştırılması ve bir arada görülmesi sağlanır.





**ACIKLAMALAR**

N1 ●

N3 ●

N5 ●

N7 ●

N2 ●

N4 ●

N6 ●

Şekil 3.53 Rezervuar alanı ve çevresinden alınan su örneklerinin Drov Diyagramda gösterilmesi

#### 3.4.11.4 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflaması

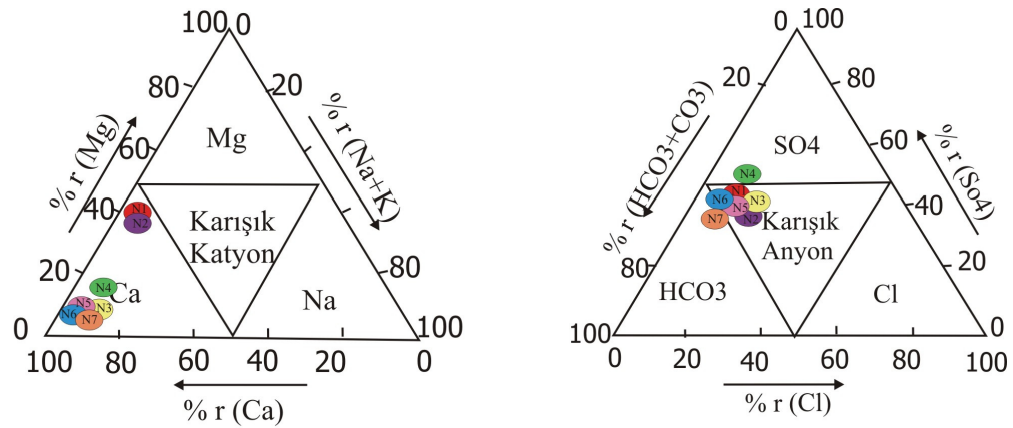
Hidrojeokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlardaki iz düşüm yerine göre Back (1966) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve kationlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l cinsinden % 50' den fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi miktar olarak % 50' yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması' na göre, iyon konsantrasyonu (mek/l), % 20' den fazla olan iyonlar dikkate alınır. Bu iyonlar arasında da önce en büyük yüzeye sahip olandan en küçük yüzeye sahip olana doğru sıralanır. Ancak sıralama aşamasında önce kationlar daha sonra anyonlar gelir. Suların hidrojeokimyasal fasiyes tanımlamasında yaygın olarak bu sınıflama kullanılır (Tarcan, 2007).

Tablo 3.31 Rezervuar alanı ve çevresinden alınan su örneklerinin Back, (1996) ve AIH' ye göre sınıflandırılması

Numune No	Back (1966)' a göre su tipi	(AIH) Sınıflaması'na göre Su Tipi
1	Ca'lu sular	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> 'lü sular
2	Ca'lu sular	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> 'lü sular
3	Ca'lu sular	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> 'lü sular
4	Ca-SO <sub>4</sub> 'lü sular	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> 'lü sular
5	Ca'lu sular	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> 'lü sular
6	Ca-HCO <sub>3</sub> 'lü sular	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> 'lü sular
7	Karışık su tipi	Ca-Mg- SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> 'lü sular

Çalışma alanındaki sular kimyasal fasiyes tipine bakıldığında Back, (1966)' göre genel olarak Ca, Ca-SO<sub>4</sub> ve Ca-HCO<sub>3</sub>'lü sular oldukları görülür.



#### ACIKLAMALAR

- N1 ● N3 ● N5 ● N7 ●  
 N2 ● N4 ● N6 ●

Şekil 3.54 Rezervuar alanı ve çevresinden alınan su örneklerinin üçgen diyagramlarda gösterilmesi

### 3.4.11.5 Sularda Çözünmüş Toplam İyon Miktarına Göre Sınıflama

Suda çözünmüş iyon miktarını bulmak için mg/l cinsinden anyon ve katyon değerleri toplanır.

Suda Çözünmüş Toplam İyon Miktarı (mg/l)	Suyun Sınıfı
0-1000	Tatlı Su
1000-10000	Hafif Tuzlu Su
10000-100000	Tuzlu Su
>100000	Çok Tuzlu Su

Yukarıdaki tabloya göre baraj rezervuar alanı içerisindeki sular çözünmüş toplam iyon miktarlarına göre '**Tatlı Sular**' sınıfına girmektedir.

### 3.4.12 Doğal Sularda Bulunan Elementler

Yeraltı suları, iklim koşullarına, geçtikleri kayaların kimyasal yapısına, süresine bağlı olarak içerdikleri iyonlar ve kimyasal yapıları çok değişik özellikler gösterir.

Doğal sularda bulunan elementler genellikle;

Birincil elementler (1000-1 mg/l) (H, O, Na, Ca, Mg, C, S, Cl, Si),

İkincil elementler (10-0.01 mg/l) (Fe, Sr, K, N, F, B),

Üçüncül elementler (1-1E-5 mg/l) (Sb, Al, As, Ba, Br, Cd, Cr, Co, Cu, Ge, I, Pb, Li, Mn, Mo, Ni, Rb, Se, U, V, Zn, In) ve

Eser elementler (1E-3 mg/l) (Be, Bi, Ce, Cs, Ga, Au, Pt, Ra, Sc, Ag, Tl, Th, Sn, W, Hg, Te, Re, Nb) diye sınıflandırılır (Şahinci, 1986).

### 3.4.13 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Başlıca İyonlar

#### **Kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>)**

Yeraltı sularında kalsiyumun kökenini kalsit, aragonit, dolomit, jips ve anhidrittir. Bunlardan başka magmatik ve metamorfik kaya mineralleri olan apatit, vollastonit, flüorit, amfibol ve piroksen grubu ile bazı feldispatların bozunumundan ortaya çıkan kalsiyum iyonları yeraltı suyuna geçer. Suda bulunan H<sup>+</sup> iyonu kalsiyumun eritilmesini kolaylaştırır (Şahinci, 1986).

Yeraltı sularındaki kalsiyum miktarının genelde 10-100 mg/l arasında olup bazen bu miktarın 500-1000 mg/l' ye ulaştığı görülebilir. Fazlası suların sertliğini arttırır. Ca<sup>++</sup> değeri T.S.266' da verilen değerlere göre uygunluğu maksimum 200 mg/l' ye göre belirlenir. Ca<sup>++</sup> iyonunun atom ağırlığı, 40,08 akb (Atomik Kütle Birimi)' dir (Tarcan, 2007).

Çalışma alanından alınan su örneklerinde Ca<sup>2+</sup> 50,109 mg/l ile 84,336 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinde kalsiyum değerleri sınır değerler arasında kalmaktadır.

#### **Magnezyum (Mg<sup>+</sup>)**

Kalsiyumdan sonra yeraltı sularında en fazla bulunan katyondur. Yeraltı sularında magnezyum kaynağı dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biyotit, hornblent, ojit) ve metamorfik kayalarda bulunan (serpantin, talk, diopsit, tremolit) mineralleridir. Yeraltı sularına magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantinleşme sonucu açığa çıkan MgCO<sup>3</sup>' ün erimesiyle karışır. Yeraltı sularında 1-40 mg/l arasında magnezyum bulunur. Magnezyum tortul kayalarda dolomit ve fillosilikatlar şeklinde (klorit, glakonit gibi) izlenir. Yeraltı sularında genelde magnezyum miktarının 10-100 mg/l arasındadır. Yeraltının yüzey kısımlarında, özellikle karstik bölgelerde Ca<sup>++</sup> miktarı, Mg<sup>++</sup> miktarından daha fazladır. Ancak ultra bazik ve ofiyolitik kayalarda Mg<sup>++</sup> oranı, Ca<sup>++</sup> oranından daha fazladır. Bu tür

kayaçların bulunduğu ortamdaki sular,  $Mg^{++}$  iyonu yönünden zengindir.  $Mg^{++}$  iyonunun atom ağırlığı, 24,48 akb' dir. 125 mg/l' den fazla magnezyum bulunduran sularda acılaşıma gözlenir. Sularda magnezyum iyonunun bulunuşu sodyum tehlikesini azaltır. (Tarcan, 2007).

Çalışma alanındaki ( $Mg^{+2}$ ) değeri, 3,668 mg/l ile 29,151 mg/l değerleri arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinde magnezyum değerleri sınır değerler arasında kalmaktadır.

### **Sodyum ( $Na^+$ )**

Doğada çökelmiş evaporitlerin kayalar içerisinde bulunan bazı minerallerin yağış suları tarafından kimyasal bozunmaya uğratılarak sodyum iyonları yeraltı ve yüzey sularına karışır. Bunlar sodyum içen feldispatlar, plajioklaslar, nefelin, sodalit, stilbnit, natrolit, glakofan ve benzeri minerallerdir. Sodyum yer altı sularına plajioklasların ayrışması ile karışır ve kil minerallerindeki iyon değişimi sonucu oluşur. Magmatik ve metamorfik kayalar içeren bazı kaynaklarda 1-20 mg/l sodyum bulunmaktadır.

Doğal sularda sodyum miktarı çok değişkendir; yağış sularında ve çok yağışlı bölgelerdeki akarsularda sodyum 1 mg/l' den az olduğu halde, sıcak ve kurak iklimlerde bulunan kapalı havzalarda sular 100 000 mg/l' ye kadar sodyum içerirler.

Akarsularda bulunan sodyum miktarı; bölgeye, iklime, akarsuyun debisine, bitki örtüsüne, akarsuyun geçtiği kayaların cinsine ve yerleşme alanına yakınlığı gibi etkenlere bağlıdır. Akarsularda ortalama 38,6 ppm sodyum bulunur.

Yeraltı sularında ortalama 64,4 ppm sodyum bulunur. Yeraltı sularındaki sodyumun bulunuşu mineral cinsine ve miktarına, pH' a, bozunma süresine, yeraltı sularının akım hızına, ortamdaki kalsiyum iyon derişimine, yapay ve doğal kirlenme gibi etkenlere bağlıdır (Tarcan, 2007). Buzlu yollara atılan tuzlar, tarımsal gübreler, lağım ve fabrika atık suları, suları dezenfekte etmek, sertliği düşürmek, çürümeyi ve

bazı çökelmeleri önlemek için kullanılan sodyumlu kimyasalların yeraltı sularına karışması ile bu sularda yapay olarak sodyum zenginleşmesi görülebilir (Şahinci, 1986).

Sodyum en fazla deniz suyunda bulunur (yaklaşık 10.000 mg/l). İçme suyunda ise 10-50 mg/l civarındadır.  $\text{Na}^{++}$  iyonunun atom ağırlığı, 23 akb' dir. Yeraltı suları sulama amaçlı kullanıldığında, özellikle killi topraklar için sodyum miktarı çok önemlidir (Tarcan, 2007). Sodyum içilecek sularda 200 mg/l' den fazla bulunursa midede şiddetli yanmalara, kusma, damar sertleşmesine, kas gerilmesine, hipertansiyona, beyin ve böbrek fonksiyonlarının bozulmasına neden olur (Şahinci, 1986).

İnceleme alanında ( $\text{Na}^+$ ) değeri, 5,41 mg/l ile 10,75 mg/l değerleri arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinde sodyum değerleri sınır değerleri aşmamaktadır.

### **Potasyum ( $\text{K}^+$ )**

Potasyumun kaynağı ortoklaz, mikroklin, biyotit ve muskovit mineralleridir. Bu minerallerin bozunuma uğraması sonucunda potasyum açığa çıkarak yeraltı suyuna ve yüzey suyuna karışır. Potasyum, kil mineralleri ve bitkiler tarafından soğrulması nedeniyle yeraltı sularında daha az bulunur. Potasyum ve sodyum yer kabuğunda yaklaşık olarak eşit miktarlarda bulunurken; magmatik kayalarda sodyum, çökel kayalarda ise potasyum egemendir. Ultramafik kayalarda 58 ppm kadar potasyum bulunur. Deniz suyundaki sodyum, potasyumun yaklaşık 28 katıdır. Yerkabuğunda potasyum miktarının büyük bir kısmı feldspatlarda bulunur (Tarcan, 2007).  $\text{K}^+$  iyonunun atom ağırlığı, 39,1 akb' dir.

Yağış sularında 0,2-0,3 ppm kadar bulunan potasyum akarsulardaki başlıca kaynağı kayaların bozunumudur ve çok azı yağışlarla gelir. Potasyumun akarsulardaki en büyük kaynağı yeraltı sularıdır. Sodyum, kalsiyum ve magnezyuma oranla potasyum yeraltı sularında az bulunur. Yeraltı sularındaki potasyum miktarı,

Potasyum içeren minerallerin (K Feldispatlar gibi) bozunumuna, duraylı potasyum minerallerinin oluşmasına (İllit) iyon değişimine ve gözenek sularının yeraltı sularını beslemesine bağlıdır. Kurak iklimlerde yeraltı sularında ortalama 6.2 ppm ve 0.1-98 ppm aralığında, deniz sularında 392 ppm, göl sularında 233 ppm, termal sularda 116 ppm ve fosil sularda 561 ppm potasyum bulunur.

Çalışma alanındaki ( $K^+$ ) değerleri 0,049 mg/l ve 0,099 mg/l değerleri arasında değişmektedir.

### **Klorür ( $Cl^-$ )**

Yeraltındaki sulara, deniz suyundan, yağmur suyundan ve evaporitlerden karışır. Kıyılardaki yağış sularında 3-6 mg/l arasında klorür bulunurken kıta içerisinde bu miktar azalarak 0,3 mg/l' ye kadar düşer. Yağışlı bölgelerdeki akarsularda klorür az, kurak ve çöllerdekilerde ise yüksektir. Yağışın fazla olduğu bölgelerdeki sığ yeraltı sularında 30 mg/l' den az klorür iyonu izlenirken, kurak bölgelerde 1000 mg/l' yi geçebilir. Deniz sularında en çok rastlanan iyonların başında klorür bulunur (Şahinci, 1986). Kıyılardan uzaklaştıkça yeraltı suyundaki klorür miktarı önemli ölçüde azalır. Yağmur suyunda 1 mg/l, deniz suyunda 20.000 mg/l, içme suyunda ise 200-600 mg/l arasında bulunmaktadır. Belirli sınırlara kadar fizyolojik etkisi önemli olmayan klorür iyonları suyun tadını değiştirirler ve üst sınıra erişmezse suyun lezzetini arttırır. 250 mg/l' den fazla klorür bulunduran sular içmeye elverişli değildir. 350 mg/l' nin üzerinde ise sulamada ve endüstride sorun yaratabilir. Klorür iyonları 500 mg/l' yi aşığında suyun tadını bozar. Cl iyonunun atom ağırlığı, 35,5 akb' dir (Tarcan, 2007).

Çalışma alanındaki ( $Cl^-$ ) değerleri, 14,592 mg/l ile 23,808 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinde klorür değerleri sınır değerler arasında kalmaktadır.

### **Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

Yeraltı suları bünyelerinde bulunan sülfatın büyük bir kısmını jips ve anhidritten almaktadır. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan da gelebilir. Genelde içme sularındaki sülfat miktarı maksimum 250 mg/l olması istenir. Bu miktar tarımda ise 500 mg/l' ye ulaşabilir. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonunun atom ağırlığı, 96 akb' dir (Tarcan, 2007).

Çalışma alanındaki (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) değerleri 84,645 mg/l ile 135,630 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinin sülfat içeriği sınır değerlerin altındadır.

### **Bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Yeraltı sularında karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki CO<sub>2</sub>' den ve karbonatlı kütlelerin erimesiyle oluşmaktadır Bu nedenle karbonat ve bikarbonat miktarı CO<sub>2</sub> miktarı ve suyun pH' ına bağlı kalmaktadır. Yeraltı sularındaki bikarbonat miktarı 10-800 mg/l arasında değişse de pek ender olarak 400 mg/l' yi aşmamaktadır. Bünyesindeki karbonat ve bikarbonat miktarı 300-500 mg/l arasında olan sular içilebilir. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonunun atom ağırlığı, 61 akb' dir (Tarcan, 2007).

Çalışma alanındaki (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) değerleri 117,12 mg/l ile 165,92 mg/l arasında değişmektedir.

### **Silis (Si)**

Silis yer kabuğunda bolluk açısından oksijenden sonra yer alır. Çoğu kayalarda oksit ve metallere birleşik olarak silikat mineralleri halinde bulunur. Silis içeren kayaların parçalanması doğal sularda süspanse ve koloidal halde bulunan silis bileşiklerinin başlıca nedenidir. Doğal suların silis içeriği 1-30 mg/l gibi yüksek konsantrasyonlar, doğal sular için pek alışılmış değildir. Ancak bazı tuzlu sularda ve



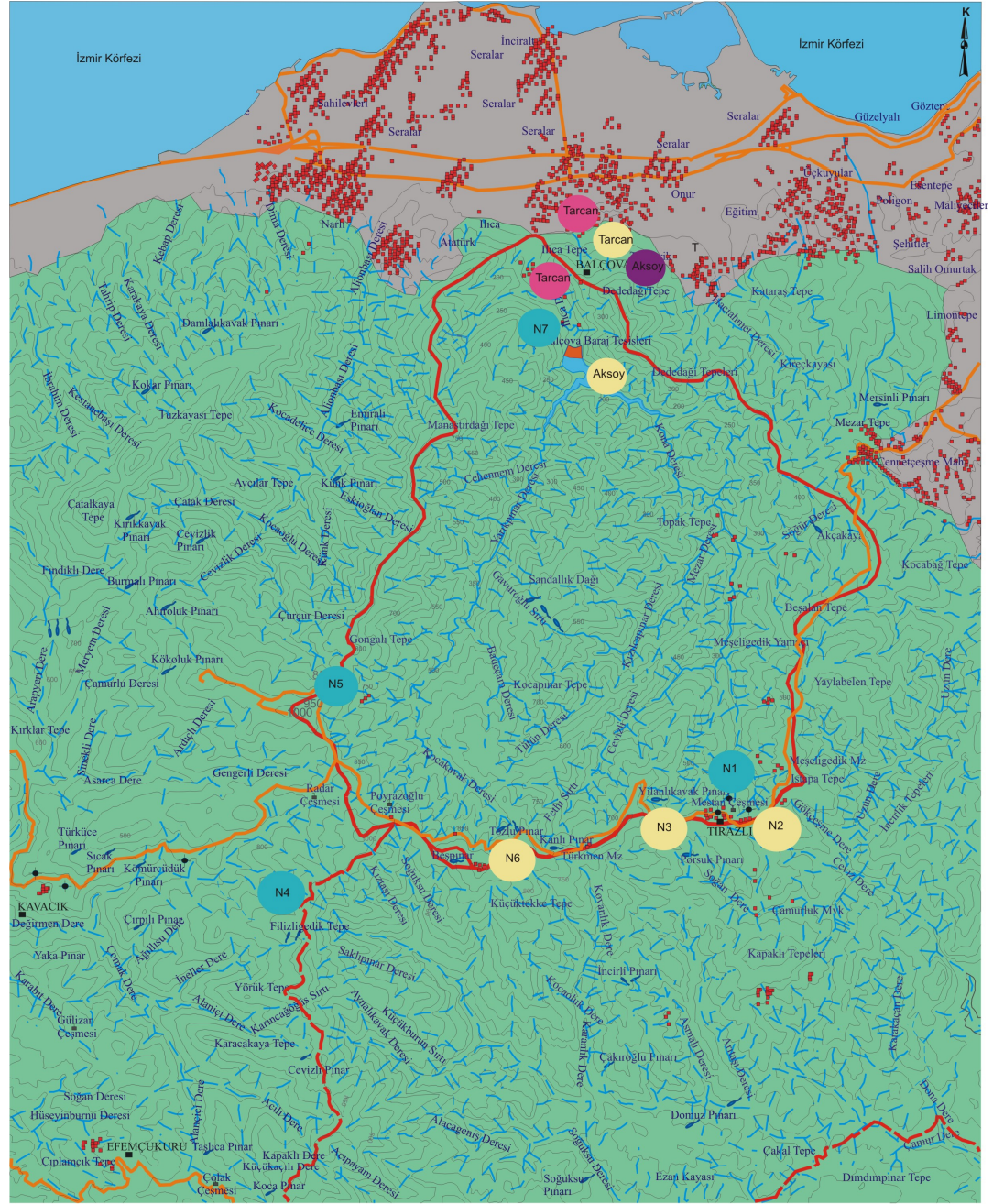
deniz sularında silis konsantrasyonları 1000 mg/l' yi aşmaktadır. Endüstriyel amaçlarla kullanılan sularda silis istenmeyen bir parametredir. Bunun nedeni silisin özellikle yüksek basınçlı buhar türbini cihazlarında saf silis birikimlerinin oluşmasına neden olmasıdır. Silis giderme için bazik anyon değiştiriciler veya destinasyon işlemleri uygulanır (Özer, 2005).

Çalışma alanındaki (Si) değerleri 15,8 mg/l ile 19,5 mg/l arasında değişmektedir.

### **Alüminyum (Al)**

Yeraltı sularında doğal süzülme nedeni ile alüminyum oldukça azdır. Alüminyum yer kabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (% 8,6), az çözünmesi nedeniyle yeraltı sularında az miktarda bulunur. pH 5-9 arasındaki sularda alüminyum 1 ppm' den azdır. Genellikle yeraltı sularında 0,005-0.3 ppm arasında alüminyum gözlenir. Asit sularda bu değer 100 ppm' e erişebilir. Alüminyum suda bulunuşu özellikle suyun kökeni ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi açısından önemlidir. Açık denizlerde alüminyum miktarı 0.001 ppm kadardır. Akarsuların etkisindeki deniz kenarlarında ise alüminyum miktarı daha fazladır. Denizlerdeki alüminyum azlığı ise, alimünosilikat kil minerallerinin oluşarak çökmesi ile açıklanabilir. Al iyonunun atom ağırlığı 27 akb' dir. İçme sularında alüminyum değeri maksimum 0,2 mg/l olması istenir.

Çalışma alanındaki (Al) değerleri 0,337 mg/l ile 0,907 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanından alınan su numunelerinde alüminyum değerleri sınır değerlerin üzerindedir.



#### ACIKLAMALAR

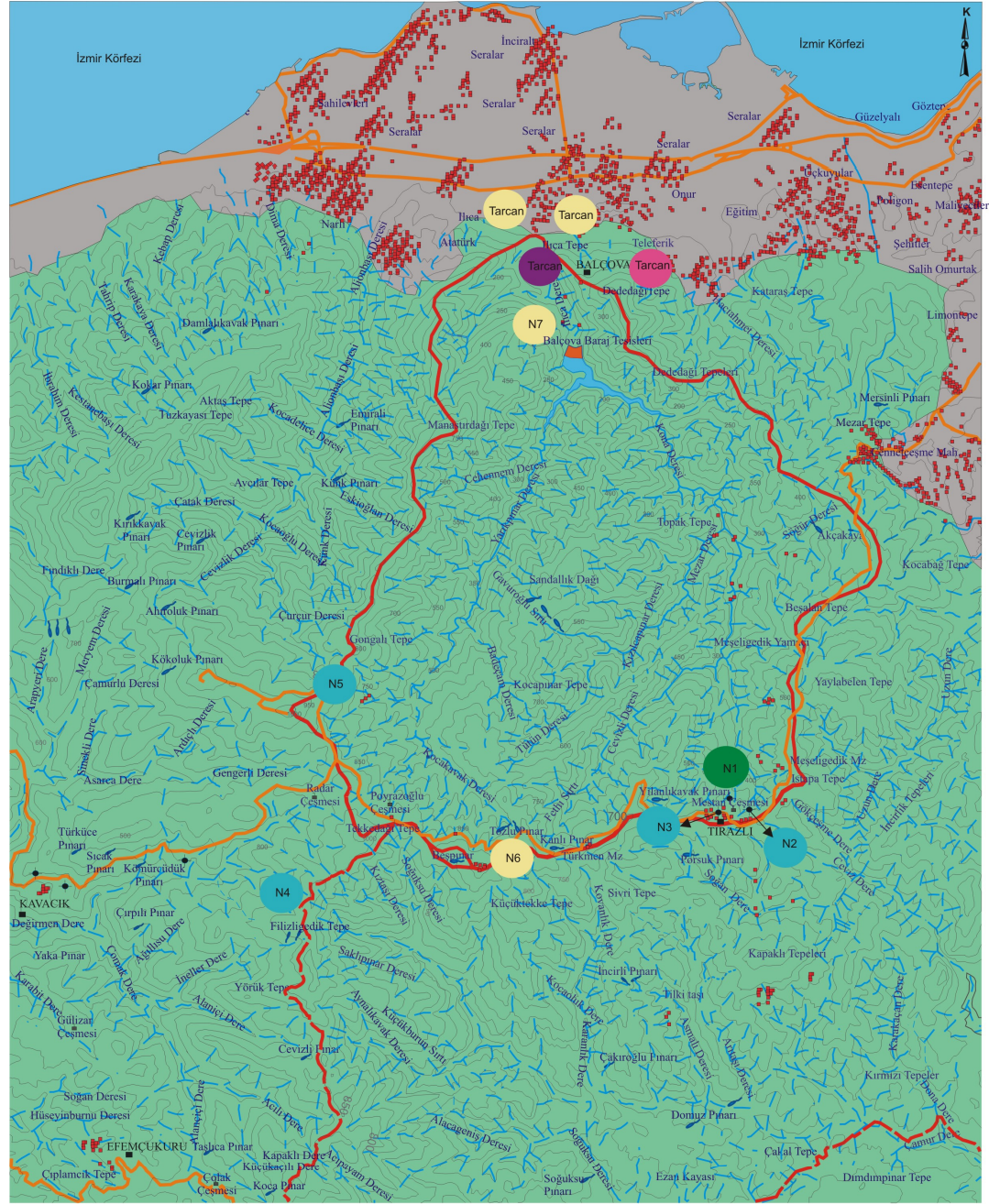
Kaynak	Çeşme	Rezervuar Alanı Sınırı	Kuvaterner	0,005-0,01 mg/l	0,1-0,5 mg/l
Akar Dere	Sondaj Noktası	Karayolu	Alüvyon-Yamaç Molozu	0,01-0,05 mg/l	0,5-1,0 mg/l
Kuru Dere	Yerleşim Yeri	Eş Yükselti Eğrileri	Kretase	0,05-0,1 mg/l	1,0-5,0 mg/l
			Bornova Karmaşığı (Filiş)		

Şekil 3.55 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin alüminyum konsantrasyonu dağılım haritası

### **Arsenik (As)**

Arsenik hidrotermal damarlarda Au, Ag, Cu, Ni ve Co gibi elementlerle, Ni - Cu sülfat yataklarında fosfatlı kayalarda, bakırlı şeyl ve kumtaşlarında, fosfatlı kayalarda ve oksitlerde izlenir. Magnetit ve ilmenitlerde arsenik boldur. Bazalt ve diyabazlarda ortalama 2 ppm, gabrolarda 1,4 ppm, nötr kayalarda 2.1 ppm, granitlerde 1,5 ppm arsenik bulunur. Açık deniz çökellerinde arsenik, karbonlu maddelerde boldur. Arsenik kil ve şeylde 13 ppm, kumtaşları, çörtler, karbonat ve dolomitlerde 1 ppm, fosfatlı kayalarda 21 ppm, göl çökellerinde 15 ppm, denizel pelajik kırmızı çamurtaşlarında 11 ppm kadardır. Çok zehirli olan arsenik elementinin içme ve kullanma sularında 0,05 mg/l' ye kadar kullanılmasına izin verilebilirken (TS 266, 1997), 2005 yılından sonra bu değer TSE 266' ya göre 0,01 mg/l' ye düşürülmüştür.

Çalışma alanındaki (As) değerleri 0,34 mg/l ile 3,05 mg/l arasında değişmektedir. Çalışma alanından alınan su örneklerindeki arsenik konsantrasyonları sınır değerinin çok üzerindedir. Özellikle bir nolu kuyuda arsenik değerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir.



#### ACIKLAMALAR

Kaynak	Çeşme	Rezervuar Alanı Sınırı	Kuvaterner	0,005-0,01 mg/l	0,1-0,5 mg/l
Akar Dere	Sondaj Noktası	Karayolu	Alüvyon-Yamaç Molozu	0,01-0,05 mg/l	0,5-1,0 mg/l
Kuru Dere	Yerleşim Yeri	Eş Yükselti Eğrileri	Kretase	0,05-0,1 mg/l	1,0-5,0 mg/l
			Borna Karması (Filiş)		

0m 1000m

Şekil 3.56 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin arsenik konsantrasyonu dağılım haritası

## **Bor (B)**

Bor mika ve serpantinlerde oldukça boldur. Fillosilikatlar diğer silikatlara göre daha fazla bor içerirler. Özellikle muskovit, paragonit, serizit, illit, montmorillonit ve serpantin borca zengindir. Ganys ve şişter genellikle borca fakirdir. Kil oluşukları (çamur, şeyl) tortul kayalar içerisinde en fazla bor içerirler. Akarsulardaki borun kökeni yağışlar, magmatik ve metamorfik, tortul kayaların hidrotermal bozunmaları; bazı durumlarda hidrotermal sulardır. Akarsularda denizlere oranla 400 kat daha fazla bor bulunur. Göllerde bor miktarı çok farklıdır. En fazla sodalı , en az  $CaCl_2$  ve magnezyumlu göl sularındadır. Yeraltı sularındaki bor miktarı tuzluluğa ve içinde bulunduğu ana kayanın kimyasal yapısına bağlıdır. Bor özellikle sodalı yeraltı sularında çok fazladır. Ca-Mg ve klorürlü sulara ise çok azdır. Sıcak kayalardaki yüksek oranda bulunan bor, çoğunlukla suyun geçtiği ana kayadan gelmektedir. Okyanus sularında ortalama 4,45 ppm kadar bor bulunur. Termal sular önemli miktarda bor içerirler. Kurak iklimlerdeki akarsuların içerdiği bor miktarı nemli iklimlere oranla daha fazladır (Şahinci,1986).

Önemli bir bitki beslenme elementi olan bor, sulama suyunda 2,0 mg/l' den fazla olması halinde bitkilere zarar verir. Bazı bitkiler 1,0 mg/l hatta daha düşük konsantrasyonlardaki bordan bile zarar görürler. Deniz suyunun bor içeriği 5 mg/l mertebelerindedir (Özer, 2005). İçme sularında bor miktarının 1,0 mg/l' nin altında olması istenir.

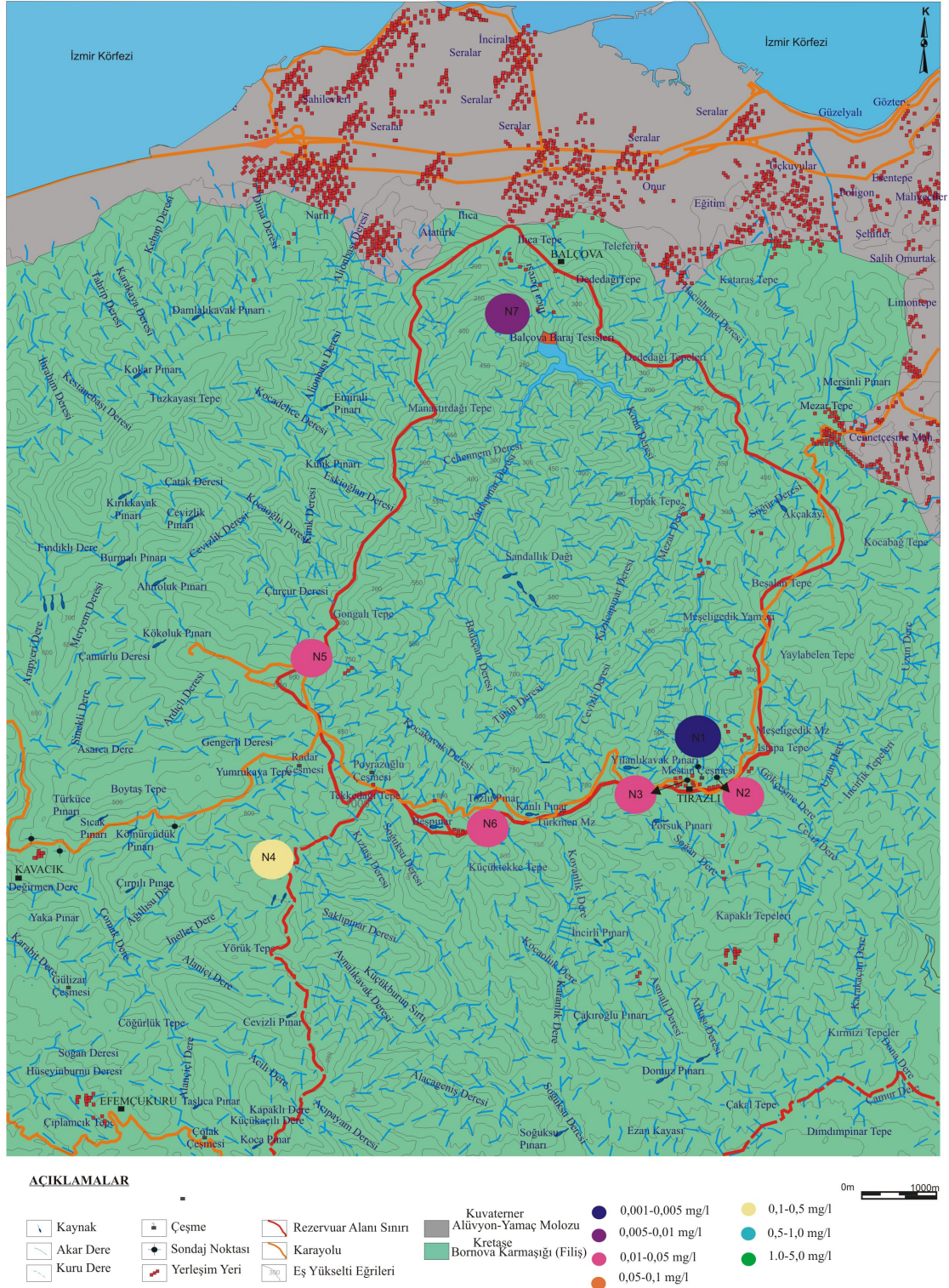
Çalışma alanındaki (B) değerleri 0,058mg/l' nin altındadır. İnceleme alanından alınan su numunelerindeki bor değerleri sınır değerinin çok altındadır.

## **Çinko (Zn)**

Magmatik kayalarda ortalama 70 ppm olan çinko, daha çok ultra bazik ve bazik kayalarda bulunur. Çinko özellikle bazalt-gabro kayalarında, magnetitlerde boldur. Kireçtaşı ve dolomit gibi karbonatlı kayalarda çinko az bulunur. Şeyl ve killer bol

miktarda demir mineralleri içerdiklerinden, arkoz ve kuvarslı kumtaşlarından fazla çinko içerirler. Kireçtaşlarında 20 ppm kadar çinko vardır (Şahinci,1986).

Çalışma alanındaki (Zn) değerleri 0,004 mg/l ile 0,093 mg/l arasında değişmektedir.



Şekil 3.57 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin çinko konsantrasyonu dağılım haritası

## Demir (Fe)

Magmatik, metamorfik ve sedimenter kayalardaki birçok mineralde ve toprakta yaygın olarak bulunan bir elementtir. Demir özellikle piroksen, amfibol, magnetit, pirit, biyotit ve granat gibi demirli minerallerin bozunmasıyla ortaya çıkar. Silikatlı bileşiklere sahip granit, gnays, mikaşist, volkanik kayalar, bol silisli kumtaşı, kum, alüvyonlar ve birçok killi kayalar bol miktarda demir iyonları bulundurabilirler.

Organik maddelerce zengin sulara (bataklık) kolayca çözünen kelat oluşukları ile birleşik yapan demir, oksijenin oldukça bol olmasına rağmen çözünür. Atmosferle ilişkide bulunan yeraltı suları içerisindeki çözülmüş oksijen, demir birleşikleri veya bakterilerin etkisi ile harcanır. Bu nedenle yeraltı suları ve denizel tortullar içindeki sular anaerobiktir. Anaerobik koşullarda en çok  $Fe^{++}$  iyonları izlenir. Termal olmayan yeraltı sularında demirin çözünürlüğü, 0.01-500 ppm arasında değişir. Özellikle asidik maden sularında 100 ppm' den fazla demir bulunabilir.

Canlı organizmalar, kabuk ve iskeletlerinde daha çok  $CaCO_3$  kullandıkları, az miktarda demir bileşikleri salgıladıkları için kireçtaşları, kum, şeyl, kil, siltlere oranla daha az demir içerir. Doğal sulara demir iyonları kalsiyum ve karbonatlara göre daha az bulunur. Karbonlu kayalardan gelen sulara (kömür, linyit, turba gibi) genellikle asit ve organik maddeler nedeni ile fazla miktarda demir iyonu izlenmektedir. Genellikle kireçtaşı ve dolomitlerden gelen suların pH' ı yediden yukarı olduğundan çok az demir iyonu içerirler. Çünkü sudaki  $CO_2$  gazı kalsiyum iyonları ile dengelenmiştir.

Demir 2 ve 3 değerli olan (ferro ve ferri) türleri vardır. Sulara bulunan demir çoğunlukla 2 değerlikli demirin oksidasyonu ile 3 değerli hale geçmiş şeklindedir.

Demir, oluşturduğu acımsı tatlı burucu tat nedeniyle içme sularında tepkiyle karşılanan bir elementtir. TS 266, 2005' in önerdiği limit değer 0,2 mg/l' den fazla bulunmaması istenir.

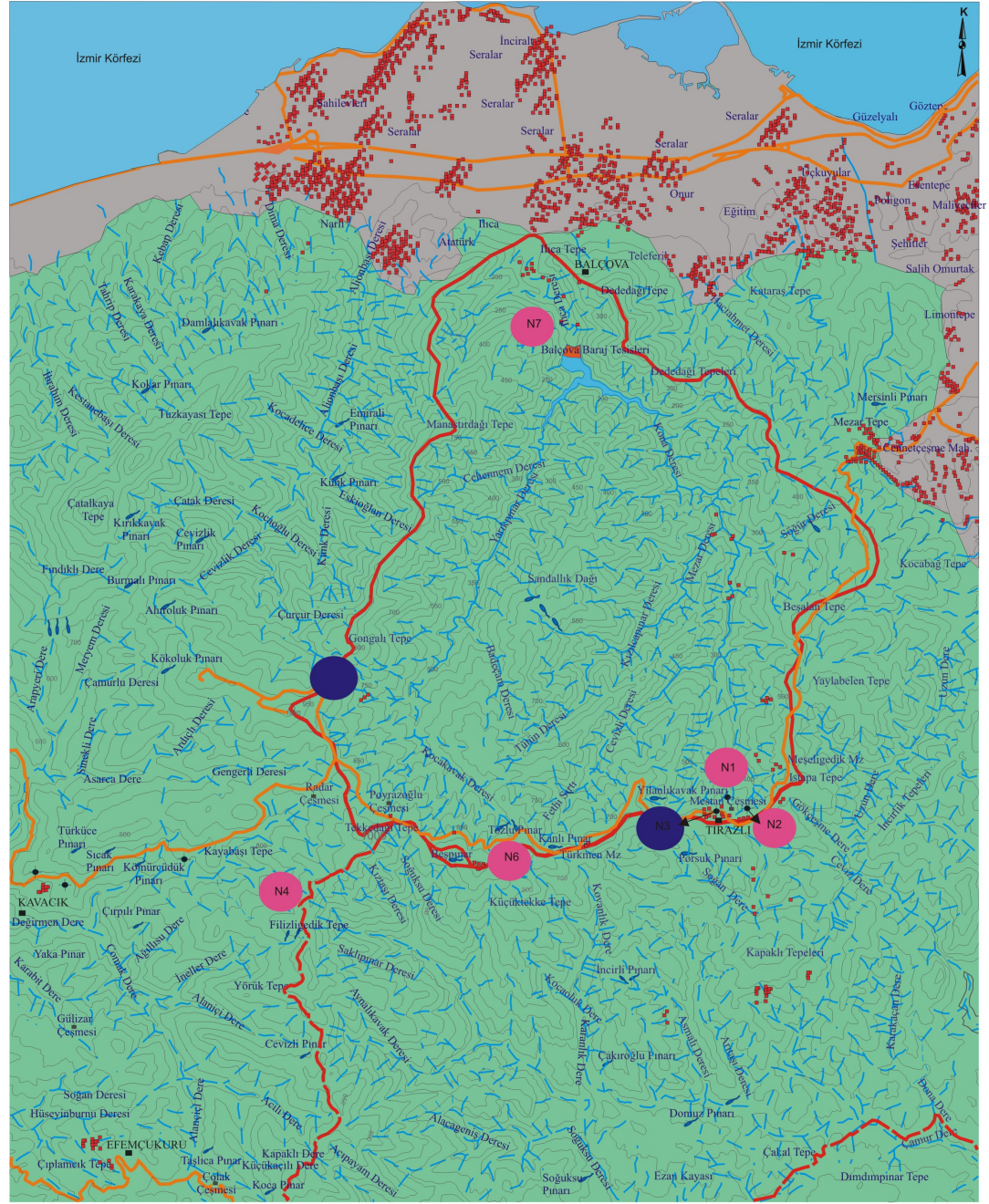


Çalışma alanındaki (Fe) değerleri genel olarak  $<0,026$  mg/l yani sınır değerin altındadır. Sadece 1 nolu örnekte  $1,42$  mg/l değerine ulaşarak sınır değeri aşmıştır.

### **Kurşun (Pb)**

Kurşun 2 ve 4 değerlikli olup en çok rastlanarı 2 değerliklidir. Toprak zeminde kurşun ortalama  $14$  ppm kadardır. Kıta sularında okyanuslara oranla daha fazla kurşun izlenir. Akarsu ve göllerde kurşun azlığı, killer ve organik maddelerin soğurulması, fosfatların ve karbonatların çökmesinden ileri gelir. Metamorfik ve magmatik kayalarda bulunan kurşunun sulardaki konsantrasyonu kayalardan, topraktan ve insan aktivitelerinden geçmektedir. Özellikle yerleşme alanlarındaki yüzey ve yeraltı sularında zehirleyici etkisi olan diğer elementlerle beraber kurşun yüksek değerlere ulaşır. Tortul kayalardaki kurşunun başlıca kaynağı magmatik ve metamorfik kayalardaki K-feldispat ve mikaların bozunmasından gelir. Kireçtaşı ve dolomitler genellikle çok az kurşun içerirler. Kurşun bitki ve hayvanlar için zehirleyicidir. Kurşun içme sularında istenmeyen bir element olup sudaki konsantrasyonu TS 266, 2005' e göre  $0,01$  mg/l değerini geçmemelidir .

Çalışma alanındaki (Pb) değerleri  $0,001-0,024$ mg/l arasında değişmektedir. Çalışma alanından alınan 1-4-7 nolu örneklerde kurşun değeri sınır değerin biraz üzerinde kalmaktadır.



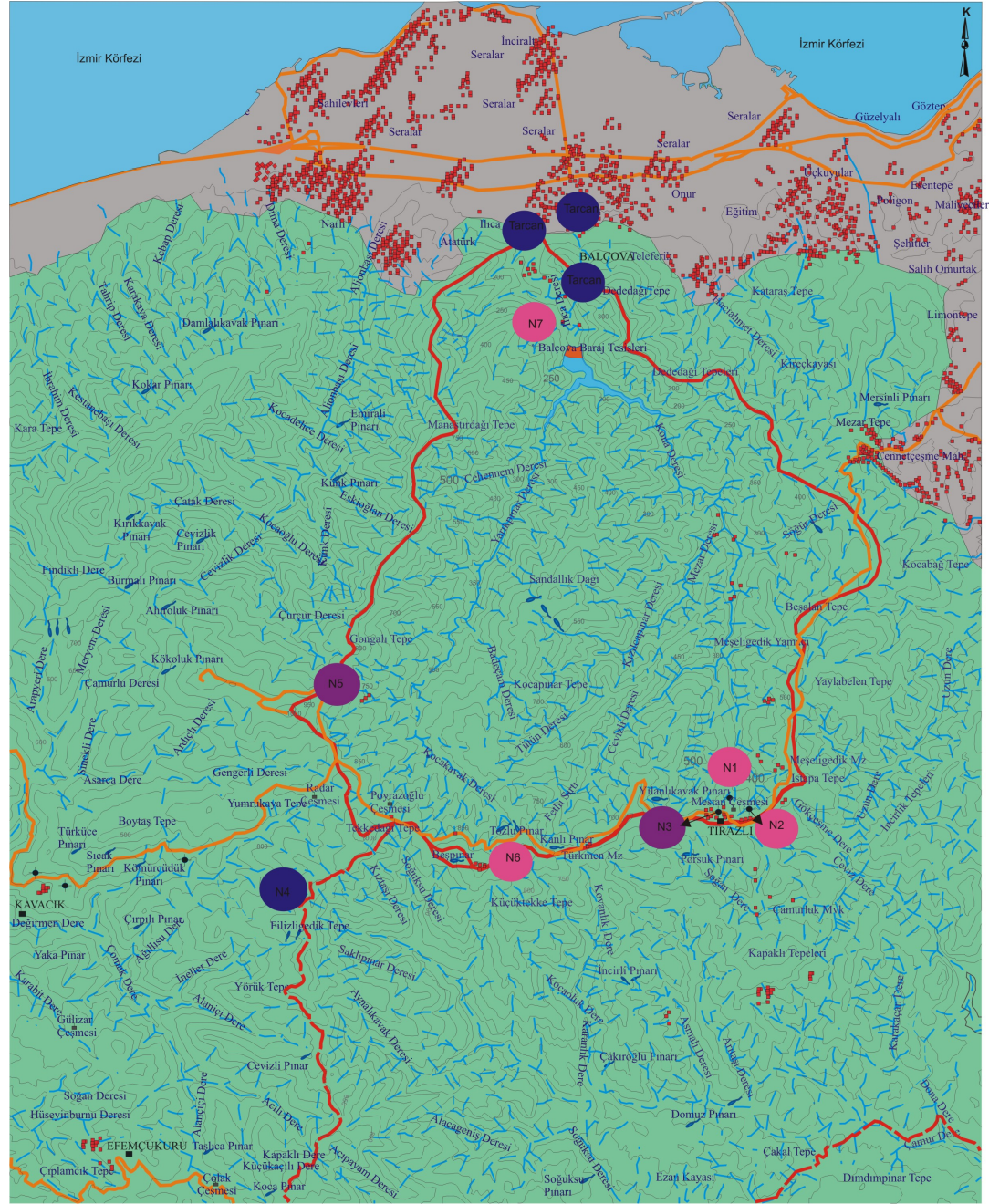
#### ACIKLAMALAR


Şekil 3.58 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin kurşun konsantrasyonu dağılım haritası

### **Kadmiyum(Cd)**

Doğada kadmiyum birleşikler halinde bulunur ve bazı durumlarda diğer bir kısım elementlerin yerini alır ( $Zn^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Co^{++}$ ,  $Ni^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ). Kadmiyum mineralleri genellikle çinko yataklarının bozunmasından ortaya çıkan kadmiyum iyonları tarafından oluşturulur. Oksijene karşı az istekli oluşu hidrotermal kaya ve minerallerinde zenginleşmesini kolaylaştırır. Doğal sulara kadmiyum genellikle +2 değerlidir. İçme sularında izin verilen maksimum değeri 0,005 mg/l' dir.

Çalışma alanından alınan su numunelerinde kadmiyum değerleri 0,003-0,029 mg/l arasında değişmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi baraj havzasından alınan su numunelerinin kadmiyum değerler 3 nolu örnek haricinde izin verilen maksimum değer üzerinde değildir.



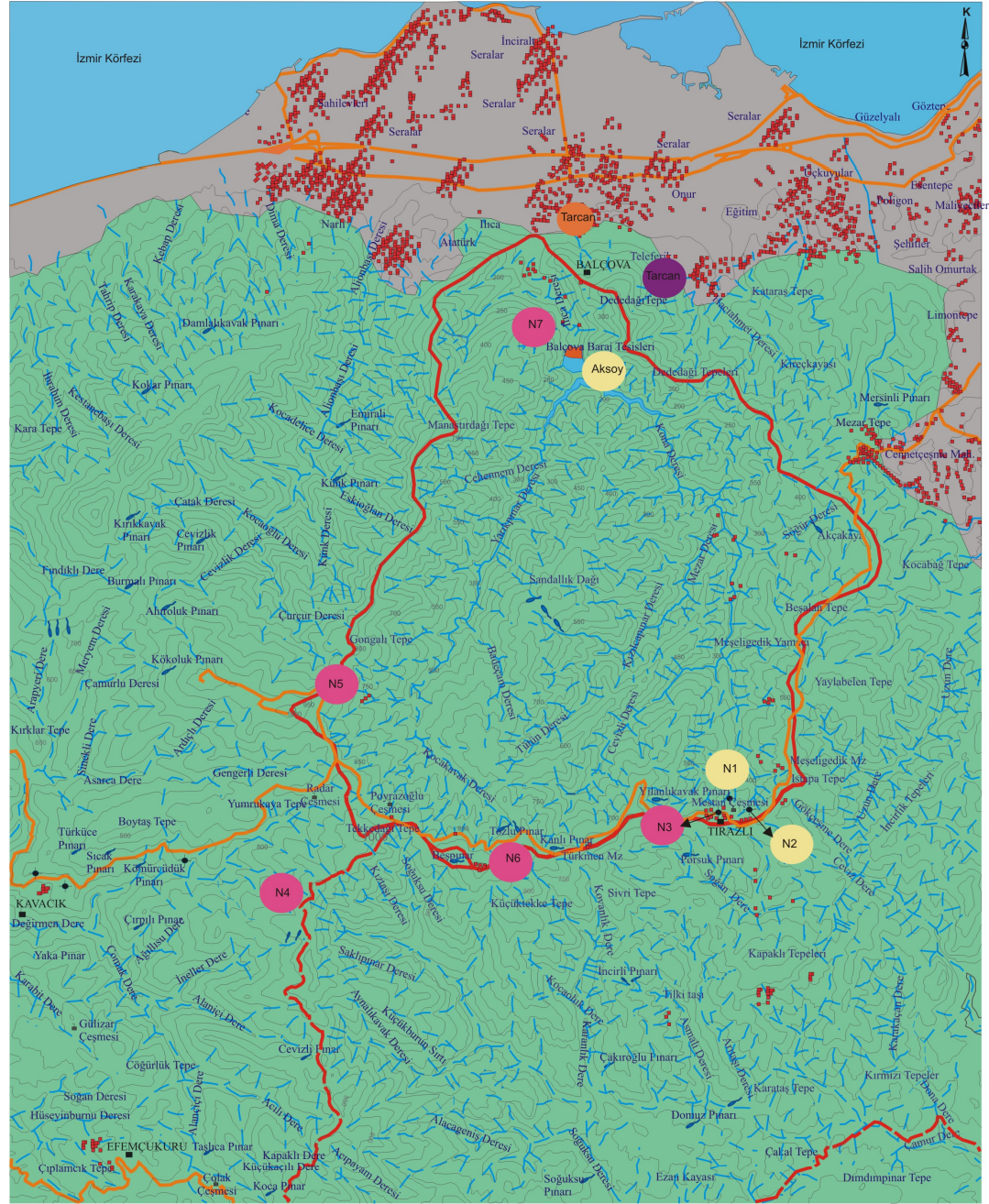
#### ACIKLAMALAR


Şekil 3.59 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin kadmiyum konsantrasyonu dağılım haritası

### **Mangan (Mn)**

Kimyasal yapısı en çok demire benzer olan Mangan düşük Eh ve pH koşullarında sulara +2 değerlikte iyonlaşırlar. Olağan sıcaklık ve basınç altındaki Eh ve pH' ta mangan çökmesi izlenmez, ancak koşullar ne olursa olsun pH' ın yükselmesi manganin çökmesine neden olur. Bakteriler tarafından indirgenmesi veya oksitlenmesi mümkündür. Oksitleri su depolarında ve borularda çökerek tıkanmalara neden olur. Sıcak sulara mangan miktarı fazla olabilir. Mangan yapısı benzerliği nedeniyle demirle birlikte bulunur. Birçok magmatik ve metamorfik mineral minör birleşeni olarak mangan içerir. Yeraltı sularına çoğunlukla 0,2 mg/l'den az mangan bulunur. Sulara demir ve mangan çökelmelerini geciktirmek için sular havanın oksijeni ile temas geçmeden polifosfat çözeltileri katılır. Çökelmenin gecikme süresi polifosfatın miktarına bağlıdır. Manganın derişimi 0,15 mg/l' yi aştığında sulara veya bu suyu kullanarak hazırlanan içeceklerde oluştururken mutfak malzemelerinde pas oluşturabilir. TSE 266, 2005'e göre önerilen mangan değeri 0,02mg/l, izin verilen maksimum değeri ise 0,05 mg/l'dir.

Çalışma alanından alınan su numunelerinde mangan değerleri 0,018-0,314 mg/l arasında değişmektedir. 1-2 nolu örneklerde mangan değeri sınır değerin üzerindedir.



#### ACIKLAMALAR

					0,005-0,01 mg/l		0,1-0,5 mg/l
					0,01-0,05 mg/l		0,5-1,0 mg/l
					0,05-0,1 mg/l		1,0-5,0 mg/l

0m 1000m

Şekil 3.60 İnceleme alanı ve çevresinden alınan örneklerin mangan konsantrasyonu dağılım haritası

### ***3.4.14 Balçova Barajı Rezervuar Alanında Yer Alan Su Örneklerinin Doygunluk İndekslerinin Değerlendirilmesi***

Yeraltı suyu sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltı suyunun çeşitli mineraller bakımından doygunluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. Doygunluk indeksi (SI) suların çözülmüş mineraller açısından denge durumundan sapmaları sayısal olarak belirtmektedir. Mineral doygunluk indekslerinin hesaplanması, suların üretim ve iletimi aşamasında olabilecek olası çökeltilerin önceden tahmin edilmesi, üretim ve malzeme kaybı olmadan önce alınabilecek önlemler açısından çok önemlidir. Suların mineral doygunluk indekslerini hesaplayabilmek için birçok bilgisayar programı geliştirilmiştir. İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk indekslerini belirlemek için PhreeqCi (Parkhurst ve Appelo, 1999) ve Aquachem gibi bilgisayar programları kullanılmıştır. Ayrıca yapılan hesaplamalar Excell bilgisayar programında değerlendirilmiştir.

Laboratuvarda kimyasal analiz sonucunda ölçülen iyon ve bileşikler çoğu kez litrede miligram (mg/l), 1 kilogramda miligram (mg/kg), milyonda bir kısım (ppm = part per million) olarak belirlenir. Sulu çözeltilerde bu derişim birimleri yaklaşık özdeştir. Birçok hidrojeokimyasal değerlendirme çözülmüş her bir iyonun eş değer ağırlığının (mili ekivalan değerinin = mek/l) ve yüzdelerinin belirlenmesi ile molaritelerinin (su için molalite=molarite) hesaplanması ile yapılmaktadır. Kısaca mek/l ve M olarak belirtilen bu kavramlar;

**mek/L = Ci / Pi / Zi** ve molarite de **M<sub>i</sub>= Ci / Pi x 1000** denklemleriyle tanımlanır. Bağıntılardaki simgeler aşağıda belirtilmiştir.

**Ci** = Her bir iyonun derişimi (mg/l, mg/kg veya ppm)

**Pi**= Her bir iyonun formül gram ağırlığı

**Zi**= Her bir iyonun değerliği (+ veya – yük sayısı)

### Bir iyonun etkinliği ( $a_i$ )

$a_i = M_i \times \gamma_i$  ( $\gamma_i$  = iyon etkinlik katsayısı) bağıntısıyla hesaplanır.

İyon etkinliği çözeltilerdeki iyonların tepkimelerdeki hareketinin miktarını açıklamaktadır. Yani sudaki iyonun analiz edilen derişiminin gerçek derişime dönüştürülmesinin bir ifadesidir. Laboratuvarında analiz edilen değerler o iyon veya bileşimin gerçek görünümünü yansıtmazlar. Bu nedenle mg/l ve benzeri analiz derişim birimleri iyonun görünür (zahiri) derişimini, iyon etkinliği ise gerçek derişimini tanımlamaktadır. İyon etkinlik katsayısı ( $\gamma_i$ ) derişimin gerçek değerlerden sapmasının bir ölçüsüdür ve tuzluluk ile yakın ilişkilidir. Seyreltik çözeltilerde etkinlik katsayısı 1' e eşit olup, tuzluluk arttıkça etkinlik katsayısı da 1' den farklı (daha düşük) değerler alır. Tuzlulukla ilişkili termodinamik bir terim olan

İyonlaşma Gücü veya İyonik kuvvet (I) (Ionic strength);

$$(I): 0.5 \sum C_i Z_i^2$$

(C= her bir iyonun molarite olarak derişimi,  $Z_i$  = Her bir iyonun değerliği) bağıntısıyla tanımlanır. Seyreltik suların iyonlaşma güçleri düşük, derişik sularınsa yüksek değerdedir. Örneğin deniz sularının iyonlaşma gücü 0.7 (mol) civarında iken, seyreltik tatlı sular (göl suyu, akarsu, yeraltı suyu vb) 0,003 – 0,01 (mol) gibi değerler alabilmektedirler.

Çözünmüş bileşiklerin iyon etkinlik katsayılarının ( $\gamma$ 'nın) hesabı için iyonlaşma gücü 0,1 ile 0,5 arasında değişen derişik sularda;

$$\text{Davies Bağıntısı : } (\text{Log } \gamma_i = -A Z_i^2 (I^{0.5} / 1 + I^{0.5} - 0.2 I))$$

kullanılır. 0,5' den yüksek olan aşırı derişik sularda ve salamuralarda Pitzer denklemleri kullanılmalıdır. Ancak hidrojeolojik incelemelerin çoğu konusunu oluşturan sular genellikle 0,5' den düşük iyonlaşma gücüne sahiptir. Deniz suyu bu



sınırın biraz yukarısında kaldığından zaman zaman deniz suyu için de Davies bağıntısı kullanılabilir. İyonlaşma gücü (molarite olarak) 0,1 den düşük olan tüm diğer sularda

$$\text{Debye-Hückel Bağıntısı : } (\text{Log } \gamma_i = -A Z_i^2 I^{0.5}/1+Br_o I^{0.5})$$

kullanılır. Davies ve Debye-Hückel bağıntılardaki A ve B sabitleri sıcaklık ve basınca bağlı parametreler olup, yapılan hesaplamalarda suların sıcaklıklarına uygun parametreler kullanılmalıdır. Örneğin 20 °C sıcaklıklı sular için A=0,505, B=0,3276 olarak alınmalıdır.

A ve B katsayılarının çeşitli sıcaklıklara göre değişimi şu şekildedir (Tarcan, 2007).

Tablo 3.32 A ve B katsayılarının çeşitli sıcaklıklara göre değişimi

t°C	A	B	t°C	A	B	t°C	A	B
0	0,4913	0,3247	100	0,5998	0,3422	200	0,8099	0,3655
10	0,4976	0,3261	110	0,6158	0,3443	210	0,8387	0,3681
20	0,5050	0,3276	120	0,6328	0,3465	220	0,8697	0,3707
30	0,5135	0,3291	130	0,6507	0,3487	230	0,9030	0,3734
40	0,5231	0,3307	140	0,6697	0,3510	240	0,9391	0,3762
50	0,5336	0,3325	150	0,6898	0,3533	250	0,9785	0,3792
60	0,5450	0,3343	160	0,7111	0,3556	260	1,0218	0,3822
70	0,5573	0,3362	170	0,7336	0,3580	270	1,0699	0,3855
80	0,5706	0,3381	180	0,7575	0,3605	280	1,1238	0,3889
90	0,5848	0,3401	190	0,7829	0,3629	290	1,1850	0,3926

Tablo 3.33 Bazı iyonların boyutlarına bağlı  $r_0$  parametre değerleri (Şahinci, 1986)

$R_0$	
9	$H^+$
8	$Mg^{++}, Be^{++}$
6	$Ca^{++}, Zn^{++}, Cu^{++}, Sn^{++}, Mn^{++}, Fe^{++}$
5	$Ba^{++}, Sr^{++}, Pb^{++}, CO_3^-$
4	$Na^+, HCO_3^-, H_2PO_4^-, SO_4^-$
3	$K^+, Ag^+, NH_4^+, OH^-, Cl^-, NO_3^-$

Hidratlaşma yarıçapı olan  $r_0$  ise  $K^+$  ve  $Cl^-$  için 3,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$  ve  $SO_4^-$  için 4,  $CO_3^-$  için 4,5,  $Ca^{++}$  için 6 ve  $Mg^{++}$  için 8 olarak alınmalıdır.

#### Doygunluk İndeksi (Dİ) (saturation index = SI)

$$Dİ = \log [(aY)^y (aZ)^z / (aB)^b (aC)^c] / (- \Delta G^0 / 1,3641) = \log (Q/K)$$

Yukarıdaki tepkimede büyük parantez içindeki ifade tepkime oranını (Q) belirtir. Tepkime denge sabitine benzer, farkı tepkimenin dengede olmayabilirliğidir.

Tepkimedeki ( $bB+cC=yY+zZ$  eşitliğindeki) mineral (katı faz) bileşik olarak yazıldığında (bütün katıların iyon etkinlikleri 1 kabul edilir) denge sabiti  $K = (aY)^y (aZ)^z$  (tepkimeden çıkan maddelerin iyon etkinlikleri toplamı =AP) olacağından yukarıdaki Dİ denklemi de şu şekilde gelişecektir.

$$Dİ = \log [(aY)^y (aZ)^z] / (- \Delta G^0 / 1,3641) = \log (AP/K)$$

Özetle, Dİ (SI)  $\log (Q/K)$  veya  $\log (AP/K)$  şeklinde de gösterilebilen logaritmik bir kavramdan oluşur. Her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla

değişen değerler içerir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indeksi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanır.

**DI (log Q/K) = 0** ise Su ilgili mineral ile *dengededir* (doygundur)

**DI (log Q/K) > 0** ise Su ilgili minerale aşırı *doygundur* (mineral çöktürücü özelliğindedir)

**DI (log Q/K) < 0** ise Su ilgili minerale *doygun değildir* (minerali çözüldürücü özelliğindedir)

CO<sub>2</sub> kısmi basıncının da atmosfer kısmi basıncından (10<sup>-3.5</sup> atm.) daha yüksek olması durumunda su çöktürücü ve gaz çıkartıcı özelliğe sahip olarak yorumlanabilir. Kalsit, dolomit, jips doygunluk indeksleri ve CO<sub>2</sub> kısmi basıncı değerleri literatürdeki ilgili kimyasal bağıntıların düzenlenmesiyle oluşturulan aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir. Doymunluk indeksi olarak gibi DI yerine SI simgesi kullanılmıştır.

$$SI_C = \log [(aCa^{++}) (aHCO_3^-) K_2 / K_C \cdot 10^{pH}]$$

(Kalsit doygunluk indeksi)

$$SI_D = \log [(aCa^{++}) (aMg^{++}) (aHCO_3^-)^2 (K_2)^2 / K_D \cdot 10^{2pH}]$$

(Dolomit doygunluk indeksi)

$$SI_j = \log [(aCa^{++}) (aSO_4^-) / K_j]$$

(Jips doygunluk indeksi)

**-logPco<sub>2</sub> = log [(10<sup>-pH</sup>) (aHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) / (K<sub>1</sub>) (Kco<sub>2</sub>)]** (CO<sub>2</sub> kısmi basıncı atmosfer olarak)

Bağıntılarda a iyon etkinliğini, K ise termodinamik denge sabitini yansıtır.

$$(aH^+) (aHCO_3^-) / (aH_2CO_3) = K_1 = 10^{-6.4} \text{ (Karbonik asit için)}$$

$$(aH^+) (aCO_3^{2-}) / (aHCO_3^-) = K_2 = 10^{-10.3} \text{ (Bikarbonat için)}$$

$$(aCa^{++}) (aCO_3^{2-}) / (aCaCO_3) = K_C = 10^{-8.4} \text{ (Kalsit için)}$$

$$(aCa^{++}) (aMg^{++}) (aCO_3^{2-})^2 / [aCaMg(CO_3)_2] = K_D = 10^{-17} \text{ (Dolomit için)}$$

$$(aCa^{++}) (aSO_4^{2-}) / aCaSO_4 = K_j = 10^{-4.6} \text{ (Jips için)}$$

$$(aH_2CO_3) / P_{CO_2} = K_{CO_2} = 10^{-1.46} \text{ (Karbon dioksit için)}$$

Termodinamik denge sabitlerinin sıcaklıkla değişimi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.34 Karbonat, Jips, Halit çözünürlük sistemlerinde denge sabitlerinin sıcaklıkla değişimi (Tarcan, 2007)

Sıcaklık (C°)	pK <sub>CO<sub>2</sub></sub>	pK <sub>1</sub>	pK <sub>2</sub>	pK <sub>Kalsit</sub>	pK <sub>Aragonit</sub>	pK <sub>Dolomit</sub>	pK <sub>jips</sub>	pK <sub>Halit</sub>
0	1,12	6,58	10,63	8,38	8,22	16,56	4,65	1,52
5	1,19	6,52	10,56	8,39	8,24	16,63		
10	1,27	6,46	10,49	8,41	8,26	16,79		
15	1,34	6,42	10,43	8,42	8,28	16,89		
20	1,41	6,38	10,38	8,45	8,31	17,0	4,61	1,58
25	1,47	6,35	10,33	8,49	8,34	17,9		
30	1,52	6,33	10,29	8,52	8,37			
50	1,72	6,29	10,17	8,66	8,54			
70	1,85	6,32	10,15	8,85	8,73			
90	1,92	6,38	10,14	9,36	9,02			
100	1,97	6,42	10,14					

İnceleme alanından alınan yeraltı sularının doygunluk indeksi değerlerinin hesaplanmasında yüzeyde ölçülen pH ve sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır. Analiz edilen su örneklerinin başlıca iyon değerleri ile bazı örneklerin eser element değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada yukarıda kısaca anlatılanlar doğrultusunda kimyasal türleştirme ve mineral doygunluk hesaplamaları yapılmış olup, her bir su noktasına ait hidrojeokimyasal hesaplamalar ve mineral doygunluk değerleri PhreeqCi (Parkhurst ve Appelo, 1999) programıyla hesaplanmış ve EK'lerde belirtilmiştir.

Tablo 3.35 Balçova Baraj havzasından alınan su numunelerine ait doygunluk indeksi değerleri

Örnek No	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Sulfur
1	-1,82	0,05	0,19	0,33	-53,23
2	-1,73	-0,68	-0,53	-1,24	-46,28
3	-1,82	0,28	0,42	0,08	-54,82
4	-1,75	-0,20	-0,05	-0,59	-51,49
5	-1,84	0,16	0,31	-0,34	-53,95
6	-1,77	-1,20	-1,06	-2,83	-42,02
7	-1,91	0,37	0,51	1,10	-56,96

Yapılan mineral doygunluk hesaplamaları da göstermektedir ki; kalsit, aragonit, dolomit, mineralleri çoğunlukla negatif (yani doygunluk altı) değerler vermektedir. İnceleme alanındaki tüm suların doygunluk indeksi değerlerinin anhidrit için eksi değerlerde olması bu suların çürütücü bir etkiye sahip olduklarını göstermektedir. Bu durum metal sondaj borularının zamanla kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir.

## BÖLÜM DÖRT

### SONUÇLAR

1) Balçova Barajı rezervuar alanı içerisinde bulunan 37 km<sup>2</sup>' lik alanın jeolojik ve hidrojeolojik araştırması yapılmıştır.

2) Balçova baraj havzasının öncelikle yüzey drenaj alanının sınırları belirlenmiş ve yapılan tüm çalışmalar bu havza sınırı içerisinde kalan alan için gerçekleştirilmiştir.

3) Bölgede önceden yapılan çalışmalar incelenerek literatür çalışması yapılmıştır.

4) Balçova baraj havzası ve çevresi jeolojik açıdan incelenmiştir. Bu incelemeler sırasında daha önceden hazırlanmış olan bölgenin genel jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Çalışma alanı jeolojik açıdan değerlendirildiğinde genel olarak filiş biriminden oluştuğu gözlenmektedir.

5) Bölgedeki birimler elde edilen veriler doğrultusunda değerlendirilerek hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır.

6) DSİ tarafından Balçova Barajı' nın yapımı sırasında açılan sondajlarda yapılmış olan permeabilite deneylerinin sonuçlarından yararlanılarak havzanın geçirimsizliği hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Bu veriler doğrultusunda havzada bulunan filiş biriminin az geçirimli olduğu tespit edilmiştir.

7) Havzada emniyetli olarak kullanılacak yeraltı suyunu belirlemek amacıyla yağış, buharlaşma, akış gibi verilerden yararlanılarak havzanın beslenme ve boşalım miktarı belirlenmiştir. Bu verilere göre havzanın toplam beslenimi 4,1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl, toplam boşalımını 1,89 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre havzaya düşen yağış miktarının havzada meydana gelen boşalım miktarını karşıladığını göstermektedir.

8) Arazide yerinde deneyler yapılarak suların EC, pH ve sıcaklık değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.

9) Arazi çalışmalarında önceden çizilen hidrojeoloji haritasında belirlenen su noktalarından numuneler alınmış ve gerekli görülen yerlerde fotoğraf çekimi, yapılmıştır.

10) Arazi çalışmaları sırasında anyon, katyon ve arsenik analizleri için soğuk su numuneleri alınmıştır.

11) Arazide soğuk su kaynaklarından alınan örneklerin anyon, katyon, elektriksel iletkenlik ve pH ölçümleri yapılmış ve bu sonuçlar yardımı ile sular sınıflandırılmıştır. Buna göre en yüksek değerlere 1 nolu numunede rastlanılmıştır.

12) Çalışma alanından alınan su numuneleri Fransız sertliğine göre incelendiğinde 1-2-4-6-7 nolu örnekler; oldukça sert sular, 3-5 nolu örnekler ise az sert sular sınıfına girmektedir.

13) Çalışma alanındaki yeraltı suyunun kullanılabilme özelliklerini belirlemek için alınan su örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak havzanın hidrojeokimya haritası çizilmiştir.

14) Çalışma alanından 7 adet su örneği alınmıştır. Bölgeden alınan su örnekleri üzerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre suların hidrojeolojik özellikleri ortaya konmuştur. Sular Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramlarında değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki sular EC sınıflamasına göre genellikle içme ve sulamada kullanılabilir niteliktedir. Hidrokimyasal fasiyes tipi genellikle kalsiyum-magnezyum-sülfat-bikarbonat ve kalsiyum-sülfat-bikarbonat tipindedir

15) Havzadaki sular Piper diyagramına göre: 1-2-3-5 nolu numuneler karışık sular, 4-7 nolu numune karbonat sertliği % 50' den fazla olmayan sular, 6 nolu numune ise karbonat sertliği % 50' den fazla olan sular sınıfına girmektedir.

16) Schoeller diyagramına göre; Balçova baraj havzasından alınan su örnekleri olağan klorürlü-sülfatlı-karbonatlı sular sınıfına girerken, Schoeller yarı logaritmik diyagrama göre havzadaki sular benzer pik vermelerinden dolayı aynı kökenli sular olduğu gözlenmektedir.

17) Çalışma alanından alınan su örneklerinin sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına ve Wilcox diyagramlarına göre sınıflandırılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre; Havzadaki su örnekleri C2S1 sınıfına girmektedir. Yani, orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir. Tüm topraklarda sodyum tehlikeli yaratmadan kullanılabilir. Wilcox diyagramlarına göre ise havzadaki sular; çok iyi kalitede sular sınıfına girmektedir.

18) AIH' ya göre yapılan sınıflamada ise havzadan alınan su örnekleri içerisinde 1-2-7 nolu örnekler Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>'lü sular, 3-4-5-6 nolu su örnekleri ise Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>'lü sular olarak nitelendirilmiştir.

19) Çalışma alanından alınan su örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre bu örneklerin SO<sub>4</sub> miktarları 0,0-0,15 gr/l arasında kaldığından bu suların beton üzerine herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

20) Balçova baraj havzasından alınan tüm su numuneleri çözünmüş iyon miktarlarına göre tatlı sular sınıfına girdiği belirlenmiştir.

21) Çalışma alanından alınan su örnekleri sulama amaçlı kullanım açısından SAR oranına göre değerlendirildiğinde çok iyi özellikte sulama suları sınıfına girmektedir.

22) İnceleme alanından alınan su örnekleri içerdiği arsenik oranları yönünden de incelenmiş ve TSE 266, 2005' e, WHO Dünya Sağlık Örgütünün belirlediği sınırları aşması nedeniyle insan sağlığı açısından bir tehdit oluşturduğu sonucuna varılmıştır.



23) Yapılan mineral doyunluk hesaplamaları da göstermektedir ki; kalsit, aragonit, dolomit, mineralleri çoğunlukla negatif (yani doyunluk altı) değerler vermektedir. İnceleme alanındaki tüm suların doyunluk indeksi değerlerinin anhidrit için eksi değerlerde olması bu suların çürütücü bir etkiye sahip olduklarını göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Akartuna, M., (1962), İzmir Torbalı-Seferihisar-Urla bölgesinin jeolojisi hakkında, *MTA Dergisi* 59, MTA Rapor No:2624, s, 1-16, Ankara
- Akıncı A., Eyidoğan H., Göktürker G.ve diğ., (2000), İzmir ili çevresinin depremselliği ve deprem tehlikesinin incelenmesi, *Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu Bildirileri*, s: 231, 232
- Aksoy, N., (2001), *Balçova Narlıdere jeotermal sisteminin izleyiciler ile incelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Alacalı, M. (2006), *Balçova jeotermal sahasının hidrotermal alterasyon verilerinin değerlendirilmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Arnorsson, S., (1983), Chemical Equilibria in Icelandic Geothermal Systems Implications for Chemical Geothermometry Investigations *Geothermics*, 12, 119-128
- Atabey, E., (2000), Deprem, MTA yayınlarından, eğitim serisi no:34, s27,28
- Baba, A., Bali U., Dinçer A.R, (2000), Depremin çevresel etkileri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji-Çevre Müh. Böl., Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu Bildirileri, s:307-331
- Back, W., (1966), Hydrochemical facies and ground water wflow patterne in northen part of Atlantic Coastal Plain. U.S., *Geology Survey Proffesional*, paper, 498-A p42
- Balçova Belediyesi, Balçovayı tanıyalım*, (b.t), (2008), [http://www.bolcova.bel.tr/bolcovaorg/trtr\\_t](http://www.bolcova.bel.tr/bolcovaorg/trtr_t)

*Barajdaki su durumu*, (b.t), (2009), <http://www.izsu.gov.tr./damstatus.aspx>

Barka, A., ve diğ., (2000), Orta Batı Anadolu transform/ridge/transform üçlü eklemi, *Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu Bildirileri*, s 39

Benice, Ö., (2003), *Filiş formasyonunun İzmir ili ve çevresindeki dağılımı, mühendislik özellikleri ve mühendislik özelliklerini etkileyen faktörlerin araştırılması*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

Brinkmann, R. 1976, *Geology of Turkey*, s158

*Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi*, (b.t), (2008), <http://www.koeri.boun.edu.t/deprenmuh/izmirrapor2002>

Calmbach, L., (1995), Hydrowin-95 Computer Progame, Version 3.0 Institut demineralogie BFSH2 1015 Lausanne

Cambach, L., (1997), Aquachem Computer Code Version 3.7 .42, Waterloo, Ontorio, Canada N2L3L3

DMİ, (2009), *İzmir ilinin yağış değerleri*, Devlet Meteoroloji İşleri İzmir Bölge Müdürlüğü, İzmir

*Dünyadaki ilk baraj*, (b.t), (2009), <http://www.bilgipasaji.com/forum/kesifler-amp-buluslar-359/302661-ilk-baraj.html>

Emre, Ö., Barka, A., (2000), Gediz Grabeni-Ege Denizi arasının aktif faylar, *Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu Bildirileri*, s131-132

- Ender, T., Şimşek, Ş., (1975), *Seferihisar (İzmir) alanı, Çubukludağ Grabeni ile dolguların jeolojisi ve jeotermal olanakları: MTA Raporu, 5842, Ankara*
- Erdoğan, B., (1985), Bornova Karmaşığının bazı stratigrafik ve apısal özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurultayı 1985, Bildiri özetleri, TJMO, 14, Ankara*
- Erdoğan B., (1990), İzmir Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağı' nın tektonik ilişkisi *MTA dergisi 110, 1-3, Ankara*
- Erdoğan B. ve Güngör T., (1992), Menderes Masifi' nin kuzey kanadının stratigrafisi ve tektonik evrimi. *TPJD bülteni, C. 4/1, 9-34, Ankara*
- Erdoğan B., Bornova Karmaşığının bazı stratigrafik ve yapısal özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurultayı bildiri özetleri, Ankara*
- Erguvanlı, K., ve Yüzer, E., (1973), *Yeraltı suları jeolojisi, İstanbul Tüknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul*
- IAH (International Association of Hydrogeologist, (1979)), United Kingdom
- İldem, F., (2005), *İzmir Körfezi ve çevresinin tektonik yapısı ve jeotermal sistemlerle ilişkileri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir*
- İzmir Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, (2003), *İzmir il çevre durum raporu, İzmir*
- İzmir' in ilçelerini tanıyalım, (b.t), (2009),*  
<http://ilceler.portal-turk.com/Izmirin+Ilcesi+Balcovanin+Cografyasi>
- Kaya, O., (1981), Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia, *Newslettewr Startigr., 10, 164-191*

- Kaya, O., (1982), Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege bölgesinin yapısı ve mağmatikliği için olası bir mekanizma, *TJK Dergisi*, S, 39-58, Ankara
- Karagüzel, R., (2004), *Hidrojeoloji ve baraj jeolojisi ders notları*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
- Kayhan, İ., (2000), İzmir ve çevresinin morfotektonik birimleri ve alüvyal jeomorfolojisi: *Batı Anadolu' nun Depremselliği Sempozyumu Bildirileri*, s;103-111
- Kırmızıtaş, H., Türkiye' deki yeraltı sularının araştırılması, işletilmesi ve yönetimi üzerine bir değerlendirme, *TMMOB Su Politikaları Kongresi*, S, 41-43, Ankara
- Kiper, B., (2007), *Balçova Cengiz Saran Barajı su alma yapısı revizyonu jeoteknik etüt raporu*, Ankara
- Köse, G. (2007), *Grafitli Şeyl ardalama ürünü killer ve kaymaya olan etkileri, örnek çalışma Narlıdere Heyelan Bölgesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Okay, A., (1989). *Tectonics units and sutures in the Pontids, Northern Turkey*. In *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*, (ed) a.m.c. Şengör, s:109-113
- Ömerci, S., (2005), *Şarkikaraağaç Havzasının (Isparta) hidrojeolojik incelenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Öngür T. (1972), İzmir-Urla Jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeolojik rapor, *MTA dergisi*, 4835, Ankara

- Özgenç, İ., (1978), 'Menderes (İzmir) asit volkanitlerinde saptanan ekstrüzyon aşaması arasındaki görelî yaş ilişkisi' *T.J.K Yayını*, c.21, 31-34., Ankara
- Özer, Z., (2005), *Balçova kıyı kesiminin hidrojeolojisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Özkan, H., (2006), *Enjeksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları*, s: 36
- Parkhurst, D.L, ve Appelo, C.A.J., (1999), User's guide to PhreeQC (version 2) A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Water- *Resources Investigations Report* 99-4259 pp:312
- Ramazanoğlu, İ., (2008), *Balçova ilçesi ve çevresinin aktif tektoniği ve depremselliği: jeolojik ve sismolojik verilerin karşılaştırılması*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Sayın E., Pazı İ., Eronat C., (2006), Investigation of water masses in İzmir bay, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*
- Seyman, F., (2005), *Senirkent-Uluborlu (Isparta) havzasının hidrojeolojik incelemesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Son yağışlarla Tahtalı Barajı' nın hacmi yükseldi, İzmir 3,5 aylık daha su kazandı* (b.t), (2009), [http://www.tarimmerkezi.com/haber\\_detay.php?hid=20964](http://www.tarimmerkezi.com/haber_detay.php?hid=20964)
- Soyaslan, İ., (2004), *Eğirdir Gölü doğusunun hidrojeoloji incelemesi ve yeraltı suyu modellermesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta

Sözbilir H., Uzel B., Sümer Ö., İnci U., vd., (2008) , D-B uzanımlı İzmir Fayı ile KD uzanımlı Seferihisar Fayı' nın birlikte çalıştığına dair veriler: İzmir Körfezi' ni oluşturan aktif faylarda kinematik ve paleosismolojik çalışmalar, *TJK Bülteni*, cilt 51, sayı 2, Ankara

Şahinci, A., (1986), *Yeraltı sularının jeokimyası*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, MM/JEO-86 EY 99, İzmir

Şengör, A.M.C., Satır, M.ğ Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidencefor Pan-African basement in Turkey. *Tectonics* , 3, 693-707.

TAF Priventive Medicine Bulletein, (2008), Grandwater Chemistry and Assessment of its Effect on Health from the aspect of Medical Geology, 7(4), 351-356

Tarcan G., Gemici Ü., Aksoy N., (2004), *İzmir ili sıcak mineralli kaynakların hidrojoloji incelemesi ve bazı önemli kaynaklarla karşılaştırılması* , Tübitak Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Proje no: YDABAG-102 YO39, İzmir

Tarcan, G., (2007). *Jeotermal ve yeraltı suyu araştırmalarında kullanılan su kimyası teknikleri notları*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

Tarcan, G., (2008), *Hidrojeokimyasal değerlendirmeler*, [http://hidrojeoloji.blogcu.com/hidrojeokimyasal-degerlendirmeler\\_4020875.html](http://hidrojeoloji.blogcu.com/hidrojeokimyasal-degerlendirmeler_4020875.html)

Tezcan, K., (1962), İzmir Agamemnon Jeofizik Etüdlerinin Jeotermik Enerji bakımından değerlendirilmesi, *MTA Rapor* No: 9813072, İzmir

TMMOB Su Politikaları Kongresi, Hasan Kırmızıtaş, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Türkiye' deki yeraltı sularının Araştırılması, İşletilmesi ve Yönetimi Üzerine bir değerlendirme, S: 41,42, Ankara

TSE-266 (2005), Türk Standartları İçme Suları

Utku, M., (2000), Batı Anadolu' nun Türkiye depremselliğindeki yeri, *Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu Bildirileri*, s: 50-52

Yıldırım, A., (2005). *Perlitin kullanım alanları ve Menderes yöresinin jeolojisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi, Isparta

Yılmaz, Y., (1997), Geology of West Anatolia In Schindler, C ve Pfister, M., (Eds.) *Active tectonics of Northwestern Anatolia The Marmara Poly Project; A Multidisciplinary approach by Space Geodesy, Geology, Hydrogeology, Geotermics and Seismology Vdf. Hochschulverl, an der ETH Zurich*, pp, 31-53

WHO (World Health Organization), (1993), *Drinking Water Standards In Engineering Geology And Environmental Approach* (Rahn, P., 1996), Second Edition



EK-1  
DOYGUNLUK İNDEKSİ DEĞERLERİ

Derin Kuyu N1

Ca-Mg-SO4-HCO3

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mol</u>
Alkalinity	2.140e-03	2.140e-03
Ca	1.808e-03	1.808e-03
Cl	4.117e-04	4.117e-04
Fe	2.544e-05	2.544e-05
K	2.533e-06	2.533e-06
Mg	1.200e-03	1.200e-03
Mn	5.699e-06	5.699e-06
Na	4.456e-04	4.456e-04
S	1.101e-03	1.101e-03
Zn	6.121e-08	6.121e-08

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	7.720
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	8.649e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	2.177e-03
Total CO2 (mol/kg)	=	2.177e-03
Temperature (deg C)	=	25.000
Electrical balance (eq)	=	1.746e-03
Iterations	=	10
Total H	=	1.110146e+02
Total O	=	5.551715e+01

**Doygunluk İndeksleri**

<b>Faz</b>	<b>SI</b>	<b>log IAP</b>	<b>log KT</b>	
Anhydrite	-1.82	-6.18	-4.36	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	0.05	-8.29	-8.34	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	0.19	-8.29	-8.48	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-2.63	-20.78	-18.15	CO <sub>2</sub>
Dolomite	0.33	-16.76	-17.09	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Fe(OH) <sub>3</sub> (a)	2.97	20.88	17.91	Fe(OH) <sub>3</sub>
FeS(ppt)	-65.70	-103.26	-37.56	FeS
Goethite	8.86	20.88	12.02	FeOOH
Gypsum	-1.60	-6.18	-4.58	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-23.44	-23.44	0.00	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-70.79	-112.43	-41.64	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-7.97	53.06	61.03	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Hematite	19.74	41.77	22.03	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Jarosite-K	-2.45	27.40	29.85	KFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>
Mackinawite	-64.97	-103.26	-38.30	FeS
Manganite	-3.75	21.59	25.34	MnOOH
Melanterite	-7.29	-9.50	-2.21	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
O <sub>2</sub> (g)	-36.24	46.88	83.12	O <sub>2</sub>
Pyrite	-106.47	-192.25	-85.78	FeS <sub>2</sub>
Pyrochroite	-5.33	9.87	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-8.07	33.31	41.38	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	0.22	-10.91	-11.13	MnCO <sub>3</sub>
Siderite	-0.73	-11.62	-10.89	FeCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-3.03	-13.03	-10.00	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-59.41	-104.68	-45.27	ZnS
Sulfur	-53.23	-88.99	-35.76	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-3.75	7.75	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

Derin Kuyu N2

Ca-Mg-SO4-HCO3

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mole</u>
Alkalinity	2.721e-03	2.721e-03
Ca	1.830e-03	1.830e-03
Cl	6.718e-04	6.718e-04
Fe	4.658e-07	4.658e-07
K	2.226e-06	2.226e-06
Mg	1.161e-03	1.161e-03
Mn	5.718e-06	5.718e-06
Na	4.678e-04	4.678e-04
S	1.413e-03	1.413e-03
Zn	4.744e-07	4.744e-07

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	7.000
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	9.573e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	3.322e-03
Total CO2 (mol/kg)	=	3.322e-03
Temperature (deg C)	=	17.400
Electrical balance (eq)	=	2.468e-04
Iterations	=	9
Total H	=	1.110151e+02
Total O	=	5.552123e+01

Doygunluk İndeksleri

Faz	SI	log IAP	log KT	
Anhydrite	-1.73	-6.07	-4.34	CaSO4
Aragonite	-0.68	-8.97	-8.29	CaCO3
Calcite	-0.53	-8.97	-8.44	CaCO3
CO2(g)	-1.84	-20.02	-18.18	CO2
Dolomite	-1.24	-18.14	-16.91	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	0.27	18.37	18.10	Fe(OH)3
FeS(ppt)	-59.03	-97.74	-38.72	FeS
Goethite	6.16	18.37	12.21	FeOOH
Gypsum	-1.48	-6.07	-4.58	CaSO4:2H2O
H2(g)	-22.03	-22.00	0.03	H2
H2S(g)	-62.30	-105.11	-42.81	H2S
Hausmannite	-15.52	47.44	62.96	Mn3O4
Hematite	13.74	36.73	22.99	Fe2O3
Jarosite-K	-8.83	22.18	31.01	KFe3(SO4)2(OH)6
Mackinawite	-58.29	-97.74	-39.45	FeS
Manganite	-5.86	19.48	25.34	MnOOH
Melanterite	-7.44	-9.74	-2.31	FeSO4:7H2O
O2(g)	-41.74	44.00	85.74	O2
Pyrite	-92.55	-180.85	-88.30	FeS2
Pyrochroite	-6.72	8.48	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	-12.15	30.48	42.63	MnO2
Rhodochrosite	-0.44	-11.54	-11.10	MnCO3
Siderite	-1.81	-12.65	-10.84	FeCO3
Smithsonite	-2.77	-12.68	-9.92	ZnCO3
Sphalerite	-51.20	-97.78	-46.58	ZnS
Sulfur	-46.28	-83.11	-36.83	S
Zn(OH)2(e)	-4.16	7.34	11.50	Zn(OH)2

## Kaynaklardan Köye Gelen Sular N3

## Ca-HCO3-SO4

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mole</u>
Alkalinity	2.160e-03	2.160e-03
Ca	1.840e-03	1.840e-03
Cl	6.067e-04	6.067e-04
K	2.175e-06	2.175e-06
Mg	2.394e-04	2.394e-04
Mn	3.459e-07	3.459e-07
Na	2.811e-04	2.811e-04
S	9.471e-04	9.471e-04
Zn	3.214e-07	3.214e-07

Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar

pH	=	7.930
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	6.863e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	2.184e-03
Total CO2 (mol/kg)	=	2.184e-03
Temperature (deg C)	=	24.200
Electrical balance (eq)	=	-2.172e-04
Iterations	=	10
Total H	=	1.110145e+02
Total O	=	5.551651e+01

**Doygunluk İndeksleri**

<b>Faz</b>	<b>SI</b>	<b>log IAP</b>	<b>log KT</b>	
Anhydrite	-1.82	-6.18	-4.36	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	0.28	-8.05	-8.33	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	0.42	-8.05	-8.48	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-2.84	-20.99	-18.15	CO <sub>2</sub>
Dolomite	0.08	-16.99	-17.07	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Gypsum	-1.59	-6.18	-4.58	CaSO <sub>4</sub> :2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-23.86	-23.86	0.00	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-72.79	-114.55	-41.76	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-10.24	50.98	61.23	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Manganite	-4.37	20.97	25.34	MnOOH
O <sub>2</sub> (g)	-35.67	47.72	83.39	O <sub>2</sub>
Pyrochroite	-6.16	9.04	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-8.61	32.90	41.51	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	-0.82	-11.94	-11.13	MnCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-2.21	-12.20	-9.99	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-60.36	-105.76	-45.40	ZnS
Sulfur	-54.82	-90.69	-35.87	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-2.71	8.79	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

Tozlu Pınar N4

Ca-Mg-SO4-HCO3

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mole</u>
Alkalinity	1.920e-03	1.920e-03
Ca	1.646e-03	1.646e-03
Cl	5.201e-04	5.201e-04
K	1.842e-06	1.842e-06
Mg	5.432e-04	5.432e-04
Mn	5.644e-07	5.644e-07
Na	2.489e-04	2.489e-04
S	1.323e-03	1.323e-03
Zn	3.214e-07	3.214e-07

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	7.700
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	7.512e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	2.000e-03
Total CO2 (mol/kg)	=	2.000e-03
Temperature (deg C)	=	14.800
Electrical balance (eq)	=	-4.549e-04
Iterations	=	10
Total H	=	1.110143e+02
Total O	=	5.551742e+01



**Doygunluk İndeksleri**

<b>Faz</b>	<b>SI</b>	<b>log IAP</b>	<b>log KT</b>	
Anhydrite	-1.75	-6.08	-4.34	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	-0.20	-8.48	-8.28	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	-0.05	-8.48	-8.43	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-2.71	-20.90	-18.19	CO <sub>2</sub>
Dolomite	-0.59	-17.44	-16.85	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Gypsum	-1.50	-6.08	-4.58	CaSO <sub>4</sub> :2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-23.43	-23.40	0.03	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-68.88	-112.10	-43.22	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-13.66	49.99	63.64	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Manganite	-4.78	20.56	25.34	MnOOH
O <sub>2</sub> (g)	-39.87	46.80	86.67	O <sub>2</sub>
Pyrochroite	-6.34	8.86	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-10.81	32.26	43.07	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	-0.94	-12.03	-11.09	MnCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-2.51	-12.40	-9.89	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-56.56	-103.61	-47.04	ZnS
Sulfur	-51.49	-88.70	-37.21	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-3.01	8.49	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

**Kavacık-Tınazlı Köyleri arasındaki kaynak N5****Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>**

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mole</u>
Alkalinity	2.140e-03	2.140e-03
Ca	1.801e-03	1.801e-03
Cl	4.551e-04	4.551e-04
K	1.254e-06	1.254e-06
Mg	1.509e-04	1.509e-04
Mn	3.277e-07	3.277e-07
Na	2.471e-04	2.471e-04
S	8.815e-04	8.815e-04
Zn	2.907e-07	2.907e-07

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	7.810
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	6.447e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	2.186e-03
Total CO <sub>2</sub> (mol/kg)	=	2.186e-03
Temperature (deg C)	=	24.700
Electrical balance (eq)	=	-2.056e-04
Iterations	=	10
Total H	=	1.110145e+02
Total O	=	5.551624e+01

**Doygunluk İndeksleri**

<b>Faz</b>	<b>SI</b>	<b>log IAP</b>	<b>log KT</b>	
Anhydrite	-1.84	-6.20	-4.36	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	0.16	-8.17	-8.33	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	0.31	-8.17	-8.48	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-2.71	-20.86	-18.15	CO <sub>2</sub>
Dolomite	-0.34	-17.42	-17.08	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Gypsum	-1.62	-6.20	-4.58	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-23.62	-23.62	0.00	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-71.69	-113.37	-41.69	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-11.06	50.05	61.10	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Manganite	-4.72	20.62	25.34	MnOOH
O <sub>2</sub> (g)	-35.98	47.24	83.22	O <sub>2</sub>
Pyrochroite	-6.39	8.81	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-9.00	32.43	41.43	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	-0.92	-12.05	-11.13	MnCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-2.29	-12.29	-10.00	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-59.48	-104.80	-45.32	ZnS
Sulfur	-53.95	-89.75	-35.80	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-2.93	8.57	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

Su toplama havuzuna akan kaynak N6

Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mole</u>
Alkalinity	2.541e-03	2.541e-03
Ca	2.105e-03	2.105e-03
Cl	4.767e-04	4.767e-04
K	1.382e-06	1.382e-06
Mg	2.815e-04	2.815e-04
Mn	6.191e-07	6.191e-07
Na	2.354e-04	2.354e-04
S	9.231e-04	9.231e-04
Zn	5.509e-07	5.509e-07

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	6.260
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	7.470e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	5.253e-03
Total CO <sub>2</sub> (mol/kg)	=	5.253e-03
Temperature (deg C)	=	28.100
Electrical balance (eq)	=	1.484e-04
Iterations	=	11
Total H	=	1.110150e+02
Total O	=	5.552296e+01

**Doygunluk İndeksleri**

Faz	SI	log IAP	log KT	
Anhydrite	-1.77	-6.15	-4.38	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	-1.20	-9.56	-8.36	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	-1.06	-9.56	-8.50	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-1.06	-19.21	-18.14	CO <sub>2</sub>
Dolomite	-2.83	-19.99	-17.16	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Gypsum	-1.57	-6.15	-4.58	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-20.51	-20.52	-0.01	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-56.70	-97.88	-41.18	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-21.55	38.72	60.27	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Manganite	-9.01	16.33	25.34	MnOOH
O <sub>2</sub> (g)	-41.05	41.04	82.09	O <sub>2</sub>
Pyrochroite	-9.13	6.07	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-14.30	26.59	40.89	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	-2.00	-13.14	-11.14	MnCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-3.19	-13.23	-10.03	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-47.15	-91.90	-44.75	ZnS
Sulfur	-42.02	-77.36	-35.34	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-5.52	5.98	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

Ilıca Deresi N7

Ca-Mg-SO4-HCO3

<u>Element</u>	<u>Molarite</u>	<u>Mol</u>
Alkalinity	2.160e-03	2.160e-03
Ca	1.251e-03	1.251e-03
Cl	6.284e-04	6.284e-04
K	2.533e-06	2.533e-06
Mg	1.198e-03	1.198e-03
Mn	8.012e-07	8.012e-07
Na	2.498e-04	2.498e-04
S	1.242e-03	1.242e-03
Zn	1.423e-06	1.423e-06

**Türleştirmenin Yapıldığı Koşullar**

pH	=	8.250
pe	=	4.000
Activity of water	=	1.000
Ionic strength	=	7.885e-03
Mass of water (kg)	=	1.000e+00
Total carbon (mol/kg)	=	2.133e-03
Total CO2 (mol/kg)	=	2.133e-03
Temperature (deg C)	=	21.900
Electrical balance (eq)	=	-1.196e-04
Iterations	=	9
Total H	=	1.110145e+02
Total O	=	5.551756e+01

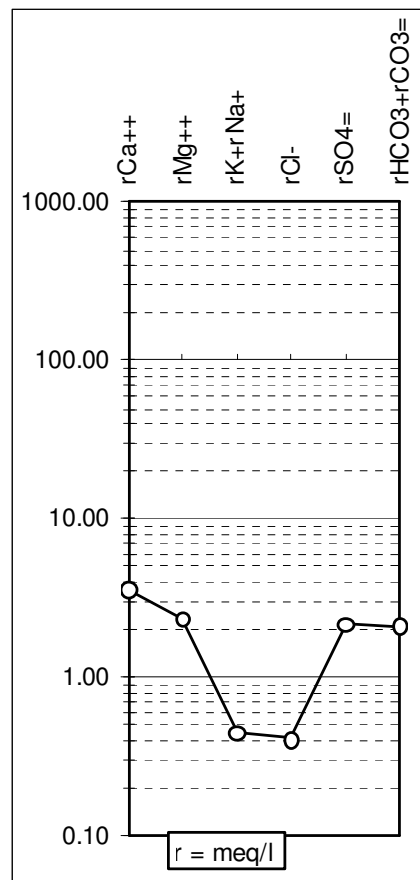
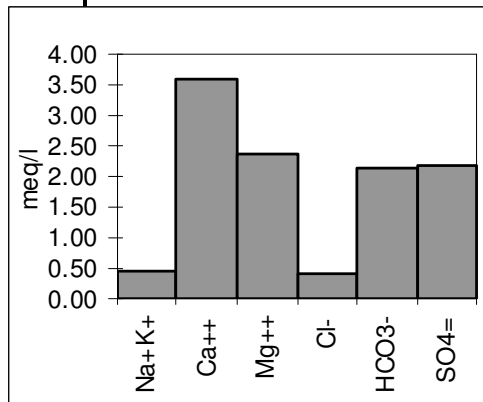
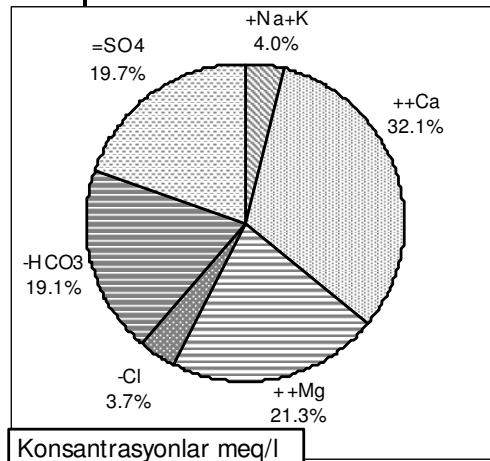
**Doygunluk İndeksleri**

Faz	SI	log IAP	log KT	
Anhydrite	-1.91	-6.26	-4.35	CaSO <sub>4</sub>
Aragonite	0.37	-7.95	-8.32	CaCO <sub>3</sub>
Calcite	0.51	-7.95	-8.46	CaCO <sub>3</sub>
CO <sub>2</sub> (g)	-3.18	-21.34	-18.16	CO <sub>2</sub>
Dolomite	1.10	-15.92	-17.02	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Gypsum	-1.68	-6.26	-4.58	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> (g)	-24.51	-24.50	0.01	H <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S(g)	-75.54	-117.65	-42.11	H <sub>2</sub> S
Hausmannite	-7.47	54.34	61.81	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Manganite	-3.14	22.20	25.34	MnOOH
O <sub>2</sub> (g)	-35.17	49.00	84.17	O <sub>2</sub>
Pyrochroite	-5.25	9.95	15.20	Mn(OH) <sub>2</sub>
Pyrolusite	-7.44	34.45	41.88	MnO <sub>2</sub>
Rhodochrosite	-0.28	-11.40	-11.12	MnCO <sub>3</sub>
Smithsonite	-1.54	-11.51	-9.97	ZnCO <sub>3</sub>
Sphalerite	-62.02	-107.81	-45.79	ZnS
Sulfur	-56.96	-93.15	-36.19	S
Zn(OH) <sub>2</sub> (e)	-1.67	9.83	11.50	Zn(OH) <sub>2</sub>

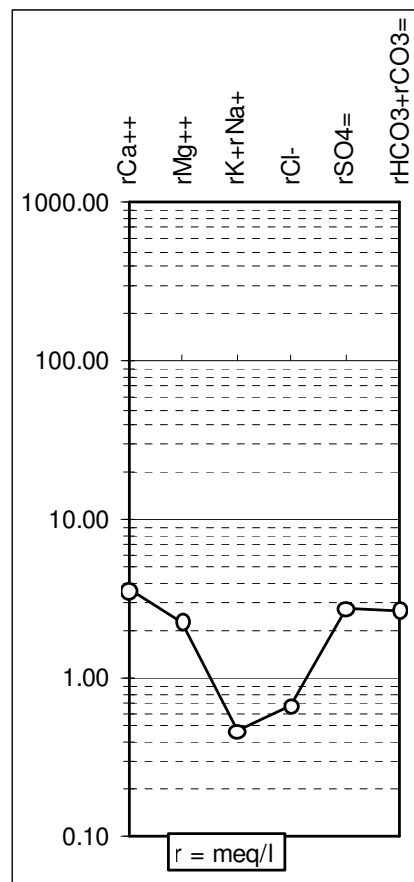
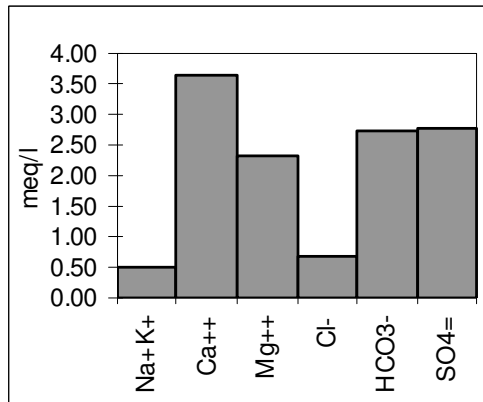
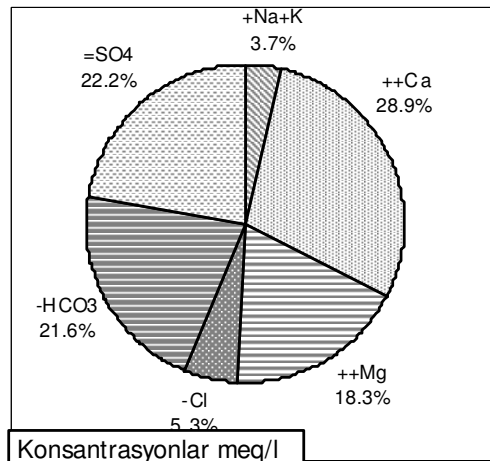
EK-2



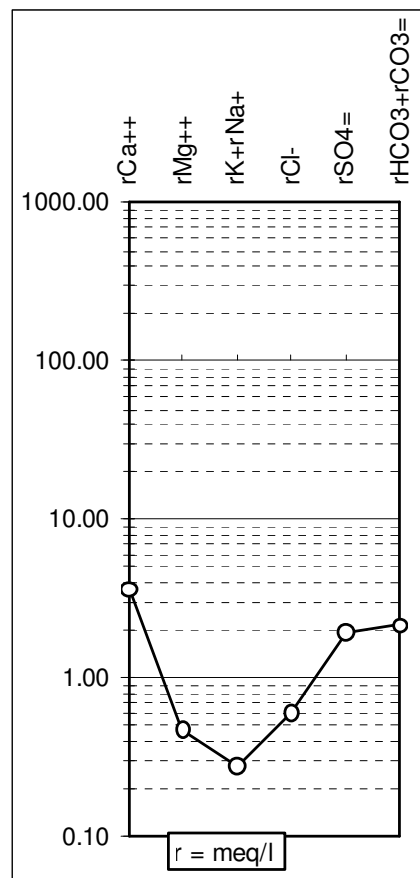
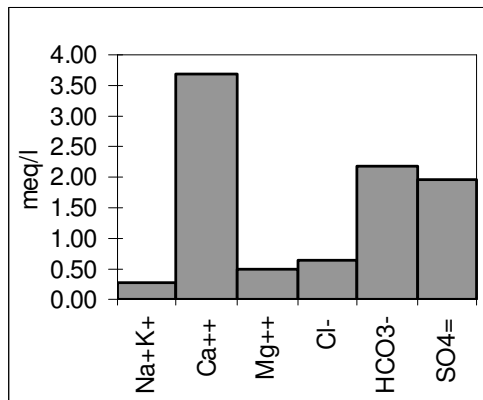
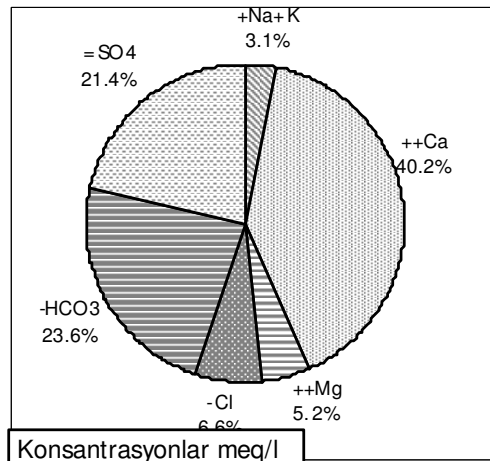
Örnek Adı: Derin Kuyu N1					pH(-logH)		7.72		
Örnekleme Tarihi :		30.06.2009	Lab. :	DEÜ	EC( $\mu\text{mho/cm}$ )		480		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	10	0.45	6.93	9.2	0.00045	0.0002	0.90	0.0004	
K <sup>+</sup>	0.1	0.00	0.04	0.1	0.00000	0.0000	0.89	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	72	3.59	55.91	64.7	0.00180	0.0036	0.66	0.0012	
Mg <sup>++</sup>	29	2.38	37.11	26.0	0.00119	0.0024	0.68	0.0008	
Cl <sup>-</sup>	15	0.41	5.36	5.8	0.00041	0.0002	0.89	0.0004	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	131	5.02	65.78	52.1	0.00502	0.0025	0.90	0.0045	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	106	2.20	28.86	42.2	0.00110	0.0022	0.65	0.0007	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				6.426	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				111.3
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.630	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				250.7
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				14.056	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				362.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.011	% e (Hata Yüzdesi)				-8.57
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.258	Sertlik (Fr)				29.89
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.057	rCa/rMg Oranı				1.51
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.551	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.47
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.566	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-2.21
Fo (Köpürme Katsayısı)				27.8	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)		<0.058		



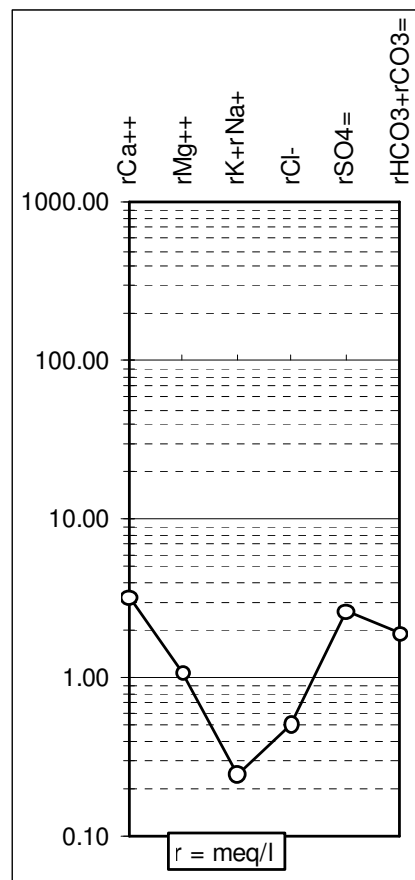
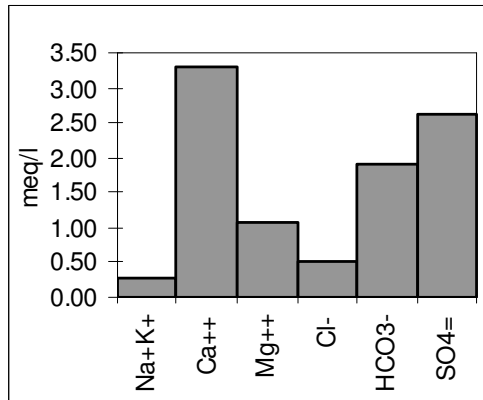
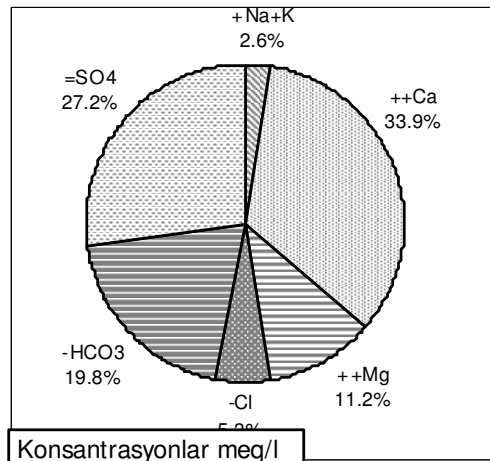
Örnek Adı: Derin Kuyu N2					pH(-logH)	7		
Örnekleme Tarihi :	30.06.2009	Lab. :	DEÜ	EC( $\mu$ mho/cm)	634			
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC
Na <sup>+</sup>	11	0.47	7.26	9.6	0.00047	0.0002	0.89	0.0004
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.04	0.1	0.00000	0.0000	0.89	0.0000
Ca <sup>++</sup>	73	3.64	56.80	65.3	0.00182	0.0036	0.65	0.0012
Mg <sup>++</sup>	28	2.30	35.90	25.0	0.00115	0.0023	0.67	0.0008
Cl <sup>-</sup>	24	0.67	6.82	7.4	0.00067	0.0003	0.89	0.0006
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	166	6.38	64.82	51.3	0.00638	0.0032	0.89	0.0057
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	134	2.79	28.36	41.4	0.00140	0.0028	0.63	0.0009
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)		6.413		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		111.8		
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)		9.843		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		323.7		
Toplam İyon Miktarı (meq/l)		16.257		Toplam İyon Miktarı (mg/l)		435.5		
İyonlaşma Gücü (mol/l)		0.012		% e (Hata Yüzdesi)		-21.10		
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)		0.270		Sertlik (Fr)		29.73		
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı		0.073		rCa/rMg Oranı		1.58		
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)		-0.070		SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-1.38		
SI d (Dolomit Doygunluk İndeksi)		-0.065		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı		-1.38		
Fo (Köpürme Katsayısı)		29.1		Si (mg / l)		68.00		
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>				B <sup>+++</sup> (mg / l)		<0.058		



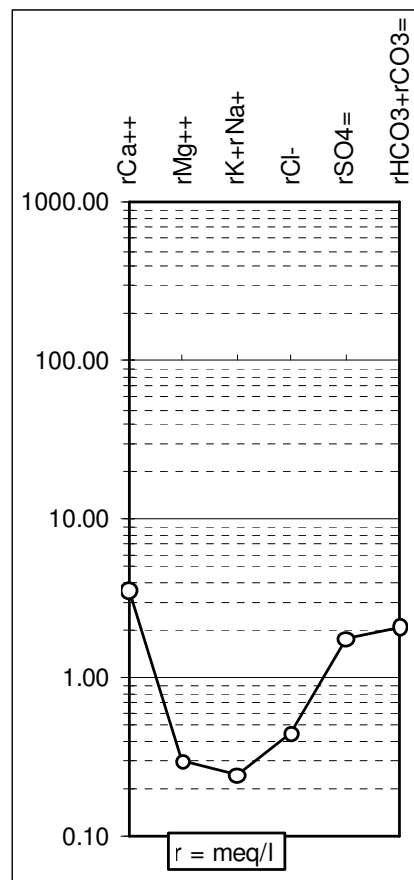
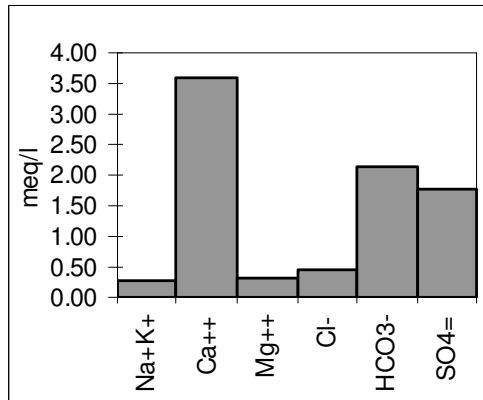
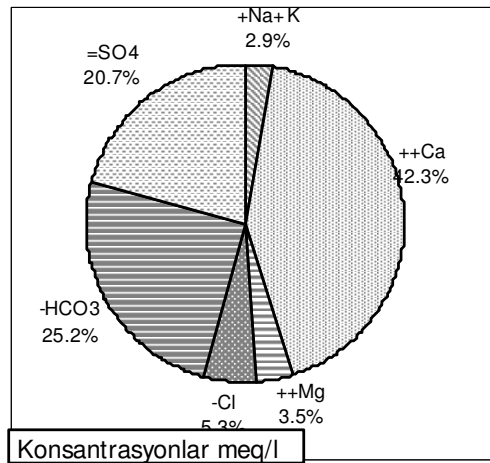
Örnek Adı: Kaynaklardan Köye gelen sular N3					pH(-logH)		7.93		
Örnekleme Tarihi :		30.06.2009	Lab. :		DEÜ	EC( $\mu\text{mho/cm}$ )		475	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	6	0.28	6.33	7.5	0.00028	0.0001	0.91	0.0003	
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.05	0.1	0.00000	0.0000	0.90	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	74	3.68	82.88	85.7	0.00184	0.0037	0.69	0.0013	
Mg <sup>++</sup>	6	0.48	10.74	6.7	0.00024	0.0005	0.70	0.0002	
Cl <sup>-</sup>	22	0.61	7.94	8.7	0.00061	0.0003	0.90	0.0005	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	132	5.07	66.41	53.3	0.00507	0.0025	0.91	0.0046	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	94	1.96	25.65	38.0	0.00098	0.0020	0.67	0.0007	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4.439	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				86.1
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.631	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				247.2
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				12.070	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				333.3
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.009	% e (Hata Yüzdesi)				-26.44
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.195	Sertlik (Fr)				20.78
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.086	rCa/rMg Oranı				7.71
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.793	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.48
SI d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.454	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi B asıncı				-2.41
Fo (Köpürme Katsayısı)				17.6	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			<0.058	



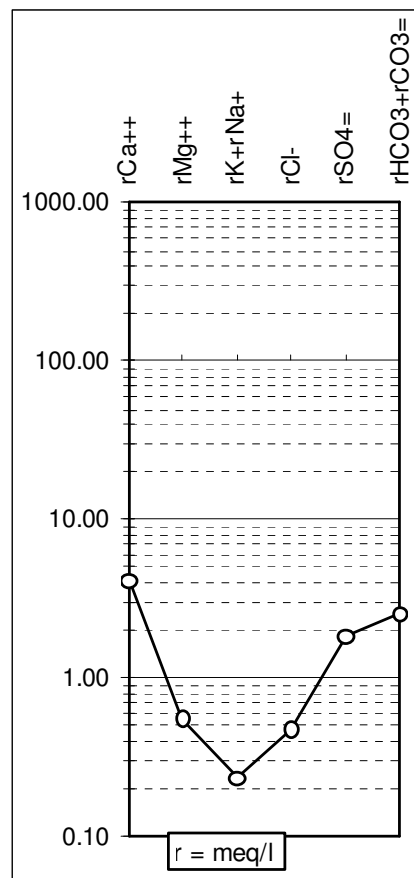
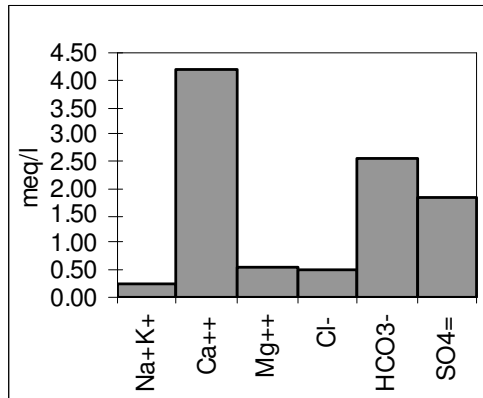
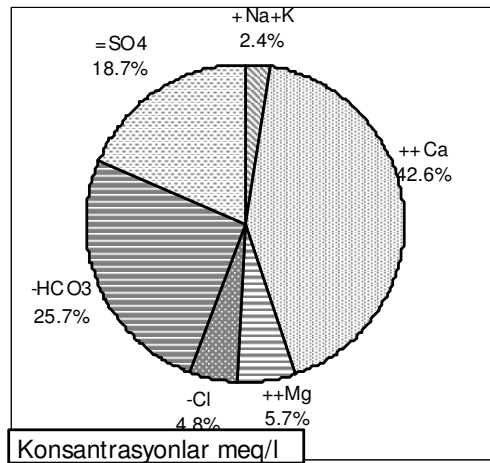
Örnek Adı: Tozlu Pınar N4					pH(-logH)	7.8			
Örnekleme Tarihi :	30.06.2009	Lab. :	DEÜ		EC( $\mu$ mho/cm)	470			
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	6	0.25	5.36	6.7	0.00025	0.0001	0.90	0.0002	
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.04	0.1	0.00000	0.0000	0.90	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	66	3.29	71.14	77.7	0.00165	0.0033	0.68	0.0011	
Mg <sup>++</sup>	13	1.09	23.46	15.5	0.00054	0.0011	0.69	0.0004	
Cl <sup>-</sup>	18	0.52	6.77	7.0	0.00052	0.0003	0.90	0.0005	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	117	4.50	58.73	44.6	0.00450	0.0023	0.90	0.0041	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	127	2.65	34.50	48.4	0.00132	0.0026	0.67	0.0009	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4.627	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				84.9
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.671	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				262.6
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				12.297	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				347.5
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.010	% e (Hata Yüzdesi)				-24.75
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.168	Sertlik (Fr)				21.88
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.073	rCa/rMg Oranı				3.03
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.558	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.41
SI d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.422	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi B asıncı				-2.33
Fo (Köpürme Katsayısı)				15.5	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			<0.058	



Örnek Adı: Kavacık-Tınazlı Köyleri arasındaki kaynak N5					pH(-logH)		7.81		
Örnekleme Tarihi :		30.06.2009	Lab. :	DEÜ	EC( $\mu\text{mho/cm}$ )		457		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	6	0.25	5.95	7.0	0.00025	0.0001	0.91	0.0002	
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.02	0.0	0.00000	0.0000	0.91	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	72	3.60	86.77	88.5	0.00180	0.0036	0.69	0.0012	
Mg <sup>++</sup>	4	0.30	7.25	4.5	0.00015	0.0003	0.71	0.0001	
Cl <sup>-</sup>	16	0.45	6.28	7.0	0.00045	0.0002	0.91	0.0004	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	131	5.02	69.36	56.4	0.00502	0.0025	0.91	0.0046	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	85	1.76	24.36	36.6	0.00088	0.0018	0.68	0.0006	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4.149	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				81.5
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.238	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				231.3
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				11.387	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				312.8
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.009	% e (Hata Yüzdesi)				-27.13
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.177	Sertlik (Fr)				19.50
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.067	rCa/rMg Oranı				11.96
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.665	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.53
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.230	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi B asıncı				-2.29
Fo (Köpürme Katsayısı)				15.4	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)		<0.058		



Örnek Adı: Su Toplama Havuzuna akan kaynak N6					pH(-logH)		6.26		
Örnekleme Tarihi :		30.06.2009	Lab. :	DEÜ	EC( $\mu\text{mho/cm}$ )		534		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	5	0.24	4.70	5.6	0.00024	0.0001	0.90	0.0002	
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.03	0.1	0.00000	0.0000	0.90	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	84	4.21	84.04	87.3	0.00210	0.0042	0.68	0.0014	
Mg <sup>++</sup>	7	0.56	11.23	7.1	0.00028	0.0006	0.69	0.0002	
Cl <sup>-</sup>	17	0.48	5.75	6.5	0.00048	0.0002	0.90	0.0004	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	155	5.96	71.96	59.5	0.00596	0.0030	0.90	0.0054	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	89	1.85	22.30	34.0	0.00092	0.0018	0.66	0.0006	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5.007	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				96.6
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				8.282	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				260.5
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				13.289	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				357.1
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.010	% e (Hata Yüzdesi)				-24.64
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.152	Sertlik (Fr)				23.85
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.061	rCa/rMg Oranı				7.48
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.756	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.46
SI d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-1.089	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi B asıncı				-0.67
Fo (Köpürme Katsayısı)				14.7	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)		<0.058		



Örnek Adı: Ilıca Deresi N7						pH(-logH)	8.25		
Örnekleme Tarihi :	30.06.2009	Lab. :				EC( $\mu$ mho/cm)	525		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	6	0.25	4.80	6.7	0.00025	0.0001	0.90	0.0002	
K <sup>+</sup>	0	0.00	0.04	0.1	0.00000	0.0000	0.90	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	50	2.50	48.61	59.0	0.00125	0.0025	0.67	0.0008	
Mg <sup>++</sup>	29	2.39	46.54	34.2	0.00120	0.0024	0.69	0.0008	
Cl <sup>-</sup>	22	0.63	7.67	8.1	0.00063	0.0003	0.90	0.0006	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	132	5.07	61.95	48.2	0.00507	0.0025	0.90	0.0046	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	119	2.49	30.38	43.6	0.00124	0.0025	0.66	0.0008	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5.142	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				85.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				8.181	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				273.3
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				13.323	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				358.3
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.010	% e (Hata Yüzdesi)				-22.80
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.158	Sertlik (Fr)				24.47
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.083	rCa/rMg Oranı				1.04
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.934	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.56
SI d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.029	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-2.73
Fo (Köpürme Katsayısı)				15.5	Si (mg / l)				68.00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					DEÜ		<0.058		

